

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Удосконалення підготовчого відділення
технологічної лінії з виробництва борошна
пшеничного**

Виконав: здобувач вищої освіти 3
скороченого курсу, групи ХТС-1-23 освітньо-
професійної програми «Харчові технології» зі
спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Данило БУГАЙ

Керівник: _____ Ігор КУДРЯВЦЕВ

Дніпро 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«01» травня 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Бугаю Данилу Олександровичу

1. Тема роботи: «Удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва борошна пшеничного».

Керівник роботи: Кудрявцев Ігор Миколайович, доктор філософії, асистент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року № 875.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія підготовки зерна пшениці до переробки у борошно. 2. Наукова, нормативна, навчальна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Загальна частина. 2 Технологічна частина. 3 Проектна частина. 4 Впровадження елементів системи НАССР. 5 Охорона праці захист навколишнього середовища. 6 Техніко-економічне обґрунтування. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Технологічна частина. 3 Проектна частина.
4 Впровадження елементів системи НАССР. 5 Карта безпеки праці. 6 Техніко-економічне обґрунтування. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Асистент КУДРЯВЦЕВ Ігор	01.05.26	08.06.26

7. Дата видачі завдання 01 травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.05-04.05.26	виконано
2	Загальна частина	05.05-07.05.26	виконано
3	Технологічна частина	08.05-14.05.26	виконано
4	Проектна частина	15.05-21.05.26	виконано
5	Впровадження елементів системи НАССР	22.05-31.05.26	виконано
6	Охорона праці захист навколишнього середовища	01.06-02.06.26	виконано
7	Техніко-економічне обґрунтування	02.06-03.06.26	виконано
8	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.26	виконано
9	Підготовка демонстраційного матеріалу	05.06-08.06.25	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Данило БУГАЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Ігор КУДРЯВЦЕВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва борошна пшеничного»

Кваліфікаційна робота містить: 67 сторінок, 13 рисунків, 15 таблиць, 0 додатків, 38 літературних джерела.

Мета роботи – удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва борошна пшеничного з метою підвищення ефективності очищення та підготовки зерна до помелу, покращення якості готової продукції і зниження технологічних втрат.

Об’єкт дослідження – технологічний процес підготовки зерна пшениці до помелу у виробництві пшеничного борошна.

Предмет дослідження – технологічні режими, обладнання та операції підготовчого відділення, що впливають на ефективність очищення зерна, якість підготовленої зернової маси та показники готового пшеничного борошна.

Розглянуто питання удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва борошна пшеничного. Обґрунтовано актуальність модернізації підготовчих операцій, оскільки якість очищення, сортування, зволоження та відволожування зерна безпосередньо впливає на ефективність помелу, вихід борошна, його якісні показники та безпечність готової продукції. Проаналізовано сучасний стан борошномельної галузі України, охарактеризовано зерно пшениці як основну сировину, визначено основні недоліки існуючих технологічних схем підготовки зерна. Запропоновано напрями удосконалення підготовчого відділення за рахунок раціонального підбору обладнання, покращення процесів очищення та зниження технологічних втрат. Практична цінність роботи полягає у можливості використання запропонованих рішень для підвищення ефективності роботи борошномельного підприємства та забезпечення стабільної якості пшеничного борошна.

Ключові слова: пшениця, борошно, зерно, помел, очищення, сепарування, аспірація, зволоження, відволожування, домішки, обладнання, якість.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Сучасний стан борошномельної промисловості України	9
1.2 Характеристика сировини.....	15
Висновки за розділом.....	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	21
2.1 Характеристика досліджуваної технологічної лінії	21
2.2 Пропозиції щодо удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва борошна пшеничного	23
2.3 Характеристика технологічної лінії після удосконалення	24
2.4 Характеристика готового продукту	27
Висновки за розділом.....	30
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	32
3.1 Перевірочний розрахунок продуктивності та кількості обраного обладнання	32
3.2 Характеристика обладнання лінії	36
3.3 Компонування технологічного обладнання у виробничому приміщенні	41
Висновки за розділом.....	46
4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР	47
Висновки за розділом.....	48
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	50
5.1 Розробка карти безпеки праці під час підготовки зерна пшениці до переробки в борошно	50
5.2 Утилізація відходів підприємств з переробки зерна у борошно.....	52
Висновки за розділом.....	54
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	55
6.1 Вихідні дані для розрахунку	55
6.2 Розрахунок капітальних вкладень	56

6.3 Розрахунок економії електроенергії.....	56
6.4 Розрахунок економії експлуатаційних витрат	57
6.5 Економічний ефект від зменшення втрат зерна	58
6.6 Ефект від покращення якості очищення зерна	59
6.7 Загальний річний економічний ефект	59
6.8 Розрахунок строку окупності.....	60
Висновки за розділом.....	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	62
БІБЛІОГРАФІЯ	64

ВСТУП

Борошномельна промисловість є однією з важливих складових агропромислового комплексу України, оскільки забезпечує населення базовою харчовою продукцією, а підприємства хлібопекарської, кондитерської, макаронної та інших галузей – основною сировиною для виробництва широкого асортименту харчових продуктів. Пшеничне борошно займає провідне місце у структурі споживання борошномельної продукції, що зумовлено його високою харчовою цінністю, технологічними властивостями, доступністю та широким використанням у виробництві хліба, булочних, кондитерських і кулінарних виробів.

Україна має значний потенціал для розвитку зернопереробної промисловості, оскільки володіє достатньою сировинною базою, сформованою мережею елеваторних і борошномельних підприємств, а також досвідом промислової переробки зерна. Водночас сучасні умови функціонування галузі характеризуються низкою проблем: нестабільністю якості зернової сировини, зростанням вартості енергоносіїв, логістичними труднощами, зношеністю частини технологічного обладнання, високою конкуренцією на ринку та необхідністю забезпечення стабільної якості готової продукції. У таких умовах важливого значення набуває не лише нарощування обсягів виробництва, а й підвищення ефективності технологічних процесів, зменшення втрат сировини, зниження питомих енерговитрат і забезпечення раціонального використання зерна.

Особливу роль у технологічній лінії з виробництва пшеничного борошна відіграє підготовче відділення. Саме на цьому етапі здійснюють приймання, очищення, сортування, видалення домішок, магнітне сепарування, зволоження, відволожування та підготовку зерна до помелу. Якість виконання цих операцій безпосередньо впливає на ефективність подальшого розмелювання, вихід борошна, його зольність, колір, хлібопекарські властивості та безпечність готової продукції. Недостатньо ефективного очищення зерна може призводити до потрапляння мінеральних, органічних і металоманітних домішок у технологічний процес,

підвищення зношування обладнання, погіршення якості борошна та збільшення виробничих втрат.

На сучасному етапі розвитку борошномельної галузі важливим завданням є удосконалення підготовчих операцій шляхом впровадження більш ефективного очищувального, сепарувального, аспіраційного та зволожувального обладнання, оптимізації режимів підготовки зерна, раціонального компонування машин у технологічній лінії та посилення контролю якості сировини. Це дає змогу підвищити стабільність роботи підприємства, забезпечити кращу підготовку зерна до помелу, знизити кількість відходів, покращити якісні показники пшеничного борошна та підвищити конкурентоспроможність продукції.

Мета роботи – удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва борошна пшеничного з метою підвищення ефективності очищення та підготовки зерна до помелу, покращення якості готової продукції і зниження технологічних втрат.

За для досягнення встановленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати сучасний стан борошномельної промисловості України та визначити основні проблеми виробництва пшеничного борошна;
- охарактеризувати зерно пшениці як основну сировину для виробництва борошна;
- розглянути існуючу технологічну схему підготовки зерна до помелу та виявити її недоліки;
- обґрунтувати доцільність удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії та розробити удосконалену технологічну схему;
- виконати розрахунок техніко-економічних показників підприємства.

Об'єкт дослідження – технологічний процес підготовки зерна пшениці до помелу у виробництві пшеничного борошна.

Предмет дослідження – технологічні режими, обладнання та операції підготовчого відділення, що впливають на ефективність очищення зерна, якість підготовленої зернової маси та показники готового пшеничного борошна.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Сучасний стан борошномельної промисловості України

Борошномельна промисловість є однією з базових галузей харчової та переробної промисловості України, оскільки забезпечує населення основним продуктом переробки зерна – борошном, а також створює сировинну базу для хлібопекарської, макаронної, кондитерської, кулінарної та інших галузей харчового виробництва. Значення борошномельної промисловості визначається не лише її економічною роллю, а й безпосереднім впливом на продовольчу безпеку держави. Пшеничне борошно є одним із найважливіших продуктів щоденного споживання, адже використовується для виробництва хліба, булочних виробів, печива, макаронних виробів, напівфабрикатів і широкого асортименту кулінарної продукції.

У довоєнний період борошномельна галузь України характеризувалася поступовим зниженням офіційних обсягів виробництва борошна. Це було зумовлено кількома чинниками: скороченням чисельності населення, зміною структури харчування, зменшенням споживання хліба і хлібобулочних виробів, розвитком невеликих приватних млинів, частина продукції яких не завжди повністю відображалася в офіційній статистиці. Після 2022 року ситуація ускладнилася через руйнування або зупинку частини підприємств, втрату окремих ринків збуту, перебої з електропостачанням, проблеми з транспортуванням зерна та готової продукції.

Разом із тим борошномельна промисловість продовжує функціонувати та адаптуватися до нових умов. Частина підприємств переорієнтувалася на внутрішній ринок, частина – на експортні поставки, а окремі виробники впроваджують модернізацію технологічних ліній, енергоощадне обладнання, автоматизовані системи контролю якості та нові підходи до підготовки зерна до помелу. Особливої актуальності набуває удосконалення підготовчих відділень борошномельних підприємств, оскільки саме якість очищення, зволоження,

відволожування та сортування зерна визначає ефективність подальшого помелу, вихід борошна, його зольність, колір, хлібопекарські властивості та безпечність.

Основною сировиною для виробництва пшеничного борошна є зерно пшениці. За останні роки Україна зберігає значні обсяги виробництва цієї культури, хоча загальний рівень валового збору залежить від погодних умов, воєнної ситуації, доступності матеріально-технічних ресурсів, площ посіву та логістичних можливостей. Для борошномельної промисловості особливо важливе значення має не лише кількість зерна, а й його якість: вміст білка, кількість і якість клейковини, скловидність, вологість, натура, засміченість, зараженість шкідниками, наявність пошкоджених і пророслих зерен.

Основні чинники, що впливають на сучасний стан борошномельної промисловості України перераховані у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні чинники, що впливають на сучасний стан борошномельної промисловості України

Група чинників	Характеристика впливу на галузь
Сировинні	Достатня наявність зерна пшениці, але нестабільність його якості за роками, регіонами вирощування та умовами зберігання
Економічні	Зростання вартості зерна, електроенергії, палива, запасних частин, пакувальних матеріалів і логістичних послуг
Технологічні	Зношеність частини обладнання, потреба в модернізації очищувальних, сепарувальних, аспіраційних і розмелювальних систем
Логістичні	Ускладнення внутрішніх і зовнішніх перевезень, зростання витрат на транспортування зерна та готової продукції
Ринкові	Скорочення внутрішнього споживання борошна, висока конкуренція між виробниками, зміна структури попиту
Енергетичні	Необхідність зниження питомих витрат електроенергії та впровадження енергоощадних технологічних рішень
Безпекові	Воєнні ризики, пошкодження інфраструктури, потреба в резервних схемах роботи підприємств
Якісні	Підвищення вимог до безпечності, стабільності показників борошна та відповідності нормативним документам

Однією з характерних особливостей сучасного ринку є скорочення внутрішнього споживання борошна. Це пов'язано зі зменшенням чисельності населення, міграційними процесами, зміною харчових звичок, скороченням споживання традиційного хліба та розвитком альтернативних харчових продуктів. За оцінками галузевих експертів, у 2023 – 2024 роках внутрішнє споживання борошна в Україні стабілізувалося приблизно на рівні 2,34 млн т, що суттєво нижче довоєнних показників, рисунок 1.1. Така ситуація змушує виробників шукати шляхи підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості, поліпшення якості продукції та розширення асортименту.

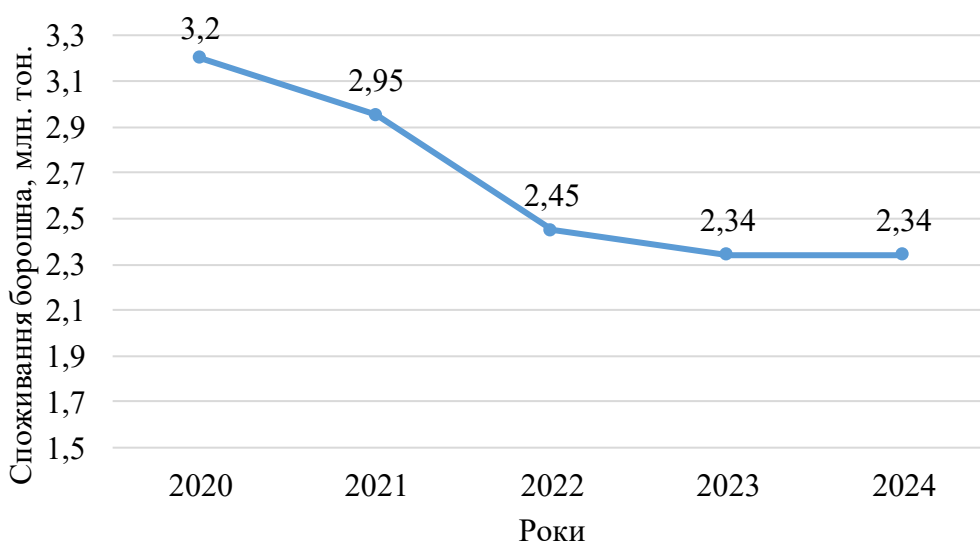


Рисунок 1.1 – Орієнтовна динаміка споживання борошна в Україні, млн т

З наведених даних видно, що найбільше скорочення споживання борошна відбулося після 2021 року. У 2022 році галузь зіткнулася з різким зниженням внутрішнього попиту, що було пов'язано з воєнними діями, тимчасовою окупацією частини територій, міграцією населення, скороченням виробництва хлібобулочних виробів у деяких регіонах і порушенням традиційних каналів збуту. У 2023 – 2024 роках ситуація дещо стабілізувалася, однак обсяги споживання залишилися значно нижчими, ніж у довоєнний період.

