

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 борошномельного заводу з інтеграцією оптичного сепарування»

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувачки Дмитрієвої В.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник: доц., к.т.н. Мельник І.В.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: проф. Басюркіна Н.Й.
(посада, прізвище та ініціали)
доц., к.т.н. Штепа Є.П.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 04.06 2026 р., протокол № 14.

Завідувач кафедри ТЗПХіКВ Дмитро ЖИГУНОВ
(назва кафедри) (підпис) (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

«02» жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Дмитрієвої Вікторії Володимирівни

1.Тема роботи Впровадження інноваційних технологічних рішень на етапі підготовки зерна до помелу. Проект борошномельного заводу з інтеграцією оптичного сепарування

Затверджена наказом університету від 02.10.2025р. наказ № 537-03

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, 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 «02» жовтня 2025 р.

Керівник _____ Мельник І.В.

Завдання прийняв до виконання _____ Дмитрієва В.В.

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 _____ Дмитрієва В.В.

Керівник _____ Мельник І.В.

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 Дмитрієва В.В.
(ПІБ)

(підпис)

АНОТАЦІЯ

на кваліфікаційну роботу на тему
«Проект борошномельного заводу з інтеграцією оптичного сепарування»

Здобувач	<u>Дмитрієва В.В.</u>
Керівник	<u>доц., к.т.н. Мельник І.В.</u>
Ступінь вищої освіти	<u>«Бакалавр»</u>
Спеціальність	<u>181 «Харчові технології»</u>
Освітня програма	<u>Технології зберігання і переробки зерна</u>

Актуальність теми: Якість борошна значною мірою залежить від ефективності підготовки зернової сировини до помелу. Сучасне зерно часто містить важковідокремлювані домішки та пошкоджені зерна, які неможливо повноцінно усунути традиційними методами очищення, що негативно позначається на кінцевому продукті та показниках виробництва. Запровадження технологій оптичного сепарування дає змогу суттєво підвищити рівень очищення, покращити якісні характеристики зерна та збільшити вихід борошна вищих ґатунків.

Основні особливості роботи: Особливістю проєкту є інтеграція оптичного сепарування у технологічну схему зерноочисного відділення, що дозволяє підвищити ефективність видалення домішок та покращити якість зернової маси. У проєкті передбачено використання сучасного високопродуктивного обладнання, оптимізацію технологічного процесу та зменшення енерговитрат.

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 82 сторінках. Графічна частина включає 4 листів.

Висновок: Дипломний проєкт на тему «Впровадження інноваційних технологічних рішень на етапі підготовки зерна до помелу. Проєкт борошномельного заводу з інтеграцією оптичного сепарування» передбачає інтегрування в технологічну схему фотосепаратора Spark Pro, що дозволяє більш ефективно очищати зерно.

Продуктивність заводу становить 260 т/добу.

Завод оснащений сучасним технологічним обладнанням. Загальний вихід готової продукції становить 97,1%, вихід борошна вищого сорту – 45 %, 1 сорту – 28 %, висівки – 22,1 %.

За економічними та технологічними розрахунками, проєкт є доцільним.

Ключові слова: оптичне сепарування, підготовка зерна, якість зерна, борошно, сортовий помел, борошномельний завод, переробка пшениці.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП	8
1. РОЗДІЛ 1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	9
2. РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	11
3. РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ’ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА.....	18
3.1 Загальна характеристика генерального плану підприємства.....	18
3.2 . Архітектурно-будівельні рішення	19
4. РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	22
4.1 Наукове обґрунтування.....	22
4.2 Вимоги до показників якості сировини та розрахунок помельної партії	30
4.3 Обґрунтування схеми технологічного процесу	31
4.4 Розрахунок балансу помелу зерна	34
4.5 Підбір та розрахунок технологічного обладнання	36
4.6 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР	41
4.7 Охорона праці.....	45
5. РОЗДІЛ 5 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ.....	50
6. РОЗДІЛ 6 ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА МАТЕРІАЛЬНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	58
6.1 Заходи для економії електроенергії і енергозбереження.	58
6.2 Розрахування активної потужності споживання підприємством методом питомих витрат електроенергії.....	58
6.3 Розрахунок повної потужності трансформаторної підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності підприємства	59
6.4 Перевірка потужності трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності	61
6.5 Економічність роботи трансформаторної підстанції	63
6.6 Вибір перерізу жил і марки кабеля.....	65

РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	66
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	78
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	80

ВСТУП

Сучасний стан борошномельної промисловості вимагає перегляду підходів до використання зернових ресурсів. Нестабільна якість вхідної сировини, подорожчання енергоносіїв та жорсткі кліматичні фактори змушують підприємства відмовлятися від морально застарілих технологічних схем на користь енергоефективного та точного обладнання. Утримання ринкової рентабельності без модернізації ліній переробки сьогодні є неможливим, оскільки мінімізація виробничих втрат прямо формує собівартість та конкурентний потенціал готового борошна.

Ключовим етапом, що визначає вихід і сортність кінцевої продукції, є формування та очищення помельної партії. Стандартизація якісних показників зернової маси та зниження технологічних відходів досягаються шляхом інтеграції автоматизованих систем контролю.[1]

Найбільшу ефективність при видаленні важковідокремлюваних домішок демонструє метод оптичної сепарації. На відміну від класичного очищення, фотосепаратори ідентифікують і поштучно вилучають із потоку дефектні, уражені хворобами та знебарвлені зернівки за їхнім кольором і геометричними ознаками. Пряме впровадження оптичного сепарування в схему підготовки сировини радикально підвищує хлібопекарські властивості борошна та оптимізує загальний баланс використання зерна на підприємстві.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Ситуація з якістю сировини в Одеській області на сьогодні залишається складною. Пшениця, що надходить на переробку, характеризується значною неоднорідністю за своїми показниками. При цьому основна проблема полягає не стільки у наявності бур'янистих домішок, скільки у зерні, ураженому фузаріозом або пошкодженому клопом-черепашкою. Такі дефекти відносяться до «прихованих», оскільки за масою та розмірами таке зерно практично не відрізняється від здорового. Під час виконання проєкту я з'ясувала, що видаляти такий брак потрібно ще на початкових етапах, бо це справді критично важливо. Якщо він потрапляє у розмельне відділення, одразу погіршується білизна борошна. Звичайні механічні способи очищення тут не дуже допомагають, адже вони просто не здатні розпізнати такі дефекти.[1],[2]

Тому ми вважаємо доцільним використовувати фотосепаратор — він дає можливість сортувати зерно за оптичними характеристиками, зокрема за кольором. Завдяки цьому можна вибірково видаляти пошкоджені зернівки із загального потоку. У підсумку вдається отримати більш стабільний вихід борошна вищого сорту — приблизно на рівні 70–75%, що позитивно впливає на ефективність роботи підприємства.

1.1. Характеристика об'єкта

Об'єктом дипломного проєкту є борошномельний завод продуктивністю 260 т/добу, оснащений сучасним технологічним обладнанням.

Підприємство має зерноочисне, розмельне відділення та відділення готової продукції.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1. 537-03.І.1.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Дмитрієва В.В.			Розділ 1		Літ	Аркуш
Керівник		Мельник І.В.						9
Консультант							ОНТУ, ТЗХ-41	
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

У зерноочисному відділенні передбачено виконання операцій очищення, сортування, кондиціонування та підготовки зерна до помелу .

Особливістю проекту є інтеграція оптичного сепарування за допомогою фотосепаратора SPARK Pro, що дозволяє суттєво підвищити ефективність очищення та покращити якісні характеристики зерна перед подрібненням.

1.2. Мета і завдання проекту

У даній роботі розглядається модернізація процесу попередньої обробки зерна перед помелом, що досягається шляхом впровадження оптичного сепарування у технологічну схему.

Завдяки цьому рішенню буде забезпечено стабільну якість очищення незалежно від початкового стану сировини.

У межах роботи виконано аналіз сучасних технологій обробки зерна, визначено їх недоліки, обґрунтовано доцільність використання оптичного сепарування, розроблено оновлену технологічну схему та підібрано обладнання.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Головна мета цього проекту — створення сучасного, високотехнологічного борошномельного заводу, здатного стабільно випускати високоякісне сортове борошно. Сьогодні на українському ринку переробки зерна спостерігається жорстка конкуренція, а загальний обсяг споживання борошна в країні зменшився через демографічні зміни. Крім того, хлібозаводи, кондитерські фабрики та звичайні покупці стали набагато вимогливішими до якості, білості та безпечності продукції. У таких умовах запуск нового підприємства є вигідним лише тоді, коли воно використовує передові технології, що дозволяють знизити собівартість та гарантувати бездоганну якість.[9]

Проектна потужність млина у 260 тонн на добу розрахована з урахуванням реального стану зернопереробної галузі та географічного положення Одещини. Зараз український ринок хлібопекарського борошна стиснувся через демографічні чинники та міграційні процеси, що зменшило обсяги внутрішнього споживання масових сортів. Разом з тим, у Південному регіоні є вільний сегмент для появи нового технологічного виробництва.

Більшість місцевих конкурентів, включаючи Куліндорівський КХП, працюють на зношеному радянському чи імпортному обладнанні минулих поколінь. Це веде до перевитрат електрики та нестабільної якості борошна, особливо коли на переробку надходять неоднорідні за якістю партії пшениці. Наш завод закрий потребу локальних споживачів у високоякісній сировині. Цільова ніша — постачання борошна з високою білістю та фіксованими хлібопекарськими властивостями для кондитерських цехів, ліній із виробництва заморожених напівфабрикатів і мережевих пекарень.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1. 537-03.І.1.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Дмитрієва В.В.				Розділ 2		Літ	Аркуш
Керівник	Мельник І.В.							11
							ОНТУ, ТЗХ-41	
Консультант	Басюркіна Н.Й.							
Зав. кафедри	Жигунов Д.О.							

Такий масштаб виробництва дозволяє:

1. Організувати безперервний технологічний процес у кілька змін, що виключає витрати на часті зупинки та запуск обладнання.
2. Ефективно використовувати енергоресурси, адже питомі витрати електроенергії на тонну готового борошна на великих заводах завжди нижчі, ніж на малих млинах.
3. Оптимально завантажити роботою штат та швидко окупати операційні витрати підприємства.

Найважливішою перевагою проєкту є інтеграція в зерноочисну лінію оптичного фотосепаратора. Традиційні механічні машини (сита та аспіратори) очищують зерно лише за розміром чи вагою, тому вони «не бачать» прихованих дефектів.

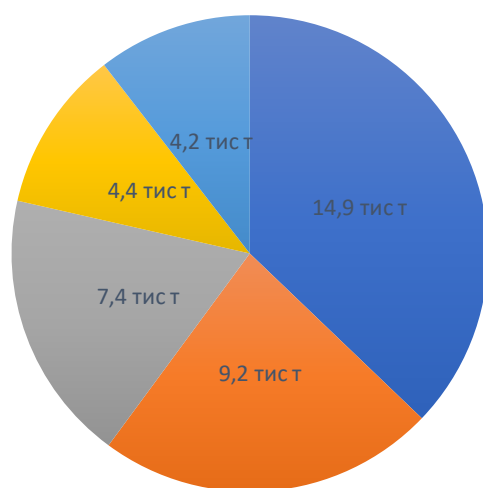
Фотосепаратор сканує кожен зернину окремо і миттєво видаляє зіпсовані, фузаріозні чи пошкоджені шкідниками зерна безпосередньо перед помелом. Це забезпечує підприємству прямі економічні вигоди:

1. Зростання доходів: суттєво підвищуються білість та сорт борошна. Завод отримує можливість виробляти більше дорогого борошна вищого сорту та макаронної крупки, які мають найвищу ціну на ринку.
2. Економія сировини: точне оптичне налаштування дозволяє мінімізувати втрати хорошого зерна під час очищення. З кожної тонни сировини завод отримує максимум корисної готової продукції.
3. Захист обладнання: якісне видалення сторонніх домішок (камінців, скла, металу) зменшує знос дорогого розмельного обладнання та знижує витрати на ремонті.[13]

Формування доходів підприємства відбуватиметься за рахунок продажу основного асортименту (борошна різних сортів, манних круп) та побічної продукції (висівок і кормопродуктів). Маючи великий обсяг виробництва, завод орієнтуватиметься на стабільні гуртові канали збуту: великі хлібопекарські комплекси, макаронні та кондитерські фабрики, а також національні мережі супермаркетів.

Україна за липні-березні 2025-2026 маркетингового року (МР) експортувала 48,3 тис. тонн пшеничного борошна, що на 3% менше проти аналогічного періоду минулого сезону, коли обсяг поставок склав 49,8 тис. тонн. Галузеве об'єднання зазначило, що в структурі експорту близько 35% припало на країни ЄС, хоча в попередньому сезоні частка європейського ринку була помітно вищою і сягала 44%.

Топ-5 споживачів українського борошна



■ Молдова ■ Палестина ■ Чехія ■ Ізраїль ■ Іспанія

У ТОП-5 споживачів українського борошна за дев'ять місяців 2025/26 МР увійшли Молдова, яка імпортувала 14,9 тис. тонн, Палестина – 9,2 тис. тонн, Чехія – 7,4 тис. тонн, Ізраїль – 4,4 тис. тонн та Іспанія – 4,2 тис. тонн.

Вибір Одеської області як базового регіону для функціонування борошномельного комплексу потужністю 260 тонн на добу є глибоко обґрунтованим з економічної, географічної та сировинної точок зору. Одеська область володіє унікальним поєднанням потужного аграрного сектору та найбільшого в країні логістично-портового кластера, що створює ідеальні умови для розвитку експортно-орієнтованого харчового виробництва.

Одеська область традиційно є одним із лідерів в Україні за обсягами вирощування та валового збору зернових культур, зокрема озимої пшениці. Сприятливі кліматичні умови півдня України дозволяють вирощувати зерно з високим вмістом клейковини та білка (пшеницю другого та третього класів),

що є цінною сировиною для отримання високоякісного хлібопекарського борошна.

Однак специфіка клімату Одеської області, яка в останні роки характеризується тенденцією до підвищення температур та періодичними посухами, створює додаткові виклики для стабільності якості сировини:

1. Фітосанітарний стан: В умовах сухого та спекотного літа підвищується ризик масового розмноження польових шкідників, серед яких найбільш небезпечним є клоп-черепашка. Ураженість партій зерна на півдні України може коливатися від двох до п'яти відсотків, що за класичної технології розмелу робить таке зерно непридатним для отримання борошна вищого сорту.
2. Засміченість: Через кліматичні коливання зерно часто надходить із підвищеним вмістом шуплих, битих та пошкоджених сонячною інсоляцією зерен, а також домішок інших культур (наприклад, ячменю чи соняшнику, які активно вирощуються в регіоні).

Саме тому для млина, який працює на сировині Одеської області, інтеграція фотосепаратора SPARK Pro є критичною технологічною необхідністю. Вона дозволяє нівелювати регіональні ризики нестабільної якості вхідного зерна і гарантувати стабільні реологічні показники борошна незалежно від погодних умов конкретного року врожаю.

Головною стратегічною перевагою Одеської області є наявність трьох найбільших морських портів України: «Одеса», «Чорноморськ» та «Південний», а також дунайського портового кластера (Ізмаїл, Рені). Це повністю знімає обмеження щодо сухопутної логістики при поставках продукції на далекі відстані.

