

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 енергоефективних технологій”

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувачки Купкіної К.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник: доц. Волощенко О.С.
(посада, прізвище та ініціали)

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

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

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

Завідувач кафедри

ТЗПХіКВ
(назва кафедри)

_____ (підпис)

Дмитро ЖИГУНОВ
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Одеса – 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ зернового, переробного і хлібопекарського бізнесу ім. К.А. Богомаза

Кафедра Технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 181 «Харчові Технології»

Освітня програма Технології зберігання і переробки зерна

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ТЗПХіКВ

Дмитро ЖИГУНОВ

«____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Купкіної Капітоліни Всеволодівни

1.Тема роботи Проект борошномельного заводу з інтеграцією енергоефективних технологій

Затверджена наказом університету від 29-09-2025 р.наказ № 511-03

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

3. Вихідні дані роботи

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

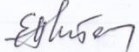
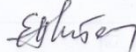
4.Перелік питань, які потрібно розробити

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

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

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

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

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

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

Керівник _____ Волошенко О.С.

Завдання прийняв до виконання _____ Купкіна К.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 _____ Купкіна К.В.

Керівник _____ Волошенко О.С.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-вищої освіти Купкіна К.В.

(ПІБ)

(підпис)

АНОТАЦІЯ

на кваліфікаційну роботу на тему
«Проект борошномельного заводу з інтеграцією енергоефективних технологій»

Здобувач	<u>Купкіна К.В.</u>
Керівник	доцент Волошенко О.С.
Ступінь вищої освіти	<u>«Бакалавр»</u>
Спеціальність	<u>181 «Харчові технології»</u>
Освітня програма	<u>Технології зберігання і переробки зерна</u>

Актуальність теми: проектування борошномельного заводу з інтеграцією енергоефективних технологій зумовлена зростанням енергоспоживання у промисловості та необхідністю підвищення ефективності використання ресурсів. Виробничий сектор є одним із найбільших споживачів енергії, що створює значне екологічне навантаження та стимулює впровадження енергоощадних рішень . У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу зернопереробна галузь відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки, що підвищує вимоги до її технологічної модернізації . Використання енергоефективних технологій дозволяє зменшити витрати енергії, підвищити конкурентоспроможність підприємства та знизити собівартість продукції. Крім того, глобальні кліматичні цілі та орієнтація на скорочення викидів парникових газів до 2050 року обумовлюють необхідність переходу до сталих виробничих рішень. Інтеграція сучасних технологій, зокрема цифрових систем управління та оптимізації процесів, сприяє підвищенню ефективності виробництва та раціональному використанню ресурсів. Таким чином, проектування енергоефективного борошномельного заводу є важливим напрямом розвитку галузі, що відповідає сучасним економічним, екологічним і технологічним викликам.

Основні особливості роботи: основними особливостями даної роботи є комплексний підхід до проектування борошномельного заводу з урахуванням сучасних вимог енергоефективності та ресурсозбереження. У роботі передбачено аналіз технологічного процесу переробки зерна з метою визначення найбільш енергоємних ділянок виробництва. Особлива увага приділяється впровадженню енергоефективного обладнання та оптимізації режимів його роботи. Також розглядається можливість використання автоматизованих систем управління для підвищення продуктивності та зниження енергоспоживання. Важливою особливістю є оцінка економічної доцільності впроваджених рішень та їх впливу на собівартість продукції. Крім того, у роботі враховано екологічні аспекти функціонування підприємства, зокрема зменшення викидів та раціональне використання

ресурсів. Таким чином, проєкт поєднує технічні, економічні та екологічні підходи до створення сучасного борошномельного виробництва.

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 80 сторінках. Графічна частина включає 5 листів.

Висновок: у роботі обґрунтовано доцільність проєктування борошномельного заводу з інтеграцією енергоефективних технологій як важливого напрямку розвитку сучасної зернопереробної галузі. Розглянуті технологічні рішення дозволяють знизити енергоспоживання, підвищити продуктивність та покращити економічні показники підприємства. Впровадження автоматизованих систем і сучасного обладнання сприяє оптимізації виробничих процесів і зменшенню втрат ресурсів. Також підтверджено значення екологічних аспектів, зокрема скорочення негативного впливу на довкілля. У сукупності це забезпечує підвищення конкурентоспроможності підприємства та відповідність сучасним вимогам сталого розвитку.

Ключові слова: борошномельний завод, енергоефективність, ресурсозбереження, переробка зерна, технологічний процес, автоматизація виробництва, енергоспоживання, оптимізація, сталий розвиток, енергоощадні технології, економічна ефективність, екологічна безпека.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП	7
1. РОЗДІЛ 1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	10
2. РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	13
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	27
4.3 Обґрунтування схеми технологічного процесу	30
4.4 Розрахунок балансу помелу зерна.....	37
4.5 Підбір та розрахунок технологічного обладнання	40
4.6 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР	48
4.7 Охорона праці.....	57
5. РОЗДІЛ 5 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ.....	60
6. РОЗДІЛ 6 ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА МАТЕРІАЛЬНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	63
7. РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	71
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	77
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	78

ВСТУП

Зернопереробна промисловість є однією з базових складових агропромислового комплексу України та відіграє стратегічно важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави, розвитку експорту та формуванні доданої вартості аграрної продукції. Україна традиційно належить до провідних виробників зерна у Європі, а обсяги його виробництва навіть в умовах воєнного стану залишаються значними – у 2025 році було зібрано близько 60 млн тонн зернових культур, що підтверджує високий потенціал сировинної бази для розвитку переробної галузі. [1]

У сучасних умовах світова тенденція розвитку аграрного сектору полягає у переході від експорту сировини до виробництва продукції з більшою доданою вартістю. В Україні також спостерігається зростання частки продукції переробної промисловості в аграрному експорті — у 2025 році вона становила близько 20 % від загального обсягу поставок агропродукції закордон.[2] Це свідчить про поступову трансформацію економіки та актуальність модернізації зернопереробних підприємств, зокрема борошномельних заводів.

Разом із тим зернопереробна галузь України функціонує в складних умовах. Повномасштабна війна призвела до втрати значної кількості підприємств: із 678 зернопереробних виробництв, що діяли до 2022 року, близько 192 припинили роботу через руйнування, окупацію територій або логістичні проблеми. Попри це галузь поступово відновлюється — лише у 2025 році було введено в експлуатацію 10 нових зернопереробних підприємств і відновлено роботу десятків виробництв.[3]

Одночасно спостерігається зниження обсягів виробництва борошна на провідних підприємствах, що пов'язано з енергетичними ризиками, зміною ринкового збуту, зростанням витрат на ресурси та необхідністю технологічної модернізації. За останні роки виробництво борошна демонструє тенденцію до поступового скорочення, що підсилює потребу у впровадженні ефективніших технологічних рішень. [4]

Однією з ключових проблем сучасного борошномельного виробництва є висока енергоємність технологічних процесів. Подрібнення зерна, транспортування продуктів помелу, аспірація, очищення та кондиціювання зерна потребують значних витрат електроенергії. В умовах нестабільної енергосистеми, зростання тарифів та необхідності підвищення енергетичної незалежності підприємств питання енергоефективності набуває першочергового значення. Переробна промисловість загалом є одним із найбільших споживачів енергоресурсів, тому підвищення ефективності їх використання безпосередньо впливає на конкурентоспроможність виробництва.

Використання енергоефективних технологій у борошномельній галузі дозволяє вирішити низку важливих завдань, зокрема:

- зниження питомих витрат електроенергії на одиницю продукції;
- скорочення виробничих витрат і собівартості борошна;
- підвищення надійності роботи підприємства в умовах енергетичних обмежень;
- зменшення негативного впливу на довкілля;
- відповідність сучасним європейським вимогам сталого розвитку та енергозбереження.

Світова промисловість активно впроваджує цифрові системи управління виробництвом, автоматизацію процесів, оптимізацію режимів роботи обладнання та інтелектуальні системи контролю енергоспоживання, що дозволяє суттєво зменшувати витрати енергії без втрати продуктивності. Підвищення енергоефективності розглядається як один із ключових напрямів модернізації виробництва та переходу до сталого промислового розвитку.

Актуальність теми проектування борошномельного заводу з інтеграцією енергоефективних технологій для України обумовлена також сучасними економічними та соціальними факторами. Переробна промисловість у 2025 році стала одним із найбільших джерел податкових

надходжень до державного бюджету, що підтверджує її важливість для економічної стабільності країни.[5]

Розвиток сучасних підприємств із глибокою переробкою зерна сприяє створенню робочих місць, підвищенню рівня локальної переробки сировини та зміцненню продовольчої безпеки держави.

Крім того, в умовах післявоєнного відновлення України особливого значення набуває створення нових або реконструкція існуючих виробництв із застосуванням енергоощадних рішень, що забезпечують довгострокову економічну ефективність та стійкість до енергетичних криз. Саме тому проєктування борошномельних підприємств нового покоління повинно базуватися на принципах раціонального використання ресурсів, автоматизації технологічних процесів та інтеграції сучасних енергозберігаючих технологій.

Отже, розробка проєкту борошномельного заводу з інтеграцією енергоефективних технологій є актуальним інженерним і науково-практичним завданням, спрямованим на підвищення ефективності зернопереробної галузі, забезпечення її конкурентоспроможності та адаптацію до сучасних економічних і енергетичних викликів України.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Однією з визначальних стадій у технології виробництва пшеничного борошна є підготовка зернової сировини до процесу помелу [6, 7]. Від ефективності організації цього етапу залежать не лише кількісні показники виходу продукції, а й її якісні характеристики, а також рівень енергоспоживання всього виробництва [16].

Функціонування борошномельного підприємства формується під впливом комплексу чинників. До ключових з них належать властивості та якість зерна, рівень технологічної досконалості виробничих процесів, технічні характеристики обладнання, а також кваліфікація обслуговуючого персоналу [8, 9]. Сукупна дія цих факторів визначає ефективність переробки сировини.

Провідні світові виробники технологічного обладнання, такі як BUNHLER, OCRIM та GOLFETTO, зосереджують свою діяльність на впровадженні інноваційних рішень, спрямованих на підвищення продуктивності, енергоефективності та надійності процесів підготовки зерна [10].

Сучасне обладнання для зернопереробної галузі повинно відповідати не лише базовим вимогам міцності та стійкості до навантажень, але й забезпечувати мінімізацію втрат продукту при максимальній продуктивності [8]. Важливими критеріями є також економічність експлуатації, що передбачає зниження витрат енергоресурсів, оптимізацію займаних площ і скорочення витрат на технічне обслуговування [16].

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.2							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Купкіна К.В.			Розділ 1				Літ		Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.									10	
									ОНТУ, ТЗХ-41			
Консультант												
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.										

Пріоритетним напрямком модернізації є підвищення енергоефективності обладнання через покращення його герметичності, що мінімізує енергетичні втрати на аспірацію та запобігає запиленню виробничих приміщень. Інтеграція інтелектуальних систем автоматизації забезпечує контроль енергоспоживання, дозволяючи обладнанню працювати в енергооптимальних режимах і миттєво реагувати на відхилення, що запобігає марним витратам ресурсів.

1.1. Характеристика об'єкта

Об'єктом проєктування є борошномельне підприємство з продуктивністю 10 тонн на годину. Виробництво оснащене сучасними технічними засобами та функціонує на основі автоматизованих технологічних рішень.

Для отримання продукції з високими споживчими властивостями передбачається використання якісної зернової сировини з підвищеним вмістом клейковини. Значна увага приділяється попередній обробці зерна, що є важливою умовою забезпечення стабільності технологічного процесу.

Контроль якості здійснюється як на виробничих етапах, так і в лабораторних умовах, що дозволяє підтримувати необхідні стандарти готової продукції.

Реалізація борошна орієнтована на підприємства хлібопекарської галузі, малі виробництва, а також кінцевого споживача. Окрім цього, передбачено надання послуг із переробки зерна для сторонніх замовників на договірних умовах.

Використання восьмивальцевих верстатів у борошномельному виробництві є одним із ключових елементів сучасних енергоощадних та інтенсивних технологій. Перехід на таке обладнання забезпечує ряд технологічних та економічних переваг. Конструкція верстата дозволяє виконувати два послідовні етапи подрібнення на одному станку, що значно знижує питомі витрати електроенергії на одиницю готової продукції.

Впровадження таких верстатів дозволяє ефективніше реалізувати складні схеми помелу, що гарантує повне видалення оболонкових частинок.

1.2. Мета і завдання проекту

Основною метою даного проекту є створення ефективного борошномельного виробництва, яке забезпечує отримання прибутку за рахунок випуску конкурентоспроможної продукції.

У проекті передбачено використання восьмивальцових верстатів на I, II драній та 1,2 розмелювальній системах.

У результаті впровадження запропонованих рішень досягається скорочення кількості операцій у технологічному процесі, що позитивно впливає на енергоефективність та загальну продуктивність підприємства.