Важливим напрямом діяльності українських борошномельних підприємств є експорт борошна, рисунок 1.2. Однак експортний потенціал галузі реалізується не

повною мірою. Україна є значним експортером зерна, проте частка продукції з більшою доданою вартістю, зокрема борошна, залишається відносно невеликою. Це пояснюється високою конкуренцією на світовому ринку, де сильні позиції мають Туреччина, Казахстан, країни ЄС та інші виробники. Крім того, експорт борошна потребує стабільної якості продукції, відповідності вимогам імпортерів, наявності сертифікації, ефективної логістики, конкурентної ціни та сталих торговельних зв'язків.

У 2024 – 2025 маркетинговому році експорт пшеничного борошна з України знизився порівняно з попереднім сезоном. Це свідчить про посилення конкуренції на зовнішніх ринках і необхідність підвищення ефективності виробництва. Для українських підприємств важливо не лише експортувати зерно як сировину, а й розвивати переробку всередині країни, оскільки це забезпечує вищу додану вартість, створення робочих місць, розвиток суміжних галузей і зміцнення продовольчої безпеки.

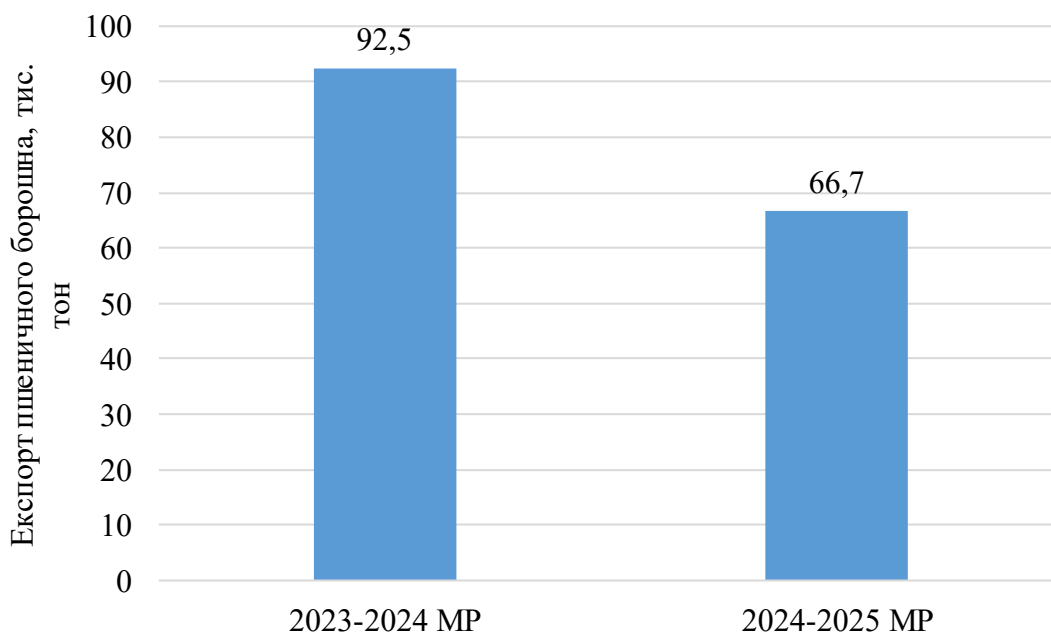


Рисунок 1.2 – Експорт пшеничного борошна з України, тис. т

Скорочення експорту борошна зумовлене сукупністю чинників. По-перше, українським виробникам складно конкурувати з країнами, які мають розвинену

систему державної підтримки переробної промисловості або вигідніше географічне розташування щодо основних ринків збуту. По-друге, висока вартість логістики зменшує цінову конкурентоспроможність українського борошна. По-третє, зовнішні покупці висувають жорсткі вимоги до стабільності якості, показників білка, клейковини, зольності, кольору, крупності помелу та безпечності продукції. У цих умовах важливого значення набуває модернізація технологічних ліній, зокрема підготовчих відділень, оскільки саме вони забезпечують стабільність якості зернової суміші перед помелом.

Сучасна борошномельна промисловість України представлена підприємствами різної потужності. До її складу входять великі промислові млини, середні регіональні підприємства та невеликі приватні млини, орієнтовані переважно на місцевий ринок. Великі підприємства мають переваги за рахунок потужнішого обладнання, автоматизації, розвиненої лабораторної бази, можливості формувати великі партії однорідної продукції та працювати з торговельними мережами або експортними контрактами. Малі й середні підприємства є більш гнучкими, можуть швидше реагувати на місцевий попит, але часто мають обмежені можливості для модернізації обладнання та впровадження сучасних систем контролю якості.

Виробництво борошна в Україні значною мірою залежить від якості зерна, що надходить на переробку. У різні роки зерно може відрізнятися за вологістю, скловидністю, натурою, вмістом білка, кількістю клейковини, засміченістю та наявністю пошкоджених зерен. Тому на борошномельних підприємствах особлива увага приділяється формуванню помельних партій. Зерно різної якості змішують у певних співвідношеннях для отримання стабільної за технологічними властивостями зернової суміші. Недостатньо якісна підготовка зерна призводить до зниження виходу борошна вищих сортів, підвищення зольності, погіршення кольору борошна, збільшення енерговитрат і зношування обладнання, основні проблеми борошномельної промисловості України та шляхи їх вирішення представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні проблеми борошномельної галузі та можливі напрями їх вирішення

Проблема	Наслідки для підприємства	Можливі напрями вирішення
Нестабільна якість зерна	Коливання якості борошна, складність формування помельних партій	Посилення вхідного контролю, сортування зерна, оптимальне змішування партій
Зношеність обладнання	Зростання втрат, збільшення простоїв, підвищення енерговитрат	Модернізація очищувального, транспортного та розмелювального обладнання
Висока засміченість зерна	Погіршення якості помелу, підвищення зольності борошна	Використання ефективних сепараторів, аспіраційних колонок, каменевідбірників, магнітних уловлювачів
Високі енерговитрати	Зростання собівартості продукції	Встановлення енергоощадних двигунів, оптимізація транспортних систем, автоматизація процесів
Скорочення попиту	Недовантаження виробничих потужностей	Розширення асортименту, підвищення якості, пошук експортних ринків
Висока конкуренція	Зменшення прибутковості	Зниження собівартості, стабілізація якості, сертифікація продукції
Логістичні труднощі	Зростання витрат на доставку сировини і продукції	Оптимізація складів, робота з місцевою сировиною, планування запасів
Недостатня автоматизація	Людський фактор, нестабільність режимів	Впровадження автоматичного дозування, контролю вологості, систем моніторингу

Одним із перспективних напрямів розвитку борошномельної промисловості є впровадження сучасного обладнання для підготовки зерна. До такого обладнання належать високоефективні зернові сепаратори, повітряно-ситові машини, каменевідбірники, трієри, магнітні сепаратори, оббивальні машини, зволожувальні апарати, автоматизовані системи дозування води, бункери для відволожування та

системи контролю вологості. Їх використання дає змогу підвищити якість очищення зернової маси, зменшити кількість домішок, забезпечити рівномірне зволоження зерна та стабілізувати технологічні властивості помельної партії.

Таким чином, сучасний стан борошномельної промисловості України характеризується поєднанням значного сировинного потенціалу та низки виробничих, економічних і ринкових проблем. Галузь залишається стратегічно важливою для продовольчої безпеки держави, однак потребує технічного оновлення, підвищення енергоефективності, удосконалення системи контролю якості та розширення виробництва продукції з доданою вартістю. Особливо актуальним є удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва пшеничного борошна, оскільки саме на цьому етапі формується якість зернової маси, що надходить на помел. Покращення процесів очищення, сепарування, аспірації, зволоження та відволожування зерна дає змогу підвищити вихід якісного борошна, знизити технологічні втрати, зменшити зношування обладнання і забезпечити стабільну якість готової продукції.

1.2 Характеристика сировини

Пшениця є однією з основних зернових культур, що має важливе значення для продовольчого забезпечення населення України. Значна частина зерна пшениці використовується саме для виробництва борошна, яке є базовою сировиною для хлібопекарської, макаронної, кондитерської та інших галузей харчової промисловості. Завдяки високій харчовій цінності, добрим технологічним властивостям і широкому використанню у виробництві продуктів харчування пшениця залишається однією з найважливіших культур як в Україні, так і у світі.

Якість, споживчі та технологічні властивості зерна значною мірою залежать від будови зернівки та співвідношення її анатомічних частин. У зерні пшениці, що вирощується в Україні, частка ендосперму в середньому становить 75 – 82 %, зародка зі щитком – 1,8 – 3,2 %, плодових і насіннєвих оболонок – 5,6 – 9,4 %, алеїронового шару – 6,8 – 9,2 %. Зазначені показники можуть змінюватися залежно

від сорту пшениці, умов вирощування, кліматичних чинників, рівня агротехніки та ступеня стиглості зерна.

За хімічним складом зерно пшениці є складною біологічною системою, до складу якої входять білки, вуглеводи, жири, мінеральні речовини, вітаміни, ферменти та інші біологічно активні компоненти. Окремі анатомічні частини зернівки істотно відрізняються за вмістом поживних речовин. Так, ендосперм містить основну кількість крохмалю та білків, оболонки характеризуються підвищеним вмістом клітковини й мінеральних речовин, а зародок має значну кількість жирів, білків і цукрів. Середні дані щодо хімічного складу зерна пшениці та його анатомічних частин наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Середній хімічний склад зерна пшениці та його анатомічних частин, % на суху речовину

Зерно та його анатомічні частини	Частка, %	Білки	Крохмаль	Цукри	Клітковина	Пентозани	Жири	Зола
Ціле зерно	100,00	16,07	63,08	4,23	2,77	8,11	2,25	2,19
Ендосперм	81,60	12,92	78,93	3,55	0,16	2,73	0,69	0,46
Алейроновий шар	6,55	58,17	-	6,83	6,42	15,45	8,17	13,04
Оболонки	8,63	10,57	-	2,58	23,74	51,45	7,17	4,79
Зародок	3,25	37,64	-	25,13	2,47	9,75	15,05	6,33

Загальний стан зернової маси оцінюють за комплексом органолептичних, фізико-хімічних і санітарних показників. До основних із них належать колір, запах, смак, вологість, вміст смітної та зернової домішок, наявність мінеральних і шкідливих домішок, зараженість шкідниками, а також кількість дрібної фракції зерна. Дрібну фракцію зазвичай визначають за проходом через сито з отворами розміром 2,0×20 мм або 2,2×20 мм. Обмежувальні кондиції на зерно пшениці наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Обмежувальні кондиції на зерно пшениці

Показник якості	Допустиме значення для пшениці, %
Вологість	15,51
Смітна домішка	2,02
у тому числі мінеральна домішка	0,52
галька	0,11
шлак і руда	0,06
шкідлива домішка	0,21
гірчак, в'язіль	0,11
ріжки, головня	0,16
кукіль	0,51
Зернова домішка	5,05
у тому числі пророслі зерна	3,06

Показники якості, за якими оцінюють технологічні властивості зерна, умовно поділяють на три групи: показники загального стану зернової маси, борошномельні властивості та хлібопекарські властивості. До показників загального стану належать вологість, засміченість, свіжість, зараженість шкідниками та наявність пошкодженого зерна. Борошномельні властивості характеризують здатність зерна до ефективного очищення, лущення, подрібнення та розділення на проміжні продукти помелу. Хлібопекарські властивості визначають якість борошна як сировини для виробництва хліба.

Технологічні властивості пшениці оцінюють за такими показниками, як крупність, скловидність, вирівняність, натура, маса 1000 зерен, густина, зольність, розмелюваність і типовий склад зернової маси. Хлібопекарські властивості зерна визначають за кількістю та якістю клейковини, газоутворювальною здатністю борошна, дисперсністю помелу, фізичними властивостями тіста та результатами пробного випікання хліба.

Вологість зерна є одним із найважливіших чинників, що впливають на ефективність його переробки. Надмірно вологе зерно важче подрібнюється, погіршує роботу розмелювального обладнання та може спричиняти зниження якості проміжних продуктів. Водночас занадто сухе зерно ускладнює відокремлення оболонки від ендосперму, що може підвищувати зольність борошна.

Тому перед помелом зерно піддають гідротермічній обробці. Зерно пшениці зі скловидністю близько 55 % зволожують орієнтовно до 16,5 %, а зерно з нижчою скловидністю – до 15,5 %.

До основних показників, що характеризують борошномельні властивості зерна, належать:

- вихід і зольність крупок у драному процесі;
- вихід борошна та крупок вищої якості;
- ступінь вимелювання оболонок;
- якість проміжних продуктів помелу;
- питомі витрати електроенергії на виробництво 1 т готової продукції.