Для млина потужністю 260 тонн на добу географічне розташування в Одеському регіоні забезпечує колосальну оптимізацію транспортних витрат:

- Доставка сировини: Зерно постачається з елеваторів Одеської, Миколаївської та Кіровоградської областей за допомогою автомобільного та залізничного транспорту на короткі плечі логістики

(до 100–150 кілометрів), що суттєво знижує вхідну собівартість пшениці.

- Відвантаження на експорт: Готове борошно, упаковане в мішки або великі контейнери-вкладиші (флексітанки/лайнер-беги), може доставлятися в порти безпосередньо з заводу за лічені години. Це виключає потребу в проміжних залізничних тарифах по країні, які часто складають значну частину вартості логістики для підприємств із центральних чи західних регіонів.

Конкурентне середовище та внутрішній ринок

Ринок борошна в Одеській області характеризується високим рівнем конкуренції, але водночас і високою місткістю. Регіональний внутрішній попит формується за рахунок великої міської агломерації (місто Одеса та прилеглі райони), розвиненої мережі хлібозаводів, кондитерських фабрик та потужного сектору громадського харчування (Horeca), який суттєво активізується в курортний сезон.

На ринку присутні кілька великих локальних виробників та значна кількість дрібних млинів сільськогосподарських підприємств. Проте більшість локальних конкурентів працює за застарілими технологічними схемами без використання мультиспектрального оптичного сортування. Через це вони не можуть гарантувати стабільну якість великих партій борошна і часто залежать від коливань якості вхідного зерна.

Впровадження фотосепаратора SPARK Pro дозволяє нашому підприємству зайняти домінуючу позицію в преміальному сегменті внутрішнього ринку. Борошно зі стабільним числом падіння (240–250 секунд) та гарантованою відсутністю мікотоксинів є дефіцитним продуктом, за який локальні виробники високоякісних хлібобулочних та макаронних виробів готові платити вищу ціну.



Що стосується збуту борошна, то війна практично перекрила можливість нашим борошномелам додатково заробляти на міжнародному ринку. Найчастіше додатковий заробіток полягав у тому, що експорт дозволяв збільшувати обсяги виробництва і цим зменшувати собівартість продукції. Але проблеми з логістикою призвели до того, що ми втратили практично всі звичні ринки. Залишилася тільки Молдова, і з'явилася можливість експорту до Євросоюзу, куди йде більше половини всього обсягу. Тобто, ми можемо експортувати лише залізничним і автомобільним транспортом. І поки що немає жодної надії на збільшення обсягів зовнішньої торгівлі. Поки не відкриються українські порти, не буде можливості конкурувати на світовому ринку з рештою експортерів.

Експортний вектор Одеського регіону

Одеська область є головними «воротами» для українського агроекспорту. Орієнтація млина потужністю 260 тонн на добу на зовнішні ринки через одеські порти відкриває прямий доступ до країн, які є найбільшими світовими імпортерами борошна:

1. Країни Близького Сходу та Північної Африки (Єгипет, Лівія, Ліван, Туреччина): Ці регіони мають постійний дефіцит власної продовольчої пшениці та високу щільність населення. Поставки з Одеси морськими

шляхами до цих країн займають мінімальний час, що забезпечує високу свіжість продукту та конкурентну вартість фрахту суден.

2. Ринок Європейського Союзу: Сусідство Одеської області з європейським логістичним коридором (через Румунію та Молдову) дозволяє здійснювати експорт не лише морем, а й автомобільним транспортом. Для ринку ЄС ключовим фактором є безпека харчових продуктів. Завдяки фотосепаратору, який гарантує відсутність фузаріозних зерен і токсинів, підприємство може легко проходити жорсткі митні лабораторні контролю в портах призначення.
3. Країни Східної Азії та Африки на південь від Сахари: Експорт у ці регіони здійснюється у великих 20-футових морських контейнерах. Продуктивність млина у 260 тонн на добу дозволяє завантажувати повноцінний контейнерний поїзд або суднове супроводження щотижня, забезпечуючи безперебійність поставок.

Таким чином, огляд ринку Одеської області чітко доводить, що підприємство отримує унікальну синергію: доступ до масштабної сировинної бази півдня України, захист від регіональних дефектів зерна за допомогою інноваційного фотосепаратора та прямий вихід на глобальні світові ринки через найпотужнішу портову інфраструктуру країни.

У підсумку, висока автоматизація, мінімальні втрати зерна та бездоганна якість продукції завдяки фотосепаратору дозволять заводу успішно конкурувати на ринку, забезпечать високу рентабельність та швидке повернення інвестицій. Саме тому реалізація проєкту борошномельного заводу потужністю 260 т/добу є повністю доцільною та фінансово виправданою.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА

Генеральний план борошномельного заводу є комплексним проєктним документом, що визначає просторову організацію виробничої території. Він забезпечує узгоджене розміщення виробничих будівель, допоміжних споруд, транспортних під'їздів та інженерних мереж. Під час розробки враховано не лише нормативні вимоги, а й прагнення створити єдиний технологічний простір із послідовними потоками сировини та готової продукції без протитечій.

Проєкт генерального плану виконано відповідно до чинних норм промислового будівництва з акцентом на раціональне зонування території. Це забезпечує безперервність виробничого процесу та дотримання вимог охорони праці. Такий підхід дозволяє знизити експлуатаційні витрати і гарантує стабільну роботу підприємства в межах санітарно-захисної зони. Водночас ефективність генплану безпосередньо впливає на продуктивність підприємства та зручність обслуговування інфраструктури.

3.1 Загальна характеристика генерального плану підприємства

Вибір ділянки для будівництва борошномельного комплексу здійснено на основі аналізу технічних і природних умов. Основну увагу приділено компактності забудови, що дозволяє раціонально використовувати територію та зменшити витрати на інженерні мережі.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1. 537-03.І.1.1						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Дмитрієва В.В.			Розділ 3			Літ	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Мельник І.В.								18	
								ОНТУ, ТЗХ-41			
Консультант											
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.									

Враховано рельєф місцевості: ділянка повинна мати незначний ухил для природного відведення дощових вод, а рівень ґрунтових вод — бути нижчим за глибину закладання фундаментів. Важливим фактором є також транспортна доступність — зручне сполучення з автомобільними та залізничними шляхами.

Організація території підпорядкована технологічній логіці виробництва. Розміщення основних будівель спроектовано таким чином, щоб переміщення зерна та готової продукції відбувалося послідовно, без перетинів і зворотних потоків. Територію поділено на три функціональні зони: виробничу (основні цехи), складську (зберігання сировини та продукції) та допоміжну (адміністративно-побутові й сервісні приміщення).

Особливу увагу приділено екологічним і протипожежним вимогам. Розташування об'єктів враховує напрямок вітру для запобігання поширенню пилу в бік житлової забудови; санітарно-захисна зона становить не менше 100 м. Протипожежні рішення передбачають нормативні відстані між будівлями (до 15 м) та кільцеві проїзди для пожежної техніки.

Інженерні мережі прокладено поза межами проїжджої частини, що спрощує їх обслуговування та не перешкоджає руху транспорту. Завершальним етапом передбачено благоустрій території, зокрема озеленення для зменшення запиленості та захисту від вітру.

3.2 . Архітектурно-будівельні рішення

Проектований борошномельний завод продуктивністю 260 т/добу відповідає сучасним вимогам до промислових споруд.

Основні показники: розрахункова температура зовнішнього повітря: до -20°C ; клас будівлі: II; ступінь вогнестійкості: II; категорії за вибухопожежною небезпекою: зерноочисне відділення — категорія «В»; розмельне відділення — категорія «Б».

Будівля проєктується як багатоповерхова капітальна споруда каркасного типу. Вибір залізобетонного каркаса обумовлений значними статичними та динамічними навантаженнями від технологічного обладнання. Конструктивна стійкість забезпечується збірною системою: уніфікованими колонними опорами, ригелями та плитами перекриття, що створюють жорстку просторову конструкцію.

Для оптимальної розстановки обладнання прийнята сітка колон 6×6 м, що дозволяє раціонально розміщувати крупногабаритні машини (сепаратори, вальцові верстати) та забезпечує зручні проходи для обслуговування. Перекриття виконані зі збільшеною несучою здатністю залізобетонних плит, стійких до вібраційних навантажень, притаманних млинам.

Огороджувальні конструкції зовнішніх стін — панельного виконання з високими теплоізоляційними та вогнестійкими властивостями, які створюють необхідний мікроклімат у виробничих приміщеннях і захищають обладнання від атмосферних впливів. Для приміщень категорій «Б» та «В» передбачено встановлення легкоскидних або руйнівних елементів, які дозволяють оперативно знизити надлишковий тиск у разі аварійної ситуації, зберігаючи при цьому основний каркас будівлі.

Природний повітрообмін забезпечується через віконні прорізи, площа яких розрахована згідно з чинними санітарними нормами. Конфігурація та кількість світлопрозорих елементів підбиралися для рівномірного природного освітлення робочих зон протягом дня.

Розрахунок природної освітленості наведено формулою:

$$E = (a \cdot b \cdot n) / F \quad (3.1)$$

де $a \cdot b$ — площа одного вікна, m^2 ; n — кількість вікон; F — площа підлоги приміщення, m^2 .

Сходові проліти у виробничих будівлях класифіковані як основні, службові, аварійні та пожежні; вони розміщуються у спеціальних сходових клітинах і забезпечують безпечну евакуацію персоналу. Ширина маршів і ухили сходів прийняті відповідно до нормативних вимог, що гарантують їх зручність і безпеку.

Покриття виконане зі збірних залізобетонних плит із наступним влаштуванням рулонних покрівельних покриттів, що забезпечує надійний захист від атмосферних впливів та довговічність експлуатації.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Наукове обґрунтування

Формування помольних партій пшениці на сучасних борошномельних підприємствах супроводжується проблемою високої біологічної та морфологічної неоднорідності вхідної сировини. Технологічна цінність зернової маси визначається не лише її базовими показниками (натурою, скловидністю, вмістом сирої клейковини), а й рівнем фракційної чистоти. Наявність смітної та зернової домішок безпосередньо дестабілізує роботу розмельного відділення заводу.

Головну технологічну загрозу становлять важковідокремлювані компоненти. До них належать зернівки з прихованими формами уражень: ендосперм, пошкоджений клопом-черепашкою, виїдене шкідниками зерно, а також мікроструктури, заражені фузаріозом або сажковими спорами. Фізико-механічні параметри таких зерен майже повністю ідентичні аналогічним показникам здорового кондиційного зерна.

Класичні схеми підготовчого відділення виявляють низьку селективність щодо таких дефектів. Вібропневматичні столи ефективно вилучають лише мінеральні домішки з високою питомою вагою (, проте вони індиферентні до органічних дефектів рівної щільності.

Внаслідок цього дефектні зернівки проходять крізь бар'єри первинного та вторинного очищення, піддаються гідротермічній обробці і потрапляють на першу драну систему. Під час розмелу пошкоджений ендосперм і крихкі оболонки подрібнюються в тонкодисперсний пил, який неможливо відсіяти на розсівах.

Це призводить до незворотного погіршення показників готової продукції:

					КРБ.ТЗПХіКВ.1. 537-03. I.1.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Дмитрієва В.В.			Розділ 4		Літ	Аркуш
Керівник		Мельник І.В.						22
							ОНТУ, ТЗХ-41	
Консультант								
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

1. Збільшується зольність та знижується коефіцієнт білості борошна через потрапляння темних периферійних оболонок у потоки вищих сортів;
2. Погіршуються реологічні властивості тіста через деструкцію білково-протеїнажного комплексу ферментами клопа-черепашки;
3. Виникає ризик перевищення нормативних показників за вмістом мікотоксинів, що порушує вимоги технічних регламентів безпеки харчових продуктів та системи НАССР.

Впровадження цифрових методів сепарування, зокрема оптико-електронного сепарування (фотосепарації), переводить процес підготовки сировини з макроскопічного на індивідуальний рівень контролю. Наукова новизна підходу полягає в застосуванні спектрофотометричного аналізу відбитого від поверхні зернини випромінювання в реальному часі.[13]

Технологічний процес у фотосепараторі на прикладі систем типу SPARK Pro реалізується за наступним алгоритмом:

1. Формування моношарового потоку: Зерно з накопичувального бункера через віброживильник подається на похилі розподільчі канали, де під дією гравітації набуває кінетичної енергії і вирівнюється в однорідний за швидкістю шлейф.

2. Спектральне сканування: У зоні інспекції зерновий потік освітлюється високоінтенсивними LED-елементами. Матриці високошвидкісних CCD/CMOS-камер здійснюють фіксацію оптичних характеристик об'єктів з обох боків. Сканування виконується як у видимому спектрі, так і в ближньому інфрачервоному діапазоні. Інфрачервоний спектр дозволяє ідентифікувати внутрішні дефекти — приховану гниль, порожнечі та осередки розвитку мікроміцетів за рахунок різниці в поглинанні ІЧ-променів здоровою та деструктурованою тканиною ендосперму.

3. Диференціація та комп'ютерний аналіз: Отриманий цифровий сигнал обробляється процесорним модулем. Програмні алгоритми порівнюють геометричні та колориметричні параметри

кожної зернини із заданими еталонними значеннями (матрицею сортності).

4. Пневматична ежекція: При виявленні невідповідності (плями, зміна фонового кольору, порушення контуру) система подає сигнал на відповідний швидкісний електропневматичний клапан (ежектор). Спрямований струмінь стисненого повітря змінює траєкторію польоту дефектного об'єкта, направляючи його у фракцію відходів (смітну домішку), тоді як кондиційне зерно продовжує рух за природною параболою у прохідний канал для чистого продукту.

Встановлення оптичного сепаратора на фінальному етапі зерноочищення дозволяє стабілізувати якість помольної суміші незалежно від властивостей вихідних партій зерна. Це забезпечує гнучке управління технологічним процесом. Комп'ютерне керування фотосепаратором автоматично адаптує інтенсивність повітряного дуття та чутливість сенсорів до рівня засміченості вхідного потоку, зводячи до мінімуму людський фактор.

З науково-інженерної точки зору, інтеграція фотосепарації в проект борошномельного заводу забезпечує синергетичний ефект:

- Технологічний: оптимізується селективність вилучення домішок (точність відбору досягає 99.8%), що знижує загальну зольність зернової маси на 0,03–0,05% ще до початку подрібнення;
- Економічний: зменшується винос здорового зерна у відходи порівняно з аспіраційними та ситовими машинами, збільшуючи загальний вихід борошна вищих сортів на 1,5–2,5%;
- Енергетичний: раціональне вилучення непридатного до помелу зерна знижує питомі витрати електроенергії на розмелювання за рахунок виключення холостого ходу вальцових верстатів під час подрібнення низькоструктурного сміття.

Ефективність функціонування сучасних фотосепараторів типу SPARK Pro базується на фундаментальних законах взаємодії електромагнітного випромінювання з біологічними об'єктами. Зернівка пшениці є складним,

оптично неоднорідним та анізотропним капілярно-пористим тілом. При падінні світлового потоку на її поверхню відбувається складний просторовий перерозподіл енергії, який поділяється на три основні компоненти: дифузне відбиття від поверхневих оболонок, поглинання світла внутрішніми анатомічними шарами та часткове проходження променів крізь тіло зернівки (трансмісія).

