Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет

ННІ зернового, переробного і хлібопекарського бізнесу ім. К.А. Богомаза
Кафедра Технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів
Ступінь вищої освіти «Бакалавр»
Спеціальність 181 «Харчові Технології»
Освітня програма Технології зберігання і переробки зерна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему «Проєкт борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна»_____ _____
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувачки ___Лупей А.І._____
(прізвище, ініціали)

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

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

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____04.06._____ 2026 р., протокол №_14__.

Завідувач кафедри ТЗПХіКВ _____ Дмитро ЖИГУНОВ
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ зернового, переробного і хлібопекарського бізнесу ім. К.А. Богомаза
Кафедра Технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів
Ступінь вищої освіти «Бакалавр»
Спеціальність 181 «Харчові Технології»
Освітня програма Технології зберігання і переробки зерна

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ТЗПХіКВ
Дмитро ЖИГУНОВ
«____»_____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Лупей Анни Іванівни

1.Тема роботи Проєкт борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна

Затверджена наказом університету від 29.09.2025р._ наказ № _517–03

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

3. Вихідні дані роботи
Матеріали переддипломної практики: показники якості зерна, асортимент готової продукції; технологічна схема; показники ТЕО; плани поверхів підприємства

4.Перелік питань, які потрібно розробити
Стан проблеми та перспективи її вирішення. Техніко–економічне обґрунтування. Характеристика технологічних об’єктів та комунікацій генерального плану підприємства. Технологічна частина. Спеціальні розрахунки. Енергетичне та матеріально–ресурсне забезпечення. Техніко–економічні показники проекту

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов’язкових креслень)
Схема технологічного процесу, плани поверхів_____

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

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

7. Дата видачі завдання «_29_» ___вересня__ 2025 р._____

Керівник _____ Волошенко О.С

Завдання прийняв до виконання _____ Лупей А.І.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач вищої освіти _____ Лупей А.І.

Керівник _____ Волошенко О.С

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

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

Здобувач–вищої освіти Лупей А.І. _____

(ПІБ) (підпис)

АНОТАЦІЯ

на кваліфікаційну роботу на тему
«Проєкт борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна»

Здобувач Лупей А.І.
Керівник к.т.н. Волошенко О.С
Ступінь вищої освіти «Бакалавр»
Спеціальність 181 «Харчові технології»
Освітня програма Технології зберігання і переробки зерна

Актуальність теми: борошномельна промисловість України є стратегічно важливою складовою зернопереробного комплексу держави, яка забезпечує виробництво продукції щоденного споживання та формує значну частину продовольчого ринку. В умовах зростання конкуренції, високої енергоємності виробництва, необхідності підвищення рівня внутрішньої переробки зерна та модернізації виробничих потужностей особливого значення набуває впровадження інноваційних технологій первинного подрібнення зерна, що дозволяють підвищити ефективність технологічного процесу, знизити питомі витрати енергії та покращити якість сортового хлібопекарського борошна.

Основні особливості роботи: у роботі виконано техніко-економічне обґрунтування будівництва борошномельного заводу в Одеській області, наведено характеристику генерального плану підприємства та архітектурно-будівельних рішень, розглянуто характеристику пшеничного борошна та його хімічний склад. Проведено аналіз і обґрунтування схеми технологічного процесу виробництва сортового хлібопекарського борошна з використанням інноваційної технології первинного подрібнення зерна. Виконано розрахунок балансу помелу, підбір та розрахунок технологічного обладнання, спеціальні розрахунки, розрахунок енергетичного та матеріально-ресурсного забезпечення, а також техніко-економічні розрахунки проєкту.

Структура роботи: анотація; зміст; вступ; розділ 1 «Стан проблеми та перспективи її вирішення»; розділ 2 «Техніко-економічне обґрунтування»; розділ 3 «Характеристика технологічних об’єктів та комунікацій генерального плану підприємства»; розділ 4 «Технологічна частина»; розділ 5 «Спеціальні розрахунки», розділ 6 «Енергетичне та матеріально-ресурсне забезпечення»; розділ 7 «Техніко-економічні показники»; висновки та рекомендації; список літератури; графічні додатки.

Обсяг роботи: пояснювальна записка викладена на 118 сторінках. Графічна частина включає 4 листів.

Висновок: Будівництво борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна продуктивністю 300т/добу технічно можливе і економічно доцільне. Інвестиції у розмірі 106000 тис грн окупляться за 4,5 років. Кредит у розмірі 40261 тис грн буде повернений за 2 роки. Чистий приведений дохід на кінець 5-го року складе 10504тис грн.

Ключові слова: борошномельний завод, пшеничне борошно, сортове борошно, первинне подрібнення зерна, технологічний процес, помел зерна, технологічне обладнання, енергоефективність, техніко-економічне обґрунтування, зернопереробна промисловість.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ 4
ЗМІСТ 6
ВСТУП 7
1. РОЗДІЛ 1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ 11
2. РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ 18
3. РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА..... 28
3.1 Загальна характеристика генерального плану підприємства 28
3.2 . Архітектурно–будівельні рішення 34
4. РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 40
4.1 Наукове обґрунтування 40
4.2 Вимоги до показників якості сировини та розрахунок помельної партії 47
4.3 Обґрунтування схеми технологічного процесу 52
4.4 Розрахунок балансу помелу зерна 56
4.5 Підбір та розрахунок технологічного обладнання 61
4.6 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР 65
4.7 Охорона праці 72
5. РОЗДІЛ 5 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ 78
6. РОЗДІЛ 6 ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА МАТЕРІАЛЬНО–РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 90
7. РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ 102
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 113
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 116

ВСТУП

Борошномельна промисловість України є однією з базових складових зернопереробного комплексу держави та належить до стратегічно важливих галузей харчової промисловості, оскільки забезпечує виробництво продукції щоденного споживання та утворює значну частину внутрішнього ринку продовольства. Її розвиток історично визначався рівнем виробництва продовольчої пшениці, структурою споживання хлібопродуктів населенням, потужністю зернозберігальної інфраструктури та розвитком суміжних секторів харчової промисловості. На відміну від багатьох інших напрямів переробки зерна, борошномельна галузь характеризується високим рівнем залежності від внутрішнього попиту, оскільки основна частина виробленого борошна використовується всередині країни для виробництва хліба, хлібобулочних, кондитерських та макаронних виробів.

Україна традиційно входить до числа найбільших світових виробників пшениці, однак рівень розвитку борошномельної промисловості визначається не обсягами вирощування зерна, а масштабами його внутрішньої переробки. Протягом останніх десятиліть у структурі агропромислового комплексу сформувалася модель, за якої значна частина пшениці експортується у вигляді сировини, тоді як частка продукції з високою доданою вартістю залишається відносно невеликою. Саме тому борошномельна галузь розглядається не лише як виробництво борошна для забезпечення продовольчої безпеки, але й як інструмент поглиблення переробки зерна та збільшення економічної ефективності зернового сектору.

Загальне виробництво борошна в Україні оцінюється приблизно у 1,5–1,6 млн т на рік. За оцінками галузевих організацій, у 2025 році виробництво становило близько 1,59 млн т борошна. При цьому чотирнадцять найбільших підприємств галузі забезпечили понад 527 тис. т продукції, що становить близько третини загальнонаціонального виробництва.

Основу виробництва складає пшеничне борошно, частка якого перевищує 90 % від загального випуску. Значно менші обсяги припадають на

житнє борошно, а також на виробництво борошна з інших зернових культур. Така структура пояснюється особливостями харчування населення України, де традиційно переважають вироби з пшеничного борошна. Водночас протягом останніх років спостерігається поступове розширення асортименту спеціалізованих видів борошна для кондитерської, макаронної та харчоконцентратної промисловості, що пов'язано зі змінами споживчого попиту та розвитком напряму функціональних харчових продуктів.

Особливістю сучасної борошномельної промисловості України є наявність значної кількості підприємств різного масштабу. Наприкінці 2021 року в зернопереробній галузі функціонувало близько 678 промислових підприємств. Внаслідок воєнних дій частина з них була втрачена або припинила роботу, причому галузеві експерти оцінюють кількість втрачених підприємств у 192 одиниці. Одночасно відбувається процес відновлення виробництва: з 2023 року відновили роботу десятки підприємств, а у 2024–2025 роках було введено в експлуатацію нові зернопереробні об'єкти.

Структура підприємств галузі характеризується значною диференціацією виробничих потужностей. До великих підприємств належать сучасні борошномельні комплекси з добовою продуктивністю від кількох сотень до понад тисячі тонн зерна. Саме вони забезпечують основну частину промислового виробництва борошна, працюють з великими партіями зерна та обслуговують національні мережі хлібопекарських і макаронних виробництв. Такі підприємства мають розвинену систему лабораторного контролю, власну логістичну інфраструктуру та значні можливості для модернізації обладнання.

Середні підприємства становлять найбільш численну та економічно гнучку групу. Їхня діяльність орієнтована переважно на регіональні ринки збуту. Вони забезпечують постачання борошна для місцевих хлібозаводів, пекарень та підприємств харчової промисловості. Саме ця категорія підприємств є найбільш чутливою до змін цін на енергоносії, транспортні послуги та сировину.

Малі млини виконують важливу функцію локального забезпечення продукцією окремих районів та громад. Незважаючи на невеликі обсяги виробництва, вони забезпечують додаткову стійкість продовольчої системи країни. У багатьох випадках такі підприємства функціонують у тісному зв'язку з місцевими агровиробниками та забезпечують короткі логістичні ланцюги між виробником зерна та споживачем готової продукції.

Однією з головних проблем сучасної борошномельної промисловості є скорочення внутрішнього споживання борошна. Демографічні зміни, міграційні процеси та трансформація структури харчування населення призводять до поступового зменшення попиту на традиційні хлібопродукти. Відповідно скорочується потреба у виробництві стандартних сортів борошна. Це створює надлишок виробничих потужностей і підсилює конкуренцію між підприємствами.

Другим важливим викликом є висока енергоємність виробництва. Витрати на електроенергію займають значну частку в структурі собівартості борошна. В умовах нестабільного енергозабезпечення підприємства змушені інвестувати у резервні джерела живлення, що додатково збільшує виробничі витрати. Особливо гостро ця проблема проявляється для середніх і малих підприємств, які мають обмежені інвестиційні ресурси.

Серйозним фактором залишається зношеність основних фондів. Значна частина українських млинів була побудована або реконструйована ще у другій половині XX століття. Незважаючи на численні модернізації, на багатьох підприємствах продовжує використовуватися обладнання, яке поступається сучасним аналогам за енергоефективністю, продуктивністю та рівнем автоматизації. В результаті підприємства несуть додаткові витрати на ремонт, технічне обслуговування та експлуатацію.

Важливим обмеженням розвитку залишається недостатній рівень переробки зерна всередині країни. Україна залишається одним із найбільших експортерів пшениці у світі, але лише незначна частина зерна перетворюється на продукцію. Це означає, що потенціал борошномельної

галузі використовується не повністю. Формування політики стимулювання внутрішньої переробки може стати одним із ключових чинників майбутнього розвитку галузі.

Окремої уваги заслуговують логістичні проблеми. В умовах воєнного стану та змін у транспортній інфраструктурі підприємства змушені адаптувати маршрути постачання сировини та відвантаження готової продукції. Витрати на логістику суттєво впливають на економічні результати діяльності млинів, особливо тих, які працюють на експортних ринках.

Експортна діяльність українських борошномельних підприємств останніми роками демонструє складну динаміку. У році 2024/25 експорт борошна становив близько 71 тис. т, з яких приблизно 67 тис. т припадало на пшеничне борошно. Основними напрямками збуту були країни Європейського Союзу, Молдова, Палестина та Ізраїль. Водночас обсяги експорту залишаються значно нижчими від потенційних можливостей галузі.

У довгостроковій перспективі розвиток української борошномельної промисловості визначатиметься здатністю галузі перейти від переважно сировинної моделі зернового експорту до моделі глибокої переробки зерна. За наявності значного ресурсного потенціалу пшениці, розвиненої мережі зернозберігальних підприємств та багаторічного досвіду виробництва борошна галузь має об'єктивні передумови для подальшого технологічного оновлення. Водночас конкурентоспроможними будуть насамперед ті підприємства, які зможуть поєднати високу продуктивність, енергоефективність, автоматизацію виробництва та здатність швидко адаптуватися до змін ринку. Саме тому проєктування нового борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна слід розглядати не лише як створення окремого виробничого об'єкта, а як елемент структурної модернізації всієї борошномельної галузі України, спрямований на підвищення рівня внутрішньої переробки зерна, зміцнення продовольчої безпеки та виробництва сучасної борошномельної продукції.

РОЗДІЛ 1
СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

1.1. Характеристика об’єкта

Борошномельна промисловість України в умовах війни функціонує в принципово новому середовищі, яке суттєво відрізняється від умов мирного часу як за характером ризиків, так і за механізмами забезпечення безперервності виробництва. Якщо до 2022 року основними факторами розвитку галузі були внутрішній попит на борошно, рівень забезпеченості зерновою сировиною, енергоносіями та інвестиціями, то після початку повномасштабної війни визначальними стали питання фізичного збереження виробничих потужностей, безпеки працівників, стабільності енергозабезпечення, функціонування транспортної інфраструктури, кадрового забезпечення та адаптації до постійно змінюваних умов ведення господарської діяльності. Війна стала найбільш масштабним викликом для борошномельної галузі за весь період незалежності України, оскільки одночасно вплинула практично на всі складові виробничої системи.

Однією з перших проблем, з якою зіткнулася галузь після початку повномасштабного вторгнення, стало порушення територіальної цілісності виробничої мережі. Значна кількість підприємств зернопереробного комплексу розташовувалася у східних та південних областях України, які опинилися в зоні активних бойових дій або під тимчасовою окупацією. Частина підприємств була зупинена через неможливість продовження виробничої діяльності, частина зазнала руйнувань різного ступеня, а окремі виробничі комплекси були повністю втрачені. В результаті відбулося різке скорочення виробничих потужностей окремих регіонів, що змінило сформовану десятиліттями географію борошномельного виробництва.

Суттєвим фактором впливу на галузь стали прямі загрози безпеці

виробництва. На відміну від традиційних економічних криз, воєнні умови створили ризики фізичного ураження виробничих об’єктів ракетними ударами, безпілотними літальними апаратами та уламками засобів повітряного нападу. Борошномельні підприємства неодноразово опинялися в районах ураження критичної інфраструктури, транспортних вузлів, енергетичних об’єктів та промислових зон. Навіть у випадках відсутності прямого влучання виникали ризики пошкодження будівель, інженерних мереж, електричних підстанцій та складських комплексів. Унаслідок цього питання промислової безпеки набуло значення одного з головних чинників забезпечення безперервності виробництва.