Загальний вихід готової продукції складає 75% борошна, у т.ч борошна вищого сорту -50 %, першого сорту -25 %.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

1. Значення та сучасний стан ринку пшеничного борошна в Україні

Пшеничне борошно є стратегічно важливим продуктом харчової промисловості України, оскільки воно виступає основною сировиною для виробництва хліба та хлібобулочних виробів. Ринок борошна безпосередньо залежить від стану зернового господарства, зокрема виробництва пшениці, яке традиційно займає провідні позиції в аграрному секторі України [43,44].

Україна входить до числа найбільших світових виробників зернових культур, що формує потужну сировинну базу для борошномельної галузі [48,49]. За оцінками галузевих аналітиків, обсяги виробництва борошна в Україні коливаються в межах 1,5–2,0 млн тонн на рік, при цьому переважна частина продукції (понад 90%) споживається на внутрішньому ринку [46,47].

Сучасний стан ринку характеризується:

високим рівнем конкуренції;

зменшенням експорту після 2022 року;

поступовою модернізацією виробництва;

зростанням ролі енергоефективності у функціонуванні підприємств [45,50].

2. Регіональна структура виробництва пшеничного борошна

2.1 Загальні закономірності розміщення

Розміщення борошномельних підприємств в Україні визначається такими факторами:

сировинним (наближеність до районів вирощування пшениці);

споживчим (близькість до великих міст);

транспортним (наявність логістичних шляхів);

енергетичним (доступ до енергоресурсів) [44,48].

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.2					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Купкіна К.В.			Розділ 2		Літ	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Волошенко О.С.							13	
Консультант		Басюркіна Н.Й.					ОНТУ, ТЗХ-41			
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.								

Виробництво пшеничного борошна має виражену регіональну концентрацію [43,46].

2 Основні регіони виробництва

Найбільші обсяги виробництва зосереджені у таких групах областей:

1. Центральний регіон:

Вінницька

Черкаська

Кіровоградська

Ці області є лідерами за валовим збором пшениці, що забезпечує стабільну роботу борошномельних підприємств [43,44].

2. Південний регіон:

Одеська

Миколаївська

(частково) Херсонська

Характерною особливістю є орієнтація на експорт через морські порти [46,48].

3. Східний регіон:

Дніпропетровська

Харківська

Тут розміщені великі промислові млини з високою продуктивністю [47,50].

4. Західний регіон:

Хмельницька

Тернопільська

Львівська

Орієнтація переважно на внутрішній ринок [43,45].

2.3 Оцінка обсягів виробництва за регіонами

Орієнтовний розподіл виробництва пшеничного борошна:

Центральні області – 30–35%

Південні області – 20–25%

Східні області – 20–25%

Західні області – 15–20% [46,47].

Після 2022 року відбулося:

скорочення виробництва у східних та південних регіонах;

збільшення ролі центральних і західних областей [44,48].

3. Аналіз цін на пшеничне борошно

3.1 Динаміка цін виробників

У 2024–2026 роках спостерігається зростання цін на борошно:

2024 рік: 8800–12200 грн/т

2025 рік: 12500–12900 грн/т

2026 рік: близько 13000 грн/т [45].

Зростання цін становить приблизно 40–50% за два роки [45,47].

3.2 Роздрібні ціни

2024 рік: 15–16 грн/кг

2025 рік: 20–22 грн/кг

2026 рік: близько 22 грн/кг [45].

3.3 Причини зміни цін

Основні фактори:

зростання вартості енергоносіїв;

інфляційні процеси;

логістичні витрати;

нестабільність експорту [46,47,49].

4. Вплив енергетичних факторів на діяльність борошномельних підприємств

Борошномельні заводи належать до енергоємних виробництв. Основні витрати припадають на:

електроенергію (робота млинів, транспортерів);

теплову енергію;

сушіння зерна [48,50].

Частка енергетичних витрат у собівартості продукції може досягати 20–30%, що робить питання енергоефективності критично важливим [49,50].

5. Обґрунтування необхідності впровадження енергоефективних технологій

5.1 Основні напрями енергоефективності

У сучасних умовах доцільним є впровадження таких технологій:

використання частотних перетворювачів для електродвигунів;

рекуперація тепла;

автоматизація технологічних процесів;

застосування енергоощадного обладнання;

використання альтернативних джерел енергії [48,49].

5.2 Економічний ефект

Впровадження енергоефективних рішень дозволяє:

знизити енергоспоживання на 15–30%;

зменшити собівартість продукції;

підвищити конкурентоспроможність підприємства [49,50].

6. Перспективи розвитку ринку та значення проєкту

Ринок пшеничного борошна має потенціал розвитку за рахунок:

стабілізації аграрного виробництва;

інтеграції до європейського ринку;

модернізації виробничих потужностей [44,48,49].

Проєктування нового борошномельного заводу з інтеграцією енергоефективних технологій є актуальним, оскільки дозволяє:

забезпечити конкурентну перевагу;

знизити витрати виробництва;

відповідати сучасним екологічним вимогам [48,50].

Зважування зерна виконують автоматичними вагами МЕТК 058.Первинне очищення зерна здійснюють на повітряно-ситових сепараторах MESM-100/150,каменевідбірної машини МЕТМ-100,трієрної групи МЕТР 75D ,оббивних машинах MEKS 30/95,аспіраційного каналу МЕНК-60G для

видалення пилу та легких частинок, транспортується на верхній поверх. Очищений продукт подається на зволоження у шнек інтенсивного зволоження МЕСТ 30/150. Етап вторинного очищення включає повторне очищення поверхні зерна в оббивній машині МЕКС-30/150, після чого зерно направляється у повітряний сепаратор МЕНК-100G для остаточного видалення дрібних і легких домішок.

Заключну водно-теплову обробку виконують у системі зволоження МЕСД 100/1000 та бункері короткочасного відволоження. Перед подачею підготовленого зерна на розмільне відділення його повторно зважують на автоматичних вагах МЕТК 058.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Загальна характеристика генерального плану підприємства

Генеральний план підприємства являє собою комплексне проектне рішення, що визначає розміщення будівель і споруд, інженерних комунікацій, транспортних шляхів, залізничних колій та автомобільних доріг, а також їх функціональні взаємозв'язки в межах виробничої території.

Земельна ділянка, що відводиться під будівництво зернопереробного підприємства, повинна відповідати технічним і планувальним вимогам, зокрема забезпечувати раціональну щільність забудови, технологічну послідовність розміщення виробничих об'єктів і можливість подальшого розвитку підприємства [19].

Рельєф території бажано приймати рівнинним із невеликим ухилом (0,001–0,003), що забезпечує ефективний відвід поверхневих вод. Рівень ґрунтових вод повинен знаходитися нижче позначок підземних споруд, включаючи підвали та інженерні тунелі [20].

При розробленні генерального плану будівлі та споруди розміщують відповідно до технологічної схеми виробництва, забезпечуючи прямоточність переміщення сировини та готової продукції без зустрічних потоків. Відстані між об'єктами приймають згідно з санітарними та протипожежними нормами промислового проектування [21].

Автомобільні дороги та залізничні колії проектують з урахуванням напрямків вантажопотоків і мінімізації їх довжини. Територію підприємства поділяють на виробничу, складську та допоміжну зони, що сприяє раціональній організації виробництва [19].

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.2			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Купкіна К.В.				Розділ 3	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник	Волощенко О.С.						18	
Консультант						ОНТУ, ТЗХ-41		
Зав. кафедри	Жигунов Д.О.							

Розміщення виробничих корпусів виконується з урахуванням переважаючих напрямків вітру — підприємства повинні розташовуватися з підвітряного боку відносно житлової забудови із санітарно-захисною зоною не менше 100 м для борошномельних підприємств [22].

Промислові підприємства можуть створювати шумове, пилове та газове навантаження на навколишнє середовище, тому відповідно до санітарної класифікації встановлюються санітарно-захисні зони від 50 до 1000 м залежно від класу шкідливості виробництва [22].

Для забезпечення природного освітлення відстані між будівлями приймають не меншими за висоту протилежної споруди. Відстань між складами готової продукції борошномельних підприємств і комбікормових заводів повинна становити не менше 30 м [19].

Виробничі будівлі розташовують на відстані до 15 м одна від одної (за ширини будівлі до 18 м). До них необхідно забезпечити під'їзд пожежної техніки з однієї або двох сторін залежно від ширини корпусу [21].

На підприємствах площею понад 5 га передбачають не менше двох в'їздів. Біля водойм, що використовуються для пожежогасіння, обладнують під'їзні майданчики розміром не менше 12×12 м, а пожежні гідранти розміщують уздовж автомобільних доріг відповідно до вимог пожежної безпеки [21].

Підземні інженерні мережі прокладають поза межами проїжджої частини доріг. Благоустрій території включає озеленення, яке зменшує запиленість, покращує мікроклімат та санітарний стан підприємства [19].

3.2 . Архітектурно-будівельні рішення

У каркасних промислових будівлях застосовують фундаментні балки із залізобетону, що служать опорою для самонесучих стін. Їх встановлюють на уступи фундаментів колон або спеціальні бетонні підставки при значній глибині закладання фундаментів [20].

Каркас багатопверхових виробничих будівель складається з колон, ригелів, плит перекриття та огорожувальних конструкцій. Використовують

залізобетонні колони прямокутного перерізу 0,4×0,6 м або 0,4×0,4 м із типовою сіткою 9×6 м, а у силосних відділеннях – 3×6 м [19,23].

Ригелі збірного залізобетону монтують на консолях колон та жорстко з'єднують із ними зварюванням закладних деталей, що забезпечує просторову жорсткість конструкції [20].

Перекрыття виконують збірно-монолітними із використанням ребристих залізобетонних плит стандартних типорозмірів. Монтаж плит здійснюється на опорні полиці або верхню площину ригелів залежно від конструктивного рішення будівлі [23].

Зовнішні стіни виконують захисну функцію, забезпечуючи необхідний температурно-вологісний режим та ізоляцію від атмосферних впливів. У каркасних будівлях застосовують самонесучі панельні стіни, що сприймають лише власне навантаження [19]. Для вибухонебезпечних приміщень категорії Б передбачають легкоскидні конструкції площею не менше 0,03 м² на 1 м³ об'єму приміщення відповідно до норм промислової безпеки [21].

Віконні прорізи забезпечують природне освітлення та вентиляцію. Співвідношення площі вікон до площі підлоги приймається відповідно до норм освітленості виробничих приміщень [24].

Природну освітленість визначають за формулою:

$$E=abn/F \quad (3.1)$$

де ab — площа одного вікна, м²;

n — кількість вікон;

F — площа приміщення, м² [24].

Сходи поділяються на основні, службові, аварійні та пожежні. Їх параметри визначаються нормами проектування виробничих будівель та вимогами евакуаційної безпеки [21].

Двері класифікуються за призначенням, вогнестійкістю та розташуванням і виготовляються відповідно до державних стандартів будівництва [20].

Покриття. У каркасних будівлях застосовують безгорищні покриття із рулонних покрівельних матеріалів, укладених у кілька шарів на бітумній мастиці з ухилом 2–3 %, що забезпечує відведення атмосферних опадів і довговічність конструкції [20].

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Наукове обґрунтування

Борошномельна галузь є важливою складовою агропромислового комплексу, оскільки виробництво борошна становить основу забезпечення населення хлібопродуктами, макаронними виробами та іншою пекарською продукцією. У сучасних умовах галузь характеризується значною динамікою виробництва, торгівлі та впливом глобальних ринкових тенденцій.

Стабільність виробництва борошна у світових масштабах

Виробництво борошна є важливою складовою світової продовольчої системи, оскільки забезпечує сировиною хлібопекарську, макаронну та кондитерську промисловість. Основою для виробництва борошна є зернові культури, насамперед пшениця, світове виробництво якої у 2025/2026 маркетинговому році оцінюється на рівні близько 808 млн т. Загальне виробництво зернових культур у світі перевищує 2,8 млрд т на рік, що створює достатню сировинну базу для стабільної роботи борошномельної галузі.

Світове виробництво пшеничного борошна становить понад 400 млн т на рік, причому найбільшими виробниками є Китай, Індія, країни Європейського Союзу, США та Туреччина. Китай щорічно виробляє понад 140 млн т пшениці, Індія – близько 115 млн т, а країни ЄС сукупно – понад 130 млн т. Такі обсяги дозволяють не лише забезпечувати внутрішні потреби населення, але й формувати значні експортні ресурси.

Стабільність виробництва борошна значною мірою визначається рівнем світових запасів зерна. У 2025 році світові запаси пшениці становлять близько 265 млн т, що забезпечує додатковий резерв на випадок неврожайних років або порушення логістичних ланцюгів.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.2			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Купкіна К.В.				Розділ 4		Літ	Аркуш
Керівник	Волошенко О.С.							22
Консультант							ОНТУ, ТЗХ-41	
Зав. кафедри	Жигунов Д.О.							

Співвідношення запасів до споживання пшениці у світі перебуває на рівні 31–33 %, що вважається достатнім для підтримання продовольчої безпеки.

Важливу роль на світовому ринку відіграє Україна. До початку повномасштабної війни країна щорічно експортувала понад 20 млн т пшениці та входила до десятки найбільших світових виробників зерна. У 2025 році валовий збір пшениці в Україні оцінюється на рівні 22–24 млн т, що дозволяє забезпечувати потреби внутрішнього ринку та здійснювати експорт продукції.