Процес дифузного відбиття повністю визначається архітектонікою та станом зовнішніх оболонок зерна — перикарпію та алеїронового шару. Для надійної ідентифікації прихованих дефектів, таких як фузаріоз або внутрішнє ураження клопом-черепашкою, використання лише видимого спектра світла є недостатнім. Це пов'язано з високою природною варіативністю забарвлення здорового зерна, яка залежить від сорту, умов дозрівання та вологості.

Науково обґрунтований підхід передбачає обов'язкову інтеграцію мультиспектрального аналізу. Він поєднує видимий діапазон із ближнім інфрачервоним та короткохвильовим інфрачервоним діапазонами. Для цього в сучасних оптичних сортувальниках застосовуються високочутливі датчики на основі арсеніду індію-галію.

Зерно, яке уражене міцелієм фузаріозу, зазнає глибокої структурної та біохімічної деструкції. Грибкові ферменти агресивно розщеплюють крохмальні гранули та білкову матрицю ендосперму, внаслідок чого всередині зернівки утворюються численні мікропорожнини та зони некрозу. З фізичної точки зору це призводить до аномального збільшення дифузного розсіювання світла всередині зерна. У здоровому зерні світлові промені інфрачервоного спектра проникають на певну глибину і частково поглинаються молекулярними зв'язками води, білків та вуглеводів. В ураженому ж зерні через зруйновану пористу структуру світло починає хаотично відбиватися від внутрішніх мікропорожнин, майже не проникаючи всередину. В результаті оптичні сенсори фіксують різке падіння інтенсивності відбитого сигналу в аналітичному інфрачервоному діапазоні, що слугує чітким маркером дефекту. При ураженні зерна клопом-черепашкою ситуація має інший характер. У точці

проколу оболонки комаха впорскує специфічні ферменти, які утворюють локальну концентричну зону знебарвленого, крихкого та борошнистого ендосперму. Оптична диференціація такого пошкодження базується на порівнянні коефіцієнтів відбиття світла на двох різних довжинах хвиль. Перша хвиля є референтною (зазвичай у червоній зоні видимого спектра), де поглинання природними пігментами оболонки є стабільним. Друга хвиля є аналітичною (в інфрачервоній зоні), де чітко проявляється зміна структури крохмалю в зоні ураження. Комп'ютерна система фотосепаратора порівнює ці сигнали для кожної окремої зернівки в режимі реального часу, формує її цифровий силует і миттєво виявляє уражені ділянки, навіть якщо вони мають мінімальні розміри.

Головною науковою передумовою вилучення приховано пошкодженого зерна на етапі підготовки є запобігання незворотному руйнуванню білково-протеїназного та амілазного комплексів під час подальшої гідротермічної обробки та розмелу зерна.

Слина клопа-черепашки містить комплекс надзвичайно активних протеолітичних ферментів. Ці протеїнази належать до тіолового типу і характеризуються екстремальною термостабільністю. Вони зберігають свою руйнівну активність навіть при температурах вище сорока градусів за Цельсієм і залишаються абсолютно стабільними протягом усього процесу замісу та бродіння тіста.

Якщо до помельної партії потрапляє навіть незначна кількість уражених зерен (на рівні двох-трьох відсотків), під час контакту борошна з водою починається лавиноподібний процес інтенсивного гідролізу. Ферменти комах починають активно розщеплювати високомолекулярні фракції головних клейковинних білків — глютеніну та гліадину.

Внаслідок цього процесу тривимірна клейковинна сітка тіста втрачає свої еластичні, пружні та водоутримувальні властивості. Тісто починає стрімко розріджуватися, втрачає форму, стає надмірно липким і непридатним для механізованого оброблення на хлібозаводах. Готовий хліб з такого

борошна має критично низький об'єм, розпливчасту форму, липку м'якушку, що не відновлюється після натискання, та великі порожнини всередині.

Аналогічну небезпеку становить і фузаріозне зерно. Окрім руйнування білкового комплексу, міцелій гриба активно знищує некрохмальні полісахариди (пентозани), які відіграють ключову роль у формуванні в'язкості тіста. Крім того, фузаріозне зерно є головним джерелом накопичення небезпечних вторинних метаболітів — мікотоксинів (таких як дезоксиніваленон та зеараленон), які є надзвичайно токсичними для організму людини і не руйнуються під час випікання.

Впровадження високоточного оптичного сортування безпосередньо перед першою драною системою борошномельного заводу дозволяє досягти наступних науково-практичних результатів:

1. Повне усунення осередків протеолітичних ферментів, що дозволяє знизити надмірну автолітичну активність борошна і стабілізувати показник «числа падіння» в межах оптимальних технологічних значень.
2. Збереження нативної молекулярної маси клейковинних білків. Це гарантує високі та стабільні реологічні показники тіста за даними альвеографа (суттєво підвищується енергія деформації тіста, а відношення пружності до розтяжності повертається до технологічної норми).
3. Гарантування повної мікробіологічної та токсикологічної безпеки готової продукції згідно з міжнародними стандартами НАССР. Це досягається шляхом фізичного видалення з потоку тих зерен, які є головними концентраторами мікотоксинів.

Процес пневматичної ежекції (видування) дефектного зерна з моношарового потоку підпорядковується чітким законам аеродинаміки та механіки багатофазних систем. Головне завдання процесу сепарування полягає в тому, щоб передати дефектній зернівці точковий імпульс сили за допомогою струменя стисненого повітря. Цей імпульс повинен гарантовано

відхилити траєкторію її польоту від траєкторії руху основного потоку здорового зерна.

Коли зернова маса сходить з похилого лотка фотосепаратора, вона потрапляє в зону вільного падіння, де кожна зернівка рухається по природній параболічній траєкторії. На здорове кондиційне зерно в цей момент діють лише дві основні сили: сила важіння та сила аеродинамічного опору повітря. Сила опору повітря залежить від швидкості падіння, щільності навколишнього середовища та площі найбільшого перерізу зернівки. Оскільки здорове зерно має правильну геометричну форму та високу щільність, його траєкторія є стабільною та прогнозованою.

У момент, коли оптична система фіксує дефектне зерно, комп'ютерний модуль розраховує точний час його підльоту до лінії повітряних форсунок (ежекторів). При досягненні зернівкою цієї точки відкривається відповідний високошвидкісний пневматичний клапан. Струмінь стисненого повітря б'є в дефектне зерно в напрямку, перпендикулярному до площини падіння потоку.

Сила цього повітряного удару є нестаціонарною і залежить від кількох ключових факторів: робочого тиску повітря в загальному ресивері машини, діаметра сопла форсунки, кута нахилу сопла відносно потоку та загальної тривалості імпульсу. У сучасних апаратах серії SPARK Pro тривалість відкриття клапана становить лічені мілісекунди.

Головна науково-інженерна задача оптимізації цього процесу полягає в ідеальній синхронізації часу затримки між фіксацією дефекту камерою та подачею повітряного імпульсу. Якщо імпульс буде подано запізно або занадто рано, струмінь повітря або пройде мимо, або здує сусідні здорові зерна.

Завдяки впровадженню адаптивних цифрових алгоритмів керування, система забезпечує надзвичайно точний, «ювелірний» удар. Це мінімізує повітряні збурення в сусідніх зонах, запобігає випадковому винесенню якісного зерна у відходи та дозволяє максимізувати загальний вихід борошна вищих сортів на півтора-два з половиною відсотки.

Для забезпечення колосальної продуктивності сучасних млинових фотосепараторів, яка може досягати п'ятнадцяти-двадцяти тонн зерна на годину, обробка цифрового відеопотоку з високошвидкісних оптичних матриць виконується на базі потужних програмованих логічних інтегральних схем та спеціалізованих цифрових сигнальних процесорів. Весь процес трансформації візуальної інформації в команду для пневматичного клапана реалізується через чітку послідовність етапів цифрової обробки.

Перший етап — Попередня просторова фільтрація. Відеосигнал, що надходить з камер, неминуче містить високочастотні електронні шуми оптичної матриці та мікроскопічні відблиски від пилу. Для їх усунення застосовується метод двовимірного гауссового згладжування. Процедура цифрової згортки зображення зі спеціальною матрицею вагових коефіцієнтів дозволяє ефективно «розмити» дрібні текстурні неоднорідності на поверхні здорового ендосперму, які не є ознаками хвороб, забезпечуючи рівний фон.

Другий етап — Виділення контурів та градієнтний аналіз. Для чіткого визначення меж ураження клопом-черепашкою, мікротріщин або темних плям різного походження застосовується цифровий оператор Собіля. Цей алгоритм аналізує швидкість зміни яскравості між сусідніми пікселями в горизонтальному та вертикальному напрямках. На основі цього розраховується повна амплітуда градієнта яскравості для кожної точки біологічного об'єкта. У місцях, де здорове зерно переходить у дефектну пляму, градієнт різко зростає.

Третій етап — Адаптивна сегментація та порогова бінаризація. Отримані значення градієнта порівнюються з адаптивним технологічним порогом. Цей поріг не є фіксованим; він безперервно перераховується комп'ютерною системою фотосепаратора залежно від середньої яскравості всього потоку зерна та його поточної засміченості.

Якщо градієнт яскравості пікселя перевищує встановлений поріг, комп'ютер маркує цю точку як «дефект». В результаті напівтонове зображення

перетворюється на бінарну (чорно-білу) маску, де чітко контуруються зони, що підлягають видаленню.

Четвертий етап — Формування керуючого сигналу. Система аналізує загальну площу виявлених дефектних пікселів на одній зернівці. Якщо ця площа перевищує критичні налаштування, задані технологом, об'єкт визнається браком. Інформація про координати цієї зернівки миттєво передається на силові електронні ключі, які відкривають високошвидкісний транзисторний струм в обмотках відповідного пневматичного клапана.

4.2 Вимоги до показників якості сировини та розрахунок помельної партії

Для виробництва якісного борошна використовують зерно пшениці та жита. Оскільки кожна частина зернини впливає на результат, сировина повинна суворо відповідати стандартам.

1. Допустима вологість зерна: пшениця (сортовий помел) — 14,5–16,5%; тверда пшениця (для макаронів) — 15,5–17,0%; жито — 14,0–15,0%. Для вищого гатунку вологість рекомендується до 13,0%.

2. Норми вмісту домішок

Зерно має бути максимально чистим. Вміст сторонніх елементів обмежений: сміття — не більше 0,4% (в окремих випадках до 2%); шкідливі домішки — не більше 0,05%. Це критично для безпеки продукту; фузаріозні зерна: максимум 1%; зернова домішка (інші культури, проросле зерно): не більше 4–5%.

3. Зовнішній вигляд та запах

Зерно має бути здоровим. Категорично заборонено використовувати сировину: із запахом плісняви, солоду або затхлості; з ознаками самозігрівання або підгоряння під час сушки; з явною пліснявою на поверхні.

4. Технологічні показники

Щоб борошно було якісним, оцінюють такі властивості зерна: Скловидність та зольність (впливають на колір та сорт борошна); Натура

(об'ємна маса) та маса 1000 зерен (показують виповненість зерна);
Клейковина: її кількість та якість визначають, як тісто буде тримати форму

Розрахунок помельної партії

Таблиця 1 – Розрахунок помельної партії за скловидністю з двох компонентів

Елементи розрахунку	Компоненти суміші		Помельна партія
	перший	другий	
Скловидність, %	35	50	40
Відхилення від заданої помельної партії	$40 - 35 = 5$	$50 - 40 = 10$	
Кількість частин кожного компонента в суміші	10	5	15
Процентний вміст компонентів у суміші	$10 \cdot 100 / 15 = 66,66$	$5 \cdot 100 / 15 = 33,33$	100 %

Маса кожного компонента в тоннах складе:

$$m_1 = 250 \cdot (66,66 / 100) = 166,65 \text{ т} \quad (4.1)$$

$$m_2 = 250 \cdot (33,33 / 100) = 183,325 \text{ т} \quad (4.2)$$

Для перевірки зробленого розрахунку за показником скловидності необхідно масу кожного компонента помножити на його скловидність, отримані тоннопроценти просумувати, потім розділити на загальну масу помельної партії. У результаті розрахунків одержуємо середньозважений вміст клейковини в помельній партії, тобто 40 %.

$$\text{Перевірка: } (166,65 \cdot 35 + 183,325 \cdot 50) / 250 = 40 \% \quad (4.3)$$

4.3 Обґрунтування схеми технологічного процесу

Зерно з елеватора приймається і зберігається у бункерах з яких через випускні воронки зерно направляється на електронні дозатори У2-БВВ, їх встановлюють після кожного бункера. Далі зерно чотирма потоками надходить на ваговий пристрій УРЗ-1. Після цього за допомогою гвинтового конвеєра РЗ-БКШ-200 зерно надходить до магнітних сепараторів БМПО і в шлюзові живильники РЗ-БШЗ.

Далі надходить у циклони-розвантажувачі У2-БРО, після чого зерно направляється у підігрівач зерна ПЗ, який призначений для підігріву зерна в

холодну пору року, з метою збільшення якості борошна. Далі зерно подається на автоматичні ваги АВ-50-3Е, які зважують зерно.

Первинне очищення здійснюється сито повітряним сепаратором ЛУЧ ЗСО, очищення здійснюється двома паралельними потоками. А потім встановлено каменевідбірник ОМП, який очищає зерно від мінеральних домішок.

Після вилучення мінеральних домішок зернова маса направляється на фотосепаратор Spark Pro, який очищає потік зерна від дефектів та сміття за допомогою камер. Після зерно направляється на магнітні сепаратори БМПО для очищення металоманітних домішок. Далі зерно надходить до оббивної машини МБО, для очищення поверхні зерна.

Очищене зерно надходить до аспіраційної колонки КАО-1,0, де зерно очищається від легких домішок, тобто пил, лушпиння і т.д. Далі потік зернової маси за допомогою пневмотранспорту піднімається на верхній поверх і надходить до повітряного сепаратора ВСЗ, для очищення зерна від домішок, що відрізняються аеродинамічними властивостями.

Очищене зерно надходить до магнітного сепаратора БМПО, а далі за допомогою бункера-розвантажувача У2-БРО направляється на машину інтенсивного зволоження МІУ-3, для зволоження зерна перед закладкою зерна на відволоження, а далі за допомогою шнекового транспортера Ш-160 зерно направляється в бункери для відволоження.

Після бункерів для відволоження через випускні воронки У2-БВВ зерно надходить на ваговий пристрій УРЗ. Після, за допомогою шнекового транспортеру Ш-160, зерно направляється на магнітний сепаратор БМПО.

Далі зерно надходить у оббивну машину МАО-6, для очистки поверхні зерна, а потім зерно направляють у ентролейтор ЕСМ-1,5, для подрібнення крупно-дунстових продуктів. Далі зерно надходить у повітряний сепаратор КАО-1,0, для очищення зерна від домішок. Потім за допомогою пневмотранспорту зерно подається в бункер-розвантажувач У2-БРО.

Далі за допомогою системи гвинтових конвеєрів зерно надходить до машини інтенсивного зволоження МІУ-3, для зволоження зерна. Потім надходить в бункер перед 1 др.с. Після цього зерно зважується на автоматичних вагах АВ-50-3Е і направляється на магнітний сепаратор БМПО.