Особливістю роботи галузі в умовах війни стало створення нових підходів до організації праці. Значна частина підприємств була змушена розробити системи реагування на повітряні тривоги, евакуації персоналу та відновлення виробничих процесів після вимушених зупинок. Це призвело до зниження фактичного коефіцієнта використання виробничих потужностей, оскільки регулярні перерви у роботі стали невід’ємною складовою виробничої діяльності багатьох підприємств.

Одним із найсерйозніших викликів для борошномельної промисловості стала кадрова проблема. Війна спричинила масштабні міграційні процеси, які охопили всі регіони України. Значна частина населення виїхала за кордон або перемістилася до більш безпечних областей. Одночасно мобілізаційні заходи вплинули на забезпеченість підприємств кваліфікованими працівниками. Для борошномельної галузі ця проблема має особливе значення, оскільки ефективна робота підприємств значною мірою залежить від наявності персоналу з відповідною професійною підготовкою та практичним досвідом роботи. Підготовка операторів, механіків, електриків, технологів і фахівців виробничих лабораторій потребує тривалого часу, тому втрата кваліфікованих кадрів не може бути швидко компенсована.

У багатьох регіонах підприємства зіткнулися з дефіцитом працівників технічних спеціальностей. Особливо гостро проблема проявилася на

підприємствах середнього масштабу, які мають обмежені можливості для залучення нових кадрів через рівень заробітної плати та конкуренцію з іншими секторами економіки. В результаті частина підприємств була змушена переглядати організацію виробничих процесів, збільшувати рівень автоматизації окремих операцій та змінювати режими роботи виробничих підрозділів.

Надзвичайно серйозним викликом стала енергетична криза, яка супроводжувала масовані атаки на енергетичну інфраструктуру України. Борошномельне виробництво належить до категорії енергоємних виробництв, де стабільність електропостачання безпосередньо визначає можливість функціонування підприємства. Масові відключення електроенергії, аварійні обмеження споживання та нестабільність енергосистеми призвели до необхідності впровадження резервних схем електропостачання. Для багатьох підприємств придбання дизельних генераторів, систем безперебійного живлення та додаткового енергетичного обладнання стало обов’язковою умовою збереження виробництва.

Разом із цим різко зросли експлуатаційні витрати. Використання резервних джерел електроенергії супроводжується значно вищою собівартістю виробництва порівняно з централізованим електропостачанням. Крім того, підприємства були змушені створювати запаси пального, забезпечувати технічне обслуговування генераторів та організовувати додаткові системи контролю енергоспоживання. У результаті структура виробничих витрат зазнала суттєвих змін, а енергетичний фактор став одним із ключових елементів конкурентоспроможності підприємств.

Важливою особливістю воєнного періоду стало зростання ролі логістичних ризиків. До 2022 року транспортна система України функціонувала як єдиний інтегрований механізм, який забезпечував переміщення зерна та продуктів його переробки між регіонами і до експортних портів. Війна призвела до часткового руйнування транспортної інфраструктури, зміни традиційних маршрутів перевезень та значного

збільшення навантаження на окремі логістичні напрямки. Багато підприємств були змушені перебудовувати усталені схеми постачання та збуту продукції.

Складною проблемою стало збільшення вартості транспортних послуг. В умовах воєнного часу зросли витрати на автомобільні перевезення, страхування ризиків, паливо та технічне обслуговування транспортних засобів. Для підприємств, розташованих на значній відстані від основних центрів споживання, це призвело до додаткового зростання собівартості продукції та зниження конкурентоспроможності.

Значний вплив на галузь мала зміна структури внутрішнього ринку. Через скорочення чисельності населення, вимушену міграцію мільйонів громадян та зміну територіального розподілу споживачів відбулися суттєві зміни у географії попиту на борошно. Підприємства, які традиційно працювали на окремі регіональні ринки, були змушені адаптуватися до нових умов збуту. У деяких випадках виникла необхідність переорієнтації виробництва на інші області або створення нових каналів реалізації продукції.

Окремою проблемою стало скорочення платоспроможного попиту населення. Воєнні ризики, економічна невизначеність та зниження доходів частини споживачів вплинули на структуру споживання харчових продуктів. Для борошномельної галузі це означало необхідність постійного балансування між виробничими витратами та можливістю реалізації продукції за цінами, прийнятними для ринку.

Суттєво змінилися умови фінансування діяльності підприємств. У мирний час модернізація виробництва значною мірою спиралася на банківське кредитування та інвестиційні програми. В умовах війни доступ до фінансових ресурсів став більш складним і дорогим. Підвищення ризиків інвестування призвело до скорочення обсягів приватних капіталовкладень у промисловість, що негативно вплинуло на темпи технічного оновлення підприємств.

Водночас війна стимулювала розвиток нових підходів до управління ризиками. Підприємства почали активніше впроваджувати системи резервування критичних ресурсів, диверсифікувати логістичні маршрути, створювати додаткові запаси матеріалів та підвищувати рівень автономності виробництва. В результаті поступово сформувалася нова модель функціонування борошномельних підприємств, орієнтована на забезпечення стійкості в умовах постійних зовнішніх загроз.

Важливим аспектом діяльності галузі стала необхідність підтримання продовольчої безпеки держави. Незважаючи на складні умови, борошномельні підприємства забезпечували безперервне виробництво продукції, яка є основою для виготовлення хліба та інших соціально значущих продуктів харчування. Саме тому стабільність роботи галузі набула не лише економічного, але й стратегічного значення для країни.

Показовим є те, що навіть в умовах воєнного стану галузь зберегла значну частину свого виробничого потенціалу. Після початкового шоку 2022 року більшість підприємств змогли адаптуватися до нових умов роботи. Відбулася поступова перебудова виробничих і логістичних процесів, що дозволило забезпечити внутрішній ринок необхідними обсягами борошна. Цей процес адаптації став прикладом високої стійкості українського зернопереробного сектору.

Ще одним наслідком війни стало посилення регіональної нерівномірності розвитку галузі. Частина підприємств західних і центральних областей отримала додаткові можливості для розвитку через переміщення економічної активності з територій підвищеного ризику. Водночас підприємства південних та східних регіонів продовжують працювати в умовах підвищеної небезпеки, що суттєво обмежує їхні можливості щодо модернізації та довгострокового планування.

Значної актуальності набули питання страхування виробничих ризиків. У мирний період страхування промислових об’єктів розглядалося переважно як елемент фінансового управління, тоді як у воєнних умовах

воно стало складовою загальної стратегії забезпечення безперервності бізнесу. Проте висока вартість страхових послуг та складність оцінки воєнних ризиків залишаються серйозним обмеженням для більшості підприємств.

Війна також змінила підходи до стратегічного планування розвитку галузі. Якщо раніше основна увага приділялася нарощуванню виробничих потужностей та розширенню ринків збуту, то сьогодні пріоритетами стали стійкість виробництва, автономність функціонування та швидкість відновлення після кризових ситуацій. У результаті поняття ефективності підприємства дедалі частіше розглядається не лише через показники продуктивності чи прибутковості, але й через здатність забезпечувати безперервну роботу в умовах надзвичайних обставин.

Для перспективного розвитку борошномельної промисловості особливого значення набувають проєкти нових підприємств, які враховують досвід функціонування галузі під час війни. Такі об’єкти повинні проєктуватися з урахуванням підвищених вимог до енергетичної автономності, резервування інженерних систем, гнучкості логістичних рішень та можливості швидкої адаптації до змін зовнішнього середовища. В умовах сучасних ризиків конкурентоспроможність визначається не лише продуктивністю виробництва, але й його стійкістю до кризових факторів.

1.2. Мета і завдання проекту

Метою є проєкт борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна.

Завданням проекту є:

- зробити техніко-економічне обґрунтування;

- надати загальну характеристику генерального плану підприємства та архітектурно-будівельні рішення;

- навести характеристику пшеничного борошна та розглянути його хімічний склад;

- зробити аналіз та обґрунтувати схему технологічного процессу для виробництва сортового хлібопекарського борошна з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна;

- вибрати, розрахувати та підібрати технологічне обладнання;

- зробити спеціальні розрахунки;

- зробити розрахунок енергетичного та матеріально ресурсного забезпечення для реалізації проєкту;

- зробити техніко-економічні розрахунки.

РОЗДІЛ 2
ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Техніко–економічне обґрунтування проєкту борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна в Одеській області ґрунтується на комплексному аналізі сучасного стану зернопереробної галузі України, тенденцій розвитку внутрішнього та зовнішнього ринків борошна, територіальних особливостей розміщення виробництва, рівня забезпеченості сировинними ресурсами, логістичного потенціалу регіону та необхідності технологічного оновлення існуючих виробничих потужностей. В умовах сучасного розвитку агропромислового комплексу України питання поглиблення переробки зернової сировини набуває особливого значення, оскільки формування доданої вартості безпосередньо пов’язане із розвитком внутрішньої переробної промисловості. Незважаючи на те, що Україна традиційно належить до провідних світових виробників та експортерів пшениці, значна частина зернової продукції продовжує реалізовуватися у вигляді сировини, тоді як рівень внутрішньої переробки залишається нижчим від наявного потенціалу. За таких умов будівництво нового борошномельного підприємства розглядається не лише як окремий інвестиційний проєкт, а як складова структурного розвитку зернопереробного сектору держави.

Актуальність реалізації проєкту визначається сукупністю економічних, виробничих та регіональних передумов. Сучасна борошномельна промисловість України характеризується нерівномірністю технічного розвитку підприємств. Значна частина діючих виробничих потужностей була введена в експлуатацію кілька десятиліть тому та хоча й зазнавала модернізації, проте не завжди відповідає сучасним вимогам щодо енергоефективності, автоматизації виробництва, оптимізації виробничих

витрат та рівня використання виробничих ресурсів. У таких умовах будівництво нового підприємства створює можливість впровадження сучасних інженерних рішень без обмежень, характерних для реконструкції існуючих виробництв. Це дозволяє формувати виробничий комплекс на основі актуальних принципів організації борошномельного виробництва з урахуванням сучасних вимог до економічної ефективності та конкурентоспроможності.

Вибір Одеської області як території реалізації проєкту має вагоме економічне обґрунтування. Регіон протягом тривалого часу залишається одним із найбільших центрів виробництва зерна в Україні. Концентрація значних обсягів зернових ресурсів забезпечує стабільну сировинну базу для роботи борошномельного підприємства та мінімізує транспортні витрати, пов’язані з доставкою зерна. Територіальна близькість до районів вирощування пшениці сприяє формуванню коротких логістичних ланцюгів між виробниками сировини та підприємством, що позитивно впливає на економічні показники діяльності. Додатковою перевагою регіону є розвинена інфраструктура зберігання зерна, представлена елеваторними комплексами різної потужності, які забезпечують накопичення та рівномірне постачання зернової сировини протягом року.

Особливе значення для економічної доцільності будівництва має транспортно–логістичний потенціал Одеської області. Регіон є одним із ключових транспортних вузлів держави, де зосереджені автомобільні магістралі, залізничні коридори, морські порти та логістичні центри загальнодержавного значення. Така концентрація транспортної інфраструктури створює сприятливі умови для постачання сировини, реалізації готової продукції на внутрішньому ринку та розвитку експортної діяльності. Навіть в умовах змін логістичних маршрутів, які відбулися внаслідок воєнних дій, Одеська область зберігає стратегічне значення для переміщення зерна та продуктів його переробки.

Важливим елементом економічного обґрунтування є оцінка сучасного стану ринку борошна. Незважаючи на певне скорочення внутрішнього споживання, пов'язане з демографічними процесами та змінами структури харчування населення, борошно продовжує залишатися одним із базових продуктів зернопереробки. Попит на продукцію борошномельної галузі формується не лише хлібопекарською промисловістю, але й підприємствами кондитерської, макаронної, харчоконцентратної та інших галузей харчової промисловості. Така диверсифікація споживачів забезпечує відносну стабільність ринку навіть за умов економічної нестабільності.

З економічної точки зору важливо враховувати тенденцію до поступового скорочення кількості малоефективних виробництв та концентрації виробництва на підприємствах із вищим рівнем технічного оснащення. Сучасний ринок дедалі більше орієнтується на виробників, здатних забезпечувати стабільні виробничі показники, прогнозовану собівартість продукції та високу ефективність використання ресурсів. Саме тому конкурентні переваги нових підприємств формуються переважно за рахунок технологічної досконалості та нижчих питомих витрат виробництва.

У цьому контексті ключовою особливістю проєкту виступає впровадження інноваційної технології первинного подрібнення зерна. З економічної позиції інновація повинна розглядатися не лише як технічне удосконалення окремої виробничої операції, а як фактор комплексного підвищення ефективності функціонування підприємства. Первинне подрібнення є початковою стадією формування виробничих потоків, тому будь–яке підвищення ефективності цієї ланки впливає на роботу всього виробничого комплексу. Економічний ефект від впровадження інноваційної технології може проявлятися через зниження питомих витрат електроенергії, скорочення навантаження на виробничі системи, підвищення продуктивності обладнання, зменшення експлуатаційних витрат та оптимізацію використання виробничих ресурсів.

Особливого значення набуває фактор енергоефективності. У сучасній структурі собівартості борошна витрати на електроенергію посідають одне з провідних місць серед виробничих витрат. Після початку енергетичної кризи питання зниження питомого енергоспоживання набуло стратегічного значення для всієї галузі. Відповідно будь–яке технічне рішення, яке забезпечує економію енергоресурсів, прямо впливає на фінансові результати діяльності підприємства. Для нового заводу це означає можливість досягнення більш сприятливих економічних показників порівняно з підприємствами, що використовують застарілі виробничі системи.

Не менш важливою є проблема виробничої собівартості. В умовах високої конкуренції на ринку борошна можливість зниження витрат на одиницю продукції стає одним із ключових факторів конкурентоспроможності. Переваги нового підприємства полягають у відсутності витрат, пов’язаних з експлуатацією морально застарілих виробничих фондів, високими витратами на ремонт та неефективним використанням енергетичних ресурсів. Це дозволяє створювати більш оптимальну структуру виробничих витрат та підвищувати фінансову стійкість підприємства.

Важливим аспектом техніко–економічного обґрунтування є оцінка інвестиційної привабливості проєкту. Борошномельна галузь належить до секторів харчової промисловості, які характеризуються відносно стабільним попитом на продукцію. Незалежно від економічної кон’юнктури потреба у виробництві борошна зберігається, оскільки воно є основною сировиною для виробництва значної кількості продуктів харчування. Така особливість забезпечує відносно передбачувані умови функціонування підприємства та знижує інвестиційні ризики порівняно з багатьма іншими галузями промисловості.