Основними хлібопекарськими показниками зерна пшениці є:

- об'ємний вихід хліба;
- формостійкість готового виробу;
- співвідношення висоти хліба до його діаметра;
- структура, еластичність і колір м'якушки;
- зовнішній вигляд та якість скоринки.

Високої якості борошна можна досягти за умови використання зерна з доброю вирівняністю, високою натурою, оптимальною вологістю, достатньою скловидністю та низькою зольністю. Важливе значення має також відсутність сторонніх запахів, ознак самозігрівання, пліснявіння, затхлості та пошкодження шкідниками.

Скловидність і борошнистість є важливими показниками якості зерна пшениці. Ендосперм скловидного зерна має щільнішу і твердішу структуру, тому таке зерно важче подрібнюється, але під час сортового помелу забезпечує більший вихід якісних крупок. Із цих крупок можна отримати борошно з кращими технологічними та хлібопекарськими властивостями. Скловидні сорти пшениці зазвичай містять більше білкових речовин, що сприяє формуванню клейковини та покращенню якості тіста.

Борошномельні властивості зерна значною мірою залежать від співвідношення його анатомічних частин, хімічного складу, міцності зв'язку

оболонки з ендоспермом, консистенції ендосперму та фізичних показників зернової маси. Масове співвідношення складових частин зернівки пшениці наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Масове співвідношення анатомічних частин зернівки пшениці

Анатомічна частина зерна	Вміст у зернівці пшениці, %
Плодові оболонки	4,2–6,3
Насіннєві оболонки	3,1–4,8
Алейроновий шар	6,0–10,5
Ендосперм	74,0–85,0
Зародок	1,43–3,14

Вихід готової продукції залежить не лише від кількісного співвідношення анатомічних частин зерна, а й від їхніх структурно-механічних властивостей. Важливими є скловидність, твердість і щільність ендосперму, міцність оболонок, зв'язок крохмальних клітин з алейроновим шаром, а також міцність з'єднання алейронового шару з насіннєвими оболонками. Крім того, на вибір оптимальних режимів очищення, зволоження, відволожування та подрібнення впливають фізичні показники зерна: вологість, засміченість, натура, крупність, вирівняність і лінійні розміри зернівки.

Отже, якісна підготовка зерна пшениці до помелу є необхідною умовою ефективної роботи борошномельного підприємства. Раціональний вибір режимів очищення, гідротермічної обробки та подрібнення дає змогу підвищити вихід борошна, знизити його зольність, покращити хлібопекарські властивості та забезпечити стабільну якість готової продукції.

Висновки за розділом

Проаналізовано сучасний стан борошномельної промисловості України та встановлено, що галузь залишається важливою складовою продовольчої безпеки держави, оскільки забезпечує населення борошном і створює сировинну базу для

хлібопекарської, макаронної та кондитерської промисловості. Визначено, що основними проблемами галузі є скорочення внутрішнього споживання борошна, зниження експорту, зростання вартості енергоносіїв і логістики, нестабільна якість зерна та зношеність частини технологічного обладнання.

Охарактеризовано пшеницю як основну сировину для виробництва борошна. Встановлено, що якість готової продукції значною мірою залежить від хімічного складу зерна, співвідношення його анатомічних частин, вологості, скловидності, натури, засміченості, вмісту клейковини та інших технологічних показників.

Доведено, що ефективна підготовка зерна до помелу є однією з головних умов стабільної роботи борошномельного підприємства. Раціональне очищення, сепарування, аспірація, зволоження та відволожування зерна дають змогу підвищити вихід якісного борошна, знизити його зольність, зменшити технологічні втрати та покращити хлібопекарські властивості готової продукції. Тому удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва пшеничного борошна є актуальним і практично доцільним напрямом роботи.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика досліджуваної технологічної лінії

При сортовому помелі пшениці до підготовки зерна висувають підвищені технологічні вимоги. Окрім якісного очищення зернової маси від різних видів домішок, важливе значення має гідротермічна обробка зерна (ГТО), яка забезпечує надання йому оптимальних властивостей для подальшого помелу. Найпоширенішим способом гідротермічної обробки є холодне кондиціювання.

Підготовку до помелу компонентів помельної партії, які мають різні вихідні характеристики, доцільно здійснювати окремо. Такий підхід дає змогу краще враховувати якість кожної партії зерна та підбирати відповідні режими очищення, зволоження і відволожування. Проте організація окремої підготовки потребує наявності двох або більше самостійних технологічних потоків, що є можливим переважно на млинах із достатньо високою виробничою потужністю.

Досліджувана технологічна схема підготовки зерна пшениці до помелу наведена на рисунку 2.1.

Зерно з елеватора надходить у шість накопичувальних бункерів. У кожному бункері передбачено по 16 випускних отворів, тобто один отвір на кожні 0,6 м² площі. Така конструкція дає змогу запобігти самосортуванню зернової маси під час її вивантаження. Запас зерна у бункерах забезпечує 31,2 год безперервної роботи млинзаводу.

До кожного випускного отвору приєднано самопливну трубу зі вставкою з органічного скла, що дозволяє здійснювати візуальний контроль за наявністю та рухом зерна. Самопливні труби встановлені майже під однаковим кутом до вертикалі та приєднані по колу до плоскої кришки випускної воронки У2-БВВ.

Із накопичувальних бункерів зерно через регулятори потоку УРЗ-1 подається у збірні гвинтові конвеєри РЗ-БКШ. У кінці конвеєрів встановлено магнітні колонки У1-БМЗ-01, призначені для вилучення металоманітних домішок. Після

цього зерно гвинтовим конвеєром транспортується до норії І-20, яка подає його на четвертий поверх. Далі зерно надходить на зважування у ваги АД-50-ЗЕ.

Точність дозування та запобігання самосортуванню зернової суміші мають важливе значення для ефективної роботи зерноочисного обладнання. Рівномірне навантаження забезпечує стабільну роботу технологічних і транспортних машин, сприяє підвищенню якості очищення та зменшенню втрат зерна.

Після зважування зерно направляють у повітряно-ситовий сепаратор А1-БЛС-12, де відбувається видалення великих, дрібних і легких домішок. Легкі домішки відокремлюються повітряним потоком, а відходи направляються на контроль. Очищене зерно подається на каменевідбірник РЗ-БКТ-100, у якому вилучаються мінеральні домішки.

Після каменевідбірника зерно надходить на блок трієрів УТК-УТО, де відокремлюються короткі та довгі домішки. Далі зернова маса спрямовується в оббивальну машину для очищення поверхні зерна. Після цього норією зерно подається до зволожувальної машини А1-БШУ-2, а потім надходить у бункери для відволоження протягом 24 годин.

Після першого етапу зволоження зерно за допомогою шнеків проходить через магнітний захист У1-БМЗ-01, потрапляє у шлюзовий живильник БШП, після чого норією подається на повторне зволоження у машину А1-БШУ-2. Після другого зволоження зерно витримується у бункерах протягом 12 годин.

Після проходження двох етапів гідротермічної обробки зерно, попередньо пройшовши магнітний захист, надходить в оббивальну машину РЗ-БГО-8. У ній здійснюється інтенсивне очищення поверхні зернівки від пилу, залишків оболонок і забруднень. Далі зерно знову проходить через магнітний захист У1-БМЗ-01 і подається на луцильно-шліфувальну машину А1-ЗШН-3.

Завершальним етапом очищення є обробка зерна в аспіраторі РЗ-БАБ, де від зернової маси відокремлюються легкі домішки. Після цього зерно проходить через ваговий дозатор АД-50-ЗЕ і направляється у розмельне відділення для подальшого помелу.

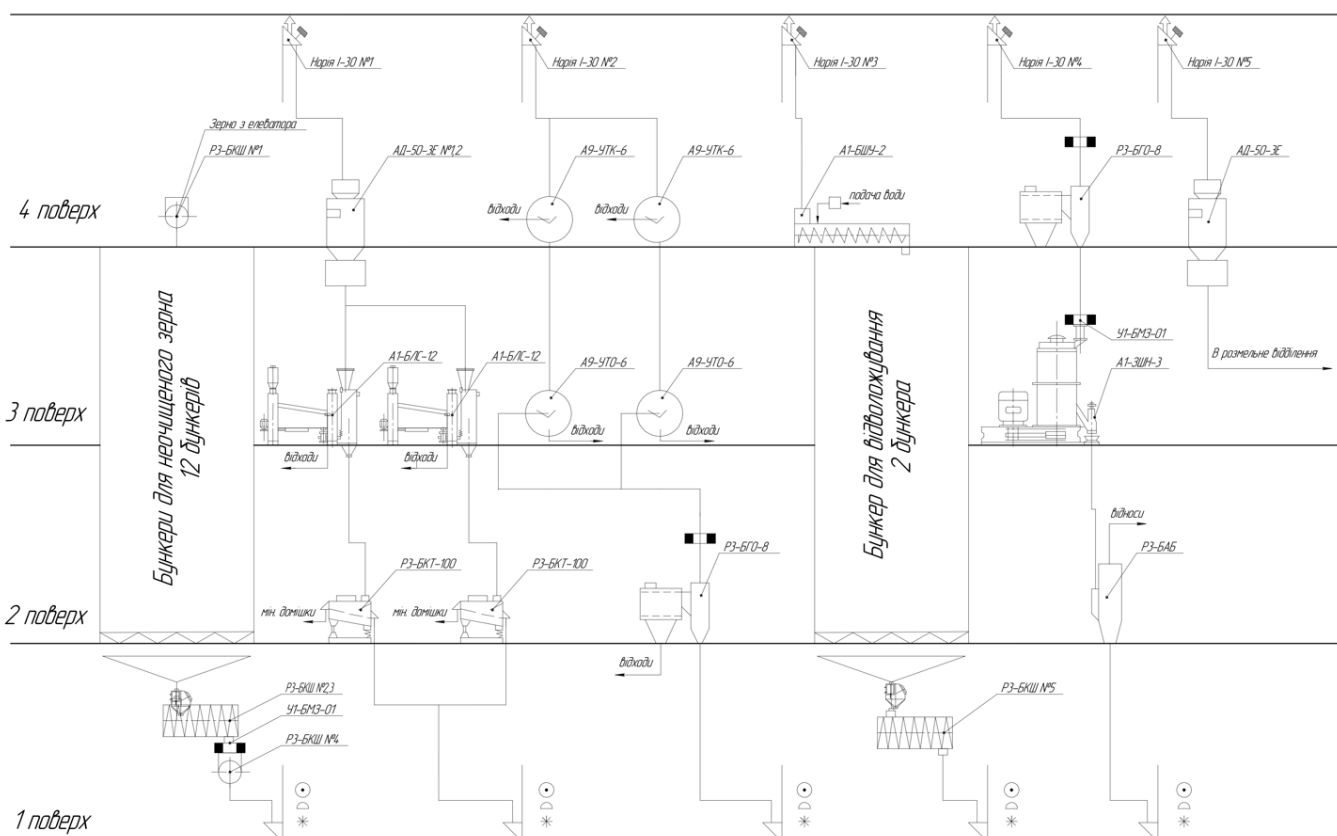


Рисунок 2.1 – Досліджувана технологічна схема підготовки зерна пшениці до помелу

2.2 Пропозиції щодо удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва борошна пшеничного

У досліджуваній технологічній лінії для очищення зерна пшениці використовуються два повітряно-решітні сепаратори А1-БЛС-12, призначені для видалення великих, дрібних і легких домішок. Однак застосування двох одиниць обладнання збільшує займану виробничу площу, ускладнює обслуговування, потребує більшої кількості транспортних комунікацій та підвищує витрати електроенергії.

З метою підвищення ефективності роботи підготовчого відділення доцільно замінити два сепаратори А1-БЛС-12 на один сучасний високопродуктивний сепаратор закордонного виробництва, наприклад Schmidt-Seeger. Таке обладнання має більшу продуктивність, удосконалену систему аспірації, рівномірний розподіл зерна по робочій поверхні та забезпечує якісніше відокремлення домішок.

Запропонована заміна дозволить спростити технологічну схему, зменшити кількість обладнання, скоротити витрати на технічне обслуговування та знизити енергоспоживання. Крім того, сучасний сепаратор забезпечує стабільніше очищення зерна, що позитивно впливає на роботу каменевідбірника, трієрів, оббивальних машин і розмельного відділення.

Ефективніше видалення домішок сприятиме покращенню якості зернової маси перед помелом, зниженню зольності борошна, підвищенню його білизни та стабільності хлібопекарських властивостей. Також зменшиться запиленість виробничого приміщення і ризик потрапляння сторонніх домішок у готову продукцію.

Отже, заміна двох повітряно-решітних сепараторів А1-БЛС-12 на один сучасний сепаратор Schmidt-Seeger типу SMA є технічно та економічно доцільною. Вона забезпечить підвищення продуктивності, покращення якості очищення зерна, зниження енерговитрат і підвищення ефективності роботи всієї технологічної лінії підготовки зерна пшениці до помелу.

2.3 Характеристика технологічної лінії після удосконалення

Удосконалена технологічна схема підготовки зерна пшениці до помелу наведена на рисунку 2.2.

Зерно з елеватора надходить у шість накопичувальних бункерів. У кожному з них передбачено по 16 випускних отворів, тобто один отвір на кожні $0,6 \text{ м}^2$ площі. Така конструкція сприяє рівномірному випуску зернової маси та запобігає її самосортуванню під час вивантаження. Запас зерна у бункерах забезпечує 31,2 год безперервної роботи млинзаводу.