Обґрунтування схеми технологічного процесу розмельного відділення

Технологічний процес розмелу зерна здійснюється на заводі продуктивністю 260 т/добу. У секції передбачене отримання двох сортів борошна: вищого, першого сорту, загальний вихід яких складає – 97,1%.

Схема технологічного процесу складається з 5-ти етапів: первинного здрібнення зерна з вимелом оболонкових продуктів (драний процес), сортування проміжних продуктів, збагачення крупок і дунстів, розмелу проміжних продуктів і контролю борошна.

Схема технологічного процесу включає в себе: чотири системи здрібнювання у вальцових верстатах МЕРМ і 3 системи вимелу оболонкових продуктів у радіально-бичових машинах А1-БВГ.

Перші три дрانی системи крупоутворюючі, а четверта забезпечує вимел ендосперму із оболонкових продуктів. Крупки і дунсти першої якості, отримані на етапах крупоутворення і сортування, збагачують на восьми ситовіальних системах, що обслуговуються машинами А1-БСО.

Крупну крупку збагачують на ситовіальних системах №1 та №3, середню крупку збагачують на ситовіальних системах №2, №4 та №7, суміш дрібної крупки та дунстів збагачують на ситовіальних системах №5, №6 та №8. З першої, третьої та сьомої ситовіальних систем збагачені продукти спрямовують на першу розмельну або першу шліфувальну системи, а сходові продукти повертають на третю та четверту дрانی дрібні системи.

З ситовіальної системи №2 та №4 збагачені продукти спрямовують на першу розмельну, або на манну крупу, або на першу шліфувальну системи, а сходові продукти повертають на третю драгу дрібну систему.

З ситовіальної системи №5 збагачені продукти спрямовують на першу розмелъну, або на другу розмелъну, або на другу шліфувальну системи, а сходові продукти повертають на 7 розмелъну систему.

З ситовіальної системи №6 та №8 збагачені продукти спрямовують на другу розмелъну або другу шліфувальну системи, а сходові продукти повертають на 7 розмелъну систему.

Етап розмелу проміжних продуктів складається із 9 розмелъних і 2 шліфувальних систем.

На перших трьох розмелъних системах застосовується ентролейтори РЗ-БЕР, які обробляють продукти першої якості. На всіх інших розмелъних системах застосовується деташери А1-БДГ.

Передбачений контроль муки за сортами на розсійниках типу РЗ-БРБ

4.4 Розрахунок балансу помелу зерна

Баланс помелу зерна відображає кількість і якість продуктів розмелу (борошна, крупок, дунстів та висівок), які утворюються на кожному етапі переробки. Він показує відсотковий вихід готової продукції та слугує головною базою для розрахунку й вибору технологічного обладнання, зокрема вальцьових верстатів і розсійників.

Таблиця 4.1. Розрахунок середньозваженої зольності борошна вищого сорту

Система	Вилучення муки	Зольність муки	Золопроценти
	$a_i, \%$	$z_i, \%$	$a_i \times z_i, \%\%$
1 шл.	2,2	0,52	1,2
2 шл.	3,8	0,53	2,0
1 р.с.	16,5	0,54	8,9
2 р.с.	11,3	0,54	6,1
3 р.с.	7,2	0,55	4,0
5 р.с.	2,3	0,55	1,3
6 р.с.	2,0	0,56	1,1
Контроль муки в/с	45,4	0,54	24,6
Схід з контролю	0,4	0,81	0,32
Мука в/с	45,0	0,54	24,3

Таблиця 4.2. Розрахунок середньозваженої зольності борошна першого сорту

Система	Вилучення муки	Зольність муки	Золопроценти
	$a_i, \%$	$z_i, \%$	$a_i \times z_i, \%\%$
I др.с.	1,9	0,68	1,3
III др.кр.с.	1,6	0,76	1,2
III др.др.с.	1,2	0,83	1,0
IV др.кр.с.	1,3	0,66	0,9
IV др.др.с.	1,5	0,69	1,0
Сорт.1	7,1	0,66	4,7
Сорт.2	1,8	0,70	1,3
Сорт.3	2,5	0,71	1,8
4 р.с.	3,4	0,76	2,6
5 р.с.	0,9	0,69	0,6
6 р.с.	0,9	0,71	0,7
7 р.с.	1,9	0,98	1,8
8 р.с.	1,3	1,08	1,4
9 р.с.	0,9	0,80	0,7
Контроль муки 1/с	28,4	0,74	21,08
Схід з контролю	0,2	1,15	0,2
Мука 1/с	28,0	0,74367689	20,85

Таблиця 4.3. Розрахунок середньозваженої зольності висівків

Система	Вилучення висівків	Зольність висівків	Золопроценти
	$a_i, \%$	$z_i, \%$	$a_i \times z_i, \%\%$
Вим.2	4,5	6,10	27,7
Вим.3	7,8	5,60	43,4
Сорт.3	3,9	4,50	17,4
4 р.с.	0,6	4,50	2,6
8 р.с.	1,6	5,10	8,3
9 р.с.	3,7	5,30	19,8
висівки	22,1	5,39	119,2

Визначаємо зольність зерна, з якою його треба направити в розмельне відділення, щоб отримати продукцію за заданим виходом

$$Z = abc \cdot zbc + a1c \cdot z1c + am.k \cdot zm.k = \frac{45 \cdot 0,54 + 28 \cdot 0,74 + 22,1 \cdot 5,39}{97,1} = 1,69\% \quad (4.4)$$

4.5 Підбір та розрахунок технологічного обладнання

Таблиця 4.4. Розрахунок вальцьової лінії

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 см вальцьової лінії q_{lin} , кг/доб	Довжина вальцьової лінії, см		Прийнята кількість верстатів n_i	Типорозмір верстата, см	Фактичне навантаження на 1 см вальцьової лінії q_{if} , кг/доб
	a_i , %	q_i , кг/доб		розрахункова	фактична			
				l_p	l_{if}			
I др.с.	97,1	252460	840	301	300	1,5	MERM 1000x250	842
II др.с.	68,0	176722	600	295	300	1,5	MERM 1000x250	589
III др.кр.с.	19,7	51249	440	116	200	1,0	MERM 1000x250	256
III др.др.с.	17,8	46225	250	185	200	1,0	MERM 1000x250	231
IV др.кр.с.	11,5	29816	250	119	200	1,0	MERM 1000x250	149
IV др.др.с.	10,8	27964	250	112	200	1,0	MERM 1000x250	140
1 шл.	8,0	20855	250	83	100	0,5	MERM 1000x250	209
2 шл.	7,6	19706	225	88	100	0,5	MERM 1000x250	197
1 р.с.	27,5	71577	180	398	400	2,0	MERM 1000x250	179
2 р.с.	18,8	48925	145	337	400	2,0	MERM 1000x250	122
3 р.с.	12,0	31233	190	164	200	1,0	MERM 1000x250	156
4 р.с.	11,4	29758	180	165	200	1,0	MERM 1000x250	149
5 р.с.	7,3	18982	175	108	200	1,0	MERM 1000x250	95
6 р.с.	6,6	17181	180	95	100	0,5	MERM 1000x250	172
7 р.с.	6,2	16124	180	90	100	0,5	MERM 1000x250	161
8 р.с.	4,9	12840	180	71	100	0,5	MERM 1000x250	128
9 р.с.	4,6	12001	150	80	100	0,5	MERM 1000x250	120
Всього					3400	17,0	MERM 1000x250	

Розрахуємо фактичне середнє питоме навантаження на загальну довжину вальцьової лінії

$$Q_{\text{вл}} = \frac{260 \cdot 1000}{34000} = 76,4 \frac{\text{кг}}{\text{см}} * \text{доб} \quad (4.5)$$

Нормативне значення становить 65-75 кг/см*доб

Таблиця 4.5 Розрахунок розсійників

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 секцію розсійника $q_{\text{нн}}$, т/доб	Кількість секцій		Марка розсійника	Фактичне навантаження на 1 секцію розсійника $q_{\text{фн}}$, т/доб	нормативне навантаження на систему
	a_i , %	q_i , кг/доб		розрахункова піф	фактична піф			
I др.с.	97,1	252460	85	3,0	3	MESP 824	84	75-85
II др.с.	68,0	176722	60	2,9	3	MESP 824	59	55-60
III др.кр.с.	19,7	51249	44	1,2	2	MESP 824	26	44-55
III др.др.с.	17,8	46225	25	1,8	2	MESP 824	23	25-30
IV др.кр.с.	11,5	29816	28	1,1	1	MESP 824	30	25-33
IV др.др.с.	10,8	27964	32	0,9	1	MESP 824	28	32-45
сорт. 1	28,5	74223	25	3,0	3	MESP 824	25	21-30
сорт. 2	9,2	23806	25	1,0	1	MESP 824	24	25-45
сорт. 3	8,4	21838	20	1,1	1	MESP 824	22	13-36
1 шл.	8,0	20855	25	0,8	1	MESP 824	21	25-30
2 шл.	7,6	19706	22	0,9	1	MESP 824	20	22-30
1 р.с.	27,5	71577	38	1,9	2	MESP 824	36	38-52
2 р.с.	18,8	48925	40	1,2	2	MESP 824	24	35-48
3 р.с.	12,0	31233	30	1,0	1	MESP 824	31	30-45
4 р.с.	11,4	29758	20	1,5	2	MESP 824	15	20-45

5 р.с.	7,3	1898 2	17	1,1	2	MESP 824	9	17-23
6 р.с.	6,6	1718 1	20	0,9	1	MESP 824	17	16-27
7 р.с.	6,2	1612 4	25	0,6	1	MESP 824	16	25-36
8 р.с.	4,9	1284 0	25	0,5	1	MESP 824	13	25-30
9 р.с.	4,6	1200 1	20	0,6	1	MESP 824	12	20-27
контр в/с	45, 4	1181 34	60	2,0	2	MESP 424	59	40-60
контр л/с	28, 4	7377 2	40	1,8	2	MESP 424	37	40-60
Всього				30,8	36	4+1		

$$Q_p = \frac{260 \cdot 1000}{36 \cdot 4,6} = 1570 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} * \text{доб} \quad (4.6)$$

Нормативне значення $1300-1400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} * \text{доб}$

Таблиця 4.6. Розрахунок ситовійки

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 см ширини сита $q_{\text{нн}}$, кг/доб	Ширина приймального сита, см		Прийнята кількість ситовійок	Марка ситовійки	Фактичне навантаження на 1 см ширини сита $q_{\text{фн}}$, кг/доб	нормативне навантаження на систему
	a_i , %	q_i , кг/доб		розрахункова	фактична	n_i			
				b_{ip}	$b_{\text{иф}}$				
В.1 (кр.кр.)	11,7	30295	650	47	46	0,5	MEPR 46/200	659	600-700
В.2 (ср.кр.)	8,7	22721	500	45	46	0,5	MEPR 46/201	494	500-600
В.3 (кр.кр.)	6,8	17672	600	29	46	0,5	MEPR 46/202	384	600-700
В.4 (ср.кр.)	8,2	21207	500	42	46	0,5	MEPR 46/203	461	500-600
В.5 (м.кр.)	10,6	27463	300	92	92	1,0	MEPR 46/204	299	300-400
В.6 (дунст)	9,5	24689	300	82	92	1,0	MEPR 46/205	268	300-400
В.7 (ср.кр.)	3,9	10260	500	21	46	0,5	MEPR 46/206	223	500-600
В.8 (м.кр.)	2,7	7142	300	24	46	0,5	MEPR 46/207	155	300-400
Всього					460	5			

$$Q_c = \frac{260 \cdot 1000}{460} = 565,2 \frac{\text{кг}}{\text{см}} * \text{доб} \quad (4.7)$$

Нормативне значення $500-600 \frac{\text{кг}}{\text{см}} * \text{доб}$

Таблиця 4.7. Розрахунок вимельних машин

Вимельні машини				
система	баланс. навант.	продуктивність	кількість	
Вим.1	6,7	1,4	0,5	1,0
Вим.2	6,8	1,2	0,6	1,0
Вим.3	11,6	1,1	1,1	1,0

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 виконуємо у послідовності, наведеній графічно у вигляді схеми технологічного процесу. Визначаємо місткість і кількість бункерів, для розрахунків використовуємо зазначену в завданні виробничу потужність мукомельного заводу (Q).

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

$$Q_{з. оч.} = k * Q = 260 * 1.1 = 286 \text{ т/доб} \quad (4.8)$$

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.

Бункери. Місткість бункерів для неочищеного зерна на мукомельних заводах з високопродуктивним обладнанням згідно з типовим проектом розрахована на $\tau=50$ год.

Кількість бункерів n визначаємо за формулою

$$n = \frac{260 \cdot 50}{24 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 19,2} = 4,9 \quad (4.9)$$

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 3х3 м² для неочищеного зерна; 1,5х1,5 м² – при відволоженні; розміри бункера перед I драною системою – (1,0-1,2)х(1,0-1,2) м²;

h – висота бункера, яку приймають у залежності від поверховості підприємства, при шестиповерховому будинку – двом–трьом поверхам – 9,6 м і 14,4 м.

Приймаймо кількість бункерів 5 шт.

– для першого відволоження:

$$n = \frac{260 \cdot 36}{24 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 19,2} = 13,3 \quad (4.10)$$

Приймаймо кількість бункерів 13 шт.

– для другого відволоження:

$$n = \frac{260 \cdot 12}{24 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 19,2} = 4,7 \quad (4.11)$$

Приймаймо кількість бункерів 5 шт.

Місткість одного бункера E_b (т) визначаємо діленням загального запасу в бункерах на їх кількість

$$E_b = \frac{Q \cdot \tau}{24 \cdot n} \quad (4.12)$$

– для неочищеного зерна

$$E_b = \frac{260 \cdot 50}{24 \cdot 5} = 108,3 \text{ т} \quad (4.13)$$

– для відволоження:

$$E_{b. \text{ в1}} = \frac{260 \cdot 36}{24 \cdot 13} = 30 \text{ т} \quad (4.14)$$

$$E_{b. \text{ в2}} = \frac{260 \cdot 12}{24 \cdot 6} = 21,6 \text{ т} \quad (4.15)$$

Дозуючі машини. Необхідну кількість дозуючих машин (УРЗ-1, УРЗ-2, ЗС-250) визначаємо не за їх продуктивністю, а за кількістю бункерів – з розрахунку, що під кожним бункером установлюють один дозатор. Продуктивність УРЗ-1 складає 0,2...7 т/год, УРЗ-2 0,2...12 т/год, ЗС-250 – 4,5 т/год.

Автоматичні ваги визначаємо за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot Q_{з.оч}}{24 \cdot 60 \cdot v \cdot k} \quad (4.16)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 260}{24 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 2} = 1,8 \quad (4.17)$$

де $Q_{з.оч}$ – продуктивність підготовчого відділення, т/доб;

v – місткість ковша, кг;

k – кількість зважувань за хвилину.

Приймаємо кількість вагів 2шт, по одній на потік

Кількість машин, передбачених схемою очищення і підготовки зерна, при підготовці зерна одним потоком визначають у графічно наведених послідовності, використовуючи формулу

$$n = \frac{q_{з.оч}}{q_m} \quad (4.18)$$

де $q_{з.оч}$ – продуктивність підготовчого відділення, т/год;

q_m – продуктивність конкретної машини, т/год.