Для Одеської області важливим аргументом на користь реалізації проєкту є створення нових робочих місць. Будівництво та подальша експлуатація підприємства сприятимуть збільшенню зайнятості населення,

формуванню додаткових податкових надходжень та розвитку суміжних секторів економіки. Економічний ефект від функціонування заводу виходить далеко за межі безпосереднього виробництва борошна, оскільки охоплює транспортний сектор, енергетику, ремонтно–технічне обслуговування, логістику та інші сфери господарської діяльності.

У сучасних умовах особливого значення набуває концепція виробничої стійкості. Нове підприємство має можливість одразу проєктуватися з урахуванням сучасних ризиків, включаючи нестабільність енергозабезпечення, необхідність резервування критичних інженерних систем та підвищені вимоги до безпеки виробництва. Такі рішення потребують додаткових інвестицій на початковому етапі, проте забезпечують зниження ризиків у довгостроковій перспективі та підвищують надійність функціонування підприємства.

Важливим фактором є можливість інтеграції підприємства у сучасні цифрові системи управління виробництвом. Рівень автоматизації нових виробництв істотно перевищує можливості більшості існуючих підприємств, що дозволяє скорочувати непродуктивні витрати, підвищувати ефективність управління ресурсами та оптимізувати використання персоналу. В умовах дефіциту кваліфікованих кадрів це стає додатковою конкурентною перевагою нового виробництва.

Економічна доцільність будівництва також пов’язана з перспективами розвитку експорту продукції з високою доданою вартістю. Україна володіє значним потенціалом для нарощування експорту продуктів переробки зерна. Географічне розташування Одеської області створює сприятливі умови для формування експортно орієнтованої моделі діяльності підприємства. Близькість до морської логістики та міжнародних транспортних коридорів дозволяє зменшувати витрати на доставку продукції до зовнішніх ринків та підвищувати конкурентоспроможність українського борошна.

Окремого розгляду потребує питання довгострокових перспектив розвитку галузі. Світова практика демонструє, що підвищення ефективності

зернопереробного сектору досягається насамперед через модернізацію виробництва та впровадження інноваційних технологічних рішень. Підприємства нового покоління мають значно кращі економічні показники порівняно з виробництвами, створеними за традиційними підходами. Відповідно інвестиції в сучасний борошномельний завод необхідно розглядати як вкладення у виробничу систему, яка зберігатиме конкурентоспроможність протягом тривалого періоду експлуатації.

У післявоєнний період очікується активізація процесів відновлення промислового потенціалу України, що супроводжуватиметься зростанням потреби у внутрішній переробці сільськогосподарської продукції. За таких умов підприємства, які матимуть сучасну виробничу базу та високий рівень економічної ефективності, отримають додаткові можливості для розвитку. Це особливо актуально для Одеської області, яка традиційно виконує роль одного з головних центрів зернового господарства держави.

Техніко–економічне обґрунтування будівництва борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна в Одеській області базується на поєднанні сприятливих сировинних, логістичних, виробничих та ринкових передумов. Реалізація такого проєкту відповідає сучасним тенденціям розвитку зернопереробної галузі, сприяє підвищенню рівня внутрішньої переробки зерна, формуванню продукції з більшою доданою вартістю та зміцненню економічного потенціалу регіону. Економічні переваги проєкту визначаються високою забезпеченістю сировинними ресурсами, вигідним транспортно–географічним положенням, можливістю використання сучасних технічних рішень, зниженням виробничих витрат, підвищенням енергоефективності та перспективами розвитку як внутрішнього, так і зовнішнього ринку борошна. Сукупність зазначених факторів свідчить про доцільність реалізації проєкту та його відповідність стратегічним напрямкам розвитку борошномельної промисловості України.

Режим роботи підприємства приймаємо безперервний, в три зміни, зупинкою на капітальний ремонт (30 діб), святкових - 10 діб та на проведення поточного обслуговування (22 доби), з тривалістю однієї декадної зупинки – 16 год. Інші зупинки – 3 дн.

Робочий період (Р) підприємства складає:

$$P=365–30–22 – 10 - 3 =300 \text{ діб}$$

На протязі року борошномельний завод буде переробляти:

$$Q_з = 300\times300\times0,9=81000 \text{ т зерна,}$$

де

300 – робочий період підприємства за рік;

0,90- коефіцієнт використання потужності;

300 – добова потужність, тонн.

Для забезпечення хлібозаводів і приватних пекарень борошном пропонується закупати 60% зерна за власні кошти:

$$Q_{з,вл} = 81000\times0,6= 48600 \text{ т зерна}$$

Крім того,підприємство буде переробляти зерно клієнтів, в кількості:

$$Q_{з,кл} =81000 –48600=32400 \text{ т зерна}$$

При проектуванні борошномельного заводу планується використовувати сучасну технологію, яка дозволяє виробляти продукцію – борошно в/г, 2/г, висівки – яка відповідає сучасним стандартам якості продукції.

2.2. Мета і робоча гіпотеза проектування, результати, які очікуються

Економічною метою будівництва підприємства є - отримання прибутку від здійснення діяльності по виробництву і реалізації борошна (наданню послуг).

Структура помелу відповідає потребі споживачів у даному регіоні:

загальний вихід борошна 78%,у т.ч. в/г -60% борошна ,2/г – 18%; висівки - 16,1%;

Для відторгнення ринку у означених в п.1.1 обсягах пропонується стратегія зниження цін на продукцію і тарифів на послуги по переробці зерна в порівнянні с конкурентами. Розташування поблизу сировинної зони (яка дає можливість зменшити витрати на транспортування, а також використання сучасного технологічного процесу і обладнання (які дозволяють зменшити виробничі витрати), припускаємо зниження цін на продукцію і тарифи на послуги по переробці зерна на 5% на ті, які склалися у даному регіоні. Ціни на борошно приведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1.– Ціни на борошно

Показники / Сировина	Вільні, грн./т	Без ПДВ,грн./т	Торгівельна націнка - 15%	Знижка на 5%,грн./т
Борошно в/г	8694	7245	6300	6000
Борошно 2с	8114	6762	5880	5600
Висівки	2204	1837	1597	1521
Давальницька переробка	633	528	459	450

Прибуток (П) визначається за формулою

$$П = РП \times \frac{p}{1+p},$$

де РП – обсяг реалізації продукції та послуг,

$Р_{пр}$ – рентабельність продукції та послуг, яку задають шляхом прогнозування (рекомендується на рівні 10-20%).

П=(250432×10)/(100+10)= 22767тис грн.

Нове підприємство повинно принести прибуток у розмірі 22767тис грн.

Таблиця 2.2. – Розрахунок обсягів виробництва і реалізації продукції та послуг

Показники	Значення показника	Оптові ціни і тарифи підприємства грн/т	Обсяги реалізації продукції,тис грн
1.Добова потужність, т	300	×	×
2.Річний робочий період, сут	300	×	×
3.Річна потужність, т	90000	×	×
4. Річний обсяг переробки зерна, т	81000	×	×
5.Обсяг власного зерна ,т	48600	×	×
6.Виробництво продукції з влас. рес, % т	78 37908		
Борошно в/сорт, %	60		
т	29160	6000	174960
Борошно 2/сорт, %	18		
т	8748	5600	48989
Висівки, %	16,1		
т	7825	1521	11903
7. Всього реалізація прод (з власн. рес)	×	×	235852
8.Переробка зерна клієнтів	32400	450	14580
Всього	×	×	250432

2.3. Визначення потреби в інвестиціях і оцінка економічної доцільності будівництва

Визначення інвестицій, які необхідні для реконструкції підприємства, здійснюється на підставі опису заходів з реконструкції.

Розрахунок розміру інвестицій здійснюють за формулою

$$I = I_{овф} + I_{ок},$$

де $I_{овф}$, $I_{ок}$ – інвестиції, відповідно, у основні виробничі фонди та на утворення додаткових оборотних коштів.

Інвестиції у основні виробничі фонди визначаються по питомим капітальним вкладах (300 тис. грн.) на 1 т добової потужності.

$$I_{овф.}=I_{пит}\times ВП_{доб.} = 300\times 300 = 90000 \text{ тис грн}$$

Інвестиції на утворення додаткових оборотних коштів визначають 5-10% від обсягу реалізації за формулою:

$$I_{ок}= 10 \times РП_{власн.} = (7 \times 235852)/100 = 16510 \text{ тис грн}$$

Загальна сума інвестицій:

$$I_{заг.} = 90000+ 16510 = 106510 \text{ тис грн}$$

Загальна сума інвестицій перевищує прогнозний прибуток у 4,7 раз (106510/22767) .

Отримані дані свідчать про технічні можливості і економічну доцільність інвестування в будівництво борошномельного заводу.

При визначенні джерел інвестування, в першу чергу необхідно розглянути можливість використання власних коштів. Джерелом інвестицій є: власні кошти засновників підприємства (62,2%) в розмірі 66249тис. грн. (106510×62,2/100) і заємні кошти в розмірі 40261 тис грн. (106510-66249).

РОЗДІЛ 3
ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Загальна характеристика генерального плану підприємства

Загальна характеристика генерального плану борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна базується на сучасних принципах промислового проєктування, які передбачають раціональне використання території, забезпечення безпечних умов експлуатації виробничих об'єктів, оптимізацію транспортних потоків, дотримання вимог містобудівного законодавства та створення передумов для ефективного функціонування підприємства протягом усього розрахункового терміну експлуатації. Генеральний план є одним із найважливіших розділів проєкту підприємства, оскільки визначає просторову організацію виробничого комплексу, взаємне розташування будівель і споруд, систему внутрішньозаводських комунікацій, інженерне забезпечення території та умови подальшого розвитку підприємства. Для борошномельних заводів генеральний план має особливе значення через необхідність узгодження виробничих, транспортних, санітарно–гігієнічних, екологічних і протипожежних вимог в межах єдиного промислового майданчика.

Розроблення генерального плану здійснюється відповідно до чинної нормативної бази України у сфері містобудування, промислового проєктування, пожежної безпеки, охорони праці та екологічної безпеки. Основу нормативного регулювання утворюють вимоги державних будівельних норм щодо планування та забудови територій, проєктування промислових підприємств, забезпечення протипожежного захисту, організації транспортної інфраструктури та інженерного забезпечення виробничих об'єктів. Сучасний підхід до формування генерального плану

передбачає комплексне врахування вимог щодо безпеки персоналу, мінімізації впливу підприємства на навколишнє середовище, раціонального використання земельних ресурсів та забезпечення економічної ефективності забудови.

Вибір земельної ділянки для будівництва борошномельного заводу є початковим етапом планування генерального плану. Територія повинна відповідати вимогам функціонального зонування населеного пункту або промислової території, мати належне транспортне забезпечення та можливість підключення до інженерних мереж. Для підприємств борошномельної промисловості особливе значення має доступність автомобільних і залізничних шляхів сполучення, оскільки логістичні витрати суттєво впливають на економічні показники діяльності. Розміщення заводу поблизу основних транспортних коридорів забезпечує зниження витрат на доставку сировини та відвантаження готової продукції, що є важливим фактором конкурентоспроможності підприємства.

При виборі майданчика враховуються природні умови території, включаючи рельєф місцевості, гідрогеологічні характеристики, інженерно–геологічні умови та кліматичні особливості регіону. Перевага надається ділянкам із відносно спокійним рельєфом, які дозволяють мінімізувати обсяги земляних робіт та витрати на вертикальне планування території. Важливим фактором є відсутність небезпечних геологічних процесів, таких як підтоплення, просідання ґрунтів, зсувні явища або інші фактори, здатні негативно вплинути на експлуатаційну надійність будівель і споруд.

Сучасний генеральний план борошномельного заводу передбачає функціональне зонування території відповідно до виробничих потреб підприємства. Просторова структура промислового майданчика формується таким чином, щоб забезпечити логічний взаємозв’язок між окремими об’єктами та створити умови для ефективного використання території. Водночас генеральний план повинен враховувати перспективу можливого розширення виробництва без необхідності кардинальної реконструкції

існуючої забудови. Такий підхід дозволяє забезпечити гнучкість розвитку підприємства в умовах зміни виробничих потреб та ринкової кон'юнктури.

Центральне місце у структурі генерального плану займає виробничий корпус, який є основним елементом забудови підприємства. Його розташування визначається необхідністю забезпечення зручного зв'язку з іншими об'єктами виробничого комплексу, транспортною інфраструктурою та інженерними мережами. Просторове положення виробничого корпусу повинно забезпечувати можливість ефективної організації внутрішньозаводських потоків, мінімізації транспортних переміщень та раціонального використання території.

Поряд із виробничим корпусом важливе місце у структурі генерального плану займають складські об'єкти. Їх розташування повинно забезпечувати зручність приймання, зберігання та відвантаження матеріальних ресурсів. При цьому враховується необхідність розділення транспортних потоків, пов'язаних із надходженням сировини, переміщенням допоміжних матеріалів та відвантаженням готової продукції. Раціональна організація складської зони дозволяє скоротити непродуктивні транспортні витрати та підвищити ефективність функціонування підприємства.

Одним із ключових принципів проєктування генерального плану є забезпечення транспортної доступності всіх функціональних зон підприємства. Система внутрішньозаводських автомобільних доріг повинна гарантувати безпечний та безперервний рух транспортних засобів, включаючи вантажний транспорт великої вантажопідйомності. При проєктуванні дорожньої мережі враховуються параметри транспортних засобів, інтенсивність руху, вимоги до радіусів поворотів та можливість маневрування. Особлива увага приділяється забезпеченню доступу пожежної техніки до всіх будівель і споруд підприємства.

Для великих борошномельних підприємств доцільним є передбачення залізничного сполучення з мережею загального користування. Наявність залізничної інфраструктури забезпечує можливість ефективного

транспортування значних обсягів вантажів та знижує навантаження на автомобільний транспорт. Водночас рішення щодо будівництва залізничних під'їзних колій повинно базуватися на економічному аналізі обсягів перевезень та перспектив розвитку підприємства.

Важливою складовою генерального плану є система інженерного забезпечення підприємства. До неї належать мережі електропостачання, водопостачання, водовідведення, теплопостачання, зв'язку та автоматизації. Планування інженерних комунікацій здійснюється з урахуванням вимог надійності, безпеки експлуатації та можливості подальшої модернізації. Розташування інженерних мереж повинно забезпечувати мінімізацію їхньої протяжності та створювати умови для зручного технічного обслуговування.