До кожного випускного отвору приєднано самопливну трубу зі вставкою з органічного скла, що дає можливість здійснювати візуальний контроль за наявністю та рухом зерна. Самопливні труби розміщені майже під однаковим кутом до вертикалі та по колу під'єднані до плоскої кришки випускної воронки У2-БВВ.

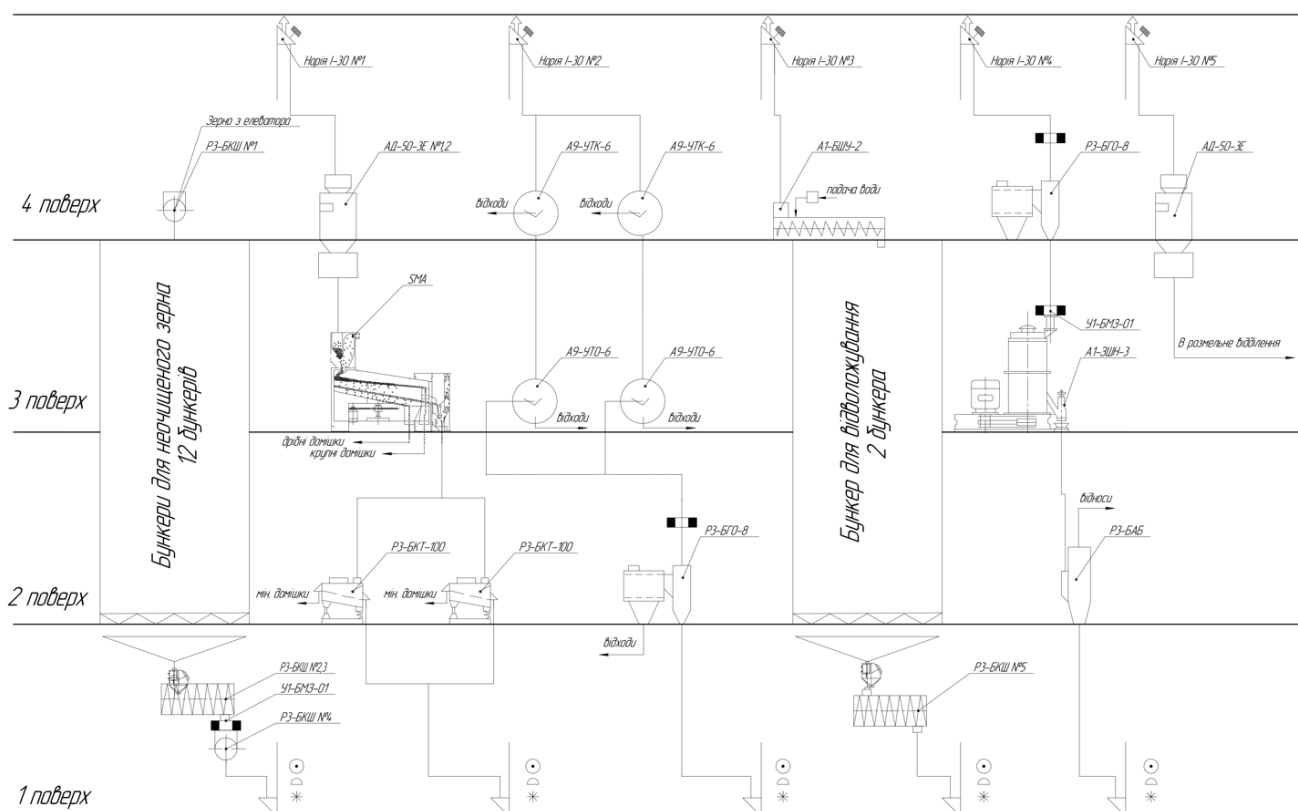


Рисунок 2.2 – Удосконалена технологічна схема підготовки зерна пшениці до помелу

Із накопичувальних бункерів зерно через регулятори потоку УРЗ-1 подається у збірні гвинтові конвеєри ПЗ-БКШ. У кінці конвеєрів встановлено магнітні колонки У1-БМЗ-01, які призначені для вилучення металоманітних домішок. Далі зерно гвинтовим конвеєром транспортується до норії І-20, за допомогою якої подається на четвертий поверх, після чого надходить на зважування у ваги АД-50-ЗЕ.

Точність дозування та рівномірність подачі зернової суміші мають важливе значення для стабільної роботи зерноочисного обладнання. Постійне навантаження на технологічні й транспортні машини сприяє підвищенню ефективності очищення, зменшенню втрат зерна та покращенню якості підготовленої зернової маси.

У модернізованій технологічній схемі після зважування зерно замість двох повітряно-решітних сепараторів А1-БЛС-12 направляється на один сучасний високопродуктивний сепаратор закордонного виробництва Schmidt-Seeger типу

SMA. У цьому сепараторі здійснюється видалення великих, дрібних і легких домішок. Завдяки удосконаленій конструкції, ефективній аспіраційній системі та рівномірному розподілу зерна по робочій поверхні обладнання забезпечує якісніше очищення зернової маси та стабільнішу роботу наступних машин підготовчого відділення. Легкі домішки відокремлюються повітряним потоком, а виділені відходи направляються на контроль.

Застосування одного сепаратора Schmidt-Seeger типу SMA замість двох сепараторів А1-БЛС-12 дає змогу спростити технологічну схему, зменшити кількість одиниць обладнання, скоротити довжину транспортних комунікацій, знизити витрати електроенергії та полегшити технічне обслуговування. Крім того, підвищується ефективність видалення домішок, що позитивно впливає на якість зерна перед подальшими операціями очищення та гідротермічної обробки.

Після очищення у сепараторі Schmidt-Seeger типу SMA зерно подається на каменевідбірник РЗ-БКТ-100, у якому відбувається вилучення мінеральних домішок. Далі зернова маса надходить на блок трієрів УТК-УТО, де відокремлюються короткі та довгі домішки. Після цього зерно спрямовується в оббивальну машину для очищення поверхні зернівки.

Після оббивання зерно норією подається до зволожувальної машини А1-БШУ-2, а потім надходить у бункери для відволоження протягом 24 годин. Після першого етапу зволоження зерно за допомогою шнеків проходить через магнітний захист У1-БМЗ-01, надходить у шлюзовий живильник БШП, після чого норією подається на повторне зволоження у машину А1-БШУ-2. Після другого зволоження зерно витримується у бункерах протягом 12 годин.

Після проходження двох етапів гідротермічної обробки зерно, попередньо пройшовши магнітний захист, надходить в оббивальну машину РЗ-БГО-8. У ній здійснюється інтенсивне очищення поверхні зернівки від пилу, залишків оболонок і забруднень. Далі зерно повторно проходить магнітний захист У1-БМЗ-01 і подається на луцильно-шліфувальну машину А1-ЗШН-3.

Завершальним етапом підготовки є обробка зерна в аспіраторі РЗ-БАБ, де від зернової маси відокремлюються легкі домішки. Після цього зерно проходить через

ваговий дозатор АД-50-3Е та направляється у розмельне відділення для подальшого помелу.

Таким чином, основною відмінністю модернізованої схеми є заміна двох повітряно-решітних сепараторів А1-БЛС-12 на один більш сучасний сепаратор Schmidt-Seeger типу SMA. Це технічне рішення дозволяє підвищити продуктивність і ефективність очищення зерна, зменшити енерговитрати, спростити обслуговування обладнання та забезпечити стабільнішу якість зернової маси перед помелом.

2.4 Характеристика готового продукту

Готовою продукцією борошномельного виробництва є пшеничне борошно, яке отримують у результаті помелу зерна пшениці після його попереднього очищення, гідротермічної обробки та розмелювання. Пшеничне борошно є одним із найважливіших продуктів переробки зерна і широко використовується у хлібопекарській, макаронній, кондитерській, кулінарній та інших галузях харчової промисловості.

Якість пшеничного борошна як готового продукту залежить від властивостей зернової сировини, ефективності роботи підготовчого відділення, режимів помелу, роботи розсійного обладнання та умов зберігання готової продукції. Особливо важливе значення мають вологість зерна, його скловидність, натура, зольність, кількість і якість клейковини, а також ступінь очищення зерна від домішок перед помелом.

Вимоги до якості пшеничного борошна регламентуються ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови», таблиця 2.1. Відповідно до цього нормативного документа, пшеничне борошно виробляють із зерна м'якої пшениці або м'якої пшениці з домішкою твердої пшениці не більше 20 %. Таке борошно призначене для виробництва хліба, хлібобулочних виробів, борошняних кондитерських виробів, реалізації в торговельній мережі та використання для інших харчових цілей.

Залежно від якості зерна, способу помелу та вмісту периферійних частин зернівки пшеничне борошно поділяють на окремі види і гатунки. Із зерна м'якої пшениці виробляють борошно типу «Екстра», «Люкс», крупчатку, борошно вищого, першого та другого гатунків, а також оббивне борошно. Із зерна твердої пшениці виробляють борошно для макаронних виробів – крупку та напівкрупку. Кожен гатунок має свої особливості за кольором, зольністю, крупністю помелу, вмістом клейковини та призначенням.

Основними показниками якості пшеничного борошна є органолептичні, фізико-хімічні та санітарно-гігієнічні показники. До органолептичних показників належать колір, запах, смак і наявність хрусту під час розжовування. Борошно повинно мати властивий даному гатунку колір, без сторонніх відтінків, затхлого, пліснявого або кислого запаху. Смак має бути властивим пшеничному борошну, без гіркоти, кислоти та сторонніх присмаків. Під час розжовування не повинно відчуватися хрусту, що свідчить про відсутність мінеральних домішок.

До фізико-хімічних показників якості пшеничного борошна належать вологість, зольність, білизна, крупність помелу, кількість і якість сирої клейковини, число падіння, кислотність та вміст металомангнітних домішок. Вологість борошна є важливим показником, що впливає на його зберігання, сипкість, вихід тіста та мікробіологічну стійкість. Відповідно до вимог стандарту, вологість пшеничного борошна не повинна перевищувати 15,0 %. Борошно з підвищеною вологістю гірше зберігається, може злежуватися, пліснявіти та втрачати технологічні властивості.

Зольність є важливим показником, який характеризує вміст мінеральних речовин у борошні та опосередковано свідчить про кількість оболонкових частинок у ньому. Чим нижча зольність, тим менше в борошні частинок оболонок і тим вищим є його гатунок. Борошно вищого гатунку має нижчу зольність, світліший колір і кращу білизну, тоді як борошно другого гатунку та оббивне містить більше периферійних частин зерна, тому має темніший відтінок і вищу зольність.

Крупність помелу визначає дисперсність частинок борошна і має важливе значення для його технологічного використання. Надто грубе борошно повільніше поглинає воду, а надмірно тонке може погіршувати структурно-механічні

властивості тіста. Для кожного гатунку борошна стандартом нормується залишок на ситах і прохід через відповідні сита.

Таблиця 2.1 – Основні показники якості пшеничного борошна як готового продукту згідно з ГСТУ 46.004-99

Група показників	Показник	Характеристика
Органолептичні	Колір	Властивий відповідному гатунку борошна, без сторонніх відтінків
Органолептичні	Запах	Властивий пшеничному борошну, без затхлого, пліснявого та стороннього запаху
Органолептичні	Смак	Властивий пшеничному борошну, без кислого, гіркого та стороннього присмаку
Органолептичні	Хруст	Під час розжовування не допускається
Фізико-хімічні	Вологість	Не більше 15,0 %
Фізико-хімічні	Зольність	Нормується залежно від гатунку борошна
Фізико-хімічні	Білизна	Нормується залежно від гатунку борошна
Фізико-хімічні	Крупність помелу	Визначається залишком і проходом через сита
Фізико-хімічні	Клейковина	Нормується за кількістю та якістю
Фізико-хімічні	Число падіння	Характеризує ферментативну активність борошна
Санітарні	Металомагнітні домішки	Не повинні перевищувати встановлені норми
Санітарні	Зараженість шкідниками	Не допускається

Важливим технологічним показником пшеничного борошна є кількість і якість сирої клейковини. Клейковина формується білками пшениці та визначає пружність, еластичність, газоутримувальну здатність тіста і якість готового хліба. Борошно з достатнім вмістом доброякісної клейковини забезпечує отримання тіста

з добрими структурно-механічними властивостями, а також хліба з належним об'ємом, пористістю та формостійкістю.

Число падіння характеризує активність амілолітичних ферментів у борошні. Занадто низьке число падіння свідчить про підвищену ферментативну активність, що часто пов'язано з використанням пророслого зерна. Таке борошно може давати липку м'якушку, погану форму виробів і знижений об'єм хліба. Тому цей показник є важливим для оцінювання хлібопекарських властивостей борошна.

Санітарно-гігієнічні показники борошна також мають важливе значення. У готовому продукті не допускається зараженість і забрудненість шкідниками хлібних запасів. Вміст металоманітних домішок повинен відповідати вимогам нормативного документа. Борошно має бути безпечним для споживання, не мати ознак пліснявіння, самозігрівання, стороннього запаху або забруднення.

Пшеничне борошно як готовий продукт повинно мати добру сипкість, однорідний гранулометричний склад, відповідний колір, нормовану вологість і стабільні технологічні властивості. Його якість значною мірою визначає якість хліба та інших борошняних виробів. Для хлібопекарського виробництва особливо важливими є кількість і якість клейковини, водопоглинальна здатність, газоутримувальна здатність тіста, число падіння та крупність помелу.