Разом із тим на стабільність виробництва борошна впливають кліматичні зміни. За оцінками міжнародних організацій, сильні посухи можуть знижувати врожайність пшениці на 10–30 %, а в окремих регіонах навіть більше. Крім того, суттєвий вплив мають коливання цін на енергоносії, оскільки витрати на енергоресурси становлять до 15–20 % собівартості помелу зерна.

Для підвищення стабільності виробництва активно впроваджуються сучасні технології. Використання автоматизованих систем контролю технологічних процесів дозволяє знизити втрати зерна на 2–5 %, а впровадження енергоефективного обладнання – скоротити споживання електроенергії на 10–20 %. На сучасних борошномельних підприємствах вихід борошна вищих сортів може досягати 72–75 %, а загальний вихід борошна – 78–80 % від маси переробленого зерна.

Таким чином, світове виробництво борошна характеризується відносно високою стабільністю завдяки значним обсягам вирощування зернових культур (понад 2,8 млрд т на рік), достатнім запасам пшениці (близько 265 млн т) та постійному вдосконаленню технологій переробки. Це створює передумови для забезпечення населення світу якісною борошняною продукцією та підтримання глобальної продовольчої безпеки.

ТОП-10 країн-виробників борошна (2025)

Найбільшими виробниками борошна у світі у 2025 році є такі держави (за кількістю виробленого борошна):

Китай — найбільший виробник із показниками близько 100+ млн тонн;

Індія — рекордне виробництво понад 100 млн тонн;

США — 58 млн тонн;

Єгипет — 32 млн тонн;

(інші великі виробники становлять значну частку, зокрема країни ЄС та країни Близького Сходу) . [39]

Такий рейтинг демонструє домінування країн з високою внутрішньою потребою у борошні та значними обсягами пшениці, що є основною сировиною для помелу.

Загальні тенденції у виробництві по рокам

У 2015–2025 рр. світове виробництво борошна зросло приблизно з 355 до 415 млн т, тобто майже на 17 %.

Середньорічний приріст становить близько 5–6 млн т.

Зростання обумовлене збільшенням населення світу, розвитком харчової промисловості та підвищенням урожайності зернових культур.

Найбільшими виробниками борошна залишаються Китай, Індія, Європейський Союз, Туреччина та США.

Прогнози до 2030 року свідчать про подальше зростання світового виробництва борошна до 430–450 млн т.

Експорт борошна

Світовий експорт борошна також демонструє значну активність. Загалом за 2025 рік на міжнародному ринку було експортовано понад 5,4 млрд кг борошна, що підкреслює важливість цієї продукції у зовнішній торгівлі .[41]

Для України у сезоні 2024/25 МГ експорт пшеничного борошна становив близько 66,7 тис. тонн, при цьому основними імпортерами української продукції є Молдова, Чехія, Палестина, Франція та Іспанія [42].

Сучасна борошномельна галузь є динамічною і технологічно інноваційною: компанії впроваджують автоматизацію помелу, цифрові системи контролю якості продукції та енергоефективні рішення для зниження витрат сировини та енергії. Зокрема, частина виробників у США та Європі інтегрує інтернет-речей (IoT) та системи контролю в режимі реального часу, що підвищує ефективність виробництва та зменшує відходи [38].

Такі тенденції відповідають загальній світовій практиці модернізації галузі, де крім обсягів продукції, велике значення має оптимізація внутрішніх технологій, включно з енергоефективними технологіями, що є актуальним напрямом для проєкту борошномельного заводу.

Стан борошномельної галузі України

Фундаментальний внесок у розвиток борошномельної галузі зробили міжнародні інженерні інститути компаній *Bühler* (Швейцарія) та *Makenas / Alapala* (Туреччина).

Сучасна мукомельна наука розглядає зерно пшениці не як гомогенне тіло, а як складну багатокомпонентну систему. Дослідження підтверджують, що сортовий помел принципово відрізняється від простого помелу своєю селективною спрямованістю. Головна мета наукових розробок останніх років – оптимізація процесу покрокового вилучення ендосперму з мінімальною деструкцією та травмуванням крохмальних гранул, що безпосередньо впливає на водопоглинальну здатність борошна та якість майбутнього тіста.

Процес розвиненого сортового помелу традиційно поділяється в літературі на три взаємопов'язані етапи:

1. Драний процес (крупотворення): здійснюється на 4–5 послідовних системах.
2. Шліфувальний процес: охоплює 2–3 системи, на яких крупки зі зростками піддаються легкому механічному впливу для відділення залишків оболонок.

3. Розмелювальний процес: складається з 7–10 систем, де чисті крупки розтираються в борошно вищих сортів.

У класичній літературі з мукомельного виробництва тривалий час домінували так звані "розвинені" технологічні схеми з великою кількістю систем (до 25–30), розвиненим процесом збагачення на ситовійних машинах та багатократною циркуляцією продуктів. Проте сучасні економічні реалії (висока вартість енергоносіїв, капітального будівництва та обладнання) змусили провідні світові інженерні компанії оптимізувати ці схеми в напрямку їхнього скорочення.

Концепція скорочених схем помелу базується на інтенсифікації підготовчих операцій в очисному відділенні. Впровадження операцій поверхневого оброблення зерна – лушення перед першою драною системою – дозволяє видалити до 2–4% плодових оболонок у сухому вигляді. Наукові роботи підтверджують, що використання лущеного зерна дозволяє скоротити драний процес до 4 систем, а розмелювальний – до 7–8 систем, без зниження загального виходу борошна вищого сорту.

Така конфігурація забезпечує отримання стабільного виходу борошна вищих сортів на рівні 60–65% при загальному виході борошна до 75–78%. При цьому використання сучасних високопродуктивних верстатів дозволяє отримувати від 16 до 22 індивідуальних потоків борошна з наступним їх диференційованим комп'ютерним блендингом у силосах готової продукції.

Вальцьовий верстат є головним виконавчим агрегатом розмельного відділення млина. В останні роки у проектах нових заводів спостерігається стійка тенденція до заміни класичних чотиривальцьових верстатів на інноваційні восьмивальцьові верстати.

У науково-технічній літературі детально описані конструктивні та технологічні переваги восьмивальцьових верстатів:

1. Компактність та економія площ (CAPEX): Восьмивальцьовий верстат об'єднує в єдиній станині дві послідовні або паралельні пари валків (фактично два чотиривальцьові верстати). Це дозволяє зменшити корисну

площу підлоги розмельного відділення на 35–40%. Завдяки цьому зникає необхідність будівництва додаткових поверхів або прольотів будівлі млина.

2. Енергетична ефективність (ОРЕХ): Восьмивальцьові агрегати оснащуються єдиним потужним головним електродвигуном, який приводить у рух обидва блоки валків за допомогою високоміцних зубчасто-пасових передач. Дослідження показують, що питоме споживання електроенергії знижується на 12–15% порівняно з двома окремими чотиривальцьовими машинами аналогічної довжини валків за рахунок менших втрат на тертя у трансмісії та оптимізації пускових струмів.

3. Спрощення системи комунікацій: Скорочується кількість точок підключення до центральної аспіраційної мережі, зменшується кількість самопливних труб та приймальних пристроїв пневмотранспорту, що полегшує монтаж та обслуговування обладнання.

4.2 Вимоги до показників якості сировини та розрахунок помельної партії

Зерно пшениці є основною сировиною борошномельної промисловості, а його технологічні властивості визначають ефективність переробки та якість готової продукції. Технологічні властивості зерна поділяються на три групи показників: загальні, борошномельні та хлібопекарські [27].

До загальних показників належать вологість, натура зерна, засміченість, склоподібність, вирівняність і маса 1000 зерен. Вологість визначає збереженість зерна та умови його переробки; оптимальним значенням вважається не більше 14 %. Натура характеризує щільність і виповненість зерна та прямо впливає на вихід борошна. Склоподібність відображає структуру ендосперму і визначає міцність зерна під час помелу [27].

Показники, що характеризують борошномельні властивості зерна, включають вихід борошна, крупність помелу та зольність. Висока склоподібність і вирівняність зерна забезпечують ефективне відокремлення

оболонки і підвищують вихід сортового борошна. Важливим є також показник сили борошна, що визначається альвеографічним методом і характеризує реологічні властивості тіста.

До показників, що характеризують хлібопекарські властивості, належать вміст білка, кількість і якість сировини клейковини, число падіння та газоутримувальна здатність тіста. Вміст білка та клейковини визначає об'єм і пористість хліба, а число падіння характеризує активність амілолітичних ферментів і ступінь проростання зерна [28].

Якість зерна м'якої пшениці в Україні регламентується стандартом ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови», який встановлює вимоги до зерна продовольчого призначення.[1] Стандарт поширюється на зерно м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.), що використовується для переробки, зберігання та торгівлі [25].

Основні класоутворюючі показники якості зерна м'якої пшениці за ДСТУ 3768:2019 наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Показники якості зерна м'якої пшениці (за класами)

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

Натура характеризує щільність зернової маси і впливає на вихід борошна. Склоподібність визначає твердість ендосперму та ефективність подрібнення. Вологість впливає на збереженість зерна і режими кондиціонування. Зернова домішка включає биті, пророслі та зерна інших культур. Сміттєва домішка складається з мінеральних і органічних сторонніх включень. Число падіння характеризує ферментативну активність зерна [25].

Помельна партія формується з метою стабілізації технологічних властивостей зерна. Змішування різних партій дозволяє отримати сировину зі стабільним вмістом білка, клейковини та однаковими борошномельними характеристиками. Формування помельної партії забезпечує сталу якість борошна, оптимальний вихід продукції та раціональне використання зерна різних класів [27].

Завдання по проєкту: необхідно скласти двокомпонентну помельну партію пшениці за склоподібністю. Склоподібність першої вихідної партії – 54 %, а другої - 40 %. Тоді можна призначити скловидність суміші цих партій - 50 %.

Необхідно визначити, використовуючи метод обернених пропорцій, яке співвідношення вказаних вихідних партій повинно бути в суміші. Розрахунок наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2. Розрахунок помельної партії зерна

№ п/п	Елементи розрахунку	Вихідні компоненти партії зерна	
		перший	другий
1	Склоподібність, %	54	40
2	Відхилення між фактичною скловидністю вихідних партій і заданою скловидністю суміші, %	4	10
3	Кількість частин кожного компонента в суміші	10	4
4	Сумарна кількість частин суміші	10+4=14	
5	Процентний вміст компонентів в помельній партії, %	72	28

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

$$\frac{54 \cdot 72 + 40 \cdot 28}{100} = 50\% \quad (4.1)$$

Висновок: помельна партія розрахована вірно.

4.3 Обґрунтування схеми технологічного процесу

Технологічний процес виробництва борошна включає очищення зерна, кондиціювання, подрібнення та сортування продуктів помелу.[4] На етапі очищення видаляються домішки шляхом сепарації, аспірації та магнітного очищення. Кондиціювання передбачає зволоження зерна для підвищення еластичності оболонок і полегшення їх відокремлення.[28]

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

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

Технологічну ефективність очищення зерна від домішок (Е, %) визначають за формулою:

$$E = (A/(A - B)) * 100 \% \quad (4.2)$$

де А — маса домішок у зерні до очищення, кг;

В — маса домішок після проведення очищення, кг.

На борошномельні підприємства надходять партії зерна, які суттєво відрізняються за показниками якості, зокрема за склоподібністю, вмістом білка, кількістю та якістю клейковини, а також зольністю. Такі відмінності зумовлені біологічними характеристиками сортів зернових культур і різними ґрунтово-кліматичними умовами їх вирощування [31].

Перелік технологічних операцій очищення та підготовки зерна до помелу, а також їх послідовність визначаються вимогами до якості зерна для

конкретного виду помелу та необхідністю оптимізації його технологічних властивостей. Кожна операція виконується із застосуванням відповідного технологічного обладнання.

Залежно від типу помелу та складу обладнання «Правила...» [9] регламентують набір технологічних процесів у зерноочисному відділенні борошномельного підприємства та порядок їх виконання. Для зерна, призначеного для сортового помелу, процес підготовки є більш складним, оскільки до якості очищення висуваються підвищені вимоги.

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

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

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

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

Первинне очищення зерна здійснюють на повітряно-ситових сепараторах MESM-100/150, призначених для відокремлення домішок, що відрізняються від основної культури за розмірами (шириною та товщиною) і

аеродинамічними характеристиками. У процесі роботи крупні домішки видаляються сходом із сортувального сита, а легкі — через аспіраційний канал. Нормативна ефективність роботи сепараторів повинна становити не менше 65–75 %.

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

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

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

Далі зерно транспортується ковшовими норіями МЕКЕ 300/140 на верхній поверх. Очищений продукт подається на зволоження у шнек інтенсивного зволоження МЕСТ 30/150, після чого надходить у бункери для первинного відволоження. За необхідності технологічною схемою передбачено повторне зволоження та відволоження зерна.