У сучасних умовах особливого значення набувають питання енергетичної безпеки підприємства. Генеральний план нового борошномельного заводу повинен передбачати можливість розміщення резервних джерел електропостачання, трансформаторних підстанцій та інших об'єктів енергетичної інфраструктури. Досвід функціонування промислових підприємств в умовах воєнного стану продемонстрував необхідність підвищення рівня автономності виробничих комплексів, що безпосередньо впливає на підходи до проєктування генеральних планів.

Значна увага приділяється протипожежному захисту території підприємства. Розміщення будівель і споруд здійснюється з дотриманням нормативних протипожежних відстаней, які визначаються категорією приміщень, ступенем вогнестійкості конструкцій та особливостями функціонального призначення об'єктів. Формування забудови повинно виключати можливість швидкого поширення пожежі між окремими будівлями та забезпечувати ефективну роботу пожежно–рятувальних підрозділів у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Сучасні вимоги до генеральних планів передбачають створення ефективної системи цивільного захисту підприємства. В умовах воєнного стану особливого значення набуває розміщення захисних споруд, укритій,

пунктів збору персоналу та об’єктів аварійного забезпечення. Такі рішення інтегруються у загальну структуру підприємства та розглядаються як невід’ємна складова забезпечення виробничої стійкості.

Важливим напрямком проєктування є забезпечення санітарно–гігієнічних вимог. Генеральний план повинен враховувати необхідність дотримання нормативних санітарно–захисних зон між підприємством та житловою забудовою. Розміри таких зон визначаються відповідно до чинних нормативних документів і спрямовані на захист населення від потенційного впливу виробничої діяльності. При цьому сучасні технічні рішення дозволяють мінімізувати негативний вплив підприємств на навколишнє середовище та оптимізувати використання території.

Особливого значення набувають екологічні аспекти планування території. Генеральний план повинен забезпечувати умови для раціонального поводження з виробничими відходами, організації систем очищення стічних вод, контролю викидів у атмосферне повітря та захисту ґрунтового покриву. У сучасній практиці промислового проєктування екологічна складова розглядається як один із ключових критеріїв оцінки ефективності проєктних рішень.

Важливим елементом генерального плану є благоустрій території. Озеленення промислового майданчика виконує не лише декоративну функцію, але й сприяє покращенню мікроклімату, зниженню запиленості та формуванню сприятливих умов праці. Розміщення зелених насаджень здійснюється з урахуванням транспортної схеми підприємства, розташування інженерних мереж та вимог до забезпечення пожежної безпеки.

Сучасний генеральний план повинен враховувати принципи сталого розвитку та ресурсозбереження. Це передбачає раціональне використання земельних ресурсів, оптимізацію площ забудови, мінімізацію непродуктивних територій та створення умов для ефективного використання інженерної інфраструктури. Компактність забудови розглядається як один із

важливих показників ефективності генерального плану, оскільки дозволяє скоротити протяжність комунікацій та зменшити експлуатаційні витрати.

Для підприємства з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна особливого значення набуває можливість подальшого розвитку виробничого комплексу. Генеральний план повинен передбачати резервні території для потенційного розширення виробничих потужностей, будівництва нових об’єктів або модернізації існуючої інфраструктури. Такий підхід дозволяє забезпечити довгострокову конкурентоспроможність підприємства та уникнути обмежень, які часто виникають у разі надмірно щільної забудови території.

При формуванні генерального плану значна увага приділяється архітектурно–планувальній виразності промислового комплексу. Сучасні виробничі підприємства дедалі частіше розглядаються не лише як функціональні об’єкти, але й як складові просторового середовища регіону. Тому архітектурні рішення повинні забезпечувати гармонійне поєднання виробничої доцільності, економічної ефективності та естетичної привабливості забудови.

Генеральний план борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна є комплексною системою просторової організації виробничого комплексу, яка поєднує вимоги технологічної доцільності, економічної ефективності, транспортної доступності, інженерної надійності, екологічної безпеки та перспективного розвитку підприємства. Раціональне планування території, обґрунтоване розміщення будівель і споруд, оптимізація транспортних та інженерних комунікацій, дотримання чинних нормативних вимог і врахування сучасних викликів забезпечують створення ефективного промислового об’єкта, здатного функціонувати в умовах сучасної борошномельної галузі України та відповідати вимогам довгострокового розвитку зернопереробного сектору.

3.2 . Архітектурно–будівельні рішення

Архітектурно–будівельні рішення борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна формуються на основі комплексного поєднання вимог виробничої доцільності, конструктивної надійності, промислової безпеки, енергоефективності, довговічності будівель та споруд, економічної ефективності будівництва і відповідності чинній нормативній базі України. У сучасних умовах проєктування промислових підприємств архітектурно–будівельна частина розглядається не лише як сукупність конструктивних рішень, необхідних для розміщення обладнання та організації виробництва, а як інтегрована система, що забезпечує ефективне функціонування підприємства протягом усього життєвого циклу об’єкта. Для борошномельних заводів така система повинна враховувати специфіку зернопереробної промисловості, особливості розміщення технологічного обладнання, значні статичні та динамічні навантаження, вимоги до протипожежного захисту, охорони праці та забезпечення нормативних умов експлуатації виробничих приміщень.

Основою для розроблення архітектурно–будівельних рішень є чинне законодавство України у сфері будівництва та містобудування. Проєктування здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», Закону України «Про будівельні норми», Закону України «Про архітектурну діяльність», а також комплексу державних будівельних норм, державних стандартів та нормативних документів, які регламентують питання проєктування промислових об’єктів. Серед основних нормативних документів особливе значення мають ДБН Б.2.2–12:2019 «Планування та забудова територій», ДБН В.1.1–7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва», ДБН В.2.2–28:2018 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», ДБН В.2.6–98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції», ДБН В.2.6–198:2014 «Сталеві конструкції», ДБН В.1.2–2:2006 «Навантаження і впливи», ДБН В.1.2–14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і

споруд», а також чинні нормативи щодо інженерного забезпечення, енергозбереження, доступності та охорони праці.

Архітектурно–будівельна концепція сучасного борошномельного заводу базується на принципі функціональної єдності виробничих, складських, адміністративно–побутових та допоміжних об’єктів. Формування об’ємно–планувальної структури підприємства здійснюється таким чином, щоб забезпечити ефективне використання земельної ділянки, оптимальне розташування будівель і споруд та можливість подальшого розвитку виробничого комплексу. Важливим принципом сучасного проєктування є забезпечення максимальної компактності забудови без порушення вимог пожежної безпеки, санітарних норм та експлуатаційної надійності об’єкта.

Центральним елементом архітектурно–будівельного комплексу виступає виробничий корпус. Його конструктивне рішення визначається необхідністю розміщення обладнання значної маси, забезпечення відповідних висот приміщень та створення умов для безпечної експлуатації будівлі. У сучасній практиці проєктування найбільш поширеним є використання каркасних конструктивних схем. Залежно від виробничих параметрів застосовуються збірні залізобетонні, монолітні залізобетонні або сталеві каркаси. Вибір конструктивної системи здійснюється на основі техніко–економічного порівняння варіантів з урахуванням місцевих умов будівництва, доступності матеріалів та особливостей експлуатації будівлі.

Залізобетонні каркаси залишаються одним із найбільш поширених рішень для промислових підприємств зернопереробної галузі. Вони характеризуються високою несучою здатністю, довговічністю, вогнестійкістю та стійкістю до впливу виробничого середовища. Особливого значення набуває здатність залізобетонних конструкцій сприймати значні вертикальні навантаження від обладнання, перекриттів та технологічних комунікацій. Крім того, залізобетон забезпечує високий рівень жорсткості будівлі, що є важливим фактором для промислових споруд значної висоти.

У випадках, коли необхідно забезпечити великі прольоти або зменшити масу будівлі, доцільним є застосування сталевих конструкцій. Металеві каркаси дозволяють скоротити строки будівництва, спростити монтаж та забезпечити високий рівень адаптивності будівлі до можливих змін виробничих потреб. Водночас їх використання потребує реалізації додаткових заходів щодо антикорозійного захисту та забезпечення нормативної межі вогнестійкості конструкцій.

Важливим аспектом проєктування є вибір конструкцій фундаментів. Для промислових будівель борошномельних підприємств тип фундаментів визначається результатами інженерно–геологічних досліджень, характеристиками ґрунтів та величиною навантажень. Найчастіше використовуються монолітні залізобетонні фундаменти, здатні забезпечити рівномірний розподіл навантажень і тривалу експлуатаційну надійність будівлі. У складних інженерно–геологічних умовах можуть застосовуватися пальові фундаменти або комбіновані фундаментні системи.

При розробленні архітектурних рішень значна увага приділяється об’ємно–планувальним параметрам будівель. Висота приміщень, сітка колон, розміри прольотів та планувальна структура повинні забезпечувати можливість розміщення обладнання, інженерних систем та засобів механізації. Раціональне планування дозволяє оптимізувати використання внутрішнього простору будівлі, скоротити витрати на будівництво та забезпечити зручність технічного обслуговування виробничих систем.

Сучасний підхід до архітектурного проєктування передбачає забезпечення високого рівня енергоефективності будівель. Відповідно до вимог Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» та чинних державних будівельних норм зовнішні огороджувальні конструкції повинні забезпечувати нормативні показники теплового опору. Для цього застосовуються сучасні теплоізоляційні матеріали, енергоефективні фасадні системи та конструкції покриттів із покращеними теплофізичними

характеристиками. Реалізація таких рішень дозволяє знизити експлуатаційні витрати та підвищити енергетичну ефективність підприємства.

Особливого значення набувають рішення щодо покриття будівель. Для виробничих корпусів найчастіше використовуються безгорищні покриття з використанням профільованого металевого настилу, залізобетонних плит або комбінованих систем. Конструкції покриттів повинні враховувати нормативні навантаження від снігу, вітру, технологічного обладнання та інженерних мереж. Розрахунок виконується відповідно до вимог ДБН В.1.2–2:2006 з урахуванням кліматичних характеристик району будівництва.

Значна увага приділяється забезпеченню просторової жорсткості та стійкості будівель. Для цього використовуються системи вертикальних і горизонтальних зв'язків, діафрагми жорсткості, рамні конструкції та інші елементи, які забезпечують сприйняття горизонтальних навантажень. Особливо актуальними такі рішення є для багатоповерхових виробничих корпусів та висотних промислових споруд.

Невід'ємною складовою архітектурно–будівельних рішень є забезпечення пожежної безпеки об'єкта. Відповідно до вимог ДБН В.1.1–7:2016 проєктом передбачаються заходи щодо запобігання виникненню пожеж, обмеження їх поширення та забезпечення безпечної евакуації людей. Конструктивні елементи будівель повинні відповідати нормативним вимогам щодо межі вогнестійкості, а об'ємно–планувальні рішення мають забезпечувати необхідну кількість евакуаційних виходів та шляхів евакуації.

Важливим напрямком є забезпечення нормативних умов праці персоналу. Архітектурні рішення повинні враховувати вимоги щодо природного та штучного освітлення, вентиляції, мікроклімату виробничих приміщень, рівнів шуму та вібрації. Ці питання регламентуються державними санітарними нормами та будівельними нормативами і безпосередньо впливають на безпеку праці та ефективність виробничої діяльності.

У структурі підприємства передбачаються адміністративно–побутові будівлі, призначені для розміщення адміністративного персоналу, санітарно–побутових приміщень, медичних пунктів, кімнат відпочинку та інших допоміжних об’єктів. Їх проєктування здійснюється відповідно до вимог ДБН В.2.2–28:2018 із забезпеченням належного рівня комфорту та функціональності.

Сучасні архітектурно–будівельні рішення повинні враховувати вимоги інклюзивності та доступності. Відповідно до ДБН В.2.2–40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» передбачаються умови для безперешкодного доступу маломобільних груп населення до адміністративних та побутових приміщень підприємства. Це включає облаштування пандусів, відповідних проходів, санітарних вузлів та інших елементів доступності.

Особливого значення в сучасних умовах набувають заходи цивільного захисту. При проєктуванні нового борошномельного заводу враховуються вимоги Кодексу цивільного захисту України та нормативних документів щодо створення захисних споруд цивільного захисту. Архітектурно–будівельні рішення повинні забезпечувати можливість укриття персоналу під час надзвичайних ситуацій та підтримання функціонування критично важливих систем підприємства.

Інженерне обладнання будівель інтегрується в архітектурно–будівельну структуру об’єкта та включає системи електропостачання, водопостачання, каналізації, опалення, вентиляції, кондиціонування, пожежогасіння, автоматизації та диспетчеризації. Їх розміщення повинно забезпечувати зручність експлуатації, доступність для обслуговування та можливість модернізації протягом усього терміну служби підприємства.

Важливим напрямком є забезпечення довговічності будівельних конструкцій. Для цього застосовуються сучасні матеріали та захисні покриття, які забезпечують стійкість до корозії, впливу атмосферних факторів та виробничого середовища. Розрахунковий термін експлуатації

основних несучих конструкцій повинен відповідати вимогам нормативної документації та забезпечувати ефективне функціонування підприємства протягом десятків років.

У сучасній практиці промислового будівництва дедалі більшого поширення набувають цифрові технології проєктування. Використання BIM–моделювання дозволяє інтегрувати архітектурні, конструктивні та інженерні рішення в єдину цифрову модель об’єкта, що сприяє підвищенню якості проєктної документації, скороченню кількості помилок та оптимізації витрат на будівництво.

Архітектурно–будівельні рішення борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна являють собою комплекс взаємопов’язаних проєктних рішень, спрямованих на створення надійного, безпечного, довговічного та економічно ефективного виробничого комплексу. Їх формування здійснюється на основі вимог чинної нормативної бази України, сучасних принципів промислового проєктування та необхідності забезпечення високого рівня конструктивної безпеки, енергоефективності, пожежної стійкості, виробничої надійності та перспективного розвитку підприємства. Раціональне поєднання архітектурних, конструктивних та інженерних рішень створює передумови для ефективної експлуатації борошномельного заводу та забезпечує його відповідність сучасним вимогам розвитку зернопереробної промисловості України.

РОЗДІЛ 4
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Наукове обґрунтування

Показники якості пшеничного борошна є основою його товарної класифікації, виробничого призначення та оцінювання технологічних властивостей. У борошномельній промисловості України протягом тривалого часу основним нормативним документом для сортового пшеничного борошна залишався ГСТУ 46.004–99 «Борошно пшеничне. Технічні умови», відповідно до якого виробляли борошно вищого, першого та другого ґатунків. Кожний ґатунок характеризується певним комплексом фізико–хімічних, органолептичних та технологічних показників, які формують його споживчі властивості та визначають напрями використання у хлібопекарській, кондитерській та інших галузях харчової промисловості.