Отже, пшеничне борошно є основним готовим продуктом борошномельного виробництва, якість якого повинна відповідати вимогам ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови». Дотримання вимог цього стандарту забезпечує випуск безпечної, стабільної за якістю та придатної до подальшого використання продукції. Якісне очищення і підготовка зерна до помелу є важливою передумовою отримання борошна з належними органолептичними, фізико-хімічними та хлібопекарськими властивостями.

Висновки за розділом

Розглянуто досліджувану технологічну лінію підготовки зерна пшениці до помелу, яка включає накопичення зерна, дозування, магнітний захист, сепарування,

каменевідбір, трієрування, оббивання, двоетапну гідротермічну обробку, луцильно-шліфувальну обробку, аспірацію та подачу зерна у розмельне відділення. Встановлено, що якісна підготовка зерна є необхідною умовою ефективного сортового помелу та отримання пшеничного борошна стабільної якості.

Обґрунтовано доцільність удосконалення підготовчого відділення шляхом заміни двох повітряно-решітних сепараторів А1-БЛС-12 на один сучасний високопродуктивний сепаратор Schmidt-Seeger типу SMA. Запропоноване рішення дає змогу спростити технологічну схему, зменшити кількість обладнання, скоротити транспортні комунікації, знизити енерговитрати та підвищити ефективність очищення зерна від великих, дрібних і легких домішок.

Охарактеризовано удосконалену технологічну лінію, у якій після зважування зерно надходить на сепаратор Schmidt-Seeger типу SMA, а далі проходить каменевідбірник, трієри, оббивальні машини, зволоження, відволожування, луцильно-шліфувальну обробку та аспірацію. Така схема забезпечує стабільнішу якість зернової маси перед помелом і створює передумови для підвищення виходу якісного борошна.

Розглянуто пшеничне борошно як готовий продукт борошномельного виробництва. Встановлено, що його якість повинна відповідати вимогам ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови» та оцінюється за органолептичними, фізико-хімічними і санітарними показниками. Якісне очищення та підготовка зерна до помелу безпосередньо впливають на вологість, зольність, білизну, крупність помелу, кількість і якість клейковини, а також хлібопекарські властивості готового борошна.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Перевірочний розрахунок продуктивності та кількості обраного обладнання

Для забезпечення стабільної та безперервної роботи борошномельного підприємства під час розрахунку підготовчого відділення передбачають певний резерв продуктивності. Для цього використовують коефіцієнт запасу (K_3), який для борошномельних заводів зазвичай приймають у межах 1,1 – 1,2. Розрахунок і підбір технологічного обладнання полягає у визначенні необхідної кількості машин шляхом порівняння продуктивності підприємства на відповідному етапі технологічного процесу з паспортною продуктивністю конкретного обладнання.

У підготовчому відділенні основною характеристикою сепарувальних машин, обладнання для гідротермічної обробки та машин для оброблення поверхні зерна є їх годинна паспортна продуктивність. Під час експлуатації допускається перевантаження обладнання не більше ніж на 20 %, за винятком машин, у яких основне технологічне завдання виконується за допомогою повітряного потоку.

Під час визначення місткості бункерів для неочищеного зерна необхідно враховувати потребу у створенні запасу сировини приблизно на 50 год роботи підготовчого відділення. Такий запас дає змогу ефективно змішувати зерно різної якості та формувати стабільні помельні партії.

При розрахунку кількості бункерів для зволоженого зерна враховують тривалість його відволожування. Якщо скловидність зерна становить 50 % і менше, загальний час відволожування приймають 36 год, а за скловидності понад 50 % – 48 год. Надалі цей час розподіляють між першим і другим етапами відволожування: перше відволожування триває 24 – 36 год, друге – 8 – 12 год.

Добову продуктивність підготовчого відділення Q_o , т/добу розрахуємо виходячи з можливостей господарства в забезпеченні сировиною, що року в середньому валовий збір зерна пшениці складає 4500 тон. Отже приймемо цю цифру за річну продуктивність лінії з підготовки зерна пшениці допомелу.

Звідси,

$$Q_d = \frac{Q_p}{250}, \quad (3.1)$$

де Q_p – річна продуктивність відділення, т/рік;

250 – тривалість роботи цеху протягом року, днів.

$$Q_d = \frac{4500}{250} = 180 \text{ т/добу}$$

Годинну продуктивність підготовчого відділення знаходимо за формулою

$$Q_z = \frac{Q_d}{12}, \quad (3.2)$$

де 12 – тривалість роботи обладнання протягом доби, год.

$$Q_z = \frac{180}{12} = 15 \text{ т/год.}$$

Отже, продуктивність підготовчого відділення складає 15 т/год.

Число автоматичних дозаторів АД-50-3Е, розрахуємо за формулою:

$$n_{a.в.} = \frac{Q_d \cdot 1000}{12 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 3}, \quad (3.3)$$

$$n_{a.в.} = \frac{180 \cdot 1000}{12 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 3} = 1,6 \text{ шт.}$$

Приймаємо два автоматизованих дозатора що стоять після приймальних бункерів.

Число автоматичних дозаторів АД-50-3Е, що стоять перед розмельним відділенням:

$$n_{a.v.} = \frac{165 \cdot 1000}{12 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 3} = 1,5 \text{ шт.}$$

Приймаємо два автоматизованих дозатора. Що стоять перед розмельним відділенням.

Кількість повітряно-ситових сепараторів типу SMA:

$$n = \frac{Q_c}{q_{\text{маш}}} , \quad (3.4)$$

де $q_{\text{маш}}$ – продуктивність сепаратора, рівна 30 т/год;

$$n = \frac{15}{30} = 1,5 \approx 1 \text{ шт.}$$

Приймаємо один сепаратор типу SMA.

Кількість каменевідбірних машин РЗ-БКТ-100:

$$n = \frac{15}{12} = 1,25 \approx 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо два каменевідбірника РЗ-БКТ-100.

Кількість трієрних блоків А9-УТК-6 та А9-УТО-6:

$$n = \frac{15}{4,5} = 3,3 \approx 4 \text{ шт.}$$

Приймаємо чотири трієрних блока А9-УТК-6 та А9-УТО-6.

Кількість оббивних машин до відволожування РЗ-БГО-8:

$$n = \frac{15}{8} = 1,87 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість зволожуючих машин А1-БШУ-2:

$$n = \frac{15}{6} = 2,5 \approx 3 \text{ шт.}$$

Приймаємо трима машини для зволоження А1-БШУ-2.

Кількість оббивних машин після відволоження РЗ-БГО-8:

$$n = \frac{13,5}{8} = 1,6 \approx 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо дві машини оббивних РЗ-БГО-8.

Кількість луцильно-шліфувальних верстатів А1-ЗШН-3:

$$n = \frac{13,5}{3} = 4,5 \approx 5 \text{ шт.}$$

Приймаємо п'ять луцильно-шліфувальних поставів А1-ЗШН-3.

Кількість сепараторів РЗ-БАБ:

$$n = \frac{13,5}{10,5} = 1,3 \approx 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо два сепаратора РЗ-БАБ.

Результати розрахунку зведено у таблицю 3.1 та таблицю 3.2.

Таблиця 3.1 – результати розрахунку обладнання для попереднього очищення

Найменування обладнання	Продуктивність, т/год	Розрахункова кількість, шт.	Фактична кількість, шт.
1	2	3	4
Сепаратор типу SMA	30	0,5	1
Каменевідбірник РЗ-БКТ-100	12	1,25	2
Трієрний блок А9-УТК-6 і А9-УТО-6	4,5	3,3	4
Оббивна машина РЗ-БГО-8	8	1,8	2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку обладнання для кінцевої очистки

Найменування обладнання	Продуктивність, т/год	Розрахункова кількість, шт.	Фактична кількість, шт.
1	2	3	4
Оббивна машина РЗ-БГО-8	8	1,6	2
Верстат А1-ЗШН-3	10	4,5	5
Повітряний сепаратор РЗ-БАБ	10,5	1,3	2

3.2 Характеристика обладнання лінії

За результатами розрахунку технологічного обладнання для попереднього та кінцевого очищення зерна пшениці встановлено, що підібрана кількість машин забезпечує необхідну продуктивність підготовчого відділення та створює умови для стабільної роботи технологічної лінії. Далі приведемо короткий опис основного технологічного обладнання лінії.

Сепаратор типу SMA (рисунок 3.1) призначений для попереднього очищення зернової маси від великих, дрібних і легких домішок. Обладнання працює за принципом поєднання решітного сепарування та повітряної аспірації. Зерно рівномірно розподіляється по робочій поверхні, де відокремлюються домішки, що відрізняються від основного зерна за розмірами та аеродинамічними

властивостями. Використання одного сепаратора продуктивністю 30 т/год дає змогу замінити декілька менш продуктивних машин, зменшити кількість транспортних комунікацій і підвищити ефективність очищення.



Рисунок 3.1 – Сепаратор типу SMA

Каменевідбірник РЗ-БКТ-100 (рисунок 3.2) використовується для видалення з зернової маси мінеральних домішок, зокрема камінців, піску, грудочок землі та інших важких включень. Робота машини ґрунтується на різниці густини зерна і мінеральних домішок. Застосування каменевідбірника є важливим етапом підготовки зерна, оскільки він запобігає пошкодженню наступного обладнання та покращує якість очищення сировини.



Рисунок 3.2 – Каменевідбірник РЗ-БКТ-100

Трієрний блок А9-УТК-6 і А9-УТО-6 (рисунок 3.3) призначений для виділення домішок, які відрізняються від зерна пшениці за довжиною. Трієр А9-УТК-6 відокремлює короткі домішки, а трієр А9-УТО-6 — довгі домішки. Завдяки роботі трієрного блоку із зернової маси вилучаються биті зерна, насіння бур'янів, овес, ячмінь та інші домішки, які складно видалити на повітряно-решітних сепараторах.

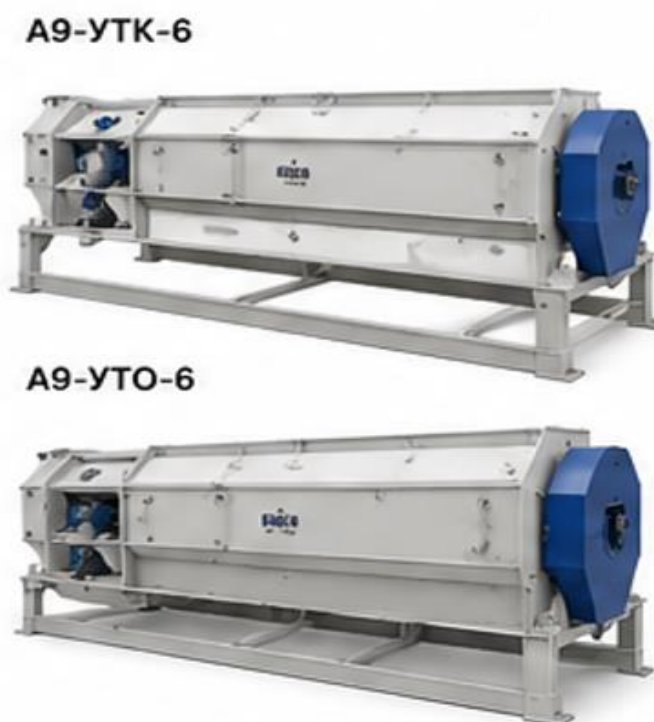


Рисунок 3.3 – Трієрний блок А9-УТК-6 і А9-УТО-6

Оббивна машина РЗ-БГО-8 (рисунок 3.4) застосовується для інтенсивного очищення поверхні зерна від пилу, частинок оболонок, мікроорганізмів і мінеральних забруднень. У процесі обробки зерно зазнає механічної дії робочих органів, унаслідок чого з його поверхні видаляються забруднення. Використання оббивних машин у попередньому та кінцевому очищенні сприяє зниженню зольності борошна та покращенню санітарного стану зернової маси.



Рисунок 3.4 – Оббивна машина РЗ-БГО-8

Верстат А1-ЗШН-3 (рисунок 3.5) призначений для лушильно-шліфувальної обробки зерна пшениці. Його основна функція полягає у частковому видаленні зовнішніх оболонок і додатковому очищенні поверхні зернівки перед помелом. Застосування цього обладнання дає змогу зменшити кількість оболонкових частинок, які можуть потрапити у борошно, що позитивно впливає на його білизну та зольність.



Рисунок 3.5 – Верстат А1-ЗШН-3

Повітряний сепаратор РЗ-БАБ (рисунок 3.6) використовується на завершальному етапі очищення для видалення легких домішок, пилу та частинок

оболонок після механічної обробки зерна. Очищення здійснюється повітряним потоком, який відокремлює легкі частинки від повноцінного зерна. Робота повітряного сепаратора покращує якість зернової маси перед подачею у розмельне відділення та зменшує запиленість технологічного процесу.



Рисунок 3.6 – Повітряний сепаратор РЗ-БАБ

Отже, підібране обладнання забезпечує послідовне видалення різних видів домішок із зернової маси: великих, дрібних, легких, мінеральних, коротких і довгих домішок, а також забруднень із поверхні зерна. Така система очищення сприяє підвищенню ефективності підготовки пшениці до помелу, зниженню зольності готового борошна, покращенню його якості та стабільній роботі розмельного відділення.

3.3 Компонування технологічного обладнання у виробничому приміщенні

Технологічне обладнання млина, з'єднане між собою транспортними механізмами, утворює єдину механізовану потокову систему, у якій усі операції виконуються послідовно та взаємопов'язано.