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

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

Заключну водно-теплову обробку виконують у системі зволоження MECD 100/1000 та бункері короткочасного відволоження, що забезпечує підвищення вологості оболонок і збільшення їх міцності, а також створює оптимальні умови для подальшого процесу розмелу. У результаті такої обробки покращується розділення оболонкових частин і ендосперму зерна, що сприяє підвищенню виходу борошна та покращенню його якісних показників.

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

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

Подрібнення здійснюється на вальцових верстатах із поступовим зменшенням розміру частинок. Продукти помелу розділяють на ситах за крупністю. Така схема забезпечує максимальний вихід сортового борошна та мінімальні втрати ендосперму [27].

Технологічний процес розмелу продуктивністю 240 т/доб передбачена можливість одержання двох проміжних потоків борошна: вищий та перший сорт.

Асортимент: Вищий сорт – 50%

Перший сорт – 25 %

Висівки – 22,1 %

Схема складається з п'яти етапів: первинного здрібнення зерна з вимелом оболонкових продуктів (драний процес), сортування проміжних продуктів, збагачення крупок, розмелу і шліфування проміжних продуктів і контролю борошна.

Етап первинного здрібнювання зерна включає чотири системи здрібнювання у восьмивальцевих верстатах MERM для I+II драних систем та чотирьохвальцевих верстатах MERM-250/1000 на інших системах і три системи вимелу оболонкових продуктів у радіально-бичових машинах MEBF 45/110. III драна системи розділена на крупну і дрібну для роздільного здрібнювання сходових продуктів, що відрізняються за крупністю і добротністю.

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

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

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

У розсійниках крупоутворюючих систем одержують також муку, за винятком II драної системи, де бажано одержати найбільшу кількість фракцій

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

Проміжні продукти крупоутворюючих систем і систем вимелу сортують на трьох системах, з яких перші дві сортують суміш дрібної крупки, дунстів і частково муки із крупоутворюючих систем, а третя система сортує продукти вимелу оболонок після вимелюючих систем.

Сортування зазначених продуктів проводиться в розсійниках марки MESP624 і MESP424 із великим набором (20...24) мучних сит. При сортуванні продуктів крупоутворюючих систем виділяють жорсткий, м'який дунсти і дрібну крупку. Крупку спрямовують у ситовіальні машини.

Крупки і дунсти першої якості, отримані на етапах крупоутворення і сортування, збагачують на восьми ситовіальних системах, що обслуговуються машинами MEPR-46/200. Крупну крупку збагачують у ситовіальних системах № 1, середню - на системах № 2 та 5, суміш дрібної крупки й дунстів - на системах № 3,4 і 6.3 перших чотирьох ситовіальних систем збагачені продукти спрямовують на 1-у розмельну або 1-у шліфувальну системи, а сходові продукти повертають на III др. др. с..

Ситовіальні системи №3,4, 5 і 6 збагачують продукти спрямовують на 2-у розмельну і 2-у шліфувальну системи, а сходові продукти - на 7-у і 4-у розмельні системи, що опрацьовують сходові продукти.

У ситовіальних машинах MEPR-46/200 закладена гнучка схема щодо напрямку як сходових, так і проходових продуктів. Передбачена можливість об'єднання сходових продуктів у напрямку від останнього сходового продукту до попереднього. Це пов'язано з розходженням у якості сходових продуктів. Найбільш високу зольність, а виходить, і низьку якість має верхній сходовий продукт у ситовіальній машині, тому до нього можна направити другий сход, який має вищу якість за зольністю. Можливе аналогічне направлення третього сходу до другого.

Етап розмелу проміжних продуктів складається із 9 розмельних і 2 шліфувальних систем. На шліфувальні системи спрямовують тільки збагачені у ситовіальних машинах крупки. На 1-й шліфувальній системі опрацьовують в основному крупну крупку і середню, а дрібну і дунсти - на 2-й шліфувальній системі. Всі системи розмелу проміжних продуктів можна розділити на три групи, що відрізняються за якістю, продуктів які на них переробляють: перша група – 1+ 2, 3-а розмельні системи; друга - 4, 5, 6, -а розмельювальні системи; третя -7,8 , 9-а розмельні системи.

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

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

Проміжні продукти і продукти вимелу на кожній розмельній системі здрібнюють у два етапи до направлення у розсійники. Спочатку у вальцьових верстатах, а потім у ентолейторах MEDM 51/11 (1+ 2 і 3-я розмельні системи) або у барабанних деташерах METD-30/45G (інші розмельні системи). Такий технологічний прийом двоетапного здрібнювання дозволяє істотно підвищити ефективність здрібнювання в зв'язку з додатковою руйнацією конгломератів часток, що утворилися після вальцьових верстатів, а також окремих часток, що знаходяться в стані початкового руйнування.

У схемі передбачений контроль муки за сортами.

4.4 Розрахунок балансу помелу зерна

Складання балансу помелу є ключовим етапом у проєктуванні та техніко-технологічному обґрунтуванні роботи борошномельного підприємства. Саме баланс визначає кількісні та якісні характеристики всіх потоків у технологічному процесі, а також дозволяє оптимально розрахувати навантаження на обладнання, зокрема вальцові верстати, розсійники, ситовійні, вимелювальні машини та системи пневмотранспорту. Розрахунок технологічного обладнання, виконаний на основі складеного балансу помелу, вважається найбільш аргументованим та достовірним, тому правильність і точність балансових розрахунків мають принципове значення [8].

У процесі складання балансу помелу насамперед формують кількісний баланс, у якому відображається маса продуктів, що надходять до окремих систем помелу, а також кількість продуктів, які з них виходять. Усі значення виражають у відсотках по відношенню до загальної кількості зерна, що надходить на переробку. За базисну величину приймається навантаження на І драну систему, яке, як правило, становить 97,1% маси підготовленого у зерноочисному відділенні зерна. Решта 2,9 % враховується як втрати або залишається на технологічні відходи.

Складання балансу починається з побудови шахової таблиці, яка відображає послідовність проходження продуктів між системами. В таблицю по вертикалі заносяться всі системи схеми технологічного процесу у хронологічному порядку – від І драної системи до систем контролю борошна. По горизонталі в таблиці зазначаються ті самі системи, а також окремо виділяються стовпці для кінцевої продукції (борошно вищого, першого гатунку, висівки). У місцях перетину систем робляться умовні позначки (крапки), які вказують, куди спрямовується продукт після певної системи. Це дозволяє графічно відстежити переміщення кожного потоку у відповідності до технологічної схеми.

Після заповнення таблиці здійснюється поетапний розрахунок кількості продуктів, що утворюються на кожній системі. Вихідні значення беруться з

нормативно-довідкової літератури — зокрема, з «Норм...» та «Правил...» проектування, де наведені типові режими роботи систем:

- загальне та часткове вилучення крупок, дунстів, борошна на драних системах;
- співвідношення проходів і сходів на ситовійках;
- кількісне співвідношення продуктів на вимельних і шліфувальних системах;
- типові відсотки вилучення борошна на кожному етапі;
- частка сходових продуктів, що повертаються з систем контролю борошна.

Особлива увага приділяється контролю потоків борошна. Сходові продукти з контрольних розсійників, у кількості не більше 1–3% від навантаження на ці системи, повертаються назад у процес розмелювання, що сприяє повнішому вилученню цінної фракції.

Після розрахунку кількості продуктів на кожній системі визначається режим її роботи та порівнюється з нормативними даними. У разі виявлення відхилень проводиться коригування балансу — як правило, шляхом перерозподілу проміжних продуктів між сусідніми системами. Таким чином, досягається відповідність між запланованим і фактичним технологічним навантаженням.

Навантаження на наступну систему визначається як сума продуктів, що надходять до неї із попередніх систем згідно з шаховою таблицею. Завдяки такому підходу розрахунок балансу помелу здійснюється поетапно, з урахуванням усього ланцюга переробки — від першої стадії дроблення до контролю якості готового продукту.

Наприкінці розрахунку баланс перевіряється за двома критеріями:

Рівність загального виходу борошна та висівок із сумарним навантаженням на I драну систему;

Контроль виходу борошна і висівок у драних системах, що дозволяє оцінити ефективність первинного подрібнення.

Таким чином, методика складання балансу помелу є не лише основою для коректного проєктування технологічної лінії, а й дієвим інструментом для підвищення ефективності всього процесу переробки зерна.

Таблиця 4.4. Розрахунок середньозваженої зольності борошна вищого сорту за балансом

Система	Вилучення борошна a_i , %	Зольність борошна z_i , %	Золопроценти $a_i \cdot z_i$, %%
1 шл.с.	2,7	0,53	1,43
2 шл.с.	4,0	0,52	2,08
1+2 р.с.	23,0	0,55	12,65
3 р.с.	12,9	0,54	6,97
5 р.с.	4,3	0,56	2,41
6 р.с.	3,6	0,57	2,05
К.м.в/с	50,5	0,55	27,59
Схід з контр.	0,5	0,80	0,40
м в/с	50,0	0,54	27,19

Таблиця 4.5. Розрахунок середньозваженої зольності борошна першого сорту за балансом

Система	Вилучення борошна a_i , %	Зольність борошна z_i , %	Золопроценти $a_i \cdot z_i$, %%
III др.кр.с.	2,1	0,65	1,37
III др.др.с.	1,8	0,75	1,35
IV др.с.	1,6	0,87	1,39
Сорт.1	7,9	0,60	4,74
Сорт.2	1,3	0,68	0,88
Сорт.3	1,4	1,00	1,40
4 р.с.	3,8	0,65	2,47
7 р.с.	2,2	0,78	1,72
8 р.с.	1,8	1,05	1,89
9 р.с.	1,3	1,25	1,63
км.1с	25,2	0,75	18,84
Схід з контр.	0,2	1,12	0,22
м 1с	25,0	0,74	18,62

Таблиця 4.6. Розрахунок середньозваженої зольності висівок за балансом

Система	Вилучення вис. a_i , %	Зольність вис. z_i , %	Золопроценти $a_i \cdot z_i$, %%
Вим.2	4,0	6,35	25,40
Вим.3	6,7	6,58	44,09
Сорт.3	3,2	4,90	15,68
4 р.с.	0,5	5,14	2,57
7 р.с.	0,7	5,83	4,08
8 р.с.	2,3	6,43	14,79
9 р.с.	4,6	6,78	31,19
Висівівки	22,1	6,40	106,61

Формула зольності зерна, з якою зерно необхідно направляти у розмельне відділення, щоб отримати стандартну продукцію за заданим виходом

$$z = \frac{a_{bc} \cdot z_{bc} + a_{lc} \cdot z_{lc} + a_{m.k.} \cdot z_{m.k.}}{a_{bc} + a_{lc} + a_{m.k.}}$$

$$z = \frac{25,0 \cdot 0,74 + 50,0 \cdot 0,54 + 22,1 \cdot 6,4}{97,1} = 1,57\%$$

За формулою знаходимо зольність зерна, з якою зерно необхідно направляти у розмельне відділення, щоб отримати стандартну продукцію за заданим виходом, отримуємо $Z_z = 1,57\%$.

4.5 Підбір та розрахунок технологічного обладнання

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

Розрахунок і підбір технологічного обладнання виконують у послідовності, наведеній графічно у вигляді схеми технологічного процесу. Визначаючи місткість і кількість бункерів, для розрахунків використовують зазначену в завданні виробничу потужність мукомельного заводу ($Q=240$ т/добу).

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

$$Q_{з.оч.} = k \cdot Q \quad (4.3)$$

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

Q – виробнича потужність мукомельного заводу, т/доб;

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

$$Q_{з.оч.} = 1,15 \cdot 240 = 276 \text{ т/добу}$$

Бункери.

Місткість бункерів для неочищеного зерна на мукомельних заводах із традиційним обладнанням повинна забезпечити безперервну роботу заводу протягом 24...30 год, а на підприємствах з високопродуктивним обладнанням згідно типовому проекту – дорівнює $\tau=50$ год.

Місткість бункерів для холодного кондиціювання зерна на мукомельних заводах з високопродуктивним комплектним обладнанням у типових проектах дорівнює 48 год для першого і другого відволоження, з яких перше відволоження в бункерах здійснюється $\tau=36$ год, а друге відволоження – $\tau=12$ год.

Кількість бункерів n визначають за формулою:

$$n = \frac{Q \cdot \tau}{24 \cdot \gamma \cdot \eta \cdot a \cdot b \cdot h}, \quad (4.4)$$

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);

h – висота бункера, яку приймають у залежності від поверховості підприємства. У даному проекті запроектована поверховість підприємства дорівнює семи поверхам, а висота бункерів дорівнює трьом поверхам, тобто 14,4 м.

Кількість бункерів для неочищеного зерна:

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

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

Кількість бункерів для першого відволоження:

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

Кількість бункерів для другого відволоження:

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

Бункер перед I др. системою:

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

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

$$E_b = \frac{Q \cdot \tau}{24 \cdot n}, \quad (4.5)$$

Місткість бункерів для неочищеного зерна:

$$E_b = \frac{240 \cdot 50}{24 \cdot 6} = 83,4 \text{ т}$$

Місткість бункерів для першого відволоження:

$$E_b = \frac{120 \cdot 36}{24 \cdot 18} = 10,0 \text{ т}$$

Місткість бункерів для другого відволоження:

$$E_b = \frac{120 \cdot 12}{24 \cdot 6} = 10,4 \text{ т}$$

Місткість бункера перед I др. системою:

$$E_b = \frac{120 \cdot 0,5}{24 \cdot 1} = 2,5 \text{ т}$$

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

$$n = \frac{q_{зоч}}{q_m}, \quad (4.6)$$

де $q_{зоч}$ – продуктивність підготовчого відділення, т/год;

q_m – продуктивність конкретної машини, т/год.