Найважливішим показником сортності борошна є зольність. У борошномельній практиці зольність розглядається як інтегральний показник, який характеризує вміст мінеральних речовин та відображає частку периферійних анатомічних частин зернівки у складі борошна. Для борошна вищого ґатунку відповідно до ГСТУ 46.004–99 зольність у перерахунку на суху речовину не повинна перевищувати 0,55 %. Для борошна першого ґатунку нормативне значення становить не більше 0,75 %, для другого ґатунку – не більше 1,25 %. Зі збільшенням зольності закономірно зростає вміст мінеральних речовин, вітамінів, харчових волокон та інших компонентів, які локалізуються переважно в периферійних частинах зернівки.

Наступним показником є білизна борошна. Для борошна вищого ґатунку вона повинна становити не менше 54 умовних одиниць. Для борошна першого ґатунку нормативне значення складає не менше 36 умовних

одиниць. Для другого ґатунку показник білизни не нормується, оскільки його колір визначається підвищеним вмістом алейронового шару та оболонкових частин зерна. Білизна є одним із найважливіших показників товарної оцінки борошна, оскільки безпосередньо впливає на зовнішній вигляд готових виробів.

Масова частка вологи для всіх сортів борошна не повинна перевищувати 15,0 %. Даний показник визначає стійкість продукції під час зберігання та безпосередньо впливає на перебіг біохімічних процесів у продукті. Підвищена вологість може сприяти розвитку мікрофлори, активізації ферментативних процесів та зниженню стійкості борошна під час тривалого зберігання.

Одним із головних технологічних показників є масова частка сирої клейковини. Для борошна вищого ґатунку її вміст повинен становити не менше 24 %, для борошна першого ґатунку – не менше 25 %, для борошна другого ґатунку – не менше 21 %. Якість клейковини для всіх сортів повинна відповідати не нижче другої групи якості. Вміст та якість клейковини характеризують стан білкового комплексу борошна і значною мірою визначають його хлібопекарські властивості.

Важливим показником є кислотність. Для борошна вищого ґатунку вона не повинна перевищувати 3 градуси кислотності, для першого ґатунку – 3,5 градуса, для другого ґатунку – 4,5 градуса. Зростання кислотності від вищого до другого ґатунку обумовлене підвищенням вмісту біологічно активних речовин та ферментних систем периферійних частин зернівки.

Крупність борошна характеризує гранулометричний склад продукту. Для борошна вищого ґатунку залишок на ситі №43 не повинен перевищувати 5 %, а прохід через це сито повинен становити не менше 80 %. Для першого ґатунку залишок на ситі №35 не повинен перевищувати 2 %, а прохід через сито №43 повинен становити не менше 75 %. Для другого ґатунку залишок на ситі №27 не повинен перевищувати 2 %, а прохід через сито №38 повинен бути не менше 60 %. Гранулометричний склад впливає на водопоглинальну

здатність борошна, інтенсивність ферментативних процесів та реологічні властивості тіста.

Хімічний склад пшеничного борошна формується комплексом органічних та мінеральних речовин. Основними компонентами є вуглеводи, білки, ліпіди, харчові волокна, мінеральні речовини, вітаміни та ферменти. Співвідношення між цими компонентами істотно залежить від ґатунку борошна.

Борошно вищого ґатунку характеризується найбільшою часткою крохмалю серед усіх сортів. Його вміст зазвичай становить 74–76 %. Масова частка білка перебуває в межах 10,0–11,5 %. Вміст жиру становить 0,8–1,2 %, клітковини – 0,10–0,15 %, мінеральних речовин – близько 0,50 %. Основна частина сухих речовин представлена вуглеводами ендосперму.

Для борошна першого ґатунку характерний вміст білка на рівні 10,5–12,5 %, крохмалю 71–73 %, жиру 1,2–1,5 %, клітковини 0,2–0,4 %, мінеральних речовин 0,7–0,8 %. Збільшення частки периферійних тканин зернівки супроводжується підвищенням концентрації білкових речовин, ліпідів та мінеральних елементів.

Борошно другого ґатунку містить у середньому 11,0–13,5 % білка, 67–70 % крохмалю, 1,5–2,0 % жиру, 0,7–1,0 % клітковини та до 1,25 % мінеральних речовин. Для цього сорту характерний найбільший вміст алейронового шару серед сортового борошна, що обумовлює підвищену концентрацію білкових речовин, мінеральних елементів та вітамінів.

Білковий комплекс пшеничного борошна представлений альбумінами, глобулінами, гліадинами та глютенінами. Частка альбумінів становить 5–10 % від загальної кількості білка. Вони характеризуються високою розчинністю у воді та містять значну кількість незамінних амінокислот. Глобуліни становлять 5–15 % білкового комплексу та відзначаються підвищеним вмістом лізину порівняно з іншими білковими фракціями.

Основну масу білків пшеничного борошна формують гліадини та глютеніни. Частка гліадинів становить приблизно 40–50 % загального білка,

а частка глютенінів – 30–40 %. Саме ці фракції утворюють клейковинний комплекс, який визначає реологічні властивості тіста та хлібопекарську цінність борошна. У борошні другого ґатунку загальний вміст білкових речовин зазвичай є вищим, ніж у борошні вищого ґатунку, однак співвідношення окремих білкових фракцій може відрізнятися залежно від особливостей зерна, з якого вироблено борошно.

Амінокислотний склад білків пшеничного борошна характеризується високим вмістом глутамінової кислоти та проліну. Частка глутамінової кислоти може досягати 30–35 % від загальної кількості амінокислот. Значний вміст також мають пролін, лейцин, фенілаланін, валін та ізолейцин. Основною лімітуючою амінокислотою є лізин, вміст якого зазвичай становить близько 2,5–3,0 г на 100 г білка. Вміст метіоніну перебуває в межах 1,5–2,0 г на 100 г білка. Зі збільшенням сортності борошна загальна біологічна цінність білків дещо знижується внаслідок зменшення частки альбумінів і глобулінів.

Ліпідний комплекс пшеничного борошна представлений сукупністю нейтральних ліпідів, фосфоліпідів, гліколіпідів, вільних жирних кислот, стеролів та жиророзчинних біологічно активних речовин. Незважаючи на порівняно невисокий загальний вміст жиру, ліпідні компоненти суттєво впливають на технологічні властивості борошна, його збереженість та харчову цінність. Основна частина ліпідів локалізована в алейроновому шарі та зародку зернівки, тому зі збільшенням виходу борошна закономірно підвищується і вміст жирових речовин. У борошні вищого ґатунку вміст ліпідів зазвичай не перевищує 1,2 %, тоді як у борошні другого ґатунку може досягати 2,0 % і більше. Серед нейтральних ліпідів переважають триацилгліцероли, частка яких становить понад 70 % усіх жирів борошна. Фосфоліпіди складають у середньому 15–20 %, а гліколіпіди близько 5–10 % загальної кількості ліпідів.

Жирнокислотний склад характеризується переважанням ненасичених жирних кислот. Основною жирною кислотою є лінолева, частка якої зазвичай

становить 50–60 % усіх жирних кислот. Вміст олеїнової кислоти перебуває в межах 15–25 %, пальмітинової – 15–20 %, ліноленової – 3–8 %, стеаринової – 1–3 %. Незначними кількостями представлені арахідинова, бегенова та інші високомолекулярні жирні кислоти. Підвищення частки алейронового шару у складі борошна супроводжується збільшенням концентрації фосфоліпідів та ненасичених жирних кислот. Саме тому борошно другого ґатунку характеризується вищим вмістом біологічно активних ліпідних сполук порівняно з борошном вищого ґатунку.

Основну частину сухих речовин пшеничного борошна формує вуглеводний комплекс. Його основу становить крохмаль, частка якого залежно від сорту перебуває в межах від 67 до 76 %. Крохмаль є головним резервним полісахаридом ендосперму пшениці та визначає значну частину функціональних властивостей борошна. За своєю будовою він складається з двох фракцій – амілози та амілопектину. Амілоза являє собою переважно лінійний полімер глюкози, тоді як амілопектин має розгалужену структуру.

У крохмалі пшеничного борошна вміст амілози зазвичай становить 22–28 %, а амілопектину – 72–78 %. Співвідношення цих компонентів залишається відносно стабільним незалежно від сорту борошна, проте певні відмінності можуть спостерігатися залежно від сортових особливостей пшениці та умов формування зерна. Амілоза значною мірою впливає на здатність крохмалю до ретроградації, тоді як амілопектин визначає в'язкість крохмального клейстеру та його структурно–механічні характеристики.

Крохмальні гранули пшениці є неоднорідними за розмірами. У борошні присутні великі гранули типу А та дрібні гранули типу В. Великі гранули мають діаметр переважно від 20 до 35 мкм, іноді досягаючи 40 мкм. Дрібні гранули характеризуються розмірами від 2 до 10 мкм. За кількістю переважають дрібні гранули, однак основну масу крохмалю формують саме великі зерна. Середній діаметр крохмальних гранул пшеничного борошна перебуває в межах 15–25 мкм. Морфологічно великі гранули мають

переважно дископодібну або лінзоподібну форму, тоді як дрібні є більш сферичними.

Поряд із крохмалем до складу вуглеводного комплексу входять декстрини, геміцелюлози, пентозани, целюлоза та низькомолекулярні цукри. Загальна кількість розчинних цукрів зазвичай становить від 1,0 до 2,5 %. Основну частину становить сахароза, вміст якої може досягати 0,8–1,5 %. Також у борошні містяться глюкоза, фруктоза, рафіноза та мальтоза. У борошні другого ґатунку концентрація розчинних цукрів зазвичай дещо вища внаслідок збільшення частки периферійних тканин зернівки.

Особливе місце у складі борошна займають некрохмальні полісахариди, насамперед арабіноксилани. У борошні вищого ґатунку їх кількість становить приблизно 1,5–2,0 %, тоді як у борошні другого ґатунку вона може перевищувати 4 %. Арабіноксилани характеризуються високою водоутримувальною здатністю та суттєво впливають на фізичні властивості борошна.

Харчові волокна представлені переважно целюлозою, геміцелюлозами, лігніном та пектиновими речовинами. Їх вміст безпосередньо пов'язаний із сортністю борошна. Для борошна вищого ґатунку характерна найменша кількість харчових волокон, оскільки у його складі переважають частинки ендосперму. У борошні першого ґатунку вміст харчових волокон зростає приблизно у два–три рази. Для другого ґатунку характерне найбільше накопичення клітковини, геміцелюлоз та інших структурних полісахаридів, локалізованих у периферійних шарах зернівки.

Вітамінний комплекс пшеничного борошна представлений насамперед вітамінами групи В. Найбільше значення мають тіамін, рибофлавін, ніацин, пантотенова кислота, піридоксин та фолієва кислота. Вміст тіаміну у борошні вищого ґатунку зазвичай становить 0,10–0,15 мг на 100 г продукту. У борошні першого ґатунку цей показник збільшується до 0,25–0,35 мг/100 г, а у борошні другого ґатунку досягає 0,40–0,50 мг/100 г. Подібна закономірність спостерігається і для інших вітамінів групи В.

Концентрація рибофлавіну у борошні вищого ґатунку становить близько 0,03–0,05 мг/100 г, у першому ґатунку – 0,08–0,10 мг/100 г, у другому ґатунку – до 0,15 мг/100 г. Вміст ніацину може змінюватися від 1,0–1,5 мг/100 г у борошні вищого ґатунку до 4–5 мг/100 г у борошні другого ґатунку. Значне зростання концентрації вітамінів пояснюється тим, що їх основна частина локалізована в алейроновому шарі та зародку зерна.

Мінеральний комплекс пшеничного борошна характеризується значною різноманітністю елементів. Найбільшу частку складають фосфор, калій та магній. Вміст фосфору у борошні вищого ґатунку зазвичай перебуває в межах 80–120 мг на 100 г продукту. Для борошна першого ґатунку характерні значення 180–220 мг/100 г, а для другого ґатунку – 250–350 мг/100 г. Аналогічна тенденція спостерігається для калію, концентрація якого збільшується від 100–120 мг/100 г у борошні вищого ґатунку до 250–350 мг/100 г у борошні другого ґатунку.

Вміст магнію у борошні вищого ґатунку зазвичай становить 15–25 мг/100 г, у першому ґатунку – 35–50 мг/100 г, у другому ґатунку – 70–100 мг/100 г. Значно збільшується також концентрація кальцію, заліза, цинку, марганцю та міді. Вміст заліза у борошні другого ґатунку може перевищувати аналогічний показник борошна вищого ґатунку більш ніж удвічі.

Серед мікроелементів особливе значення мають цинк, марганець та мідь. Цинк бере участь у функціонуванні великої кількості ферментних систем, марганець є необхідним компонентом багатьох окисно–відновних процесів, а мідь бере участь у синтезі низки ферментів та білків. Концентрація цих елементів закономірно збільшується зі зростанням виходу борошна.

Важливою особливістю мінерального комплексу є те, що значна частина фосфору перебуває у формі фітинових сполук. Основним представником є фітинова кислота та її солі. Найбільша концентрація фітинових сполук характерна для борошна другого ґатунку, оскільки вони

локалізовані переважно в алейроновому шарі зернівки. Саме тому зі збільшенням зольності закономірно підвищується і вміст фосфорвмісних сполук.

Ферментний комплекс пшеничного борошна представлений амілазами, протеазами, ліпазами, ліпоксигеназами, фосфатазами та іншими ферментами. Найвища ферментативна активність характерна для борошна другого ґатунку, що пояснюється підвищеним вмістом периферійних частин зерна, де локалізується основна маса ферментних систем. Для борошна вищого ґатунку характерна найнижча активність більшості ферментів, що обумовлено переважанням частинок центральної частини ендосперму.

4.2 Вимоги до показників якості сировини та розрахунок помельної партії

Вимоги до показників якості сировини та розрахунок помельної партії є одними з ключових елементів організації борошномельного виробництва, оскільки саме характеристики зерна, яке надходить у переробку, визначають можливість отримання стабільних показників готової продукції, ефективність використання виробничих потужностей та економічні результати діяльності підприємства. Для борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна значення вхідного контролю сировини та формування помельних партій додатково зростає, оскільки робота сучасного високопродуктивного обладнання потребує стабільних характеристик зернової маси та прогнозованої поведінки сировини протягом виробничого циклу. У практиці борошномельної галузі України оцінювання якості зерна здійснюється відповідно до вимог ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови», який є основним нормативним документом, що регламентує показники якості зерна м’якої та твердої пшениці, призначеного для продовольчих і непродовольчих потреб. Стандарт встановлює класифікацію зерна за класами, визначає перелік класоутворювальних показників та встановлює їх нормативні значення.