Під час розміщення технологічного обладнання на поверхах необхідно дотримуватися основних вимог: забезпечувати поточність технологічного процесу, розташовувати однотипні машини на одному поверсі, максимально використовувати природне освітлення робочих місць, раціонально займати виробничу площу, дотримуватися вимог охорони праці та техніки безпеки, а також враховувати вимоги технічної естетики. Важливо також передбачати мінімальну кількість транспортних механізмів, продуктопроводів і комунікацій, що дає змогу спростити обслуговування обладнання та знизити експлуатаційні витрати.

Однотипні машини, зокрема сепаратори, оббивальні та щіткові машини, як правило, розміщують на окремих поверхах. Це підвищує зручність їх експлуатації, полегшує технічне обслуговування та забезпечує більш упорядкований вигляд виробничого приміщення.

Обладнання для гідротермічної обробки зерна, зокрема машини для вологого лущення та мийні машини, доцільно встановлювати на верхніх поверхах. Таке розміщення забезпечує подальше переміщення зерна до наступних машин самопливом, оскільки транспортування зволоженого або пропареного зерна норіями чи продуктопроводами є небажаним.

Обладнання для контролю відходів також рекомендується встановлювати на верхніх поверхах. Це дає можливість на нижніх поверхах розмістити бурати, аспіратори, дробарки, ваги та накопичувальні бункери для кожної категорії відходів, розраховані на 10 – 12 год роботи борошномельного підприємства.

Великогабаритне обладнання висотою понад 3,5 м, наприклад фільтрициклони та пиловідокремлювачі, доцільно розміщувати в середній частині будівлі або біля торцевих стін. Таке компонування дозволяє не погіршувати природну освітленість виробничих поверхів. Окремі машини та вузли, зокрема

зволожувальні апарати і шлюзові затвори, які складно обслуговувати при стандартному монтажі, встановлюють на спеціальних станинах на висоті 0,8 – 1,2 м.

Дискові трієри доцільно встановлювати у два яруси. Таке компонування дає змогу компактніше розмістити обладнання та більш раціонально використовувати виробничу площу.

Горизонтальні оббивальні машини РЗ-БГО розміщують з урахуванням можливості їх комплектування магнітними сепараторами, а також встановлення на цьому ж поверсі пневмосепарувальних каналів після них. Це забезпечує логічну послідовність технологічного процесу та зручність обслуговування обладнання.

Поздовжні й поперечні проходи, що забезпечують доступ до суміжних приміщень, сходових кліток та розміщені між групами технологічного обладнання, повинні мати ширину не менше 1,0 м. Відстань між окремо встановленими машинами приймають не менше 0,8 м. Продуктопроводи, норійні труби, самопливні трубопроводи та повітроводи дозволяється прокладати вздовж стін за умови дотримання відстані від стіни не менше 0,25 м.

Бункери для неочищеного зерна, як правило, розташовують по ширині будівлі млинзаводу з боку елеватора. За висотою вони переважно займають два або три верхні поверхи. Нижні поверхи при цьому використовують для встановлення випускних воронок, регуляторів потоку УРЗ-1, гвинтових конвеєрів та іншого допоміжного обладнання, необхідного для рівномірної подачі зерна у технологічну лінію.

Бункери для першого і другого відволожування зерна доцільно розміщувати поряд із бункерами для неочищеного зерна або поблизу розмельного відділення, за сходовою кліткою. Зазвичай такі бункери займають два-три поверхи по висоті. У них здійснюється безперервне потокове відволожування зерна. Для рівномірного випуску зернової маси в днищах бункерів передбачають випускні отвори з розрахунку один отвір на кожні 0,6 м² площі поперечного перерізу.

Щоб скоротити шлях транспортування зерна із зерноочисного відділення до розмельного, обладнання первинного очищення доцільно встановлювати ближче

до бункерів для неочищеного зерна, а машини вторинного очищення – ближче до бункерів для відволожування. Таке розміщення забезпечує послідовний і раціональний рух зернової маси, зменшує кількість транспортних операцій та підвищує ефективність роботи підготовчого відділення.

Далі виконують розрахунок габаритних розмірів і місткості бункерів для обробленої та необробленої сировини. Виходячи з того, що тривалість однієї робочої зміни на підприємстві становить 8 год, а робота організована у дві зміни, добова продуктивність підприємства приймається близько 320 т. При цьому враховується обсяг сировини, яку підприємство планує закуповувати у фермерських господарствах району та області відповідно до завдання дипломного проєкту.

Отже, розрахунок бункерів і місткостей виконують із розрахунку забезпечення роботи цеху протягом однієї зміни. Для цього визначають об'єм, який займає відповідна кількість сировини, зокрема 180 т зерна.

$$V_z = \frac{m_z}{\rho_z}, \quad (3.5)$$

де m_H – маса зерна пшениці, т;

ρ_H – щільність зерна пшениці, т/м³.

Підставивши дані маємо:

$$V_z = \frac{180}{0,75} = 240 \text{ м}^3.$$

Отже для зерна пшениці яке надходить на обробку будемо використовувати 4 бункера об'ємом по 110 м³ кожний та габаритним розмірами 3×3×12 м. Але кількість бункерів для неочищеного зерна збільшимо до 12, що дасть змогу на резервування зерно для безпервної роботи цеху протягом доби.

Для розрахунку об'єму бункерів для обробленого зерна пшениці використовуємо вище зазначену формулу, і отримаємо

$$V_{з.п.} = \frac{165}{0,75} = 220 \text{ м}^3$$

Отже для підготовленого зерна пшениці до помелу, використовуємо два бункери з об'ємом по 110 м³ кожен та габаритним розмірами 3×3×12 м.

Площу цеха визначаємо за формулою: [12]

$$S_{ц} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot k, \quad (3.6)$$

де S_i – площа, що займає обладнання, м²;

k – коефіцієнт, що враховує додаткові приміщення і зону обслуговування і робочі проходи.

Отже,

$$S_{ц} = (S_{сен} + S_{к.м} + S_{б.н} + S_{о.н} + S_{в} + S_{с.а} + S_{п.с} + S_{т.о} + S_{о.м} + S_{л.ш.п.} + S_{з.м.}) \cdot k,$$

де $S_{сен}$ – площа сепараторів, м²;

$S_{к.м.}$ – площа каменевідбірних машин, м²;

$S_{б.н.}$ – площа бункерів для неочищеного зерна пшениці, м²;

$S_{о.н.}$ – площа бункерів для підготовленого зерна, м²;

$S_{в}$ – площа вагів автоматичних, м²;

$S_{с.а}$ – площа аеродинамічних сепараторів, м²;

$S_{п.с}$ – площа повітряних сепараторів, м²;

$S_{о.м.}$ – площа оббивних машин, м²;

$S_{л.ш.п.}$ – площа луцильно шліфувальних поставів, м²;

$S_{з.м.}$ – площа зволожувальних машин, m^2 ;

$S_{т.о.}$ – загальна площа транспортного обладнання, m^2 .

Отже, площа виробничого цеху:

$$S_y = 280 \cdot 5 = 1400 m^2$$

Отже розрахункова площа цеху складе $1400 m^2$, згідно технологічної схеми кількість поверхів складає 4. Отже, прийнявши найблищу допустиму площу рівну $1296 m^2$ тоді площа одного поверху складе $324 m^2$, для даної площі згідно з каталогом вибираємо приміщення з габаритними розмірами $18 \times 18 m$.

На рисунку 3.7 приведено планування цеху на відмітці $+6,000$.

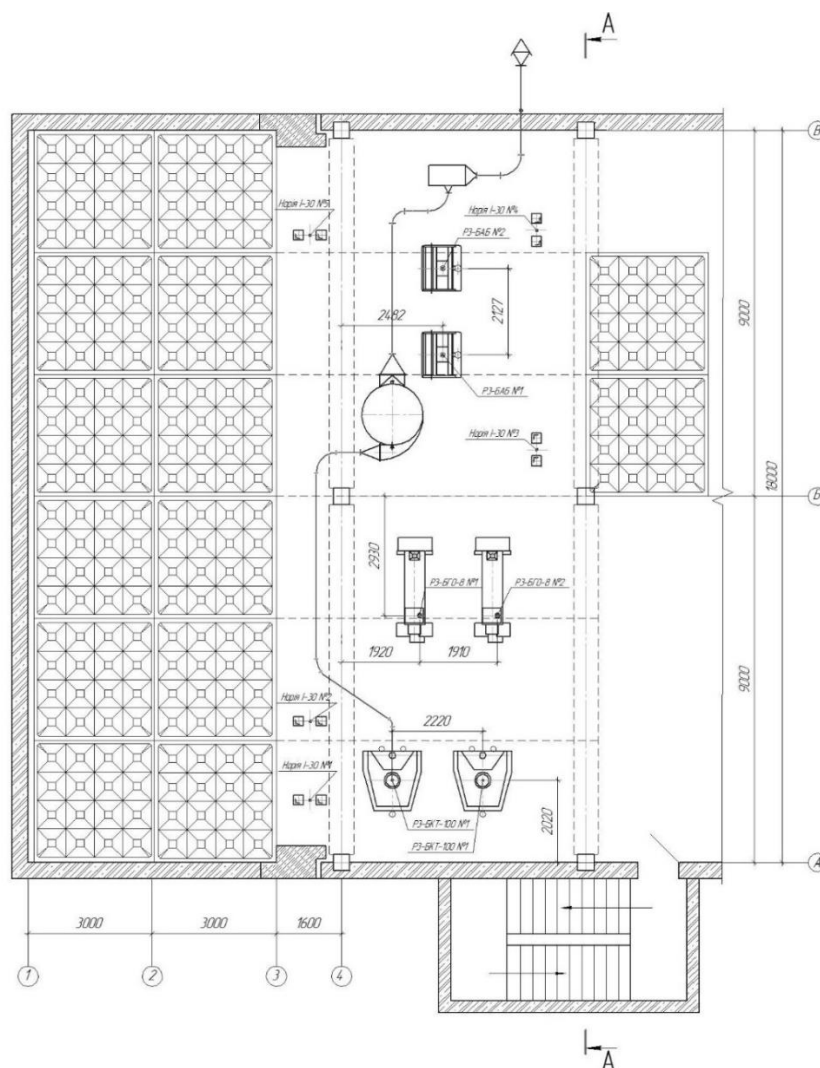


Рисунок 3.7 – План підготовчого відділення цеху з виробництва борошна на відмітці $+6,000$

Висновки за розділом

Виконано перевірочний розрахунок продуктивності та кількості основного технологічного обладнання підготовчого відділення. Встановлено, що за продуктивності лінії 15 т/год підібрана фактична кількість машин забезпечує стабільну роботу процесів попереднього та кінцевого очищення зерна пшениці.

Обґрунтовано вибір основного обладнання: сепаратора типу SMA, каменевідбірників РЗ-БКТ-100, трієрних блоків А9-УТК-6 і А9-УТО-6, оббивних машин РЗ-БГО-8, луцильно-шліфувальних верстатів А1-ЗШН-3 та повітряних сепараторів РЗ-БАБ. Це обладнання забезпечує послідовне видалення великих, дрібних, легких, мінеральних, коротких і довгих домішок, а також очищення поверхні зерна перед помелом.

Розглянуто особливості компонування технологічного обладнання у виробничому приміщенні. Визначено, що раціональне розміщення машин за поверхами, дотримання поточності процесу, забезпечення робочих проходів і мінімізація транспортних комунікацій сприяють зручності обслуговування, безпечній експлуатації та ефективній роботі цеху.

Виконано розрахунок місткості бункерів і площі виробничого приміщення. Для неочищеного зерна передбачено 12 бункерів об'ємом по 110 м³, що забезпечує резервування сировини для безперервної роботи цеху, а для підготовленого зерна – 2 бункери такого самого об'єму. Розрахункова площа цеху становить 1400 м², а прийняте компонування передбачає чотириповерхову будівлю з габаритами одного поверху 18×18 м.

Отже, запропоновані проєктні рішення забезпечують необхідну продуктивність підготовчого відділення, раціональне використання виробничої площі, стабільне очищення зерна пшениці та створюють передумови для отримання борошна високої якості.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР

Впровадження елементів системи НАССР у підготовчому відділенні борошномельного підприємства є необхідною умовою забезпечення безпечності пшеничного борошна. На етапах приймання, очищення, сепарування, зволоження, відволожування та подачі зерна на помел можуть виникати біологічні, хімічні й фізичні небезпечні чинники, які необхідно своєчасно виявляти та контролювати.

До біологічних небезпек належать плісняві гриби, бактерії, шкідники хлібних запасів та продукти їх життєдіяльності. Хімічні небезпеки можуть бути пов'язані з наявністю мікотоксинів, залишків пестицидів, мастильних матеріалів або забрудненої води для зволоження. Фізичними небезпеками є камінці, пісок, металоманітні домішки, скло, деревина та інші сторонні включення.

Основними етапами контролю у підготовчому відділенні є приймання зерна, магнітне очищення, сепарування, каменевідбір, трієрування, зволоження, відволожування, аспірація та контроль зерна перед подачею у розмелне відділення. Особливу увагу слід приділяти вхідному контролю зерна, оскільки саме якість сировини визначає безпечність і стабільність готового борошна.

До критичних контрольних точок у підготовчому відділенні (таблиця 4.1) доцільно віднести приймання зерна, магнітний захист, каменевідбір, зволоження, відволожування та контроль зерна перед помелом. На цих етапах можна запобігти потраплянню небезпечних чинників у готову продукцію або зменшити їх до допустимого рівня.