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

$$q_{з.оч.} = \frac{Q_{з.оч.}}{24}, \quad (4.7)$$

де **24** – коефіцієнт перерахунку добової продуктивності у продуктивність за годину. При цілодобовій роботі заводу складає 24 год, в інших випадках – згідно кількості годин роботи заводу за добу.

$$q_{з.оч.} = \frac{276}{24} = 11,5 \approx 12 \text{ т/год}$$

При розрахунку обладнання підготовчого відділення слід враховувати, що сито-повітряні сепаратори, аспіратори, каменевідбірники, зволожуючі апарати, мийні машини, трієри, підігрівачі зерна можуть ефективно працювати при перевантаженні їх не більш, ніж на 20%, а оббивальні, щіткові і луцильні машини перенавантажувати не рекомендується.

Очисний сепаратор. Модель MESM 60/150.

$$n = \frac{0,5 \cdot 12}{6} = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Повітряний канал. Модель MENK 100AG.

$$n = \frac{0,5 \cdot 12}{8} = 0,75 \approx 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Каменевідбірник. Модель METM-100.

$$n = \frac{0,5 \cdot 12}{6} = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Трієр. Модель METR-75D.

$$n = \frac{0,5 \cdot 12}{6} = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Оббивальна машина. Модель MEKS 30/95.

$$n = \frac{0,5 \cdot 12}{6} = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Повітряний канал. Модель MENK 50G.

$$n = \frac{0,5 \cdot 12}{8} = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Інтенсивна зволожуюча машина. Модель МЕСТ 30/150.

$$n = \frac{0,5 \cdot 12}{6} = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Після бункерів первинного відволоження формуємо помельну партію, тому подальший розрахунок проводимо за продуктивністю 240 т/добу:

$$q_{з.оч.} = \frac{240}{24} = 10 \text{ т/год}$$

де 24 – коефіцієнт перерахунку добової продуктивності у продуктивність за годину. При цілодобовій роботі заводу складає 24 год, в інших випадках – згідно кількості годин роботи заводу за добу.

Оббивальна машина. Модель MEKS 30/150.

$$n = \frac{10}{12} = 0,83 = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Магнітний сепаратор. Модель МЕМ-120.

$$n = \frac{10}{11} == 0,91 = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Повітряний канал. Модель MENK 100G.

$$n = \frac{10}{12} == 0,83 = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо по одній машині на кожний потік.

Підбір і розрахунок обладнання розмельного відділення проводимо після складання схеми і кількісного балансу помелу. Визначаємо кількість вальцових верстатів, розсійників, ситовійок і вимельних машин, а також ентолейторів та віброцентрофугалів.

Необхідну кількість основного технологічного обладнання розмельного відділення (вальцові верстати, розсійники, ситовійки) визначають по системах на основі даних розрахованого кількісного балансу і нормативних питомих навантажень на зазначене технологічне обладнання по системах. При цьому розраховуємо довжину вальцової лінії, площу просіюючої поверхні, ширину приймального сита ситовіальних машин по кожній системі окремо.

Результати розрахунків вальцової лінії, просіюючої поверхні, ширини приймального сита ситовіальної машини наведені у вигляді табл.4.7-4.10.

Таблиця 4.7. Розрахунок вальцової лінії

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на см вальцової лінії q _н , кг/доб	Довжина вальцової лінії, см		Прийнята кількість верстатів, пі	Типорозмір верстата, см	Фактичне навантаження на 1 см вальцової лінії q _ф , кг/доб
	аі, %	qі, кг/доб		Розр. l _р	Факт. l _ф			
I+II др.с.	97,1	271880	700	388	400	1,0	100x25x2	680
III др.кр.с.	21,4	59920	340	176	200	1,0	100x25	300
III др.др.с.	16,3	45640	250	183	200	1,0	100x25	228
IV др.с.	13,0	36400	190	192	200	1,0	100x25	182
1 шл.	9,2	25760	250	103	100	0,5	100x25	258
2 шл.	8,1	22680	225	101	100	0,5	100x25	227

1+2 р.с.	33,3	93240	165	565	800	2,0	100x25x2	155
3 р.с.	19,8	55440	165	336	400	2,0	100x25	139
4 р.с.	12,6	35280	190	186	200	1,0	100x25	176
5 р.с.	10,2	28560	200	143	200	1,0	100x25	143
6 р.с.	9,0	25200	250	101	200	1,0	100x25	252
7 р.с.	7,4	20720	180	115	200	1,0	100x25	207
8 р.с.	6,5	18200	200	91	100	0,5	100x25	182
9 р.с.	5,9	16520	200	83	100	0,5	100x25	165
Всього					3400	3+11		

Таблиця 4.8. Розрахунок просіюючої поверхні

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 секцію розсіюника, q _{гін} , т/доб	Кількість секцій		Марка розсіюника	Фактичне навантаження на 1 секцію розсіюника, q _{фіф} , т/доб
	a _i , %	q _i , кг/доб		розрахункова піф	фактична піф		
I+II др.с.	97,1	271880	70	3,9	4	MESP624	68
III др.кр.с.	21,4	59920	45	1,3	2	MESP624	30
III др.др.с.	16,3	45640	25	1,8	2	MESP624	23
IV др.с.	13,0	36400	35	1,0	1	MESP624	36
Сорт.1	30,1	84280	21	4,0	4	MESP624	21
Сорт.2	8,0	22400	25	0,9	1	MESP624	22
Сорт.3	7,2	20160	22	0,9	1	MESP624	20
1 шл.	9,2	25760	25	1,0	1	MESP624	26
2 шл.	8,1	22680	22	1,0	1	MESP624	23
1+2 р.с.	33,3	93240	35	2,7	4	MESP624	31
3 р.с.	19,8	55440	30	1,8	2	MESP624	28
4 р.с.	12,6	35280	25	1,4	2	MESP624	18
5 р.с.	10,2	28560	15	1,9	2	MESP624	14
6 р.с.	9,0	25200	25	1,0	1	MESP624	25
7 р.с.	7,4	20720	25	0,8	1	MESP624	21
8 р.с.	6,5	18200	20	0,9	1	MESP624	18
9 р.с.	5,9	16520	20	0,8	1	MESP624	17
км.в/с	50,5	141400	50	2,8	3	MESP424	47
км.1с	25,2	70560	70	1,0	1	MESP424	71
Всього				30,9	34	5+1	

Таблиця 4.9. Розрахунок ширини приймального сита ситовіальних машин

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 см ширини сита, $q_{бін}$, кг/доб	Ширина приймального сита, см		Прийнята кількість ситовійок, пі	Марка ситовійки	Фактичне навантаження на 1 см ширини сита, $q_{біф}$, кг/доб
	a_i , %	q_i , кг/доб		розрахункова $b_{ір}$	фактична $b_{іф}$			
В.1 (кр.кр.)	16,5	46200	650	71	80	1,0	MEPR-46/200	578
В.2 (ср.кр.)	19,4	54320	600	91	80	1,0	MEPR-46/200	679
В.3 (м.кр.)	10,5	29400	350	84	80	1,0	MEPR-46/200	368
В.4 (дунст)	10,8	30240	350	86	80	1,0	MEPR-46/200	378
В.5 (ср.кр.)	5,1	14280	400	36	40	0,5	MEPR-46/200	357
В.6 (м.кр.)	3,1	8680	220	39	40	0,5	MEPR-46/200	217
Всього					400	5		

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

для вальцових верстатів:

$$q_L = \frac{Q \cdot 1000}{L_\phi},$$

$$q_L = 70,0 \text{ кг/см} \cdot \text{доб}$$

Нормативне 70–75 кг/см*доб

для розсійників:

$$q_F = \frac{Q \cdot 1000}{F_\phi},$$

$$q_F = 1360,1 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{доб}$$

Нормативне 1300-1400 кг/м²*доб

для ситовійок:

$$q_B = \frac{Q \cdot 1000}{B_\phi},$$

$$q_B = 600,0 \text{ кг/см} \cdot \text{доб}$$

Нормативне 550-650 кг/см*доб

де Lф, Fф, Вф – загальна фактична довжина вальцьової лінії, просіююча поверхня і загальна ширина приймальних сит у ситовійках.

4.6 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР

Безпека харчової продукції є важливою проблемою, яка стає все більш загальною національною та міжнародною ідеєю. Забезпечення безпеки харчової продукції вимагає вдосконалення системи контролю та стандартів, а також постійного моніторингу за допомогою наукових досліджень та технологічних інновацій. безпека харчової продукції є важливою проблемою, яка стає все більш загальною національною та міжнародною ідеєю. Забезпечення безпеки харчової продукції вимагає вдосконалення системи контролю та стандартів, а також постійного моніторингу за допомогою наукових досліджень та технологічних інновацій [9].

Контроль і керування технологічним процесом забезпечує високу якість готової продукції і задані її виходу. Організація та введення технологічного процесу передбачає вирішення двох завдань [7]:

- вибір оптимального режиму підготовки сировини до переробки і режим роботи основних систем технологічного процесу;
- підтримка незмінних значень обраних параметрів режиму протягом усього періоду переробки даної партії.

Перше завдання вирішують за допомогою використання рекомендацій, викладених у «Правилах організації і ведення технологічного процесу», або ж шляхом досвідчених переробок сировини на лабораторних установках.

Друге завдання вимагає наявності на підприємствах певної системи контролю параметрів режимів та стабілізації їх на заданих рівнях. Організація такої системи пов'язана з особливими труднощами, внаслідок складності технології борошна.

Технологічний процес на зернопереробних підприємствах організовано за принципом розгалуженого потоку зі складною взаємозв'язком окремих етапів. Незважаючи на повну механізацію всіх технологічних операцій, розробити автоматизовані системи управління (АСУ) ними дуже важко, так як технологічний процес багатоступінчастий, потоки продуктів варіюють по питомій витраті і показникам якості, в залежності від вихідної характеристики надходить на переробку сировини і варіації режимів на технологічних системах .

Процес виробництва борошна включає в себе безліч операцій. Виконують їх певні машини та апарати, заданий оптимальний режим роботи яких треба постійно підтримувати. Однак в умовах сучасного виробництва незмінність режиму не може бути забезпечена, внаслідок впливу таких факторів, як регулювання машин в процесі роботи, ступінь зносу їх робочих органів, коливання питомих навантажень на устаткування і т.п. все це негативно впливає на стабільність виконання технологічних операцій.

Кожна технологічна операція має певний вплив на кінцевий результат процесу - вихід і якість готової продукції і, у свою чергу, заздрості від деякого числа різнорідних чинників, взаємозв'язку між якими можуть бути невідомими, а вплив кожного з них на результат даної операції може змінюватися в часі, в залежності від конкретних умов.

Встановлено, що для забезпечення високої ефективності системи управління необхідно виконати наступні умови:

- помольних партій повинна мати незмінні протягом тривалого періоду показники якості, тобто властивості зерна повинні бути стабілізовані;
- повинен бути забезпечений безперервний кількісний контроль основних технологічних потоків, таких як надходження зерна на I драну систему, витяг продуктів перше якості тощо;
- технологічна схема повинна бути по можливості спрощена і мати високу структурну стійкість;

– система вимірювальних перетворювачів (датчиків) повинна забезпечувати безперервне надходження інформації про параметри технологічного процесу в деяких основних (вузлових) його стадіях.

У підготовчому відділенні зерноочисного відділення млини необхідно забезпечувати автоматичну стабілізацію процесу ВТО в цілому і процесу зволоження зерна, оскільки це значною мірою впливає на кінцевий результат переробки зерна на борошно.

Важливе значення має раціональне побудова контролю якості сировини та готової продукції.

Для дотримання технологічної дисципліни на млині необхідно вести контроль ведення технологічного процесу: лабораторний і виробничий (на робочому місці). Виробничий контроль проводить персонал, обслуговуючий технологічне устаткування. Лабораторний контроль проводять за схемою, складеною начальником ВТЛ і затвердженою головним інженером, стосовно даного підприємства. Графік повинен визначати наступне: об'єкти контролю (процес в цілому, його етапи, системи і машини); місце і спосіб відбору зразків; показники і методи аналізу; тривалість і періодичність контролю; конкретних виконавців контролю.

На основі результатів контролю, що фіксуються в журналі контролю технологічного процесу, головний технолог і змінні майстри приймають заходи до усунення виявлених недоліків і поліпшення технологічного процесу.

Лабораторний контроль технологічного процесу організовують щозмінно, періодично і раптово.

Щозмінно оцінюють якість зерна, що направляється на млин і поступає на I драну систему, режими ВТО, якість продукції і відходів, санітарний стан виробничих приміщень.