Відповідно до ДСТУ 3768:2019 зерно м’якої пшениці поділяється на чотири класи залежно від показників якості. Саме ця класифікація використовується під час заготівлі зерна, його зберігання, формування помельних партій та організації виробничого контролю на борошномельних підприємствах.

Одним із найважливіших показників якості зерна є натура. Цей показник характеризує масу одного літра зерна та опосередковано відображає виповненість зернівки, її щільність і потенційну ефективність використання у борошномельному виробництві. Згідно з вимогами ДСТУ 3768:2019 для м’якої пшениці першого класу натура повинна становити не менше 775 г/л, для другого класу – не менше 750 г/л, для третього класу – не менше 730 г/л, тоді як для четвертого класу цей показник не нормується. Висока натура традиційно розглядається як одна з ознак доброї виповненості зерна та стабільності його технологічних характеристик.

Важливим показником є склоподібність зерна. Для першого класу м’якої пшениці її значення повинно становити не менше 50 %, для другого класу – не менше 40 %, тоді як для третього та четвертого класів нормативні вимоги щодо цього показника не встановлюються. Склоподібність традиційно використовується в українській борошномельній галузі як додатковий критерій оцінювання структурних особливостей ендосперму та прогнозування поведінки зерна під час переробки.

Обов’язковим показником для всіх класів є вологість зерна. Відповідно до чинного стандарту максимальне значення вологості для м’якої пшениці всіх класів становить 14,0 %. Перевищення цього показника негативно впливає на збереженість зерна, підвищує ризик самозігрівання та розвитку мікробіологічних процесів, а також може ускладнювати виробничу діяльність підприємства. Тому контроль вологості належить до найбільш відповідальних процедур під час приймання зерна.

Суттєве значення має вміст зернової домішки. Для першого класу м’якої пшениці її кількість не повинна перевищувати 5,0 %, для другого і третього класів – 8,0 %, для четвертого класу – 15,0 %. У складі зернової

домішки окремо нормуються биті зерна, вміст яких для перших трьох класів не повинен перевищувати 5,0 %. Частка зерен інших злакових культур не повинна перевищувати 3,0 % для першого класу та 4,0 % для другого і третього класів. Вміст пророслих зерен обмежується рівнем 2,0 % для першого класу та 3,0 % для другого і третього класів. Контроль цих показників дозволяє оцінювати однорідність зернової маси та її придатність для формування стабільних помельних партій.

Не менш важливим є контроль сміттєвої домішки. Для першого класу її вміст не повинен перевищувати 1,0 %, для другого і третього класів – 2,0 %, для четвертого класу – 3,0 %. У структурі сміттєвої домішки окремо нормується мінеральна домішка, максимальний вміст якої становить 0,3 % для першого класу та 0,5 % для другого і третього класів. Вміст гальки, шлаку та руди обмежується рівнем 0,15 %. Контроль цих показників має важливе значення для забезпечення безпечної експлуатації обладнання та зниження непродуктивних втрат.

Особлива увага приділяється вмісту зіпсованих зерен. Для першого та другого класів їх кількість не повинна перевищувати 0,3 %, для третього класу – 0,5 %. Фузаріозні зерна враховуються у складі зіпсованих зерен і перебувають під особливим контролем через ризики накопичення мікотоксинів. Стандарт також встановлює вимоги щодо шкідливої домішки, вміст якої для перших чотирьох класів не повинен перевищувати 0,2 %. Вміст ріжків та сажки обмежується рівнем 0,05 %. Наявність триходесми сивої не допускається.

Одним із головних класоутворювальних показників є масова частка білка. Для зерна м’якої пшениці першого класу її значення повинно становити не менше 14,0 % у перерахунку на суху речовину. Для другого класу норматив становить не менше 12,5 %, для третього класу – не менше 11,0 %, для четвертого класу – не менше 10,0–10,5 % залежно від редакції стандарту та сфери застосування зерна. Білок є одним із ключових показників, який враховується під час формування помельних партій,

оскільки безпосередньо впливає на функціональні властивості готового борошна.

Не менш важливим показником є масова частка сирої клейковини. Для зерна першого класу її вміст повинен становити не менше 28 %, для другого класу – не менше 23 %, для третього класу – не менше 18 %, тоді як для четвертого класу цей показник не нормується. Якість клейковини для перших трьох класів повинна відповідати I або II групі якості з показником приладу ВДК від 45 до 100 одиниць для першого і другого класів та від 20 до 100 одиниць для третього класу. Саме показники клейковини традиційно займають центральне місце під час оцінювання продовольчої цінності пшениці для борошномельного виробництва.

Важливим показником є число падіння, яке характеризує ферментативну активність зерна. Для першого класу його значення повинно бути не менше 220 с, для другого класу – не менше 180 с, для третього класу – не менше 150 с, для четвертого класу – не менше 130–150 с залежно від нормативного документа. Цей показник використовується під час формування помельних партій для забезпечення стабільності технологічних властивостей зернової суміші.

Окрім класоутворювальних показників, під час приймання зерна контролюють зараженість шкідниками, запах, колір, наявність теплового пошкодження, токсичних елементів, мікотоксинів, залишкових кількостей пестицидів та інших показників безпечності. Зерно повинно бути здоровим, , без сторонніх запахів і не зараженим шкідниками запасів. Ці вимоги є обов’язковими незалежно від класу зерна та визначають можливість його використання у харчових цілях.

Для сучасного борошномельного підприємства сам факт відповідності зерна вимогам певного класу ще не гарантує отримання стабільних виробничих результатів. Саме тому важливим елементом організації виробництва є формування помельної партії. Під помельною партією розуміють спеціально підготовлену суміш зерна різних партій, підібрану

таким чином, щоб забезпечити необхідні середньозважені показники якості для подальшої переробки. Формування помельних партій належить до основних функцій виробничо–технічної лабораторії та виробничих служб підприємства.

Необхідність розрахунку помельної партії обумовлена природною неоднорідністю зерна. Навіть зерно одного класу може істотно відрізнятися за окремими показниками якості залежно від сорту, року врожаю, ґрунтово–кліматичних умов регіону вирощування та умов післязбирального оброблення. Якщо використовувати окремі партії зерна без попереднього змішування, це може призводити до нестабільності виробничих показників та коливань властивостей готового борошна.

Основною метою розрахунку помельної партії є створення однорідної сировинної бази для безперервної роботи підприємства. У процесі розрахунку визначають співвідношення окремих партій зерна таким чином, щоб отримати необхідні середньозважені значення натури, білка, клейковини, числа падіння, вологості та інших показників. При цьому враховуються виробниче призначення борошна, вимоги споживачів, наявні запаси зерна та економічна доцільність використання окремих партій.

Практика української борошномельної галузі показує, що формування помельних партій дозволяє суттєво підвищити стабільність виробництва. Завдяки змішуванню сильнішого та слабшого зерна досягається вирівнювання показників білка і клейковини, стабілізується число падіння та забезпечується прогнозованість властивостей готової продукції. Особливо важливим це є для великих підприємств, які працюють у безперервному режимі та повинні гарантувати стабільність характеристик борошна протягом тривалого часу.

Для борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна значення правильно сформованої помельної партії додатково зростає. Високопродуктивне обладнання працює найбільш ефективно за умов стабільних характеристик сировини. Значні коливання

окремих показників можуть негативно впливати на виробничу ефективність та ускладнювати підтримання заданих параметрів виробництва. Саме тому сучасна система управління якістю передбачає постійний лабораторний моніторинг запасів зерна та регулярне коригування складу помельних партій залежно від результатів аналізів.

Вимоги до показників якості пшениці відповідно до ДСТУ 3768:2019 є основою організації сировинного забезпечення борошномельного виробництва. Контроль натури, вологості, склоподібності, вмісту домішок, білка, клейковини, числа падіння та показників безпечності дозволяє об'єктивно оцінювати придатність зерна до переробки. Водночас ключовим інструментом забезпечення стабільності виробництва виступає розрахунок помельної партії, який дає можливість формувати однорідну зернову суміш із прогнозованими характеристиками та забезпечувати ефективну роботу борошномельного заводу незалежно від природної мінливості окремих партій зерна.

4.3 Обґрунтування схеми технологічного процесу

Завод має продуктивність 300 т/добу. Передбачено сортовий помел м'якого зерна пшениці із загальним виходом борошна 78 %, у тому числі борошна вищого сорту – 60 %, другого сорту – 18 %.

Технологічна схема побудована відповідно до сучасних принципів організації сортових помелів із з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна.

Схема включає п'ять основних етапів: первинне здрібнювання зерна з вимелом оболонкових продуктів, сортування проміжних продуктів, збагачення крупок і дунстів, розмел проміжних продуктів та контроль готової продукції.

Етап первинного здрібнювання зерна є скороченим і включає чотири драні системи, а також три системи вимелу оболонкових продуктів.

Подрібнення зерна здійснюється у 8-вальцьових верстатах GDVP 250/1250 на I+II драних системах і 1+2 розмельних системах, а також у вальцьових верстатах GPV 250/1000. Для вимелу оболонкових продуктів застосовано радіально-бичові машини А1-БВГ.

Перша і друга драні системи об'єднані, що обумовлено використанням двостадійного подрібнення зерна. Таке технологічне рішення дозволяє підвищити ефективність вилучення ендосперму при одночасному зменшенні кількості технологічного обладнання. Третя драна система поділена на крупну і дрібну, що забезпечує роздільне подрібнення сходових продуктів, які відрізняються за крупністю та доброякісністю. Перші три драні системи виконують функцію крупоутворення, тобто забезпечують одержання максимальної кількості проміжних продуктів у вигляді крупок і дунстів різної крупності.

Четверта драна система разом із системами вимелу оболонкових продуктів забезпечує максимальне вилучення ендосперму із оболонкових продуктів. На даному етапі технологічного процесу основним завданням є зниження втрат ендосперму з висівками та підвищення загального виходу борошна.

Проміжні продукти, отримані на крупоутворюючих системах, характеризуються високою якістю, оскільки складаються переважно з часток ендосперму із незначним вмістом оболонок. За показниками зольності такі продукти відповідають якості зерна, що переробляється, або є кращими за нього. Для забезпечення максимально ефективного розділення проміжних продуктів у розсійниках застосовані технологічні схеми, які дозволяють одержувати п'ять фракцій продуктів: крупну крупку, середню крупку, дрібну крупку, дунсти та муку.

Крупну і середню крупки спрямовують окремими потоками на ситовіяльні системи для подальшого збагачення. Дрібну крупку разом із дунстами та частково борошном подають на сортувальні системи. Такий

підхід забезпечує диференційоване опрацювання продуктів залежно від їх крупності, зольності та вмісту оболонкових часток.

У розсійниках крупоутворюючих систем отримують також певну кількість борошна, за винятком першої драної системи, де основною задачею є максимальне вилучення проміжних продуктів різної крупності. Вимел оболонкових продуктів починають після третьої драної крупної системи. Другий схід спрямовують на першу вимелюючу систему. Основний вимел здійснюється на четвертій драній крупній системі та вимелюючих системах, оснащених радіально-бичовими машинами А1-БВГ.

Проміжні продукти крупоутворюючих систем та продукти вимелу оболонок після вимелюючих систем сортують на трьох сортувальних системах. Для сортування застосовують розсійники марки GKEP 8/28. На цих системах опрацьовують суміш дрібної крупки, дунстів і частково борошна, отриманих із крупоутворюючих систем, а також продукти вимелу оболонкових продуктів.

Під час сортування виділяють жорсткий і м’який дунсти. Жорсткий дунст спрямовують на ситовіяльні системи для збагачення, а м’який дунст подають безпосередньо на розмельні системи. Такий технологічний підхід дозволяє більш раціонально використовувати якісний потенціал проміжних продуктів та знижувати навантаження на системи збагачення.

Крупки і дунсти першої якості, отримані на етапах крупоутворення та сортування, збагачують на чотирьох ситовіяльних системах, які обслуговуються двома ситовіяльними машинами SBIS 5OD. Крупну крупку збагачують на першій ситовіяльній системі, середню крупку - на другій і третій системах, суміш дрібної крупки - на четвертій системі.

Із усіх ситовіяльних систем збагачені продукти спрямовують на першу розмельну та першу шліфувальну системи. Сходові продукти повертають на третю драну дрібну систему для повторного опрацювання. Середню крупку, отриману з третьої драної системи, також збагачують на третій ситовіяльній системі, проте через її нижчу якість у порівнянні з

аналогічною крупкою, отриманою з першої та другої драних систем, сходові продукти цієї системи спрямовують на четверту та сьому розмельні системи, які опрацьовують продукти з підвищеним вмістом оболонкових часток.

Ситовіяльні машини SBIS 5OD мають гнучку технологічну схему організації потоків проходових і сходових продуктів. Передбачена можливість об'єднання сходових потоків у напрямку від останнього сходового продукту до попереднього. Така організація процесу обумовлена різною якістю сходових продуктів. Найвищу зольність має верхній сходовий продукт, тому до нього може бути спрямований другий сход, який характеризується кращими показниками якості. Аналогічно допускається об'єднання третього сходу з другим.

Етап розмелу проміжних продуктів включає дев'ять розмельних та дві шліфувальні системи. На шліфувальні системи подають лише збагачені крупні, середні та дрібні крупки після ситовіяльних машин.

Розмельні системи поділяються на три групи залежно від якості продуктів, що на них опрацьовуються. До першої групи належать 1+2 та 3-я розмельні системи. Вони опрацьовують крупки і дунсти першої якості. На 1+2 розмельні системи, які об'єднані, спрямовують найкращі за якістю крупні та середні крупки, а також дрібну крупку. Частки із зростками оболонок спрямовують на першу шліфувальну систему.

Основним завданням шліфувальних систем є відокремлення оболонкових часток від ендосперму з подальшим вилученням оболонок у розсійниках. Такий технологічний прийом дозволяє знизити зольність проміжних продуктів і підвищити вихід борошна вищого сорту.

На третю та четверту розмельні системи подають дунсти. Друга група включає четверту, п'яту та шосту розмельні системи, які опрацьовують продукти другої якості. Четверта і шоста розмельні системи є сходовими. Четверта система опрацьовує сходові продукти систем першої якості, а шоста - продукти другої якості та сходові продукти ситовіяльних систем.

Третя група розмельних систем включає сьому, восьму та дев'яту системи. Їх призначення полягає у вимелі оболонкових продуктів, що надходять із другої групи розмельних систем та із систем вимелу етапу первинного здрібнювання зерна.

На кожній розмельній системі застосовується двоетапне здрібнювання продуктів. На першому етапі подрібнення здійснюється у вальцьових верстатах, після чого продукти додатково опрацьовуються в ентолейторах РЗ-БЕР на першій, другій та третій розмельних системах або у барабанних деташерах А1-БДГ на інших системах.