Продуктивність підготовчого відділення $q_{з.оч}$ за одну годину визначають за формулою:

$$q_{з.оч} = \frac{q_{з.оч}}{q_m} = \frac{286}{24} = 11,91 \quad (4.19)$$

4.6 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва.

Застосування системи НАССР

Контроль безпечності на зернопереробних підприємствах за принципами системи НАССР відрізняється від класичних методів ВТК тим, що переносити увагу з перевірки готової продукції на сам процес виробництва. Замість лабораторного пошуку браку в уже змеленому борошні

чи крупі, технології виявляють і контролюють небезпечні фактори безпосередньо під час переробки зерна. Це дозволяє попередити появу браку ще на етапі технологічних операцій.

Українське законодавство дозволяє невеликим млинам (фермерським чи модульним об'єктам), які мають невеликий штат і обсяги виробництва, розробляти та вести документацію НАССР за спрощеною схемою. Головна вимога до таких підприємств — готова продукція повинна залишатися безпечною для споживача. Отримувати офіційний сертифікат відповідності НАССР закон не вимагає, ця процедура є повністю добровільною для будь-якого оператора ринку.

Розробку системи на млині починають із детального аналізу біологічних, хімічних та фізичних ризиків. За результатами цієї оцінки визначають, які саме технологічні процеси потребують постійного контролю і чи потрібно впроваджувати систему в повному обсязі, чи достатньо лише окремих інструкцій.

Роботу завжди починають із програм-передумов. Вони встановлюють базові правила гігієни та санітарії: регламентують очищення млинових ліній і аспірації, боротьбу з комірними шкідниками, правила прибирання цехів та особисту гігієну робітників.

Практична реалізація системи управління безпечністю на підприємствах борошномельної промисловості базується на обов'язковому

впровадженні програм-передумов. Цей комплекс превентивних заходів формує санітарно-гігієнічний базис виробництва та охоплює такі ключові напрями:

1. Раціональне планування і зонування виробничих (розмельних, вибійних, ситовійних), допоміжних та адміністративно-побутових приміщень млина;
2. Належний технічний стан споруд та млинового обладнання, графіки планово-попереджувальних ремонтів, технічне обслуговування й калібрування засобів вимірювальної техніки, а також захист зернової

- сировини і готового борошна від випадкового фізичного забруднення чи сторонніх домішок;
3. Ефективне функціонування інженерних мереж, зокрема систем аспірації та вентиляції (що є критичним для контролю рівня борошняного пилу), водопостачання, водовідведення, енергозабезпечення та освітлення;
 4. Контроль безпечності технологічної води та пари (що використовуються, наприклад, під час гідротермічної обробки та кондиціонування зерна), а також допоміжних матеріалів і поверхонь, які безпосередньо контактують із сировиною на етапах переробки;
 5. Санітарна обробка, підтримання чистоти робочих поверхонь та регламентовані процедури прибирання;
 6. Моніторинг стану здоров'я, особиста гігієна та допуск персоналу до роботи;
 7. Правильне поводження з виробничими відходами (висівками, зерновими домішками, аспіраційними відходами) та сміттям, їх систематичний збір і своєчасне вивезення з території підприємства;
 8. Дератизація та дезінсекція, спрямовані на запобігання появі та ліквідацію шкідників зерна і запасів (комірних шкідників, гризунів);
 9. Суворе дотримання правил безпечного зберігання та застосування токсичних речовин і хімічних сполук (фумігантів, мийних та дезінфікуючих засобів);
 10. Встановлення чітких специфікацій для вхідної сировини та оцінка надійності постачальників зерна;
 11. Організація безпечних умов зберігання (у силосах елеваторів, підлогових складах) та транспортування зерна і готової продукції;
 12. Безперервний контроль параметрів технологічних процесів переробки;
 13. Належне маркування та забезпечення споживачів повною інформацією про якісні показники та склад борошна.
 14. Наступним стратегічним етапом є інтеграція безпосередніх принципів НАССР, які підсилюють контроль безпосередньо на тих ділянках

переробного процесу, де існують найвищі ризики для безпечності кінцевого продукту.

Цей алгоритм передбачає послідовну реалізацію базових принципів безпеки, яка розпочинається з ідентифікації та комплексного аналізу потенційних небезпечних факторів на всіх етапах виробництва. [12]

На основі отриманих даних здійснюється визначення критичних контрольних точок, яскравим прикладом яких у борошномельній галузі є етапи магнітної сепарації для вилучення металодомішок, із подальшим обґрунтуванням та встановленням чітких критичних меж для кожної такої точки.

Для забезпечення безперервного контролю розробляються та впроваджуються процедури систематичного моніторингу, а також формулюються чіткі коригувальні дії на випадок виходу технологічних параметрів за встановлені норми.

Завершальними етапами побудови процесу є визначення процедур верифікації для підтвердження загальної ефективності роботи системи, а також організація чіткої системи ведення робочої документації та регулярної реєстрації всіх виробничих записів.

Початковий запуск та розгортання системи НАССР в умовах борошномельного виробництва вимагає виконання комплексу послідовних організаційних та технологічних заходів, який розпочинається з офіційного створення та затвердження складу робочої групи із залученням таких профільних фахівців, як технологи, завідувачі лабораторій та інженери.

Наступним кроком є складання вичерпного опису сировини і готової продукції з обов'язковим зазначенням їхніх фізико-хімічних показників, термінів придатності та цільового призначення, після чого здійснюється розробка та безпосередня візуальна перевірка на виробництві блок-схем усіх етапів технологічного процесу від приймання зерна до відвантаження готового борошна.

На основі цих даних проводяться проєктування, документальне оформлення та практичне впровадження базових програм-передумов, що дозволяє перейти до систематичної перевірки достатності та відповідності всіх елементів розробленої системи для гарантування повної безпечності продукції.

Завершується цей етап збором об'єктивних аналітичних даних, включаючи результати лабораторних досліджень та записи у журналах моніторингу, що підтверджують стабільну дієвість впровадженої системи на підприємстві.[14]

4.7 Охорона праці

Предметом вивчення дисципліни є запобігання нещасним випадкам на виробництві, організація належних санітарно-гігієнічних умов, а також протипожежний захист об'єктів харчової індустрії. Окремо розглядаються особливості технологічних процесів млина та правила безпечного обслуговування основних і допоміжних машинних агрегатів.

Організація безпечного та сприятливого виробничого середовища є базовим фактором підтримки високої працездатності й збереження здоров'я колективу. Оскільки борошномельний завод належить до II категорії вибухопожежонебезпечних об'єктів, особлива увага приділяється суворому моніторингу концентрації зернового та борошняного пилу в повітрі робочих зон.

Генеральний план підприємства, архітектурно-планувальні рішення та взаємне розташування виробничих, допоміжних і складських будівель розроблені з урахуванням логіки технологічного потоку, вимог будівельних норм, техніки безпеки та промислової санітарії.

Для забезпечення належних побутових потреб персоналу на підприємстві передбачено комплекс допоміжних приміщень: гардеробні блоки для роздільного зберігання особистого та спеціального одягу; душові кабінки, умивальники та санітарні вузли; облаштовані місця для куріння та

відпочинку; пункт громадського харчування (їдальня) та лікувально-профілактичний медичний пункт.

Параметри виробничого мікроклімату (температурний режим, відносна вологість, барометричний тиск та швидкість циркуляції повітряних потоків) підтримуються на оптимальному рівні за допомогою систем автоматичного регулювання. Робота цих систем безпосередньо впливає на загальне самопочуття робітників та знижує рівень їхньої втомлюваності протягом зміни.

Основним інструментом підтримання чистоти повітряного середовища у цехах є комплексна припливно-витяжна вентиляція. Поєднання загальнообмінної вентиляції та локальних аспіраційних установок на технологічному обладнанні (зокрема на ділянці фотосепарації та вальцових верстатів) дозволяє ефективно видаляти надлишки тепла, вологи й пилових часток, гарантуючи відповідність повітря чинним санітарно-гігієнічним нормативам.

Правильно розраховане світлове середовище у цехах млина мінімізує зорове напруження робітників, запобігає виробничому травматизму та допомагає підтримувати високу точність технологічних операцій. Належний рівень освітленості критично важливий для робочої зони оператора фотосепаратора, оскільки його діяльність пов'язана з постійним моніторингом цифрових дисплеїв та візуальним оцінюванням якості проходження зернового потоку.

Проєктом підприємства закладено використання трьох взаємодоповнюючих видів освітлення: природне, штучне, аварійне.

Штучне світло генерується енергоощадними світлодіодними приладами. Враховуючи високу концентрацію пилу в повітрі млина, усі світильники у виробничих приміщеннях мають герметичний, пилозахисний та вибухобезпечний корпус із високим індексом захисту. Це унеможливорює контакт гарячих внутрішніх деталей лампи з органічним пилом і повністю усуває загрозу пожежі.

Контроль за станом світлового обладнання передбачає систематичне очищення скляних поверхонь вікон і плафонів від нальоту пилу згідно з експлуатаційним регламентом підприємства.

Експлуатація силового обладнання заводу, систем автоматизації та фотосепаратора SPARK Pro, який використовує високу напругу для роботи оптичних сенсорів та повітряних ежекторів, вимагає суворого дотримання правил електробезпеки. Додатковим ризиком на борошномельних підприємствах є статична електрика. Вона виникає під час тертя зерна й борошна об стінки самопливних труб, конвеєрних стрічок та тканинних рукавів фільтрів і може стати джерелом іскри у запиленому приміщенні.

Для усунення ризиків ураження струмом та виникнення пожеж у проєкті передбачено такі інженерні рішення:

1. Захисне заземлення та занулення — усі металеві неструмоведучі частини обладнання підключаються до загального контуру заземлення. Це виключає появу небезпечної напруги на корпусі машин у разі пошкодження ізоляції.

2. Захист від статичної електрики — усі елементи зернопроводів, продуктопроводів, циклонів та аспіраційних систем з'єднуються між собою гнучкими металевими перемичками в єдиний заземлений ланцюг. Для транспортування сировини використовуються матеріали з антистатичними властивостями.

3. Апарати захисного вимкнення — електричні мережі оснащуються автоматичними вимикачами, пристроями захисного вимкнення та плавкими запобіжниками, які миттєво знеструмлюють лінію під час короткого замикання або перевантаження.

4. Виконання електрообладнання — оскільки цехи належать до вибухонебезпечних зон, уся пускова апаратура, кабельні лінії та електродвигуни мають спеціальне пилозахищене та вибухобезпечне виконання.

До обслуговування електроустановок заводу та налаштування фотосепаратора допускається лише кваліфікований персонал, який пройшов навчання, здав іспит з правил технічної експлуатації та має відповідну групу з електробезпеки.

Борошномельний завод належить до категорії Б (вибухопожежонебезпечні виробництва) через здатність органічного пилу утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям. Джерелом займання може стати іскра від статичної електрики, перегрів підшипників, коротке замикання в проводці або тертя конвеєрних стрічок.

Для запобігання пожежам та вибухам у проєкті реалізовано комплексний підхід, який поєднує технологічні рішення, конструктивний захист, технічні засоби та системи протипожежного захисту.

Основою технологічної безпеки є використання повністю герметичного обладнання, що унеможливорює виділення вибухонебезпечного пилу в робочу зону, а також безперервна цілодобова робота аспіраційних систем, які локалізовані безпосередньо на ділянках функціонування фотосепаратора та вальцових верстатів.

Конструктивна стійкість споруди забезпечується облаштуванням легкоскидних елементів у вигляді вікон великої площі, які в разі вибуху миттєво знижують надлишковий тиск усередині приміщення та захищають капітальні стіни від руйнування, тоді як сама будівля за допомогою протипожежних стін та перекриттів із високою межею вогнестійкості чітко розподілена на ізольовані пожежні відсіки.

Технічний контроль критичних вузлів реалізовано через встановлення автоматичних датчиків сходу та проковзування стрічок на норіях і конвеєрах, які миттєво блокують роботу лінії під час виникнення аварійних режимів.

Загальний захист об'єкта підсилюється інтеграцією автоматичної пожежної сигналізації, сучасної системи оповіщення про евакуацію та внутрішнього протипожежного водопроводу з нормативними кран-

комплектами, що доповнюються постами з первинними засобами пожежогасіння на кожному поверсі виробничого комплексу.

Усі евакуаційні шляхи та виходи утримуються вільними, а на стінах розміщені світлові покажчики напрямку руху. Персонал млина обов'язково проходить регулярні протипожежні інструктажі та практичні тренування з евакуації.

РОЗДІЛ 5

СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ

5.1. Пневмотранспорт

Ключова специфіка пневматичних систем нагнітального типу полягає у здатності генерувати підвищений робочий тиск усередині матеріалопроводів. Цей фактор забезпечує можливість переміщення зернової маси та продуктів її переробки на протяжні дистанції за умов високої масової концентрації двофазного потоку. Головним конструктивним обмеженням таких комплексів є технологічна складність процесу введення сипучих компонентів у магістраль з високим внутрішнім тиском. Дана особливість зумовлює необхідність інтеграції спеціалізованих завантажувальних шлюзових пристроїв та живильників різних модифікацій, вибір яких здійснюється на основі ретельного аналізу аеродинамічних параметрів, фізико-механічних властивостей та дисперсності транспортуваної сировини.

Базовий апаратний склад пневмотранспортних систем сучасних борошномельних підприємств формується з комплексу взаємопов'язаного обладнання:

- пристроїв для дозованого приймання та безперервного живлення системи;
- герметичних трубопроводів (матеріалопроводів) оптимізованої конфігурації;
- циклонів-розвантажувачів для осадження твердої фази;
- пиловловлювальних агрегатів і фільтрів для фінішного очищення відпрацьованого повітряного потоку перед його викидом в атмосферу;
- високопродуктивних повітродувних машин (компресорів або вентиляторів високого тиску).

					КРБ.ТЗПХіКВ.1. 537-03. I.1.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Дмитрієва В.В.				Розділ 5		Літ	Аркуш
Керівник	Мельник І.В.							50
Консультант								
Зав. кафедри	Жигунов Д.О.						ОНТУ, ТЗХ-41	

У технологічних лініях зерноочисних відділень млинових комплексів виведення і декомпресія продукту, що транспортується нагнітальними пневматичними мережами, традиційно реалізується за допомогою високоефективних відцентрових циклонів-розвантажувачів.

Процес інженерного проектування та розрахунку пневмотранспортних комунікацій здійснюється за чітким алгоритмом у кілька послідовних етапів:

а) обґрунтування оптимальної структурно-технологічної схеми та підбір апаратної комплектації установки відповідно до специфічних просторових та кінематичних умов конкретного виробництва;

б) просторове визначення та координатна прив'язка вузлів завантаження сировини і точок фінального вивантаження фракцій у загальній схемі цеху;

в) розрахунок номінальних та пікових технологічних навантажень за масовою витратою продукту для кожної окремої ділянки трубопроводу;

г) обчислення оптимальних геометричних параметрів (діаметрів, товщини стінок) матеріалопроводів та розрахунок конструктивних характеристик допоміжних вузлів системи;

д) просторове компонування окремих трубопроводів у функціональні локальні мережі з подальшою розробкою площинних схем-розгорток та їхнім комплексним гідродинамічним розрахунком;

е) проектування та розрахунок параметрів аспіраційного контуру системи для забезпечення необхідного розрідження та запобігання пиленню;

ж) розрахунок та селекція промислових пиловідділювачів, циклонів, вентиляційних агрегатів та іншого супутнього силового обладнання.