Для ефективного функціонування елементів НАССР необхідно вести відповідну документацію: журнали приймання зерна, контролю вологості, очищення магнітів, роботи сепараторів і каменевідбірників, санітарного стану обладнання, зволоження та відволожування зерна. Такі записи дають змогу простежити якість сировини, своєчасно виявити відхилення та виконати коригувальні дії.

Таблиця 4.1 – Критичні контрольні точки під час підготовки зерна пшениці

ККТ	Етап	Небезпечний чинник	Контрольні дії
ККТ-1	Приймання зерна	Вологість, зараженість, мікотоксини, домішки	Аналіз кожної партії, перевірка супровідних документів
ККТ-2	Магнітний захист	Металомагнітні домішки	Регулярне очищення та перевірка магнітів
ККТ-3	Відбір мінеральних домішок	Мінеральні домішки	Контроль роботи каменевідбірника, перевірка відходів
ККТ-4	Зволоження	Неякісна вода, перезволоження	Контроль якості води та вологості зерна
ККТ-5	Відволожування	Самозігрівання, розвиток мікрофлори	Контроль часу, температури та санітарного стану бункерів
ККТ-6	Контроль перед помелом	Залишкові домішки, нестабільна якість зерна	Лабораторна перевірка та коригування режимів

Отже, впровадження елементів системи НАССР під час підготовки зерна пшениці до переробки в борошно забезпечує контроль основних біологічних, хімічних і фізичних небезпек. Найважливішими етапами є приймання зерна, магнітний захист, каменевідбір, зволоження, відволожування та контроль перед помелом. Дотримання цих вимог сприяє отриманню безпечного, якісного та стабільного за показниками пшеничного борошна.

Висновки за розділом

Визначено основні критичні контрольні точки: приймання зерна, магнітний захист, відбір мінеральних домішок, зволоження, відволожування та контроль зерна перед помелом. На цих етапах необхідно здійснювати лабораторний і виробничий контроль, перевіряти супровідні документи, контролювати вологість, температуру, санітарний стан обладнання та ефективність вилучення домішок.

Доведено, що ведення відповідної документації та своєчасне виконання коригувальних дій дає змогу простежити якість сировини, попередити потрапляння небезпечних чинників у готову продукцію та забезпечити стабільну роботу технологічної лінії.

Отже, впровадження елементів системи НАССР під час підготовки зерна пшениці до помелу сприяє виробництву безпечного, якісного та стабільного за показниками пшеничного борошна.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці під час підготовки зерна пшениці до переробки в борошно

Розробка карти безпеки праці під час підготовки зерна пшениці до переробки в борошно є необхідною умовою організації безпечної роботи персоналу підготовчого відділення. Технологічний процес включає транспортування зерна, очищення, сепарування, відбір мінеральних домішок, трієрування, оббивання, зволоження, відволожування, аспірацію та подачу зерна у розмельне відділення. Під час виконання цих операцій працівники можуть зазнавати впливу рухомих частин обладнання, підвищеної запиленості, шуму, вібрації, електричного струму, слизьких поверхонь, а також ризику травмування під час обслуговування машин і транспортних механізмів.

Карта безпеки праці (рисунок 5.1) містить перелік основних небезпечних і шкідливих виробничих чинників, вимоги до працівників, правила безпечного виконання робіт, засоби індивідуального захисту та дії у разі аварійної ситуації. До роботи допускаються лише працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, знають будову та принцип роботи обладнання, вміють користуватися засобами захисту і дотримуються вимог виробничої санітарії.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність сепараторів, каменевідбірників, трієрів, оббивальних машин, зволожувального обладнання, норій, шнеків, аспіраційної системи, магнітного захисту та огорожень рухомих частин. Забороняється працювати на обладнанні з несправними захисними кожухами, відкритими люками, пошкодженими електричними кабелями або непрацюючою аспірацією.

Під час роботи працівник повинен стежити за рівномірною подачею зерна, справністю обладнання, відсутністю сторонніх шумів, перегрівання вузлів і підвищеного пиловиділення. Очищення, ремонт, регулювання та видалення

забивань дозволяється виконувати тільки після повної зупинки обладнання та відключення його від електроживлення.



Рисунок 5.1 – Карта безпеки праці під час підготовки зерна пшениці до переробки у борошно

Працівники підготовчого відділення повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисне взуття, рукавиці, респіратор або маску від пилу, захисні окуляри та засоби захисту слуху за потреби. Особливу увагу слід приділяти зменшенню запиленості, оскільки зерновий пил негативно впливає на органи дихання та може створювати вибухонебезпечне середовище.

У разі виникнення аварійної ситуації, підвищеної запиленості, займання, стороннього шуму, вібрації або поломки обладнання працівник зобов'язаний негайно зупинити машину, повідомити відповідальну особу та діяти відповідно до інструкції з охорони праці. Дотримання вимог карти безпеки праці дає змогу знизити ризик травматизму, забезпечити безпечні умови праці та стабільну роботу технологічної лінії підготовки зерна пшениці до помелу.

5.2 Утилізація відходів підприємств з переробки зерна у борошно

Під час переробки зерна пшениці у борошно на борошномельних підприємствах утворюються різні види відходів: зернові домішки, пил, лузга, мінеральні домішки, металоманітні включення, висівки та некондиційні продукти помелу. Їх необхідно своєчасно видаляти з технологічного процесу, сортувати, накопичувати у спеціально відведених місцях і передавати на подальше використання або утилізацію, рисунок 5.2.

Найціннішим побічним продуктом борошномельного виробництва є висівки. Вони містять оболонки зерна, частинки алеїронового шару, білки, мінеральні речовини та харчові волокна, тому можуть використовуватися у комбікормовій промисловості, тваринництві, виробництві харчових продуктів із підвищеним вмістом клітковини або як сировина для подальшої переробки.

Зернові відходи, що містять биті зерна, щупле зерно, насіння бур'янів та інші органічні домішки, після контролю можуть направлятися на кормові цілі або для виробництва комбікормів. Відходи, непридатні для використання у годівлі тварин, передаються на компостування або інші дозволені способи утилізації.

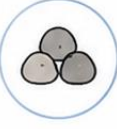
ВИДИ ВІДХОДІВ	ВИКОРИСТАННЯ	КУДИ НАПРАВЛЯЮТЬСЯ
 Висівки оболонки зерна, частинки алеїронового шару	 Комбікорми для тварин, харчові продукти з підвищеним вмістом клітковини	 На кормові цілі, харчову промисловість або подальшу переробку
 Зернові відходи биті зерна, щупле зерно, насіння бур'янів та інші домішки	 Після контролю – у виробництві комбікормів або на корм тваринам	 На кормові цілі або на компостування (непридатні відходи)
 Зерновий пил та легкі домішки пил, лузга, легкі частинки	 Повторно не використовується	 Збір у пиловловлювачах і фільтрах, передача на утилізацію
 Мінеральні домішки камінці, пісок, грудочки землі	 Не мають кормової цінності	 Передаються на утилізацію або вивезення
 Металомагнітні включення металеві частинки	 Не використовуються	 Збір окремо, передача на утилізацію

Рисунок 5.2 – Основні шляхи утилізації відходів борошномельних підприємств

Зерновий пил і легкі домішки, які вилучаються аспіраційними системами, необхідно збирати у пиловловлювачах, циклонах або фільтрах. Через високу запиленість такі відходи потребують обережного поводження, оскільки можуть створювати вибухонебезпечне середовище. Пил слід регулярно видаляти, не допускати його накопичення у виробничих приміщеннях і передавати на утилізацію відповідно до санітарних та екологічних вимог.

Мінеральні домішки, зокрема камінці, пісок, грудочки землі, а також металомагнітні включення, що видаляються каменевідбірниками та магнітними уловлювачами, не мають кормової цінності. Їх збирають окремо та передають на утилізацію або вивезення як виробничі відходи.

Отже, раціональна утилізація відходів борошномельного підприємства передбачає їх сортування за видами, повторне використання цінних побічних продуктів, зменшення втрат сировини та дотримання вимог охорони довкілля. Найбільш доцільним є використання висівок і придатних зернових відходів у

кормовому виробництві, а пилу, мінеральних і металевих домішок — передача на безпечну утилізацію.

Висновки за розділом

Розглянуто основні питання охорони праці та захисту навколишнього середовища під час підготовки зерна пшениці до переробки в борошно. Визначено, що основними небезпечними та шкідливими чинниками є рухомі частини обладнання, підвищена запиленість, шум, вібрація, електричний струм, слизькі поверхні та ризик травмування під час обслуговування машин.

Розроблена карта безпеки праці передбачає перевірку справності обладнання, аспіраційної системи, магнітного захисту, огорожень рухомих частин, а також обов'язкове використання засобів індивідуального захисту. Дотримання цих вимог дає змогу знизити ризик виробничого травматизму та забезпечити безпечні умови праці персоналу.

Охарактеризовано основні види відходів борошномельного виробництва: висівки, зернові відходи, пил, легкі, мінеральні та металоманітні домішки. Встановлено, що висівки й придатні зернові відходи доцільно використовувати у кормовому виробництві, а пил, мінеральні та металеві домішки необхідно збирати окремо й передавати на безпечну утилізацію.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

6.1 Вихідні дані для розрахунку

У проєкті передбачено удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва пшеничного борошна шляхом заміни двох повітряно-решітних сепараторів А1-БЛС-12 на один сучасний високопродуктивний сепаратор Schmidt-Seeger типу SMA. Запропоноване рішення дозволяє зменшити кількість обладнання, скоротити транспортні комунікації, знизити енерговитрати та витрати на технічне обслуговування.

Модернізація виконується в межах існуючого виробничого приміщення, тому збільшення площі цеху та додаткові будівельні витрати не передбачаються.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Значення
Продуктивність підготовчого відділення, т/год	15
Тривалість роботи обладнання за добу, год	12
Кількість робочих днів на рік	250
Річний обсяг підготовки зерна, т/рік	45000
Кількість сепараторів до удосконалення, шт.	2
Кількість сепараторів після удосконалення, шт.	1
Площа виробничого приміщення	не збільшується
Прийнята площа цеху, м ²	1296

Річний обсяг підготовки зерна визначаємо за формулою:

$$Q_{річ} = Q_{год} \cdot T \cdot D, \quad (6.1)$$

де $Q_{год}$ – годинна продуктивність лінії, т/год;

T – тривалість роботи за добу, год;

D – кількість робочих днів на рік.

$$Q_{pш} = 15 \cdot 12 \cdot 250 = 45000 \text{ т/рік}$$

Отже, річний обсяг підготовки зерна пшениці до помелу становить 45000 т/рік.

6.2 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають витрати на придбання нового сепаратора Schmidt-Seeger типу SMA, його доставку, монтаж, пусконаладжувальні роботи та демонтаж двох сепараторів А1-БЛС-12. Оскільки площа виробничого приміщення не збільшується, витрати на будівництво або реконструкцію цеху не враховуються.

Таблиця 6.2 – Капітальні вкладення у проєкт удосконалення

Стаття витрат	Сума, тис. грн
Придбання сепаратора Schmidt-Seeger типу SMA	1700
Доставка обладнання	85
Монтаж обладнання	255
Пусконаладжувальні роботи	60
Демонтаж двох сепараторів А1-БЛС-12	60
Разом витрати	2160
Залишкова вартість демонтованих сепараторів	200
Загальні капітальні вкладення	1960

Отже, загальна сума капітальних вкладень з урахуванням можливої реалізації демонтованого обладнання становить 1960 тис. грн.

6.3 Розрахунок економії електроенергії

До удосконалення у технологічній лінії працювали два сепаратори А1-БЛС-12. Після модернізації їх замінює один сепаратор Schmidt-Seeger типу SMA. Завдяки зменшенню кількості машин, транспортних механізмів і аспіраційних підключень знижується споживання електроенергії.

Таблиця 6.3 – Розрахунок економії електроенергії

Показник	До удосконалення	Після удосконалення
Кількість сепараторів, шт.	2	1
Потужність одного сепаратора, кВт	7,5	11,0
Загальна потужність сепараторів, кВт	15,0	11,0
Економія за рахунок скорочення транспортних комунікацій, кВт	-	2,0
Загальне зниження потужності, кВт	-	6,0
Річний фонд роботи, год	3000	3000
Економія електроенергії, кВт·год/рік	-	18000

Річну економію електроенергії визначаємо за формулою:

$$E_{el} = \Delta N \cdot T_{річ}, \quad (6.2)$$

де ΔN – зниження встановленої потужності, кВт;

$T_{річ}$ – річний фонд роботи обладнання, год.

$$E_{el} = 6,0 \cdot 3000 = 18000 \text{ кВт·год/рік}$$

За вартості електроенергії 8,0 грн/кВт·год економія коштів становить:

$$E = 18000 \cdot 8 = 144000 \text{ грн/рік}$$

Отже, економія витрат на електроенергію становить 144,0 тис. грн/рік.

6.4 Розрахунок економії експлуатаційних витрат

Заміна двох сепараторів на один сучасний агрегат зменшує витрати на технічне обслуговування, ремонт, запасні частини, очищення решіт, обслуговування приводів і транспортних комунікацій.

Таблиця 6.4 – Економія експлуатаційних витрат

Стаття витрат	До удосконалення, тис. грн/рік	Після удосконалення, тис. грн/рік	Економія, тис. грн/рік
Технічне обслуговування сепараторів	160	100	60
Поточний ремонт і запасні частини	120	80	40
Обслуговування транспортних комунікацій	60	35	25
Разом	340	215	125

Отже, річна економія експлуатаційних витрат становить 125,0 тис. грн/рік.