Використання двоетапного здрібнювання забезпечує підвищення ефективності руйнування часток ендосперму та конгломератів, які утворюються після проходження вальцьових верстатів. Додаткове механічне опрацювання дозволяє підвищити ступінь вилучення ендосперму та покращити технологічні показники проміжних продуктів.

Контроль готового борошна здійснюють у два потоки. Перший потік контролює борошно вищого сорту, другий потік - борошно другого сорту. Така організація контролю забезпечує стабільність показників якості готової продукції та відповідність вимогам нормативної документації щодо сортового борошна.

4.4 Розрахунок балансу помелу зерна

Баланс помелу являє собою систему взаємопов'язаних кількісних і якісних співвідношень між продуктами, що надходять на окрему систему, етап технологічного процесу або на весь технологічний процес у цілому, та продуктами, які отримують після їх опрацювання. Баланс помелу характеризує закономірності розподілу продуктів переробки зерна за кількістю, якістю та напрямками подальшого технологічного опрацювання. Його застосування дозволяє контролювати ефективність ведення технологічного процесу, оцінювати ступінь вилучення ендосперму,

визначати стабільність виходу готової продукції та забезпечувати відповідність показників якості вимогам нормативної документації.

Залежно від об’єкта розрахунку розрізняють баланс окремої системи, баланс етапу технологічного процесу, баланс усього технологічного процесу, а також кількісні та кількісно-якісні баланси. Баланс окремої системи характеризує співвідношення між кількістю продуктів, що надходять на конкретну систему, та продуктами, які після опрацювання направляються на наступні системи. Баланс етапу охоплює групу взаємопов’язаних систем певного етапу технологічного процесу, наприклад драного, сортувального або розмельного. Загальний баланс технологічного процесу характеризує розподіл усіх продуктів від моменту подачі зерна на помел до отримання готової продукції та побічних продуктів.

У кількісному балансі відображають кількість продуктів, які надходять на системи, етапи або у весь технологічний процес, а також кількість продуктів, що виходять після їх опрацювання. Кількісний баланс виражають у відсотках до маси зерна, що надходить на помел. Такий підхід дозволяє визначити вихід готової продукції, величину втрат, співвідношення між окремими потоками проміжних продуктів та ефективність роботи окремих систем.

У кількісному балансі проектованого борошномельного підприємства відображають рекомендовані нормативні режими роботи технологічного обладнання, а також навантаження на кожній системі технологічного процесу. Дотримання встановлених навантажень і режимів роботи є необхідною умовою стабільного ведення помелу та забезпечення заданих виходів борошна за сортами. Кількісний баланс дозволяє встановити оптимальний розподіл продуктів між системами, контролювати навантаження на технологічне обладнання та забезпечувати раціональне використання ендосперму зерна.

Кількісно-якісний баланс використовують для характеристики потоків борошна, висівок, манної крупи, крупок, дунстів та інших проміжних

продуктів. Такий баланс проектують за одним або декількома показниками якості, серед яких найбільш важливими є зольність, вміст білка, кількість та якість клейковини, білість борошна та інші технологічні показники. Під час проектування кількісно-якісного балансу враховують якість зерна, що надходить на переробку, оскільки саме властивості вихідної сировини визначають якість готової продукції та особливості розподілу продуктів у технологічному процесі.

Кількісно-якісні баланси проектують як для всього помелу, так і для окремих етапів технологічного процесу, систем або груп продуктів. Вони можуть охоплювати всі продукти технологічного процесу або лише готову продукцію, до якої належать борошно різних сортів, манна крупа та висівки. Найбільш поширеним є кількісно-якісний баланс готової продукції, який дозволяє оцінити відповідність показників якості готових продуктів встановленим нормативним вимогам.

При розрахунку кількісно-якісного балансу готової продукції спочатку визначають середньозважені показники якості для кожного окремого потоку борошна, висівок або манної крупи. Для цього кількість кожного потоку множать на відповідний показник якості. Отримані результати сумують окремо для всіх потоків борошна, висівок та манної крупи, після чого сумарне значення ділять на загальну кількість відповідного продукту. Таким способом визначають середньозважені показники якості готової продукції.

Аналогічно визначають середньозважені показники якості всієї продукції помелу. Отримані результати порівнюють із показниками якості зерна, що надходить на переробку. Таке порівняння дозволяє оцінити ефективність технологічного процесу, ступінь вилучення ендосперму, рівень відокремлення оболонкових часток та правильність організації сортового помелу. Кількісно-якісний баланс є одним із основних інструментів технологічного контролю борошномельного виробництва та

використовується для оцінки роботи окремих систем і технологічного процесу в цілому.

Таблиця 4.1. – Розрахунок середньозваженої зольності борошна вищого сорту за балансом.

Система	Вилучення борошна аі, %	Зольність борошна Zі,%	Золопроценти аі * Zі,%%
III кр.др.с.	2,0	0,65	1,30
III др.др.с.	2,0	0,70	1,40
Сорт 1	14,8	0,50	7,40
Сорт 2	2,0	0,65	1,30
2шл.	3,4	0,44	1,50
1+2 р.с.	19,6	0,48	9,41
3 р.с.	13,0	0,52	6,76
5 р.с.	2,3	0,55	1,27
6 р.с.	1,5	0,80	1,20
Контроль борошна в/с	60,6	0,52	31,5
Схід з контролю в/с	0,6	0,82	0,49
Борошно в/с	60,0	0,51	31,01

Таблиця 4.2. – Розрахунок середньозваженої зольності борошна другого сорту за балансом.

Система	Вилучення борошна аі, %	Зольність борошна Zі,%	Золопроцентиаі * Zі,%%
IVдркр.с.	1,0	1,0	1,0
IVдр.м.с.	1,5	1,20	1,8
Сорт 3	0,9	1,08	0,97
1шл.	1,8	0,52	0,94
4р.с.	2,5	0,62	1,55
5р.с.	3,1	0,70	2,17
6р.с.	2,2	1,0	2,2
7р.с.	2,1	1,44	3,02
8 р.с.	1,8	1,62	2,92
9 р.с.	1,4	2,2	3,08
Контроль борошна 2/с	18,2	1,4	25,5
Схід з контролю 2/с	0,2	1,82	0,36
Борошно 2/с	18,0	1,45	25,86

Таблиця 4.3. – Розрахунок середньозваженої білизни борошна вищого сорту за балансом

Система	Вилучення борошна аі, %	Білизна борошна,од	аі * Бі
III кр.др.с.	2,0	50	100
III др.др.с.	2,0	48	96
Сорт 1	14,8	52	770
Сорт 2	2,0	50	100
2шл.	3,4	65	221
1+2 р.с.	19,6	62	1215
3 р.с.	13,0	55	715
5 р.с.	2,3	55	127
6 р.с.	1,5	48	72
Контроль борошна в/с	60,6	56	3416
Схід з контролю в/с	0,6	38	23
Борошно в/с	60,0	57	3439

Таблиця 4.4. – Розрахунок середньозваженої білизни борошна другого сорту за балансом

Система	Вилучення борошна аі, %	Білизна борошна,од	аі * Бі
IVдркр. с.	1,0	20	20
IVдр.м.с.	1,5	15	23
Сорт 3	0,9	15	14
1шл.	1,8	50	90
4р.с.	2,5	45	113
5р.с.	3,1	48	149
6р.с.	2,2	30	66
7р.с.	2,1	16	34
8 р.с.	1,8	10	18
9 р.с.	1,4	4	6
Контроль борошна 2/с	18,2	29,2	533
Схід з контролю 2/с	0,2	0	0
Борошно 2/с	18,0	29,6	533

Таблиця 4.5. – Розрахунок середньозваженої зольності висівок

Система	Вилучення борошна аі, %	Зольність борошна Zi,%	Золопроценти аі * Zi,%%
Вим.2	3,9	6,10	24
III др.др.с.	2,7	5,6	15
Сорт 3	1,6	4,2	7
4р.с.	0,3	4,30	1
7р.с.	1,0	4,50	5
8 р.с.	2,3	4,75	11
9 р.с.	4,3	4,95	21
Висівки	16,1	5,2	83

Визначивши якість (зольність) борошна вищого і другого сортів, і висівок, визначають зольність зерна:

$$Z_з = \frac{авс*Zвс + а2с*Z2с + авис*Zвис + Ам*Zм)}{Аз} = \frac{60*0,51+18*1,45+16,1*5,2}{94,1} = 1,5\ \%.$$

4.5 Підбір та розрахунок технологічного обладнання

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

Необхідну кількість основного технологічного обладнання розмельного відділення (вальцьові верстати, розсійники, ситовіяльні машини) визначають по системах на основі даних розрахованого кількісного балансу і нормативних питомих навантажень на зазначене технологічне обладнання по системах. При цьому розраховують довжину вальцьової лінії, площу просіюючої поверхні, ширину приймального сита ситовіяльних машин по кожній системі окремо.

Розрахункову довжину вальцьової лінії l_i по кожній системі визначають за формулою

$$l_{ip} = \frac{q_i}{q_{lін}},$$

де $\mathbf{q_i}$ – балансове навантаження на систему, кг/доб;

$\mathbf{q_{lін}}$ – нормативне навантаження на вальцьову лінію, кг/см·доб

Розрахункову площу просіюючої поверхні f_{ip} по кожній системі визначають за формулою

$$f_{ip} = \frac{q_i}{q_{fін}},$$

де $\mathbf{q_{fін}}$– нормативне навантаження на просіюючу поверхню, кг/м^2·доб.

Нормативне навантаження на просіюючу поверхню$\mathbf{q_{fін}}$ (т/секц.·доб), а $\mathbf{q_{fін}}$(кг/м^2·доб) визначають за формулою

$$q_{fiн} = 1000 \frac{q_{fiн} \frac{m}{секц. \cdot доб}}{S_{1секц.}},$$

де $S_{1секц.}$– площа однієї секції розсійника. Для розсійників ЗРМ; ЗРШ-4М і ЗРШ-6М; ЗРШ6-3М і ЗРШ4-3М; ЗРШ6-4М і ЗРШ4-4М; Р3-БРБ і Р3-БРВ $S_{1секц.}$ дорівнює 4,05; 4,25; 3,88; 4,5; 4,7.

Розрахункову кількість секцій n_{ip}визначають за формулою

$$n_{ip} = \frac{q_i}{q_{fiн} \cdot 1000},$$

де $q_{fiн}$– нормативне навантаження на просіюючу поверхню, т/секц.·доб.

Розрахункову ширину приймального сита ситовіяльної машини по кожній системі визначають за формулою

$$b_{ip} = \frac{q_i}{q_{biн}},$$

де $q_{biн}$ – нормативне навантаження на 1 см ширини приймального сита, кг/доб.

Балансове навантаження на систему q_i (кг/доб) визначають за формулою

$$q_i = \frac{Q \cdot 1000 \cdot a_i}{100},$$

де **Q** – продуктивність заводу, т/доб;

a_i – навантаження на систему, %.

Фактичне навантаження на систему $q_{liф}$, $q_{fiф}$, $q_{biф}$ (кг/доб) визначають за формулою

$$q_{liф}, q_{fiф}, q_{biф} = \frac{q_i}{l_{iф}, f_{iф}, b_{iф}},$$

де $l_{iф}$, $f_{iф}$, $b_{iф}$ – фактична довжина, площа просіюючої поверхні, ширина приймального сита для кожної системи, см або м^2.

Результати розрахунків вальцьової лінії, просіюючої поверхні, ширини приймального сита ситовіяльної машини наводять у вигляді табл.4.6-4.10

Таблиця 4.6. – Розрахунок вальцьової лінії

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 см вальцьової лінії, $q_{iн}$, кг/доб	Довжина вальцьової лінії, см		Прийнята кількість верстатів, $n_{i,шт}$	Типорозмір верстата, см	Фактичне навантаження на 1 см вальцьової лінії, $q_{iф}$, кг/доб
	a_i, %	q_i, кг/доб		розрахункова $l_{iр}$, см	фактична $l_{iф}$, см			
I+ II др.с.	94,1	282300	560	504	1000	2,0	100х25х2	282
III др. с.кр.	16,1	48200	300	92	100	1,0	100х25	482
III др. с.др.	14,4	43180	300	173	200	1,0	100х25	216
IV др.кр.	11,2	33567	250	134	100	0,5	100х25	336
IV др.м..	4,2	12472	190	66	100	0,5	100х25	125
1шл.	8,8	26490	250	106	100	0,5	100х25	265
2шл.	6,8	20535	225	91	100	0,5	100х25	205
1+2р.с.	32,7	97956	200	490	1000	2,0	100х25х2	98
3р.с.	21,7	65045	300	217	200	1,0	100х25	325
4р.с.	9,2	27656	190	146	200	1,0	100х25	138
5р.с.	13,3	39880	225	177	200	1,0	100х25	199
6р.с.	8,3	24848	250	99	100	0,5	100х25	248
7р.с	6,5	20826	360	58	100	0,5	100х25	208
8р.с	6,9	19596	250	78	100	0,5	100х25	196
9р.с	5,7	17111	280	61	100	0,5	100х25	171
				Всього	3700	13,0		

Приймаємо вальцьові станки

9шт. 100х25-марки GPV 250/1000

4шт. 100х25х2-марки GDPV 250/1250

Таблиця 4.7. – Розрахунок просіюючої поверхні

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 секцію розсійника, $q_{iн}$, т/доб	Кількість секцій			Марка розсійника	Фактичне навантаження на 1 секцію розсійника, $q_{iф}$, т/доб
	a_i, %	q_i, кг/доб		розрахункова, $n_{iф,шт}$	фактична, $n_{iф,шт}$	n_i		
I+ II др.с.	94,1	28230	63	21,1	24	4	GKEP 8/28(6м2)	71
III др. с.кр.	16,1	4820	36	4,3	12	2	GKEP 8/28(6м2)	48
III др. с.др.	14,4	4318	30	6,8	12	2	GKEP 8/28(6м2)	43
IV др.м.	11,2	3357	33	4,8	6	1	GKEP 8/28(6м2)	34
IV др.с.	4,2	1247	45	1,3	6	1	GKEP 8/28(6м2)	12
Сорт.1	36,0	10800	21	24,2	24	4	GKEP 8/28(6м2)	27
Сорт.2	8,0	2400	45	2,5	6	1	GKEP 8/28(6м2)	24
Сорт.3	4,3	1297	36	1,7	6	1	GKEP 8/28(6м2)	13
1 шл.с.	8,8	2649	30	4,2	6	1	GKEP 8/28(6м2)	26
2 шл.с.	6,8	2054	30	3,2	6	1	GKEP 8/28(6м2)	21
1+2 р.с.	32,7	9796	45	10,2	12	2	GKEP 8/28(6м2)	49
3р.с.	21,7	6505	30	10,2	12	2	GKEP 8/28(6м2)	33
4р.с.	9,2	2766	45	2,9	6	1	GKEP 8/28(6м2)	28
5р.с.	13,3	3988	23	8,1	12	2	GKEP 8/28(6м2)	20
6р.с.	8,3	2485	27	4,3	6	1	GKEP 8/28(6м2)	25
7р.с.	6,9	2083	36	2,7	6	1	GKEP 8/28(6м2)	21
8 р.с.	6,5	1960	30	3,1	6	0,5	GKEP 8/28(6м2)	20
9р.с.	5,7	1711	25	3,2	6	0,5	GKEP 8/28(6м2)	17
К.м.В/с	60,6	18172	70	12,3	12	2	GKEP 8/28(6м2)	91
К.м.2/с	18,2	5456	70	3,7	6	2	GKEP 8/28(6м2)	55
					Всього	32		

Приймаємо розсійник марки GKEP 8/28-4 шт.