Періодично працівники ВТЛ і виробничий персонал контролює ефективність роботи окремих машин, систем і етапів технологічного процесу, мукомельні і хлібопекарські властивості зерна.

Після переходу мукомельного заводу на інший вид помелу, при технічному переозброєнні його, при необхідності збільшення виходу або поліпшення якості продукції слід знімати кількісно-якісні баланси помелу або окремих його етапів.

Раптовий контроль працівники ВТЛ проводять за рішенням керівництва підприємства при погіршенні якості або зниженні виходів продукції, пред'явленні штрафних санкцій на якість або кількість відвантажуваної продукції споживачам.

Контроль на робочому місці (виробничий) здійснює виробничий персонал, він полягає у візуальному або кількісному аналізі ефективності роботи устаткування, машин або процесів. До даного виду контролю відноситься контроль етапу зволоження зерна, візуальний контроль відходів зерноочисних машин на наявність повноцінного зерна, візуальний контроль завантаження машин.

Матеріально відповідальні особи повинні періодично (не рідше за один раз в декаду) перевіряти роботу вагових приладів із занесенням результатів перевірки в журнал.

Зерно, яке передається із зерносховища і приймається мукомельним заводом, повинно бути обов'язково зважене на вагах. Зерно слід передавати однорідними за технологічними властивостями партіями у співвідношеннях, встановлених рецептурою помельної партії. Кожної зміни лабораторія ВТЛ оцінює якість зерна, що поступає в зерноочисне відділення і направляється на помел, контроль режимів водно-теплової обробки зерна, якість отримуваних відходів і визначення механічних втрат.

Якість зерна, що поступає, контролюють шляхом відбору і аналізу контрольних проб не рідше за 2-і рази в зміну і середньозміни проби. Контрольні проби відбирають ковшом з самопливу, який подає зерно на першу зерноочисну машину. Визначають наступні показники якості: колір, запах, і смак використовують для висновку про свіжість зерна; зараженість - для запобігання занесенню шкідників із зерносховищ у виробничий корпус;

вологість - для визначення режимів водно-теплової обробки; скловидність - для визначення режимів водно-теплової обробки і помелу зерна, перевірки правильності формування помельної партії; зольність - для встановлення ефективності обробки поверхні зерна, видалення з його поверхні мінеральної домішки; клейковину - для характеристики правильності складання помельної партії; засміченість - для характеристики складу домішок і визначення ефективності їх видалення при очищенні. Натура побічно характеризує мукомельні властивості зерна.

На підставі результатів цих аналізів встановлюють або уточнюють режими роботи всіх машин, очікуваний вихід продукції.

Якість зерна перед помелом перевіряють по контрольних і середньозмінним пробам, які відбирають з самопливу перед I драною системою і визначають ті ж показники якості, що і в зерні перед очищенням. Дані за якістю зерна перед помелом використовують для того, щоб дати висновок про якість очищення зерна від домішок, обробки поверхні зерна і ступеня водно-теплової обробки.

Якість зерна, що йде на помел, не повинно бути нижче встановлених норм:

- по вологості: - при сортових помелах м'якої пшениці - 14,5 - 16,5 %;
- смітній домішці - не більше 0,4 %, зокрема куколя не більше 0,1 %;
- шкідливій домішці - не більше 0,05 %;
- зерновій домішці - не більше 4 % іржі і ячменю в пшениці, зокрема пророслих зерен не більше 3 %.

На мукомельному заводі застосовують холодний спосіб кондиціонування зерна. Режими водно-теплової обробки встановлює головний технолог за узгодженням з начальником ВТЛ з урахуванням фактичної якості зерна (тип пшениці, початкова вологість, скловидність), виду помелу, ємкості бункерів для відволожування, втрати вологи в технологічному процесі. Уточнюють режими ВТО за наслідками лабораторних помелів. Рекомендується роздільна ВТО партій зерна, що

відрізняються типовою приналежністю, скловидністю, початковою вологістю, твердістю.

В процесі холодного кондиціонування зерна лабораторія не менше двох разів в зміну перевіряє ступінь зволоження зерна в мийних машина і зволожувальних апаратах і тривалість відволожування.

Всі машини і операції, пов'язані з ВТО, контролюються не рідше за 2 рази в зміну. Проби відбираються до і після машин, з самопливів ковшем.

Облік спостережень ведуть в окремому журналі контролю ВТО.

При підготовці зерна до помелу отримують відходи I, II і III категорій.

До відходів I категорії відносять зернові відходи, мучку, пил білий звичайний. Причому, зернові відходи можуть містити від 10 до 50 % зерна (включно).

До відходів II категорії відносять: зернові відходи із змістом зерна від 2 до 10 %, стрижні кукурудзяні, кукурудзяні плівки, лушпиння горохове, лушпиння вівсяне і ячмінне, полову, пил оббивний сірий.

Відходи III категорії - відходи після очищення зерна на сепараторах із вмістом зерна не більше 2 %, частинки соломи, лушпиння рисове, просяне, гречане, пил аспіраційний і оббивний чорний.

Всі отримувані відходи контролюють на зерноочисних машинах для відбору основного зерна, потім подрібнюють на дробарках і передають в цех відходів по категоріях.

Для контролю якості відходів лабораторія відбирає не менш 2-х разів в зміну проби і аналізує їх на наявність основного зерна. Місце відбору проб - перед дробаркою з самопливу. З цих же проб формують середньозмінну пробу. Аналіз відходів характеризує якість очищення зерна.

Результати всіх аналізів по щозмінному контролю зерноочисного відділення записують в журнал оперативного контролю ф. № 52. Зіставляючи дані аналізів зерна на приймальному пристрої і перед I драною системою, лабораторія робить висновки про роботу окремих машин і всього зерноочисного відділення. Результати аналізу і висновки повідомляють

начальника зерноочисного відділення і змінного технолога розмельного відділення.

Зерноочисні машини повинні мати технологічну ефективність не нижче вказаної в їх паспортах або ж інструкціях з експлуатації.

Роботу окремих машин зерноочисного відділення лабораторія перевіряє періодично. Для цього начальник ВТЛ складає графік контролю на поточний місяць з вказівкою контролю кожного виду машини і осіб, що виконують дану роботу.

Графік складають так, щоб робота всіх машин була перевірена протягом місяця не менш 2-х разів.

Для контролю роботи технологічного устаткування відбирають проби зерна масою 2 кг до і після машини. У пробах визначають відповідні показники і розраховують ефективність виділення домішок (для сепараторів, концентраторів, трієрів, каменевідбірників, повітряних сепараторів). По набутих значеннях судять про ефективність роботи зерноочисних машин.

Ефективність роботи оббивних і щіткових машин визначається показниками зниження зольності зерна і збільшення кількості битих зерен.

Оббивний пил також піддають аналізу. Для цього відбирають пробу масою 2 кг з фільтрів, які приєднані до машини. Для визначення зольності виділяють навіску масою 50 г. Зольність оббивного пилу після машини першої системи повинна бути орієнтовно не менше 10 %, другої системи – 5-7 %.

Ефективність роботи ентолейторів оцінюють кількістю знищених шкідників, зниженням прихованої зараженості і збільшенням числа битих зерен.

Окрім лабораторії, за роботою машин стежить виробничий персонал. Контроль зводиться до органолептичного огляду зерна і відходів через кожну годину.

При контролі роботи сепаратора і концентратора оглядають зерно після машини і перевіряють наявність в ньому домішок, в аспіраційних відносах і

відходах підсівних сит - наявність основного зерна; у трієрах - наявність зерна у відходах, а довгих і коротких домішок - в зерні; у оббивних і щіткових машинах - кількість битих зерен, а також цілих і битих зерен у відходах, в каменевідбирних машинах - виділення мінеральних домішок із зерна і попадання повноцінного зерна у відходи. Контролюючи роботу ентолейтора, перевіряють наявність битих зерен в зерні після машини. На підставі органолептичного огляду можна орієнтовно судити про ефективність роботи машин і регулювати режим їх роботи.

НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) – є науково-обґрунтованою системою, що дозволяє гарантувати виробництво безпечної продукції шляхом ідентифікації і контролю небезпечних чинників.

Нормативними документами, що встановлюють вимоги до системи НАССР і призначені для цілей сертифікації в світі, є наступні - Данський стандарт DS 3027:2002 (Менеджмент безпеки харчових продуктів на основі системи НАССР – Вимоги до системи менеджменту виробників і їх постачальників); - IFS (International Food Standard) Міжнародний стандарт виробництва харчових продуктів; - BRC (British Retail Consortium Global Standard) - британський стандарт асоціації роздрібних торгівців; - Dutch НАССР – голландський стандарт на систему ХАССП; - FSSC 22000:2010 - стандарт для виробників окремих категорій харчових продуктів, що поєднує вимоги ISO 22000:2005 та PAS 220:2008, прийнятий об'єднанням спеціалістів з харчової безпеки Global Food Safety Initiative (GSFI).

Послідовність операцій по застосуванню НАССР (за Codex Alimentarius):

1. Створення команди
2. Описання продукту
3. Визначення очікуваного
6. Перевірка ПД на виробництві
5. Перевірка ПД на виробництві
4. Побудова процесної діаграми (ПД)

8. Визначення КТК.
7. Перелік потенційних ризиків, їх аналіз.
9. Встановлення моніторингу по кожній КТК .
10. Встановлення гранично допустимих рівнів по кожній КТК.
11. Встановлення коригувальних дій можливих відхилень.
12. Встановлення процедур для перевірки правильності роботи системи.
13. Встановлення процедур документування та ведення записів.

Як такого поняття «стандарт ХАССП» не існує. Це система, яка складається з семи принципів:

- аналіз небезпек;
- визначення ККТ;
- визначення критичних меж ККТ;
- визначення систем моніторингу;
- визначення необхідності та періодичності проведення верифікацій;
- визначення дій у разі перевищення критичних меж (включаючи коригувальні дії)
- визначення ведення необхідних записів.

В цілому, впровадження та сертифікація системи управління безпечністю харчових продуктів на основі концепції НАССР забезпечує і дає підприємству можливість:

- гарантувати випуск безпечної продукції за рахунок систематичного контролю на всіх стадіях виробництва;
- належним чином управляти всіма небезпечними факторами, які можуть загрожувати безпеці харчових продуктів – запобігати, усувати чи мінімізувати їх;
- успішно проходити "аудити постачальників" торговими мережами;
- вигравати тендери на виробництво продукції ВТМ для торгових мереж;
- гарантувати, що харчові продукти безпечні на момент їх споживання;

-забезпечити належні гігієнічні умови виробництва у відповідності з міжнародними нормами;

- демонструвати відповідність застосовним законодавчим і нормативним вимогам щодо безпечності харчових продуктів;

- зміцнити довіру споживачів, замовників та органів нагляду до безпеки виробленої продукції і поліпшити імідж підприємства;

- розширити ринки збуту отримати вихід на зарубіжні ринки;

- підвищити відповідальність персоналу і забезпечити розуміння всіма співробітниками підприємства першочергової важливості аспектів безпеки продукції.

4.7 Охорона праці

Борошномельну промисловість вважають важливою ланкою агропромислового комплексу, оскільки вона забезпечує виробництво основних продуктів харчування людей - борошна, манної крупи.

Борошномельна промисловість тісно зв'язана із сільськогосподарським виробництвом та іншими галузями промисловості, насамперед хлібопекарської. Хлібні продукти містять у своєму складі важливі поживні речовини (білки, вуглеводи та ін.), необхідні для людини.

Для розвитку мукомельної промисловості було запропоновано розширення асортименту готової продукції на борошномельних заводах шляхом формування нових сортів борошна з індивідуальних потоків являються одним з самих простих, як з технічної, так і з економічної точки зору. Вивчення даного способу і розробка технології одержання нових товарних сортів для задоволення потреб хлібопекарської галузі є актуальним питанням для фахівців.

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

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

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

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

- поперечні і повздовжні проходи, які пов'язані з евакуаційними виходами на сходову драбину та проходи між групами машин і станків мають ширину не менше 1,0 м;
- вальцові верстати встановлюють групами;
- між стінами виробничих будівель і розсійниками проходи не менше 1,25 м; між 6 та 8-приймальними розсійниками при дворядному повздовжньому розташуванні розсійників цього типу проходи становлять шириною не менше 1,15 м по їх короткій і довгій сторонам;
- не можна встановлювати групами розсійники, сепаратори, оббивальні машини, тому що до нього потрібний підхід для обслуговування;
- з бокових сторін ситовіальних машин проходи становлять не менше 0,8 м, вільні від аспіраційних трубопроводів;
- висота проходу для конвеєрів у виробничих приміщеннях без наявності робочих місць складає не менше 2,0 м;
- обладнання, яке не має рухомих частин: трубопровід, матеріалопровід, норійні труби розміщується (своїми сторонами, які не потребують обслуговування) біля стін і колін з розривом від них не менше 0,25 м.