Обґрунтування структурної схеми та вибір специфікацій обладнання пневматичного транспорту здійснюється на основі комплексного аналізу фізико-хімічних властивостей вантажу, геометричної протяжності та просторової конфігурації траси, заданої пропускної спроможності лінії, а також супутніх експлуатаційних чинників виробничого середовища.

Просторова локалізація точок введення та виведення зернової маси та проміжних продуктів її переробки визначається безпосередньо за

топологією технологічних комунікацій цеху. При цьому взаємне розташування основного переробного та допоміжного пневмотранспортного устаткування оптимізується таким чином, щоб мінімізувати загальну довжину траєкторії переміщення матеріальних потоків. Особлива увага при проектуванні приділяється виключенню або максимальному скороченню протяжності горизонтальних ділянок трубопроводів, оскільки вони характеризуються підвищеним гідродинамічним опором і ризиком утворення застійних зон (завалів продукту).

Номінальне розрахункове навантаження на кожен окрему технологічну магістраль (матеріалопровід) детермінується виходячи із заданої годинної продуктивності конкретної виробничої лінії млина. Інженерний підбір, профілювання та розрахунок геометричних параметрів матеріалопроводів, приймальних пристроїв, шлюзових живильників та циклонів-розвантажувачів реалізуються за спеціалізованими галузевими методиками. Ці алгоритми дозволяють точно визначити необхідні типорозміри апаратів та обчислити величину їхніх локальних і загальних гідравлічних опорів для оптимізації потужності силових приводів.

Об'єднання окремих матеріалопроводів у централізовані функціональні мережі виконується з метою забезпечення просторової компактності всієї установки, а також для оптимізації процесу аспірації за рахунок сумісного очищення відпрацьованого повітряного середовища в єдиній групі пиловловлювачів. Головними критеріями при такому групуванні є територіальна наближеність комунікацій одна до одної, а також аеродинамічна й технологічна однорідність фракцій, що переміщуються паралельними каналами.

Нагнітальні пневмотранспортні установки (НПТУ) у структурі сучасного борошномельного заводу призначені для безперервного переміщення зерна пшениці у вертикальній та горизонтальній площинах. Їх функціонування повністю підпорядковане загальній схемі технологічного

процесу очищення, сепарації та гідротермічної підготовки зернової маси до помелу, а також просторовому розміщенню машин на поверххах цеху.

Типова апаратна комплектація нагнітальної пневмотранспортної установки містить у собі наступні базові конструктивні елементи:

- силову повітродувну машину (компресор або ротаційну машину для генерації повітряного потоку);
- магістральний повітропровід для подачі чистого стисненого повітря;
- пневматичний приймач-живильник, оснащений герметичним шлюзовим затвором для дозованого введення сировини в зону високого тиску;
- транспортний продуктопровід оптимізованого перерізу;
- кінцевий циклон-розвантажувач для ефективного відокремлення продукту від транспортуючого повітряного струменя.

Як розвантажувач в установках використовують У2-БРО, які не вимагають установки шлюзових затворів на виході зерна з них. Відпрацьоване повітря очищають в аспіраційних установках.

Таблиця 5.1. Опис нагнітальних пневмотранспортних установок у проєкті

Номер нагнітальної пневмотранспортної установки	Переміщення продукту		Розвантажувач
	Точка завантаження зерна	Точка вивантаження зерна	
Нпту№1	Бункера для неочищеного зерна (через шлюзові живильники РЗ-БШЗ)	Автоматичні ваги АВ-50-ЗЕ (первинний облік зерна)	Циклон-розвантажувач типу У2-БРО з підігрівачем зерна БПЗ
Нпту№2	Ситоповітряний сепаратор ЛУЧ-ЗСО (після первинного очищення)	Каменевідбірник ОМП (видалення мінеральних домішок)	Циклон-розвантажувач типу У2-БРО
Нпту№3	Каменевідбірник ОМП (очищене від каміння зерно)	Фотосепаратор SPARK Pro (оптичне сортування)	Циклон-розвантажувач типу У2-БРО
Нпту№4	Фотосепаратор SPARK Pro (кондиційна фракція зерна)	Оббивна машина МБО (поверхнєве оброблення оболонок)	Циклон-розвантажувач типу У2-БРО
Нпту№5	Бункера першого відволожування (після зволожувального апарату МІУ-3)	Бункера другого відволожування (для повторного кондиціювання)	Циклон-розвантажувач типу У2-БРО
Нпту№6	Бункера другого відволожування (після фінішного етапу відлежування)	Ентролейтор ЕСМ-1,5 (знезараження та додаткове лушення)	Циклон-розвантажувач типу У2-БРО
Нпту№7	Ентролейтор ЕСМ-1,5 (готова до розмелу зернова маса)	Бункер перед І драною системою (І др.с.)	Циклон-розвантажувач типу У2-БРО

5.2. Аспірація

Специфічним напрямком функціонування промислової вентиляції є аспірація, яка є критично важливим складником як для оптимізації техніко-економічних показників виробництва, так і для забезпечення належного рівня

охорони праці. У сучасній інженерній практиці проектування аспіраційних мереж належить до категорії найбільш складних і наукомістких завдань.

Головна функція аспіраційних комплексів у межах зернопереробних цехів полягає у запобіганні емісії (виділенню) дрібнодисперсних пилових часток із внутрішніх робочих зон технологічного устаткування в об'єм виробничих приміщень. Такі інженерні системи одночасно реалізують комплекс взаємопов'язаних завдань:

1. санітарно-гігієнічні (створення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу та дотримання гранично допустимих концентрацій пилу);
2. екологічні (мінімізація шкідливих викидів у навколишнє природне середовище);
3. технологічні (захист рухомих вузлів машин та оптичних сенсорів фотосепараторів від забруднення);
4. безпекові (гарантування вибухо- та пожежобезпеки промислового об'єкта шляхом усунення вибухонебезпечних концентрацій органічного пилу в повітрі).

Класифікація сучасних аспіраційних систем базується на комплексі різноманітних ознак. За характером організації циркуляції повітряного середовища їх поділяють на дві основні групи:

Прямоточні системи - принцип їх дії базується на паркані запиленого повітря безпосередньо від технологічних укриттів, транспортуванні його матеріалопроводами до пиловловлювальних апаратів (рукавних фільтрів або батарей циклонів) і подальшому повному викиді очищеного повітряного потоку в атмосферу.

Рециркуляційні системи - характеризуються тим, що повітряний потік після проходження багатоступеневого очищення у фільтрах не виводиться за межі будівлі, а частково або у повному обсязі повертається назад у робочу зону цеху. Це дозволяє суттєво знизити теплові втрати будівлі під час зимової експлуатації та мінімізувати витрати підприємства на опалення й

кондиціювання.

За особливостями гідравлічного режиму функціонування аспіраційні мережі диференціюють на системи з постійною продуктивністю (стабільні параметри витрати повітря) та системи зі змінною продуктивністю (адаптивне регулювання залежно від поточного навантаження лінії). За типом технологічного зв'язку та просторової структури системи поділяють на автономні (локальні, розраховані на одну-дві машини) та централізовані (об'єднують велику групу обладнання на кількох поверхах).

Ефективність локалізації пилових виділень безпосередньо залежить від герметичності аспіраційного укриття (кожуха), всередині якого вентилятор створює зону контрольованого розрідження (вакуумметричного тиску). Оптимальним з науково-практичної точки зору є досягнення мінімально необхідного рівня розрідження, за якого пилові частинки гарантовано не вибиваються крізь конструктивні щілини укриття, але при цьому не відбувається зайвого засмоктування кондиційних фракцій продукту.

Аналітичний розрахунок оптимальних об'ємних витрат повітря через кожне конкретне укриття є багатофакторною задачею, рішення якої базується на швидкості та масовому потоці подрібнюваного матеріалу, геометричних розмірах відкритих прорізів, а також об'ємах повітря, що інжектуються (затягується) у систему через природні нещільності конструкції під дією динамічного руху зернової маси.

Назва технологічного устаткування	Кількість устаткування	Витрата повітря, м³/год	Загальна витрата повітря, м³/год
Аспіраційна мережа №1			
Ситоповітряний сепаратор ЛУЧ-ЗСО	1	80	80
Повітряний сепаратор ВСЗ (первинний контур очищення відходів)	2	40	80
Каменевідбірник ОМП (видалення мінеральних домішок)	1	80	80
Циклон-розвантажувач типу У2-БРО	2	20	40
Всього			280
Фільтр – ФА-ЦП із вентилятором			
Аспіраційна мережа №2			
Оббивна машина МБО (поверхнева обробка оболонок)	1	60	60
Ентролейтор ЕСМ-1,5 (знезараження та мікролущення)	1	40	40
Фотосепаратор SPARK Pro (зона оптичної сепарації)	1	30	30
Автоматичні електронні ваги АВ-50-ЗЕ	2	10	20
Система гвинтових конвеєрів та ланцюговий транспортер ТЦ-100	5	10	50
Циклон-розвантажувач типу У2-БРО (приймальні контури)	5	10	50
Всього			250
Фільтр – ФА-ЦП із вентилятором			

РОЗДІЛ 6

ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА МАТЕРІАЛЬНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

6.1 Заходи для економії електроенергії і енергозбереження.

При формулюванні заходів для економії електроенергії і енергозбереження треба розглянути вплив на економію електроенергії компенсації реактивної потужності, режиму роботи трансформаторів в залежності від добового навантаження та заміну освітлення лампами розжарювання на освітлення люмінесцентними лампами.

6.2 Розрахування активної потужності споживання підприємством методом питомих витрат електроенергії

Розрахункову активну потужність методом питомих витрат електроенергії визначають за формулою

$$P_p = \frac{W_{\text{пит}} \cdot M_{\text{річ}}}{T_{\text{max}}} = \frac{61.67600}{5200} = 793 \text{ кВт.} \quad (6.1)$$

де $W_{\text{пит}}$ - нормована питома витрата електричної енергії (Табл.. Д.1);

$W_{\text{ПИТ}} = 52 \dots 66 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{т}$, приймаємо $W_{\text{ПИТ}} = 66 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{т}$;

$M_{\text{річ}}$ – річна продуктивність підприємства,

$$M_{\text{річ}} = M_{\text{ДОБ}} \cdot D_P = 260 \cdot 260 = 67600 \text{ т,} \quad (6.2)$$

тут $M_{\text{ДОБ}}$ - добова продуктивність борошна на підприємстві,

$M_{\text{ДОБ}} = 260 \text{ т} / \text{добу}$;

D_P - кількість робочих днів підприємства на протязі року, $D_P = 260$ днів;

T_{max} = кількість годин використання розрахункової активної потужності на протязі року. Для борошномельних і круп'яних заводів $T_{\text{max}} = 5200$ год

Розрахункову активну потужність освітлення можна приймати

$$P_{\text{осв}} = 0,1 P_p = 0,1 \cdot 793 = 79,3 \text{ кВт.} \quad (6.3)$$

					КРБ.ТЗПХіКВ.1. 537-03. І.1.1					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Дмитрієва В.В.			Розділ 6		Літ	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Мельник І.В.							58	
Консультант		Штепа Є.П.					ОНТУ, ТЗХ-41			
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.								

6.3 Розрахунок повної потужності трансформаторної підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності підприємства

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

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{осв})^2 + Q_p^2}, \quad (6.4)$$

а з урахуванням компенсації реактивної потужності визначають за формулою:

$$S_{ТП} = \sqrt{(P_p + P_{осв})^2 + (Q_p - Q_{кном})^2}, \quad (6.5)$$

де Q_p - реактивна розрахункова потужність;

$Q_{кном}$ - номінальна потужність компенсуючого пристрою.

Реактивну розрахункову потужність знаходять за формулою

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

де $\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності, що відповідає $\cos \varphi$ споживачів (Табл.Д.2)

Для борошномельного заводу $\cos \varphi = 0,85$

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

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 793 \cdot 0,62 = 491 \text{ квар.} \quad (6.7)$$

Потужність компенсуючого пристрою визначають за формулою:

$$Q_k = Q_p - Q_E,$$

де Q_E - оптимальна реактивна потужність, що задається енергосистемою, значення якої визначають за формулою

$$Q_E = (0,25 \dots 0,3) (P_p + P_{осв}) = 0,3 \cdot (793 + 79,3) = 261 \text{ квар} \quad (6.8)$$

$$Q_k = Q_p - Q_E = 491 - 261 = 230 \text{ квар.} \quad (6.9)$$

Номінальну потужність компенсуючих пристроїв $Q_{кном}$ визначають за допомогою таблиці технічних даних конденсаторних установок (Табл. Д.3).

$$\sum Q_{\text{кном}} = n \cdot Q_{\text{ном}} \geq Q_{\text{к}}. \quad (6.10)$$

Таблиця 6.1 Технічні дані конденсаторних компенсуючих установок

Тип	Номинальна напряга U НОМ , кВ	Номинальна потужність Q НОМ , кВА	Номинальна ємність С НОМ , мкФ	Число ступенів регулювання	Маса, кг
КСК2-0,4- 67-3У3	0,4	67	487	1	60

Сумарна потужність компенсуючих пристроїв складе:

$$\sum Q_{\text{кном}} = n \cdot Q_{\text{ном}} = 1 \cdot 67 = 67 \text{ кВА} \geq Q_{\text{к}} = 230 \text{ кВА}, \quad (6.11)$$

тобто умова (6.9) не виконується.

де n – кількість компенсуючих пристроїв, $n = 1$;

$Q_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність компенсуючого пристрою, $Q_{\text{НОМ}} = 67$ кВА.

Повна потужність трансформаторної підстанції складе:

$$S_{\text{ТП}} = \sqrt{(P_p + P_{\text{осв}})^2 + (Q_p - Q_{\text{кном}})^2} = \sqrt{(793 + 79,3)^2 + (491 - 67)^2} = 970 \text{ кВ} \cdot \text{А}. \quad (6.12)$$

Потужність одного трансформатора $S_{\text{ТР}}$ повинна забезпечувати навантаження не менш ніж 70...90% повної потужності $T_{\text{П}} S_{\text{ТП}}$ і складає:

$$S_{\text{ТР}} = (0,7 \dots 0,9) \cdot S_{\text{ТП}} \quad (6.13)$$

$$\text{тоді } S_{\text{ТР}} = 0,8 \cdot 970 = 776 \text{ кВ} \cdot \text{А}. \quad (6.14)$$

Вибираємо [4, Дод. 3] тип силового трансформатора з умови:

$$S_{\text{ТРНОМ}} \geq S_{\text{ТР}}$$

Таблиця 6.2. Технічні дані силових трансформаторів

Тип	Номинальна потужність SНОМ, кВ·А	Номинальна напряга, кВ		Струм холостого ходу, Ix%	Втрати потужності, кВт		Напряга короткого замикання, Uк %
		Первинна, U1НОМ	Вторинна, U2НОМ		холостого ходу, Рх	короткого замикання, Рк	
ТМ1000/10	1000	10	0,4	2,8	2,45	12,2	5,5

Тоді:

$$S_{трном} = 1000 \text{ кВ}\cdot\text{А} \geq S_{тр} = 776 \text{ кВ}\cdot\text{А}, \text{ тобто умова (6.11) виконується.} \quad (6.15)$$

6.4 Перевірка потужності трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності

Використовуючи графік добового навантаження борошняного заводу (рис. 6.1) [4, Дод. 5], визначимо коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$K_{ЗТ} = \frac{\sum S_i \cdot t_i}{24 \cdot 100} \quad (6.16)$$

де $K_{ЗТ}$ – коефіцієнт завантаження трансформаторів;

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

t_i – тривалість i -тої ділянки часу, год.