6.5 Економічний ефект від зменшення втрат зерна

Сучасний сепаратор Schmidt-Seeger типу SMA забезпечує рівномірніше завантаження робочої поверхні, ефективніше відокремлення великих, дрібних і легких домішок та зменшення втрат повноцінного зерна з відходами. Приймаємо, що після удосконалення втрати зерна зменшуються на 0,05 % від річного обсягу переробки.

$$Q_{зб} = \frac{45000 \cdot 0,05}{100} = 22,5 \text{ т}$$

За умовної вартості зерна пшениці 7500 грн/т економічний ефект становить:

$$E_z = 22,5 \cdot 7500 = 168750 \text{ грн/рік}$$

Отже, економічний ефект від зменшення втрат зерна становить 168,8 тис. грн/рік.

6.6 Ефект від покращення якості очищення зерна

Підвищення ефективності очищення зерна сприяє зменшенню вмісту домішок, стабільнішій роботі наступного обладнання, зниженню зольності борошна та покращенню його білизни. Орієнтовно приймаємо, що за рахунок якіснішого очищення додатковий економічний ефект становить 0,10 % від річного обсягу підготовки зерна.

$$Q_{\text{доп}} = \frac{45000 \cdot 0,10}{100} = 45 \text{ т}$$

За умовного економічного ефекту 2000 грн/т:

$$E_{\text{я}} = 45 \cdot 2000 = 90000 \text{ грн/рік}$$

Отже, ефект від покращення якості очищення зерна становить 90,0 тис. грн/рік.

6.7 Загальний річний економічний ефект

Загальний річний економічний ефект визначаємо як суму економії електроенергії, експлуатаційних витрат, зменшення втрат зерна та покращення якості очищення.

Таблиця 6.5 – Загальний річний економічний ефект

Джерело економічного ефекту	Сума, тис. грн/рік
Економія електроенергії	144,0
Економія експлуатаційних витрат	125,0
Економія від зменшення втрат зерна	168,8
Ефект від покращення якості очищення	90,0
Загальний річний економічний ефект	527,8

Отже, загальний річний економічний ефект від удосконалення підготовчого відділення становить 527,8 тис. грн/рік.

6.8 Розрахунок строку окупності

Строк окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K}{E}, \quad (6.3)$$

де K – капітальні вкладення, тис. грн;

E – річний економічний ефект, тис. грн/рік.

$$T_{ок} = \frac{1960}{527,8} = 3,7 \text{ року}$$

Отже, строк окупності проекту становить 3,7 року. Результати розрахунку основних техніко-економічних показників приведені у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Техніко-економічні показники проекту

Показник	Значення
Річний обсяг підготовки зерна, т/рік	45000
Продуктивність підготовчого відділення, т/год	15
Кількість сепараторів до удосконалення, шт.	2
Кількість сепараторів після удосконалення, шт.	1
Збільшення виробничої площі	не передбачається
Капітальні вкладення, тис. грн	1960
Економія електроенергії, кВт·год/рік	18000
Економія витрат на електроенергію, тис. грн/рік	144,0
Економія експлуатаційних витрат, тис. грн/рік	125,0
Економія від зменшення втрат зерна, тис. грн/рік	168,8
Ефект від покращення якості очищення зерна, тис. грн/рік	90,0
Загальний річний економічний ефект, тис. грн/рік	527,8
Строк окупності, років	3,7

Висновки за розділом

Встановлено, що проєкт удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва пшеничного борошна є економічно доцільним. Основним технічним рішенням є заміна двох сепараторів А1-БЛС-12 на один сучасний сепаратор Schmidt-Seeger типу SMA. При цьому площа виробничого приміщення не збільшується, що дає змогу уникнути додаткових будівельних витрат.

Запропоноване удосконалення забезпечує зменшення кількості обладнання, зниження енерговитрат, скорочення витрат на обслуговування та ремонт, зменшення втрат зерна і покращення якості очищення. Загальний річний економічний ефект становить 527,8 тис. грн/рік, а строк окупності капітальних вкладень – 3,7 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано доцільність удосконалення підготовчого відділення технологічної лінії з виробництва пшеничного борошна. Встановлено, що борошномельна промисловість України залишається важливою складовою продовольчої безпеки держави, однак потребує технічного оновлення через зростання енерговитрат, нестабільну якість зернової сировини, зношеність обладнання та необхідність підвищення ефективності виробництва.

Охарактеризовано пшеницю як основну сировину для виробництва борошна. Визначено, що якість готової продукції залежить від вологості, скловидності, натури, засміченості, хімічного складу зерна, співвідношення його анатомічних частин, кількості та якості клейковини. Доведено, що якісна підготовка зерна до помелу є необхідною умовою отримання борошна стабільної якості.

Проаналізовано досліджувану технологічну лінію підготовки зерна пшениці до помелу, яка включає накопичення, дозування, магнітний захист, сепарування, відбір мінеральних домішок, трієрування, оббивання, гідротермічну обробку, луцильно-шліфувальне очищення, аспірацію та подачу зерна у розмельне відділення. Встановлено, що ефективність цих операцій безпосередньо впливає на зольність, білизну, крупність помелу, хлібопекарські властивості та безпечність готового борошна.

Запропоновано удосконалення підготовчого відділення шляхом заміни двох повітряно-решітних сепараторів А1-БЛС-12 на один сучасний високопродуктивний сепаратор Schmidt-Seeger типу SMA. Таке рішення дозволяє зменшити кількість обладнання, спростити технологічну схему, скоротити транспортні комунікації, знизити енерговитрати та підвищити якість очищення зернової маси від великих, дрібних і легких домішок.

Виконано перевірочний розрахунок продуктивності та кількості основного технологічного обладнання. Встановлено, що за продуктивності підготовчого відділення 15 т/год підібрана кількість машин забезпечує стабільну роботу процесів попереднього та кінцевого очищення зерна. Для неочищеного зерна

передбачено 12 бункерів об'ємом по 110 м³, для підготовленого зерна – 2 бункери такого самого об'єму. Прийняте компонування передбачає чотириповерхову будівлю з габаритами одного поверху 18×18 м, при цьому площа виробничого приміщення не збільшується.

Розглянуто питання впровадження елементів системи НАССР. Визначено основні критичні контрольні точки: приймання зерна, магнітний захист, відбір мінеральних домішок, зволоження, відволожування та контроль зерна перед помелом. Встановлено, що лабораторний і виробничий контроль на цих етапах дає змогу попередити потрапляння небезпечних чинників у готову продукцію та забезпечити стабільну якість борошна.

Розроблено заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища. Визначено основні небезпечні чинники під час роботи підготовчого відділення: рухомі частини обладнання, запиленість, шум, вібрація, електричний струм і ризик травмування під час обслуговування машин. Запропонована карта безпеки праці передбачає перевірку справності обладнання, використання засобів індивідуального захисту та дотримання правил безпечної експлуатації. Охарактеризовано основні види відходів борошномельного виробництва та визначено напрями їх раціонального використання або безпечної утилізації.

Виконано розрахунок техніко-економічних показників проєкту. Встановлено, що запропоноване удосконалення є економічно доцільним, оскільки дає змогу зменшити кількість сепараторів, знизити витрати на електроенергію, ремонт і технічне обслуговування, скоротити втрати зерна та покращити якість його очищення. Загальний річний економічний ефект становить 527,8 тис. грн/рік, а строк окупності капітальних вкладень – 3,7 року.

Отже, впровадження запропонованих проєктних рішень забезпечує підвищення ефективності роботи підготовчого відділення, раціональне використання виробничої площі, покращення якості очищення зерна пшениці та створює передумови для отримання безпечного, якісного й стабільного за показниками пшеничного борошна.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
2. Бабич М. Б. Проектування борошномельних заводів : навч. посіб. / М. Б. Бабич. Одеса : ОНАХТ, 2015. 230 с.
3. Бабич М. Б. Технологія борошномельного виробництва : підручник / М. Б. Бабич. Київ : Кондор, 2011. 464 с.
4. Гайдай В. А. Проектування зернопереробних підприємств з основами САПР : навч. посіб. / В. А. Гайдай. Київ : ЦУЛ, 2014. 240 с.
5. Соколов В. П. Обладнання підприємств з переробки зерна : навч. посіб. / В. П. Соколов, М. С. Гапонюк. Київ : Аграрна освіта, 2010. 380 с.
6. Хоменко М. М. Автоматизація технологічних процесів переробки зерна : навч. посіб. / М. М. Хоменко. Київ : НУХТ, 2011. 180 с.
7. Бурдо О. Г. Інноваційні технології переробки зернової сировини : навч. посіб. / О. Г. Бурдо. Одеса : Поліграф, 2013. 244 с.
8. Вершиняк В. М. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : підручник / В. М. Вершиняк. Вінниця : ВНТУ, 2015. 312 с.
9. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
10. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 31 с.
11. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2018, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 42 с.
12. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 30 с.

13. ДСТУ 2422-94. Зерно та продукти його переробки. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994. 36 с.
14. ДСТУ 46.004-99. Борошно пшеничне. Технічні умови. Київ : Міністерство агропромислового комплексу України, 1999. 14 с.
15. ДБН В.2.2-8:2018. Будинки і споруди. Підприємства харчової промисловості. Київ : Мінрегіон України, 2018. 38 с.
16. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» від 23.12.1997 № 771/97-ВР.
17. Закон України «Про зерно та ринок зерна в Україні» від 04.07.2002 № 37-IV.
18. Наказ Міністерства аграрної політики України № 228 від 20.09.2004 «Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах».
19. ДСТУ ISO 7305:2019. Продукти перероблення зернових. Визначення кислотного числа жиру в борошні. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
20. Науменко, О., Богдан, Г., Бела, Н., Полонська, Т., & Гетьман, І. (2020). Шляхи покращення хлібопекарських властивостей борошна. Продовольчі ресурси, 8(15), 151-157.
21. Жигунов, Д. О., Волошенко, О. С., & Хоренжий, Н. В. (2018). Порівняльне дослідження показників якості цільнозернового пшеничного та спельтового борошна вітчизняного виробництва. Зернові продукти і комбікорми, (18, № 3), 15-20.
22. Сандецька, Н. В., & Дубровна, О. В. (2025). Сучасний стан досліджень якості зерна пшениці. Фізіологія рослин і генетика, 57(3), 187-222.
23. Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційна технологія дезінфекції технологічного обладнання харчових виробництв. The 5th International scientific and practical conference “Prospects of modern science and education” (February 07 – 10, 2023) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. P. 609-612.
24. Ковальова, О. С. (2022). Перспективи знезараження зернової сировини шляхом використання плазмохімічно активованих розчинів.

25. Полонська, О. М., & Солошонок, А. Л. (2018). Борошномельна галузь України та її експортний потенціал. Продуктивність агропромислового виробництва, (30), 20-28.
26. Чурсінов, Ю. А., Ковальова, О. С., Калина, В. С., Пилипенко, Г. О., & Хомик, Н. І. (2020). Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах.
27. Posner E. S. Wheat Flour Milling / E. S. Posner, A. N. Hibbs. 2nd ed. St. Paul, MN : AACC International, 2011. 489 p.
28. Campbell G. M. The technology of wheat: From grain to flour / G. M. Campbell // Wheat Chemistry and Technology. 4th ed. St. Paul : AACC International, 2009. P. 383–419.
29. Li, M., & Niu, M. (2023). New technologies in cereal processing and their impact on the physical properties of cereal foods. *Foods*, 12(21), 4008.
30. Poutanen, K., Sozer, N., & Della Valle, G. (2014). How can technology help to deliver more of grain in cereal foods for a healthy diet?. *Journal of Cereal Science*, 59(3), 327-336.
31. Sluková, M., Jurkaninová, L., Švec, I., & Skřivan, P. (2021). Rye--the nutritional and technological evaluation in Czech cereal technology--A review: Grain and flours. *Czech Journal of Food Sciences*, 39(1).
32. Yanova, M. A., Oleynikova, E. N., Sharopatova, A. V., & Olentsova, J. A. (2019, August). Increasing economic efficiency of flour production from grain of the main cereal crops by extrusion method. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 315, No. 2, p. 022024). IOP Publishing.
33. Delcour, J. A., Rouau, X., Courtin, C. M., Poutanen, K., & Ranieri, R. (2012). Technologies for enhanced exploitation of the health-promoting potential of cereals. *Trends in Food Science & Technology*, 25(2), 78-86.
34. Mittu, B., Begum, Z., Bhat, A., & Ansari, M. J. (2023). Recent Technology in Cereal Science. In *Cereal Grains* (pp. 225-242). CRC Press.

35. Kovalova O., Pivovarov O., & Koshulko, V. Effect of plasma-chemically activated aqueous solutions on the process of disinfection of food production equipment. *Food Science and Technology*. 2022. 16 (3). P. 61-70.
36. Pivovarov, O. A., Kovaleva, O. S., & Chursinov, J. O. (2020). Prevention of biofouling of industrial reverse water supply systems by plasma water treatment. In *Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources: Book of Abstracts of the 3rd International Scientific and Technical Internet Conference* (pp. 50–52). Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing.
37. Berezina, N. A., Nikitin, I. A., Khmeleva, E. V., Glebova, N. V., & Makarova, N. A. (2020). Features of technological characteristics of cereal and pseudocereal flour. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 17, p. 00121). EDP Sciences.
38. Kaletunc, G., & Breslauer, K. J. (Eds.). (2003). *Characterization of cereals and flours: properties, analysis and applications*. CRC press.