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

- ізоляцією струмопровідних частин (подвійна ізоляція дротів);
- недоступністю струмоведучих частин (пакетні аварійні вимикачі; розміщення дротів на висоті, недосяжній для ненавмисного доторкання до них різного роду пристосуваннями; прокладання дротів по підлозі у металевих рукавах чи у просторі над підвісною стелею або заховання проводки у стінах);
- захисним заземленням конструкцій, що можуть виявитися під напругою;
- застосуванням написів, плакатів, засобів індивідуального захисту (діелектричних килимків);

Відповідно до зазначеного заземлені:

- неструмопровідні частини електричних машин, апаратів, трансформаторів;
- каркаси розподільчих щитів, шаф, щитів управління, а також їх знімні частини і частини, що відкриваються, якщо на них встановлено електрообладнання напругою більше 42 В змінного і більше 110 В постійного струму;
- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні коробки й інші кабельні конструкції, металеві кабельні муфти, металеві гнучкі рукави і труби електропроводки, електричні світильники;
- металоконструкції виробничого обладнання, на якому є споживачі електроенергії.

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

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

РОЗДІЛ 5 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ

5.1. Аспірація

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

Завдання аспірації на таких підприємствах полягає в:

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

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

Методика проектування аспіраційних установок.

До проектування аспіраційних установок приступають після розміщення всього технологічного і транспортного устаткування у виробничих приміщеннях підприємства з вказівкою його призначення і характеристики. В процесі проектування аспіраційних установок необхідно враховувати вимоги технологічного процесу, норми технологічного проектування, умови експлуатації аспіраційних установок, будівельні норми і правила проектування, правила техніки безпеки і виробничої санітарії.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.2								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розробив		Купкіна К.В.			Розділ 5			Літ		Аркуш		Аркушів	
Керівник		Волошенко О.С.								60			
								ОНТУ, ТЗХ-41					
Консультант													
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.											

Устаткування аспіраційних установок розміщують у виробничих приміщеннях зернопереробних підприємств на вільних місцях з дотриманням вказаних вимог.

Окремі аспіраційні установки компонують з дотриманням наступних умов:

- об'єднують в одну і ту ж установку знепилювання одночасно працюючих машин і механізмів;
- об'єднують в одну установку знепилювання устаткування, що оброблювальне або переміщає однорідний за якістю продукт;
- прокладають максимально можливе число вертикальних повітропроводів і особливо на ділянці від машини (механізму) до пиловіддільника;
- розташовують горизонтальні ділянки на одному рівні, паралельно будівельним конструкціям будівлі;
- проектують мінімальну протяжність повітропроводів;
- передбачають повітропроводи, як правило, круглого перетину;
- розташовують вентилятори і пиловіддільники симетрично щодо решти устаткування установки;
- блокують електродвигуни вентиляторів і фільтрів з електродвигунами технологічного і транспортного устаткування даної установки так, щоб пуск вентиляторів і фільтрів здійснювався раніше пуску вказаного устаткування на 15 с, а їх зупинка відбувалася через 30 с після зупинки устаткування щоб уникнути інтенсивного пиловідділення при пуску і зупинці устаткування;
- передбачають для зменшення шуму і вібрації вентиляторів звукопоглинальні і віброгасячі пристрої.

Особливістю проектування аспіраційних установок борошномельних заводів є використання технологічного принципу компоновки аспіраційних установок в зерноочисному відділенні, при якому машини і транспортні механізми первинного і вторинного очищення зерна компонують в різні

аспіраційні установки, оскільки якість пилу і легких домішок, що відносяться повітрям і отримуваних в аспіраційних установках, різна.

Таблиця 5.1. Розрахунок і компоновка аспіраційних мереж

Назва технологічного устаткування	Кількість устаткування	Витрата повітря, м³/год	Загальна витрата повітря, м³/год
Аспіраційна мережа №1			
Сепаратор MESM-100/150	2	80	160
Оббивна машина MEKS 30/95	2	6	12
Трієри METR 75D	2	20	40
Аспіраційна колонка МЕНК-60G	2	20	40
Всього			270
Фільтр – MEFM-39			
Вентилятор MEDA-5,5			
Аспіраційна мережа №2			
Конвеєри №1;2;5;6	4	5	20
Автоматичні ваги МЕТК 058	3	5	15
Повітряний сепаратор МЕНК-100G	1	80	80
Оббивна машина MEKS-30/150	1	10	10
Всього			125
Фільтр – MEFM-26			
Вентилятор MEDA-4			
Аспіраційна мережа №3			
Каменевідбірні машини МЕТМ-100	2	80	160
Всього			160
Фільтр – MEFM-26			
Вентилятор MEDA-4			

Таблиця 5.2. Розрахунок витрат повітря для аспірації ситовіальних машин

Система	Кількість секцій	Витрата повітря, м³/хв
СВС № 1	2	60
СВС № 2	2	60
СВС № 3	2	60
СВС № 4	2	60
СВС № 5	1	40
СВС № 6	1	40
Всього	10	Σ=320
Фільтр – MEFM-39		
Вентилятор MEDA-5,5		

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 :

$$P_p = \frac{W_{\text{пит}} \cdot M_{\text{річ}}}{T_{\text{max}}} = \frac{66 \cdot 62500}{5200} = 793 \text{ кВт.}$$

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,

$M_{\text{РІЧ}} = M_{\text{ДОБ}} \cdot D_{\text{Р}} = 240 \cdot 250 = 62500 \text{ т}$,

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

$M_{\text{ДОБ}} = 240 \text{ т} / \text{добу}$;

$D_{\text{Р}}$ - кількість робочих днів підприємства на протязі року, $D_{\text{Р}} = 250$ 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 $P_{\text{осв}} = 0,1 P_p = 0,1 \cdot 793 = 79,3 \text{ кВт.}$

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.2			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Купкіна К.В.			Розділ 6	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волошенко О.С.					63	
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:

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

а з урахуванням компенсації реактивної потужності визначають за формулою:

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

де Q_p - реактивна розрахункова потужність;

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

Реактивну розрахункову потужність знаходять за формулою

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi,$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності, що відповідає $\cos \varphi$ споживачів

(Табл.Д.2)

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

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

$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 793 \cdot 0,62 = 491$ квар.

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

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

$$Q_k = Q_p - Q_E = 491 - 261 = 230 \text{ квар.}$$

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

$$\sum Q_{кном} = n \cdot Q_{ном} \geq Q_k.$$

Таблиця 6.1 Технічні дані конденсаторних компенсуючих установок

Тип	Номинальна напряга U НОМ , кВ	Номинальна потужність Q НОМ , квар	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:

$$\sum Q_{\text{ном}} = n \cdot Q_{\text{ном}} = 1 \cdot 67 = 67 \text{ квар} \geq Q_{\text{к}} = 230 \text{ квар},$$

тобто умова (6.9) не виконується.

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

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

Повна потужність трансформаторної підстанції складе:

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

Потужність одного трансформатора $S_{\text{тр}}$ повинна забезпечувати

навантаження не менш ніж 70...90% повної потужності $T_{\text{п}} S_{\text{ТП}}$ і складає:

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

$$\text{тоді } S_{\text{тр}} = 0,8 \cdot 970 = 776 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

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 S _{ном} , кВ·А	Номинальна напряга, кВ		Струм холостого ходу, I _х %	Втрати потужності, кВт		Напряга коротког о замикан ня, U _к %
		Перв инн е, U _{1ном}	Втори нне, U _{2ном}		холост ого ходу, Р _х	коротк ого замика ння, Р _к	
ТМ1000/10	1000	10	0,4	2,8	2,45	12,2	5,5

Тоді:

$$S_{\text{тр}} = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А} \geq S_{\text{тр}} = 776 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

тобто умова (6.11) виконується.

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:

$$K_{\text{ЗТ}} = \frac{\sum S_i \cdot t_i}{24 \cdot 100}$$

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

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

t_i – тривалість i -тої ділянки часу, год.

Тоді:

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

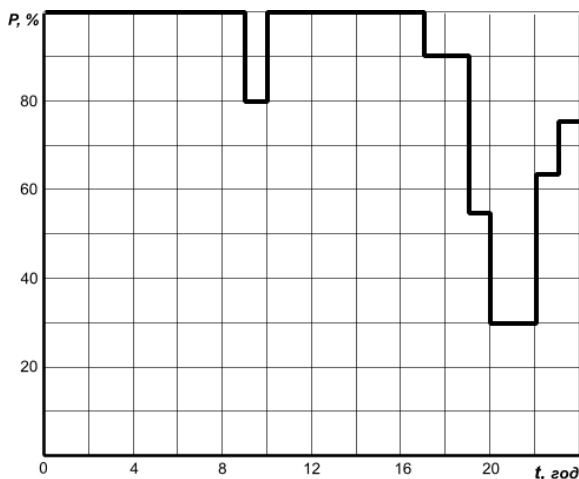


Рис. 6.1- Графік добового навантаження.

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.

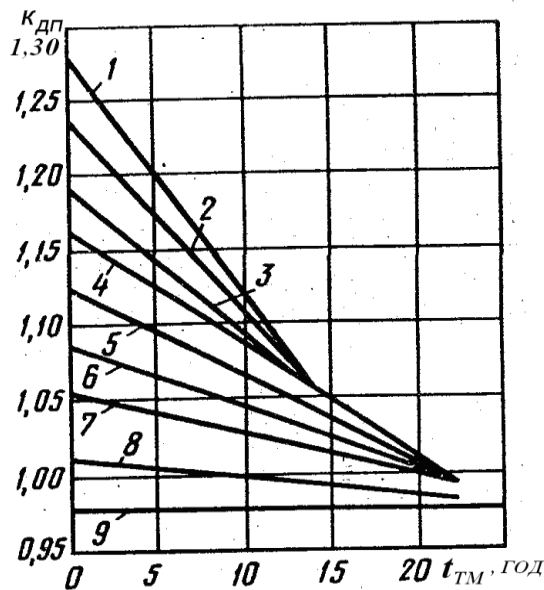


Рис. 6.2 - Графік допустимих перевантажень силових трансформаторів для К ЗГ :
1 - 0,60; 2 - 0,65; 3 - 0,70; 4 - 0,75; 5 - 0,80; 6 - 0,85; 7 - 0,90; 8 - 0,95; 9 - 1,00.

За графіком допустимих силових перевантажень силового трансформатора (рис. 6.2) [4, с. 6, рис. 3.1], визначаємо коефіцієнт допустимих перевантажень трансформатора:
К ДП = 1,16 при К ЗГ = 0,70 та t М = 3 год.

Потужність кожного з двох трансформаторів з урахуванням їх перевантажень складе:
За графіком допустимих силових перевантажень силового трансформатора (рис. 6.2) [4, с. 6, рис. 3.1], визначаємо коефіцієнт допустимих перевантажень трансформатора:
К ДП = 1,16 при К ЗГ = 0,70 та t М = 3 год.

Потужність кожного з двох трансформаторів з урахуванням їх перевантажень складе:

$$S_{тр} \geq \frac{S_{ТП}}{2 * K_{ДП}}$$

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

K_{ДП} – коефіцієнт додаткового перевантаження трансформаторів.

$$\text{Тоді } S_{тр} \geq \frac{970}{2 * 1,16} = 418$$

Уточняємо тип та номінальну потужність трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності [4, Дод. 3], та оберемо 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, $U_k\%$
		Первинне, $U_{1ном}$	Вторинне, $U_{2ном}$		холостого ходу, P_x	короткого замикання, P_k	
ТМ630/10	630	10	0,4	2,0	1,56	7,6	5,5

Тоді:

$$S_{трном} = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А} \geq S_{тр} = 418 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

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:

$$\Delta P'_X = \Delta P_X + K_e \cdot \Delta Q_X$$

$$\Delta P'_K = \Delta P_K + K_e \cdot \Delta Q_K$$

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.:

$$\Delta Q_X = \frac{S_{ном} \cdot I_x\%}{100},$$

ΔQ_K – реактивні втрати трансформатора у режимі К.З:

$$\Delta Q_K = \frac{S_{НОМ} \cdot U_K \%}{100}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

$$I_p = \frac{1000 S_p}{\sqrt{3} U_{ном}}$$

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

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

$$I_p = \frac{1000 \cdot 1001}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2944 \text{ А}$$

РОЗДІЛ 7

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

АНАЛІЗ ВАРТОСТІ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БОРОШНОМЕЛЬНОГО ЗАВОДУ

Зважування зерна на підприємстві здійснюється автоматичними вагами типу МЕТК 058. Вартість промислових автоматичних ваг великої вантажопідйомності (10–50 т/год) на сучасному ринку становить у межах 3 000 – 10 000 € ($\approx$ 120 000 – 400 000 грн) залежно від продуктивності та точності [51,61]. Наприклад, промислові кранові ваги великої місткості можуть коштувати від 879 € до 3945 €, а спеціалізовані моделі — ще дорожче [57].

Первинне очищення зерна здійснюється на повітряно-ситових сепараторах MESM-100/150. Вартість аналогічних зерноочисних сепараторів (продуктивністю 50–150 т/добу) становить приблизно 25 000 – 60 000 € ($\approx$ 1,0 – 2,4 млн грн) залежно від комплектації [56,57]

Каменевідбірні машини типу METM-100 мають ринкову вартість у межах 10 000 – 25 000 € ($\approx$ 400 000 – 1,0 млн грн), що відповідає середньому рівню цін на обладнання для очищення зерна [56].