Тоді:

$$K_{ЗТ} = \frac{\sum S_i \cdot t_i}{24 \cdot 100} = \frac{20 \cdot 1 + 42 \cdot 1 + 38 \cdot 1 + 78 \cdot 2 + 48 \cdot 1 + 80 \cdot 1 + 90 \cdot 2 + 85 \cdot 1 + 68 \cdot 1 + 78 \cdot 3 + 72 \cdot 2 + 75 \cdot 3 + 72 \cdot 2 + 75 \cdot 1}{24 \cdot 100} = 0.70 \quad (6.17)$$

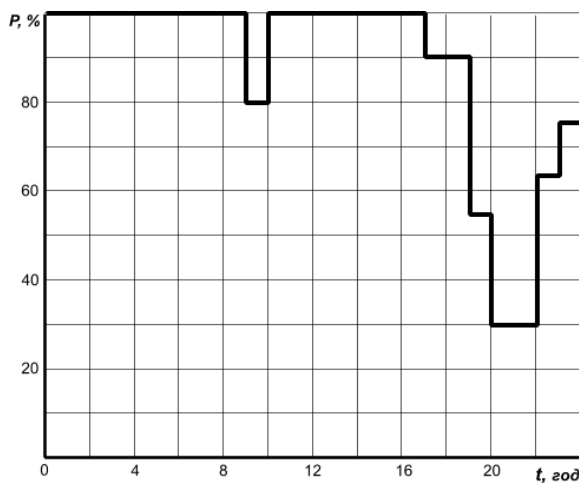


Рис. 6.1- Графік добового навантаження.

Максимальна потужність навантаження заводу складає на протязі першої зміни з 9 до 12 годин $t_{M1} = 3$ год., тоді загальна тривалість максимального навантаження за добу: $t_M = t_{M1} = 3$ год.

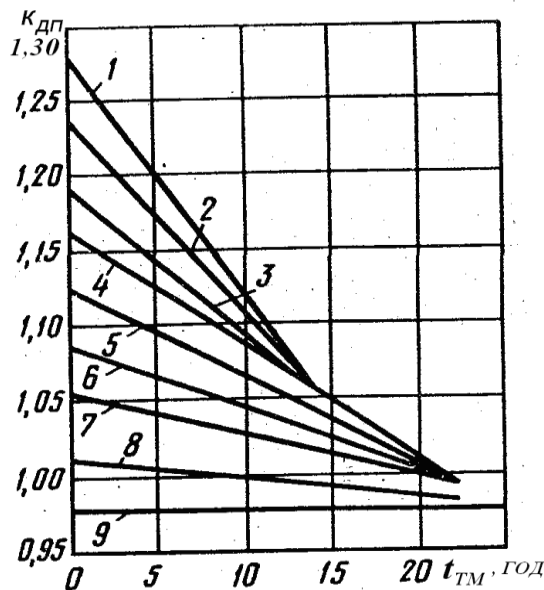


Рис. 6.2 - Графік допустимих перевантажень силових трансформаторів для К ЗГ :
1 - 0,60; 2 - 0,65; 3 - 0,70; 4 - 0,75; 5 - 0,80; 6 - 0,85; 7 - 0,90; 8 - 0,95; 9 - 1,00.

За графіком допустимих силових перевантажень силового трансформатора (рис. 6.2) [4, с. 6, рис. 3.1], визначаємо коефіцієнт допустимих перевантажень трансформатора:

$K_{ДП} = 1,16$ при $K_{ЗГ} = 0,70$ та $t_{ТМ} = 3$ год.

Потужність кожного з двох трансформаторів з урахуванням їх перевантажень складе:

$$S_{Тр} \geq \frac{S_{ТП}}{2 \cdot K_{ДП}} \quad (6.18)$$

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

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

$$\text{Тоді } S_{Тр} \geq \frac{970}{2 \cdot 1,16} = 418 \quad (6.19)$$

Уточняємо тип та номінальну потужність трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності [4, Дод. 3], та обираємо їх з умови (6.11):

Тип	Номинальна потужність S _{ном} , кВ·А	Номинальна напруга, кВ		Струм холостого ходу, I _x %	Втрати потужності, кВт		Напруга короткого замикання, U _к %
		Первинне, U _{1ном}	Вторинне, U _{2ном}		холостого ходу P _x	короткого замикання, P _к	
ТМ630/10	630	10	0,4	2,0	1,56	7,6	5,5

Тоді:

S_{трном} = 630 кВ·А ≥ S_{тр} = 418 кВ·А, тобто умова (6.11) виконується.

6.5 Економічність роботи трансформаторної підстанції

Економічність роботи двотрансформаторної підстанції залежить в першу чергу від величини навантаження трансформаторів(п.3.5), а також за рахунок відключення одного із трансформаторів при зменшенні навантаження у години, згідно графіка добового навантаження, тобто за рахунок зменшення тривалості їх сумісної роботи. Визначимо приведені втрати у трансформаторі за формулами:

$$\Delta P' X = \Delta P_x + K_e \cdot \Delta Q_x \quad (6.20)$$

$$\Delta P' K = \Delta P_k + K_e \cdot \Delta Q_k \quad (6.21)$$

де ΔP_x , ΔP_k – втрати трансформатора в режимах Х.Х. та К.З. вибираємо з таблиці 6.3, кВт;

K_e – коефіцієнт економічного еквіваленту реактивної потужності, він залежить від потужності енергосистеми РЕС, він звичайно складає

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

ΔQ_x – реактивні втрати трансформатора у режимі Х.Х:

$$\Delta Q_x = \frac{S_{ном} \cdot I_x \%}{100}, \quad (6.22)$$

ΔQ_k – реактивні втрати трансформатора у режимі К.З:

$$\Delta Q_K = \frac{S_{НОМ} \cdot U_K \%}{100} \quad (6.23)$$

$$\text{Тоді } \Delta Q_X = \frac{630 \cdot 2}{100} = 12,6 \text{ кВт}, \quad (6.24)$$

$$\Delta Q_K = \frac{630 \cdot 5,5}{100} = 34,6 \text{ кВт} \quad (6.25)$$

$$\Delta P'_X = \Delta P_X + K_e \Delta Q_X = 1,56 + 0,05 \cdot 2 = 1,66 \text{ кВт}, \quad (6.26)$$

$$\Delta P'_K = \Delta P_K + K_e \Delta Q_K = 7,6 + 0,05 \cdot 5,5 = 7,9 \text{ кВт}. \quad (6.27)$$

Потужність, при якій економічно оправдане відключення від паралельної роботи одного із двох трансформаторів, визначають за формулою

$$S_{ЕК} = S'_{НОМ} \sqrt{2 \frac{\Delta P'_X}{\Delta P'_K}}, \quad (6.28)$$

де $S_{НОМ}$ – номінальна потужність одного трансформатора, кВ·А.

$$\text{Тоді } S_{ЕК} = 630 \cdot \sqrt{2 \frac{1,66}{7,9}} = 410 \text{ кВ·А}. \quad (6.29)$$

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

$$S \% = \frac{S_{ЕК}}{m \cdot S_{НОМ}} \cdot 100 \% = \frac{410}{2 \cdot 630} \cdot 100 = 32,5 \% \quad (6.30)$$

Таким чином, при навантаженні підстанції менш ніж $S \% = 32,5\%$ один з трансформаторів можна відключити.

По графіку добового навантаження (рис. 6.1) робимо висновок, що на протязі доби один з двох трансформаторів можна відключити у перебігу $\sum t = 3$ годин, що складе:

$$\Delta T_{max} = \frac{\sum t}{T} \cdot 100 \% = \frac{3}{24} \cdot 100 = 12,5 \% \quad (6.31)$$

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

$$\Delta T'_{\max} = \frac{\Delta T_{\max}}{100\%} \cdot T_{\max} = \frac{12,5}{100} * 5200 = 650 \text{ год} \quad (6.32)$$

Таким чином, збільшення часу роботи трансформатора з 5200 до 5250 год., відповідно збільшує витрати електроенергії в трансформаторній підстанції.

6.6 Вибір перерізу жил і марки кабеля

Вибір необхідного перерізу жил кабеля напругою до 1000 В проводять для підприємства за допустимим струмовим навантаженням і допустимою втратою напруги. Для цього визначають розрахунковий струм за формулою

$$I_p = \frac{1000 S_p}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} \quad (6.33)$$

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

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{\text{осв}})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(793 + 79.3)^2 + 491^2} = 1001 \text{ кВ·А}, \quad (6.34)$$

$$I_p = \frac{1000 * 1001}{\sqrt{3} * 380} = 29441 \text{ А} \quad (6.35)$$

РОЗДІЛ 7

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Борошномельний завод потужністю 260 т/добу. В розмельному відділенні встановлено обладнання фірми “ОЛІС”. У звітному періоді вихід борошна дорівнює 97,1%, в тому числі в/сорт – 45%, 1/сорт – 28%, манні крупи – 2%, висівки – 22,1%, кормові продукти – 2,9%.

Обсяги переробки зерна складають 772200 т.. Обсяг реалізації продукції дорівнює 916234 тис. грн, собівартість продукції та послуг дорівнює 821612 тис. грн. Прибуток дорівнює 119509 тис. грн, рентабельність продукції і послуг 15%

Середні ціни на: борошно в/с – 14 100 грн/т, борошно 1/с – 10 990 грн/т, манні крупи – 28 230 грн/т, макаронна крупка – 34 500 грн/т, висівки – 8 500 грн/т, кормопродукти – 3 500 грн/т.

Головна мета будівництва — збільшення прибутку через розширення ринків збуту та зростання обсягів виробництва і продажу.

7.1 Мета і робоча гіпотеза проектування

Економічна мета проекту будівництва заводу з продуктивністю 260 тонн переробки зерна на добу полягає в отриманні прибутку від виробництва та продажу продуктів.

Потужність підприємства (ВП) по переробці зерна складе:

$$\text{ВП} = 260 \cdot 330 = 85800 \text{ тонн},$$

Де 260 – добова виробнича потужність підприємства по сировині, тонн;
330 – плановий період робочого часу заводу, діб.

Плановий коефіцієнт використання виробничої потужності необхідний для розрахунку планової виробничої програми. Заплануємо коефіцієнт використання виробничої потужності на рівні 90 відсотків, оскільки компанія

					КРБ.ТЗПХіКВ.1. 537-03. I.1.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Дмитрієва В.В.			Розділ 7		Літ	Аркуш
Керівник		Мельник І.В.						Аркушів
								66
Консультант		Басюркіна Н.Й.					ОНТУ, ТЗХ-41	
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

є новою та не зможе розпочати роботу відразу. Якщо це так, то загальний обсяг переробки зерна (Оп) за рік складе:

$$\text{Оп} = 85800 \cdot 0,9 = 77220 \text{ тонн}$$

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

$$\text{Борошно в/с } 77220 \cdot 0,45 = 34749 \text{ т}$$

$$\text{Борошно 1/с } 77220 \cdot 0,28 = 21622 \text{ т}$$

$$\text{Манна крупа } 77220 \cdot 0,02 = 1544 \text{ т}$$

$$\text{Висівки } 77220 \cdot 0,221 = 17066 \text{ т}$$

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

$$\text{Борошно в/с } 34749 \cdot 14100 = 489960 \text{ тис. грн.}$$

$$\text{Борошно 1/с } 21622 \cdot 10990 = 237626 \text{ тис. грн}$$

$$\text{Манна крупа } 1544 \cdot 28230 = 43587 \text{ тис. грн}$$

$$\text{Висівки } 17066 \cdot 8500 = 145061 \text{ тис. грн}$$

Таким чином, плановий обсяг виробленої та реалізованої продукції складе:

$$\text{РП} = 489960 + 237626 + 43587 + 145061 = 916234 \text{ тис. грн}$$

Плановий прибуток (П) визначаємо за формулою: $\text{П} = \text{РП} \times \frac{p}{(100+p)}$,

де РП – обсяг реалізації продукції та послуг,

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

$$\text{П} = 916234 \cdot 15 / (100 + 15) = 119509 \text{ тис. грн.}$$

Інвестиції визначаються за формулою:

$$\text{І} = \text{Іовф} + \text{Іок},$$

.(засоби) та на створення оборотних коштів – ОК ($I_{ок} = ОК$).

Розрахунок інвестицій у основні виробничі

фонди– $I_{овф}$. $I_{овф} = В_{буд} + В_{пу}$,

де $В_{буд}$, $В_{пу}$ - 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 – $I_{буд}$.

- Інвестиції в будівельні роботи визначимо укрупнено, виходячи з розмірів шестиповерхової виробничої будівлі ($64,6 \times 18$) та середньої вартості 1 кв. м. будівельних робіт аналогічної складності 20000грн.

- $I_{буд} = 64,6 \times 18 \times 6 \times 15000 = 104656$ тис. грн.

- Розрахунок інвестицій в устаткування – $I_{овф}$.

- Вартість придбання устаткування розраховують за формулою $В_{пу} = 1,1 \times (В_{уст} + Тр + Зс + М)$,

- де $В_{уст}$ - вартість устаткування, що встановлюють;
- $Тр$ - транспортні витрати на доставку, задають нарівні 5% від $В_{уст}$;
- $Зс$ - заготівельно - складські витрати, задають у розмірі 2% від

$В_{уст}$;

- 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 визначено в таблиці 7.1.

Найменування устаткування	Кіль- кість	Вартість устаткування, тис грн	
		одиниці	всього
Ситоповітряний сепаратор ЛУЧ ЗСО	2	640	1280
Каменевідбірник ОМП	2	320	630
Фотосепаратор Spark Pro	2	3000	6000
Оббивна машина МБО	2	280	560
Оббивна машина МАО	1	270	270
Повітряний сепаратор КАО-1,0	2	360	720
	1	160	160
Ентролейтор ЕСМ-1.5			
	12	60	720
Магнітний сепаратор БМПО	2	390	780
Повітряний сепаратор ВСЗ	3	290	870
Фільтр ФА-ЦП	2	170	340
Зволожувальний апарат МІУ-3			
Ваги АВ-50-3Е	3	210	630
Розвантажувач У2-БРО	5	1200	6000
Шлюзовий живильник РЗ-БШЗ	5	45	225
Гвинтовий конвеєр	8	70	560
Транспортер цепний ТЦ-100	1	130	130
Всього			14485

Таким чином, загальна вартість устаткування проекту складе 14485 тис. грн.

$$\text{Тоді } W_{\text{пу}} = 1,1 * (14485 + 3186) = 19439 \text{ тис. грн.}$$

Всього інвестицій в основні виробничі фонди:

$$I_{\text{овф}} = 104652 + 19439 = 124091 \text{ тис. грн}$$

Розрахунок інвестицій у оборотні кошти - $I_{\text{ок}}$.