Трієрні машини (METR 75D) використовуються для видалення домішок за довжиною. Середня вартість таких машин становить 8 000 – 20 000 € ($\approx$ 320 000 – 800 000 грн) [56].

Оббивні машини (MEKS 30/95, MEKS 30/150), які застосовуються для очищення поверхні зерна, коштують приблизно 12 000 – 30 000 € ($\approx$ 480 000 – 1,2 млн грн) [56].

Аспіраційні канали (МЕНК-60G, МЕНК-100G), призначені для видалення пилу та легких домішок, мають вартість у межах 5 000 – 15 000 € ($\approx$ 200 000 – 600 000 грн) залежно від продуктивності [56].

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.2			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Купкіна К.В.				Розділ 7	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник	Волошенко О.С.						71	
Консультант	Басюркіна Н.Й.					ОНТУ, ТЗХ-41		
Зав. кафедри	Жигунов Д.О.							

Транспортування зерна нагнітальним пневмотранспортом є важливою частиною технологічної лінії. Вартість таких систем складає приблизно 20 000 – 80 000 € ($\approx 800\,000 - 3,2$ млн грн) залежно від довжини системи та потужності вентиляторів [56,57].

Пристрої для розвантаження (типу У2-БРО) оцінюються в межах 3 000 – 8 000 € ($\approx 120\,000 - 320\,000$ грн) [56].

Шнеки інтенсивного зволоження (МЕСТ 30/150) мають орієнтовну вартість 8 000 – 18 000 € ($\approx 320\,000 - 720\,000$ грн) [56].

Системи водно-теплової обробки (МЕCD 100/1000) та бункери відволоження є одними з найдорожчих елементів підготовчого відділення. Їх вартість становить:

система зволоження: 15 000 – 40 000 € ($\approx 600\,000 - 1,6$ млн грн)

бункери: 10 000 – 30 000 € ($\approx 400\,000 - 1,2$ млн грн) [56, 57]

Перед подачею зерна на розмел повторне зважування (МЕТК 058) має аналогічну вартість, що і первинне зважування — 3 000 – 10 000 € [57].

Таблиця 7.1. Вихідні та розрахункові показники роботи підприємства

№	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Продуктивність заводу	т/добу	240
2	Кількість робочих днів	днів/рік	300
3	Річна переробка зерна	т/рік	69 000
4	Вихід борошна	%	75
5	Виробництво борошна	т/рік	51 750
6	Виробництво висівок	т/рік	17 250

Таблиця 7.2. – Розрахунок виручки

№	Показник	Одиниця	Значення
1	Ціна борошна	€/т	300
2	Дохід від борошна	€	15 525 000
3	Ціна висівок	€/т	100
4	Дохід від висівок	€	1 725 000
	Загальна виручка	€	17 250 000

Таблиця 7.3. – Розрахунок витрат

№	Стаття витрат	Одиниця	Значення
1	Закупівля зерна	€	13 800 000
2	Експлуатаційні витрати	€	1 811 250
	Загальні витрати	€	15 611 250

Таблиця 7.4. – Основні економічні показники

№	Показник	Одиниця	Значення
1	Річна виручка	€	17 250 000
2	Річні витрати	€	15 611 250
3	Чистий прибуток	€	1 638 750
4	Капітальні інвестиції (CAPEX)	€	300 000
5	Рентабельність	%	10.5
6	Термін окупності (розрахунковий)	років	0.18
7	Термін окупності (реальний)	років	2–5

Розрахунки показують, що при продуктивності 240 т/добу підприємство здатне виробляти 51 750 т борошна на рік. За середньоринкових цін формуються значні обсяги виручки — понад 17 млн €.

Основну частину витрат становить закупівля зерна ($\approx 88\%$). Отриманий прибуток складає 1,64 млн €/рік, що забезпечує рівень рентабельності близько 10,5%.

Розрахунковий термін окупності є меншим одного року, однак з урахуванням повної вартості будівництва, інфраструктури та можливих ризиків, реальний термін окупності становить 2–5 років. Загальна оцінка вартості обладнання

На основі наведених діапазонів сформуємо орієнтовну сумарну вартість обладнання підготовчого відділення:

Обладнання	Вартість, €
Автоматичні ваги (2 шт.)	6 000 – 20 000
Сепаратори	25 000 – 60 000
Каменевідбірник	10 000 – 25 000

Обладнання	Вартість, €
Трієр	8 000 – 20 000
Оббивні машини	12 000 – 30 000
Аспірація	5 000 – 15 000
Пневмотранспорт	20 000 – 80 000
Розвантажувач	3 000 – 8 000
Зволожувальні шнеки	8 000 – 18 000
Водно-теплова система	15 000 – 40 000
Бункери	10 000 – 30 000

Разом: ~122 000 – 346 000 €

З урахуванням монтажу, автоматизації та резерву ($\approx 30\text{--}50\%$):

Загальні капітальні витрати (CAPEX): ~160 000 – 520 000 €

Експлуатаційні витрати (OPEX)

Основні складові:

електроенергія

заробітна плата

обслуговування обладнання

логістика

сировина (зерно)

За даними International Grains Council:

Типові витрати для млина:

енергія: 8–15 €/т

обслуговування: 5–10 €/т

зарплата: 10–20 €/т

Разом без зерна: $\approx 25\text{--}45$ €/т

Виробнича потужність і дохід

Припустимо:

продуктивність: 100 т/добу

робота: 300 днів/рік

вихід борошна: 75%

Річне виробництво:

$$100 \times 300 \times 0.75 = 22\,500 \text{ т борошна}$$

Середня ціна борошна (ЄС):

$$\approx 250\text{--}350 \text{ €/т (Eurostat, FAO)}$$

Виручка:

$$22\,500 \times 300 \text{ €} \approx 6.75 \text{ млн €}$$

Собівартість і прибуток

Сировина (зерно):

$$\approx 180\text{--}220 \text{ €/т}$$

Витрати на зерно:

$$30\,000 \text{ т} \times 200 \text{ €} \approx 6.0 \text{ млн €}$$

Інші витрати:

$$22\,500 \text{ т} \times 35 \text{ €} \approx 0.79 \text{ млн €}$$

Загальні витрати:

$$\approx 6.79 \text{ млн €}$$

Прибуток

Прибуток:

- Виручка: 6.75 млн €
- Витрати: 6.79 млн €

Базовий сценарій: ≈ 0 (точка беззбитковості)

При оптимізації (енергоефективність, автоматизація):

- зниження витрат на 10–15%

Прибуток: 0.3 – 0.8 млн €/рік

Рентабельність

Рентабельність:

мінімум: $\sim 5\%$

оптимально: 10–18%

Термін окупності

Формула:

$T = \text{інвестиції} / \text{річний прибуток}$

При інвестиціях 300 000 €:

- прибуток 0.5 млн € $\rightarrow$ 0.6 року
- прибуток 0.2 млн € $\rightarrow$ 1.5 року

Реалістичне (з ризиками): 2–4 роки

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано доцільність проєктування борошномельного заводу з інтеграцією енергоефективних технологій як важливого напрямку розвитку сучасної зернопереробної галузі.

Об'єктом проєктування є борошномельне підприємство з продуктивністю 10 тонн на годину. Виробництво оснащене сучасними технічними засобами та функціонує на основі автоматизованих технологічних рішень.

Для отримання продукції з високими споживчими властивостями передбачається використання якісної зернової сировини з підвищеним вмістом клейковини. Значна увага приділяється попередній обробці зерна, що є важливою умовою забезпечення стабільності технологічного процесу.

Використання восьмивальцових верстатів у борошномельному виробництві є одним із ключових елементів сучасних енергоощадних та інтенсивних технологій. Перехід на таке обладнання забезпечує ряд технологічних та економічних переваг. Конструкція верстата дозволяє виконувати два послідовні етапи подрібнення на одному станку, що значно знижує питомі витрати електроенергії на одиницю готової продукції. Впровадження таких верстатів дозволяє ефективніше реалізувати складні схеми помелу, що гарантує повне видалення оболонкових частинок.

Розглянуті технологічні рішення дозволяють знизити енергоспоживання, підвищити продуктивність та покращити економічні показники підприємства.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.2					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Купкіна К.В.			ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ		Літ	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Волошенко О.С.							77	
							ОНТУ, ТЗХ-41			
Консультант										
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.								

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інтернет ресурс. https://eu-ua.kmu.gov.ua/en/news/agrovyrobnytstvo-ukrayiny-u-2025-rotsi-rezultaty-ta-porivnyannya-z-yes/?utm_source=chatgpt.com
2. Інтернет ресурс. https://www.iae.org.ua/presscentre/presrelease/4311-2025-roku-ukrayina-zbilshyla-eksport-produktsiyi-kharchovoyi-i-pererobnoyi-promyslovosti-u-haluzevomu-eksporti-do-20-institut-aharnoyi-ekonomiky.html?utm_source=chatgpt.com
3. Інтернет ресурс. https://www.fixygen.ua/news/20251030/u-2025-rotsi-v-ukrayini-zapratsyuvalo-10-novih-zernopererobnih-pidpriemstv.html?utm_source=chatgpt.com
4. Інтернет ресурс. https://e-land.ua/news/item/naibilshi-vyrobnyky-boroshna-v-2025-rotsi?utm_source=chatgpt.com
5. Інтернет ресурс. https://me.gov.ua/News/Detail/ce516518-7af1-4939-b0bd-7fa41b9888da?utm_source=chatgpt.com
6. Соколов Я.І. Технологія борошномельного виробництва. – К.: Освіта, 2018. – 320 с.
7. Мельников М.П. Технологія переробки зерна. – Харків: ХНТУСГ, 2019. – 412 с.
8. Пономаренко В.А. Обладнання зернопереробних підприємств. – Одеса: Астропринт, 2017. – 256 с.
9. Дубровін В.О. Машини та обладнання для переробки зерна. – К.: Либідь, 2020. – 380 с.
10. Bühler Group – офіційний сайт: <https://www.buhlergroup.com>
11. OCRIM – <https://www.ocrim.com>
12. Golfetto Sangati – <https://www.golfettosangati.com>
13. Posner E.S., Hibbs A.N. Wheat Flour Milling. – Minnesota: AACC International, 2012. – 489 p.
14. Kent N.L., Evers A.D. Technology of Cereals. – 5th ed. – Woodhead Publishing, 2018. – 520 p.

15. FAO. Grain processing technologies and food safety. – Rome, 2014.
16. Журавльов В.П. Енергоефективність у харчовій промисловості. – К.: НУХТ, 2021. – 290 с.
17. Owens G. Cereal Processing Technology. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. – 300 p.
18. Вобликов Є.М., Корячкін В.П. Проектування підприємств зберігання і переробки зерна. — Київ: Освіта України, 2014.
19. Баженов Ю.М. Промислові будівлі і споруди. — Київ: Вища школа, 2010.
20. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. — Київ: Мінрегіон України.
21. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів.
22. Ковальчук В.П. Будівельні конструкції промислових будівель. — Львів: Львівська політехніка, 2012.
23. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. — Київ: Мінрегіон України.
25. ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови» — офіційний стандарт України https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82765
26. Таблиця показників якості зерна м'якої пшениці за ДСТУ 3768:2019 <https://www.scribd.com/document/443889411/ДСТУ-3768-2019-Пшениця>
27. Основні критерії визначення якості зерна пшениці <https://agroweek.com/agrobiznes/osnovni-kryteriyi-vyznachennya-yakosti-zerna/>
28. Порівняльні показники якості пшениці (науковий журнал «Інтернаука») <https://www.inter-nauka.com/uploads/public/17598320075953.pdf>
29. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних підприємствах. — Київ: Мінагрополітики України, 2012. — 145 с.

30. Дробот В. І. Технологія переробки зерна : навчальний посібник. — Київ: Логос, 2011. — 280 с.
31. Пономаренко В. І., Коваленко О. М. Технологічне обладнання зернопереробних і борошномельних підприємств. — Харків: Факт, 2016. — 412 с.
32. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
33. Єгоров Б. В., Мартинюк В. М. Процеси і апарати харчових виробництв. — Одеса: Друк, 2013. — 368 с.
34. Global Flour Milling Industry Statistics: Market Data Report. — 2026.
[Gitnux.org Flour Milling Statistics 2026](https://gitnux.org/flour-milling-statistics-2026)
35. ZIPDO EDUCATION REPORT 2026: Flour Industry Statistics. — 2026.
[ZipDo.co Flour Industry Statistics 2026](https://zipdo.co/flour-industry-statistics-2026)
36. Tendata Blog: Global Flour Export by Company in 2025. — 2025.
[Tendata.com Flour Export Report 2025](https://tendata.com/flour-export-report-2025)
37. ESSFeed: Top 10 Flour Producing Countries in 2025. — 2025. [Essfeed.com Flour Producing Countries 2025](https://essfeed.com/flour-producing-countries-2025)
38. Finance.ua: Кудa Україна експортує муку — ТОП-5 стран. — 2025.
[Finance.ua Ukraine Flour Export 2025](https://finance.ua/ukraine-flour-export-2025)