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:

$$I_{\text{ок}} = 916234 / 12 = 76353 \text{ тис. грн}$$

Загальний розмір інвестицій:

$$I = 124091 + 76353 = 200444 \text{ тис. грн.}$$

Попередня оцінка економічної доцільності будівництва підприємства

Співвідношення інвестицій та прибутку, що характеризує термін повернення інвестицій, дорівнює 2,1 ($255928 / 119509$), 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 проекту визначається також джерелами коштів, необхідних для його реалізації. Заплануємо наступну структуру фінансових джерел проекту: 50% власні кошти (кошти потенційного інвестора) та 50% позикові кошти (банківська позика). Тобто, для реалізації проекту заплануємо залучення банківського кредиту в розмірі $200444 / 2 = 100222$ тис.грн.

Чисельність працівників та фонд оплати праці

Загальна чисельність основних виробничих робітників складе 20 осіб. Для роботи підприємства крім основних робітників потрібні також

допоміжні робітники, спеціалісти, службовці та керівники. В середньому чисельність допоміжних робітників складає 30% від чисельності основних. Тоді чисельність допоміжних робітників складе $20 \cdot 30\% / 100\% = 6$ осіб. Таким чином, загальна кількість робітників складе $Ч_{роб} = 20 + 6 = 26$ особи.

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

Таким чином, загальна чисельність персоналу складе:

$$26 / (1 - 0,2) = 33 \text{ чол.}$$

Кількість спеціалістів, службовців та керівників ($Ч_{сск}$) склад

$$33 - 26 = 7 \text{ осіб.}$$

Фонд оплати праці розрахуємо (табл. 7.3) на основі планової основної заробітної плати (ЗП) для робітників по 20 тис.грн/міс, для спеціалістів, службовців та керівників по 30 тис. грн/міс. $ФОП = ЗП \cdot 12 \cdot Ч \cdot К_{доп} \cdot К_{пр}$, 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	Чисельність	ЗП, тис. грн/міс	Основна ЗП за рік, тис. грн.	Доплата, тис. грн	Премія, тис. грн.	Разом
Основні робітники	20	20	5280	600	750	6630
Допоміжні робітники	6	20	1584	180	240	2004

Керівники, спеціалісти, службовці	7	30	2520	350	490	3360
Всього	33					11994

Визначимо показник продуктивності праці, який характеризує ефективність роботи працівників на підприємстві: $ПП = РП/Ч$, де РП – обсяг реалізованої продукції;

Ч – чисельність персоналу:

$$ПП = 916234/33 = 27\,765 \text{ тис.грн.}$$

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 отримання.

Вартість зерна (V_z) визначається за формулою:

$$V_z = C_{z,c} \times Q_z,$$

де $C_{z,c}$ – середня оптова ринкова ціна пшениці, грн/т;

Q_z – річний обсяг переробки зерна, тонн;

Актуальна оптова ринкова ціна зерна пшениці складає 1000 грн за тонну

$$V_z = 1000 \times 77220 / 1000 = 772200 \text{ тис. грн}$$

Витрати на допоміжні матеріали визначимо укрупнено на основі обсязі 1,5% від витрат на сировину:

$$V_{dm} = 772200 \times 0,015 = 11583 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на електроенергію визначають за формулою: $V_{el} = T_{el} \times N_{el1} \times \Phi$,

де T_{el} - тариф за електроенергію (4,32 грн/кВт*год);

N_{el1} – потреби в електроенергії на 1 годину відповідно до виконаних розрахунків;

Φ – річний фонд роботи підприємства

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

$$V_{el} = 4,32 \times 160 \times 300 \times 24 / 1000 = 5474 \text{ тис. грн.}$$

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

$$V_{en} = 5474 / 0,95 = 5762 \text{ тис. грн.}$$

Заробітна плата

Дані витрати складаються з витрат по оплаті праці основних робітників (табл. 7.3). Оплата праці інших категорій персоналу відноситься до таких

витрат, як загальновиробничі та адміністративні. Отже, дана стаття витрат складе 6630 тис. грн.

Відрахування на соціальні заходи (Всф) Дані стаття витрат складає 22% від витрат на оплату праці:

$$\text{Всф} = 6630 * 0,22 = 1459 \text{ тис. грн.}$$

Амортизація обладнання

Амортизаційні відрахування (А) розраховують за формулою: $A_{\text{обл}} = \text{ОВФ} * N_a$,

де ОВФ - вартість основних виробничих фондів;

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

$$A = 19439 * 0,2 + 104652 * 0,05 = 9120 \text{ тис. грн.}$$

Інші прямі витрати

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

$$\text{Він} = 0,1 * (11583 + 5762 + 6630 + 1459 + 9120) = 3455 \text{ тис грн}$$

Загальновиробничі витрати

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

$$\text{В зв} = 0,3 * (11583 + 5762 + 6630 + 1459 + 9120 + 3455) = 11403 \text{ тис. грн.}$$

Виробнича собівартість

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

$$\text{Свир} = 772200 + 11583 + 5762 + 6630 + 1459 + 9120 + 3455 + 11403 = 821612 \text{ тис. грн.}$$

Адміністративні витрати, витрати на збут, інші операційні витрати

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

Адміністративні витрати

$$В \text{ адм} = 0,1 \cdot (11583 + 5762 + 6630 + 1459 + 9120 + 3455 + 11403) = 4941$$

тис. грн.

Витрати на збут

$$В \text{ зб} = 0,05 \cdot (11583 + 5762 + 6630 + 1459 + 9120 + 3455 + 11403) = 2471$$

тис. грн.

Інші операційні витрати

$$Він \text{ оп} = 0,1 \cdot (11583 + 5762 + 6630 + 1459 + 9120 + 3455 + 11403) = 4941 \text{ тис. грн.}$$

Оскільки проектом передбачено використання позикових коштів в розмірі 100222 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:

$$В \text{ кредит} = 100222 \cdot 0,2 = 20044 \text{ тис. грн.}$$

Повна собівартість

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

$$С_{\text{п}} = 772200 + 11583 + 5762 + 6630 + 1459 + 9120 + 3455 + 11403 + 4941 + 2471 + 4941 + 20044 = 853409 \text{ тис. грн.}$$

В таблиці 7.4 згрупуємо всі статті витрат, які включаються до собівартості продукції. Зведені витрати на виробництво продукції (повна собівартість продукції)

Статті витрат	Сума витрат, тис.грн
Сировина і основні матеріали	772200
Допоміжні матеріали	11583
Енергія	5762
Основна і додаткова заробітна плата	6630
Відрахування на соціальні заходи	1459
Амортизація обладнання	9120
Інші прями витрати	3455
Загальновиробничі витрати	11403
Виробнича собівартість	821612
Адміністративні витрати	4941
Витрати на збут	2471
Інші витрати основної діяльності	4941
Відсотки за кредитом	20044
Повна собівартість	853408

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

$$П = 916234 - 853409 = 62825 \text{ тис. грн.}$$

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

$$R = П/Сп \times 100\%$$

$$R = 62825/853409 \times 100\% = 7,36\%$$

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

ЧП = 62825 – 62825 * 0,18 = 51517 тис. грн, тоді строк окупності інвестицій буде дорівнювати

$T = I / \text{ЧП, роки,}$

$T=200444/51517=3,89=4$ роки

В результаті проведених розрахунків було встановлено, що круп'яний завод приносить прибуток у розмірі 51517 тисяч гривень. Це є позитивним показником і вказує на те, що підприємство може бути фінансово стійким та прибутковим. Для побудови та запуску заводу потрібна сума інвестицій у розмірі 200444 тисячі гривень. Інвестиції можуть бути використані для придбання землі, будівництва будівлі, придбання обладнання та інших необхідних ресурсів. За результатами дослідження та розрахунків, можна зробити висновок, що побудова заводу має потенціал для принесення прибутку, а також даний проєкт є доцільним та ефективним.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Дипломний проєкт на тему «Впровадження інноваційних технологічних рішень на етапі підготовки зерна до помелу. Проєкт борошномельного заводу з інтеграцією оптичного сепарування» передбачає інтегрування в технологічну схему фотосепаратора Spark Pro, що дозволяє більш ефективно очищати зерно.

Продуктивність заводу становить 260 т/добу.

Завод оснащений сучасним технологічним обладнанням. Загальний вихід готової продукції становить 97,1%, вихід борошна вищого сорту – 45 %, 1 сорту – 28 %, висівки – 22,1 %.

За економічними та технологічними розрахунками, проєкт є доцільним.

Доведено, що традиційні механіко-геометричні методи очищення зерна не здатні повністю видалити приховані внутрішні дефекти біосистеми зерна. Інтегрування в технологічну схему цифрового мультиспектрального фотосепаратора нового покоління серії SPARK Pro дозволило реалізувати фінішне «ювелірне» очищення зернового потоку в режимі реального часу з рівнем селективності до 99.8%. Завдяки поєднанню КМОН-камер видимого спектра та інфрачервоних датчиків ближнього (NIR) і короткохвильового (SWIR) діапазонів, забезпечено надійне видалення зерен, уражених фузаріозом, чорним зародком та ензимами клопа-черепашки.

Номінальна продуктивність борошномельного заводу на рівні 260 тонн переробки зерна на добу є оптимальним інженерно-технологічним рішенням. Така потужність дозволяє максимально ефективно завантажити сучасну супутню лінію високоточних вальцових верстатів та багатоприйомних розсівів без виникнення технологічних дисбалансів.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1. 537-03. І.1.1					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Дмитрієва В.В.			ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ		Літ	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Мельник І.В.							78	
Консультант										
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.					ОНТУ, ТЗХ-41			

Обсяг переробки у 260 тонн ідеально синхронізований із регіональними логістичними модулями автомобільного та залізничного транспорту, забезпечуючи циклічний рух готової продукції. Завод оснащений передовим автоматизованим устаткуванням, що дозволило досягти унікального загального виходу готової продукції на рівні 97,1% при мінімізації безповоротних втрат. Завдяки усуненню осередків ферментативної деструкції перед розмелом, зафіксовано високі показники виходу преміальних сортів борошна.

Борошно проєкту повністю відповідає суворим вимогам міжнародних стандартів безпеки HACCP та ISO 22000 щодо обмеження мікотоксинів, що відкриває прямий доступ до преміальних експортних ринків країн Європейського Союзу, Близького Сходу та Північної Африки через морські контейнерні поставки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. Єремєєва О., Харченко Є., Любич В. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ В БОРОШНО. Умань : Монографія, 2021. 160с.[Веб-сайт].URL:<https://lib.udau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/78eb9034-45c3-4549-a530-c9e5992d6143/content> (дата звернення 28.04.2026)
3. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / О. Дацишин та ін. Вінниця : Нова Книга, 2008. 488 с. [Веб-сайт]. URL: <https://www.tsatu.edu.ua/opfv/wp-content/uploads/sites/13/%D0%9E.%D0%92.-%D0%94%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%88%D0%B8%D0%BD-%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B5-%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%82%D0%B0-%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2.pdf> (дата звернення 30.04.2026)
4. Мерко І.Т. Технології мукомельного і круп'яного виробництва: підручник для студ. вищ. навч. закладів / Одеса: Друк, 2010. 472 с. [Веб-сайт]. URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/e967ba15-ad8c-453d-baf0-b97ea89072d7/content> (дата звернення 01.05.2026)
6. Конспект лекцій навчальної дисципліни «Машини, обладнання та їх використання при переробці с.-г. продукції» для здобувачів вищої освіти спеціальності 208 - Агроінженерія. Умань: Уманський НУС, 2019. 178 с. [Веб-сайт]. URL: <https://pmoapv.udau.edu.ua/assets/files/2021/lekcii/movps-lz.pdf> (дата звернення 26.04.2026)

7. Дацишин О. В., Ткачук А. І. Механізація підготовки зерна до переробки на борошно та крупи на підприємствах агропромислового комплексу [Електронний ресурс] // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2023.

8. Кириленко Л.В. Технологія зберігання і переробки зерна. Методичні вказівки з організації самостійної роботи студентів факультету технології виробництва та переробки продукції тваринництва денної та заочної форми навчання ОКР «бакалавр» галузі знань 0517 «Харчова промисловість та переробка сільськогосподарської продукції» напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія. Вінниця: Видавничий центр ВНАУ. 44 с. [Веб-сайт].URL:<https://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/14682.pdf> (дата звернення 18.04.2026)

9.Збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 10-12 квітня 2019 року. ДУ НМЦ «Агроосвіта», Київ Миколаїв Херсон,2019.490с[Веб-сайт]
[https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/3337/Malinka%20tez%202019\(1\).pdf?sequence=1](https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/3337/Malinka%20tez%202019(1).pdf?sequence=1) (дата звернення 17.04.2026)

10. Оліс. URL: <https://olis.com.ua/> (дата звернення: 20.04.2026).

11.Buhler. URL: <https://www.buhlergroup.com/global/ru/locations/Ukraine-Kyiv.html> (дата звернення: 21.04.2026).

12. Nadiyabaluk. Вимоги НАССР: що треба знати. Lindstrom. 21.08.2024. URL:<https://lindstromgroup.com/ua/articles/vymogy-haccp-scho-treba-znaty/> (дата звернення: 23.04.2026).

13. Швидя В. Фотосепаратори у післязбиральній обробці зерна. Пропозиція. 2013. [Веб-сайт]. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya-inshe/fotoseparatory-u-pislyazbyralniy-obrobsi-zerna> (дата звернення 02.05.2026)

14. «Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах» / Міністерство Агропромислового Комплексу. 1998.

15. Набір даних (Dataset Explorer) [Електронний ресурс] // Державна служба статистики України. Режим доступу: <https://stat.gov.ua/uk/explorer> (дата звернення: 15.05.2026).

16. Попов Л.П. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Управління інвестиційними проектами» на тему «Техніко-економічне обґрунтування проекту реконструкції млина» для студентів, які навчаються за учбовими планами напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» з спеціальності 7.05170101 «Технологія зберігання та переробки зерна» денної та заочної форм навчання. Одеса : ОНАХТ, 2014. 16с.

17. Сакіркін С. Ситуація на ринку борошна України та вплив на хлібопекарську галузь. *АПК Інформ*. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1553005> (дата звернення: 16.05.2026).

18. Interfax-Ukraine. Україна за 9 міс. 2025/26 МР скоротила експорт борошна на 3% на фоні зростання імпорту на 21%. *Інтерфакс-Україна*. URL: <https://interfax.com.ua/news/economic/1157744.html> (дата звернення: 13.05.2026).

19. Експорт з України зернових, зернобобових та борошна -. URL: <https://uga.ua/news/eksport-z-ukrayiny-zernovyh-zernobobovyh-ta-boroshna-177/> (дата звернення: 14.05.2026).

20. Портал відкритих даних. *Головна сторінка* - *Data.gov.ua*. URL: https://data.gov.ua/organization/derzhavna-sluzhba-statystyky-ukrayiny?q=зерно&sort=metadata_modified+desc (дата звернення: 23.05.2026).