Таблиця 4.8. – Розрахунок ширини приймального сита сито віяльної машини

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 см ширини сита q_{bin}, кг/доб	Ширина приймального сита, см		Прийнята кількість ситовійок, n_i	Марка ситовійки	Фактичне навантаження на 1 см ширини сита $q_{biф}$, кг/доб
	a_i, %	q_i, кг/доб		розрахункова, $b_{ip,шт}$	фактична, $b_{iф,шт}$			
В 1	16,0	36000	600	80	80	1,0	SBIS 5OD	391
В 2	18,0	66000	500	98	138	1,0	SBIS 5OD	478
В 3	4,5	13500	500	27	46	0,5	SBIS 5OD	293
В 4	16,2	48600	650	143	184	1,5	SBIS 5OD	492
Всього					448	4,0		

Таблиця 4.9. – Розрахунок вимельних машин

Система	Балансове навантаження, %	Продуктивність, т/год	Розрахункова кількість, шт.	Фактична кількість, шт.
Вим.1	5,4	0,8	0,84	1
Вим.2	5,9	0,8	0,92	1
Вим.3	4,1	0,8	0,64	1

Таблиця 4.10. – Фактичних середніх питомих навантажень

Середні питомі навантаження		
q_l=(Q*1000)/$L_ф$, кг*см/добу	81,08	65-75
q_f=(Q*1000)/$F_ф$, кг*см/добу	1562	1300-1400
q_b=(Q*1000)/$B_ф$, кг*см/добу	669	500-600

4.6 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР

Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва на борошномельному заводі з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна є невід’ємною складовою системи управління якістю та безпечністю харчової продукції, яка забезпечує стабільність виробничої діяльності, відповідність готової продукції встановленим нормативним вимогам, ефективне функціонування технологічного обладнання та

виконання законодавчих вимог щодо виробництва харчових продуктів. У сучасних умовах технохімічний контроль розглядається не лише як система лабораторних досліджень окремих показників сировини та продукції, а як комплексна виробничо–аналітична діяльність, спрямована на забезпечення керованості виробничого процесу, своєчасне виявлення відхилень, попередження виникнення невідповідностей та підтримання належного рівня безпечності продукції на всіх етапах виробництва. Особливого значення така система набуває для сучасних борошномельних підприємств, де висока продуктивність обладнання та значні обсяги переробки потребують постійного моніторингу виробничих параметрів і швидкого прийняття управлінських рішень.

Організація технохімічного контролю на борошномельному заводі базується на вимогах законодавства України у сфері безпечності харчових продуктів, стандартизації та метрологічного забезпечення. Основу нормативно–правового регулювання складають Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», Закон України «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров’я та благополуччя тварин», Закон України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів», Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», а також вимоги національних стандартів, гармонізованих із міжнародними нормативними документами. Діяльність виробничо–технічної лабораторії повинна відповідати принципам простежуваності результатів вимірювань, достовірності аналітичних даних та забезпечення належного рівня лабораторного контролю.

Центральне місце у системі технохімічного контролю займає виробничо–технічна лабораторія підприємства. Саме вона виконує функції контролю сировини, проміжної продукції, готової продукції, допоміжних матеріалів, санітарного стану виробництва та здійснює аналітичний супровід виробничої діяльності. Виробничо–технічна лабораторія є структурним

підрозділом підприємства, який безпосередньо взаємодіє з виробничими службами, відділом якості, службою безпечності харчових продуктів та керівництвом підприємства. Ефективність функціонування лабораторії значною мірою визначає рівень керованості виробництва та здатність підприємства забезпечувати стабільність виробничих показників.

Основними завданнями виробничо–технічної лабораторії є здійснення вхідного контролю сировини, проведення поточного виробничого контролю, контроль готової продукції, мікробіологічний моніторинг виробничого середовища, ведення документації системи якості та участь у функціонуванні системи НАССР. Крім того, лабораторія забезпечує накопичення та аналіз інформації щодо виробничих показників, розробляє пропозиції щодо вдосконалення виробничого контролю та бере участь у розслідуванні випадків виникнення невідповідностей.

Особливого значення набуває організація відбору проб. Відбір проб є одним із найвідповідальніших етапів лабораторного контролю, оскільки достовірність результатів досліджень безпосередньо залежить від репрезентативності відібраного зразка. Відбір проб здійснюється відповідно до затверджених інструкцій, стандартних операційних процедур та вимог чинних нормативних документів. Проби відбираються під час приймання сировини, у процесі виробництва, під час зберігання продукції та перед її відвантаженням споживачу. Усі дії, пов’язані з відбором проб, повинні бути документально зафіксовані із зазначенням дати, часу, місця відбору, номера партії та особи, яка виконувала відповідну операцію.

Виробничо–технічна лабораторія забезпечує формування середніх проб, їх маркування, реєстрацію та зберігання. Контрольні зразки продукції зберігаються протягом встановленого терміну для забезпечення можливості проведення повторних досліджень у разі виникнення претензій або необхідності додаткової перевірки результатів аналізів. Ведення архіву контрольних проб є важливим елементом системи простежуваності продукції.

Технохімічний контроль охоплює широкий комплекс лабораторних досліджень, спрямованих на визначення фізико–хімічних показників сировини та продукції. Отримані результати використовуються для оцінки відповідності встановленим нормативним вимогам, контролю стабільності виробництва та прийняття оперативних виробничих рішень. Особливістю сучасного борошномельного виробництва є необхідність оперативного отримання аналітичної інформації, що обумовлює широке застосування автоматизованих засобів контролю та сучасного лабораторного обладнання.

Важливою складовою діяльності лабораторії є метрологічне забезпечення. Усі засоби вимірювальної техніки повинні проходити періодичну повірку, калібрування та технічне обслуговування відповідно до вимог чинного законодавства. Достовірність результатів аналізів забезпечується застосуванням атестованих методик вимірювань, використанням сертифікованих стандартних зразків та дотриманням вимог внутрішньолабораторного контролю якості.

Поряд із технохімічним контролем важливе місце займає мікробіологічний контроль. Незважаючи на те, що борошно належить до продукції з відносно низькою вологістю, мікробіологічні показники залишаються важливим критерієм безпечності продукції. Сучасний підхід до мікробіологічного контролю передбачає оцінку не лише готової продукції, але й виробничого середовища, технологічного обладнання, повітря виробничих приміщень, інвентарю та поверхонь, що контактують із продукцією.

Мікробіологічний моніторинг здійснюється відповідно до затверджених програм виробничого контролю. Періодичність досліджень визначається результатами аналізу ризиків, вимогами законодавства та внутрішніми процедурами підприємства. Особлива увага приділяється контролю санітарного стану виробничих приміщень, оскільки саме виробниче середовище може бути джерелом мікробіологічного забруднення продукції.

Для оцінки ефективності санітарної обробки використовуються методи контролю змивів із обладнання, виробничих поверхонь, інструментів та інших об’єктів виробничого середовища. Отримані результати дозволяють оцінювати ефективність програм санітарії, своєчасно виявляти проблемні ділянки та коригувати процедури очищення і дезінфекції.

Одним із ключових напрямків сучасного виробничого контролю є функціонування системи HACCP. Відповідно до вимог українського законодавства всі оператори ринку харчових продуктів зобов’язані впроваджувати процедури, засновані на принципах HACCP. Система HACCP розглядається як превентивний інструмент управління ризиками, спрямований на забезпечення безпечності харчової продукції шляхом виявлення небезпечних факторів та контролю критичних точок виробництва.

Впровадження HACCP на борошномельному заводі починається з формування групи HACCP, до складу якої входять представники виробничих підрозділів, лабораторії, служби якості, інженерних служб та керівництва підприємства. Робота групи базується на систематичному аналізі виробництва, оцінці потенційних ризиків та розробленні заходів щодо їх контролю.

Функціонування системи HACCP неможливе без належним чином організованих програм–передумов. До них належать санітарно–гігієнічні заходи, контроль водопостачання, боротьба зі шкідниками, технічне обслуговування обладнання, калібрування засобів вимірювання, навчання персоналу, управління відходами, контроль постачальників та інші елементи виробничої гігієни. Саме програми–передумови створюють основу для ефективної роботи системи HACCP та забезпечують контроль значної частини потенційних небезпечних факторів.

Після проведення аналізу ризиків визначаються небезпечні фактори біологічного, хімічного та фізичного походження. Для кожного з них оцінюється ймовірність виникнення та потенційна тяжкість наслідків. На

основі отриманих результатів визначаються критичні контрольні точки або інші контрольні заходи, необхідні для забезпечення безпечності продукції.

Для кожної критичної контрольної точки встановлюються критичні межі, процедури моніторингу, коригувальні дії, методи верифікації та порядок ведення документації. Усі процедури повинні бути формалізовані у вигляді документованих інструкцій та доступні для персоналу, відповідального за їх виконання.

Документування є одним із фундаментальних принципів системи НАССР. На підприємстві ведеться значний обсяг документації, що підтверджує функціонування системи управління безпечністю харчових продуктів. До таких документів належать політика у сфері якості та безпечності, програми–передумови, плани НАССР, процедури моніторингу, журнали реєстрації результатів контролю, акти перевірок, звіти внутрішніх аудитів, протоколи навчання персоналу, результати лабораторних досліджень та інші записи.

Виробничо–технічна лабораторія бере безпосередню участь у веденні значної частини документації. До основних документів лабораторії належать журнали реєстрації проб, журнали результатів аналізів, протоколи випробувань, журнали контролю обладнання, журнали калібрування засобів вимірювальної техніки, журнали мікробіологічного контролю, акти відбору проб, журнали контролю санітарного стану виробництва та інші форми облікової документації.

Сучасна практика управління якістю передбачає поступовий перехід до електронного ведення документації. Автоматизовані системи управління лабораторною інформацією дозволяють забезпечити швидкий доступ до результатів аналізів, спростити процедури простежуваності та підвищити ефективність управління виробничими даними. Особливо актуальним це є для великих підприємств, де щоденно формується значний обсяг аналітичної інформації.

Важливим елементом системи контролю є внутрішній аудит. Регулярне проведення внутрішніх перевірок дозволяє оцінювати ефективність функціонування системи НАССР, відповідність діяльності підприємства встановленим процедурам та своєчасно виявляти можливості для вдосконалення. У проведенні внутрішніх аудитів активну участь бере виробничо–технічна лабораторія як основне джерело об'єктивної інформації про результати контролю.

Не менш важливим напрямком є навчання персоналу. Ефективність технохімічного контролю та системи НАССР значною мірою залежить від рівня підготовки працівників. Тому на підприємстві повинна функціонувати система постійного підвищення кваліфікації, яка охоплює питання безпечності харчових продуктів, лабораторного контролю, виробничої гігієни, ведення документації та виконання процедур НАССР.

У сучасних умовах діяльність виробничо–технічної лабораторії дедалі більше орієнтується на ризик–орієнтований підхід. Це означає, що інтенсивність контролю, періодичність відбору проб та обсяги лабораторних досліджень визначаються не лише вимогами нормативної документації, але й результатами аналізу ризиків конкретного підприємства. Такий підхід дозволяє більш ефективно використовувати лабораторні ресурси та концентрувати увагу на найбільш значущих факторах ризику.

Технохімічний і мікробіологічний контроль на борошномельному заводі з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна являє собою багаторівневу систему аналітичного супроводу виробництва, яка охоплює всі етапи виробничої діяльності підприємства. Центральною ланкою цієї системи виступає виробничо–технічна лабораторія, яка забезпечує проведення технохімічних і мікробіологічних досліджень, організацію відбору проб, ведення лабораторної документації, метрологічне забезпечення та участь у функціонуванні системи НАССР. Комплексне поєднання лабораторного контролю, програм–передумов, процедур аналізу ризиків, внутрішнього аудиту, документування та безперервного вдосконалення

забезпечує належний рівень безпечності продукції, стабільність виробництва та відповідність діяльності підприємства сучасним вимогам харчового законодавства України.

4.7 Охорона праці

Охорона праці на борошномельному заводі з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна є комплексною системою організаційних, технічних, санітарно–гігієнічних, соціально–економічних та правових заходів, спрямованих на забезпечення безпечних і здорових умов праці персоналу, запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням та аварійним ситуаціям. У сучасних умовах охорона праці розглядається не лише як обов'язкова вимога законодавства, але і як один із ключових елементів ефективного функціонування підприємства. Для борошномельної промисловості питання безпеки праці мають особливе значення через наявність комплексу виробничих факторів, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників, технічний стан обладнання та загальну безпеку виробництва. До таких факторів належать виробничий пил, шум, вібрація, електричний струм, рухомі частини машин і механізмів, несприятливі параметри мікроклімату, підвищена пожежна та вибухова небезпека, робота на висоті, переміщення транспортних засобів, експлуатація вантажопідіймального обладнання та низка інших небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Організація системи охорони праці на підприємстві здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування», Кодексу цивільного захисту України, Закону України «Про пожежну безпеку», Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», а також відповідно до чинних державних будівельних норм, державних санітарних правил, галузевих нормативних документів та нормативно–правових актів з охорони

праці. Система управління охороною праці формується як складова загальної системи управління підприємством і базується на принципах попередження ризиків, безперервного вдосконалення та персональної відповідальності за безпечне виконання робіт.

Одним із найнебезпечніших виробничих факторів на борошномельних підприємствах є виробничий пил. Зерновий і борошняний пил утворюється під час переміщення, перероблення та транспортування сипких продуктів. Небезпека пилу визначається не лише його впливом на організм людини, але й високою вибухонебезпечністю. Тривалий вплив пилу на працівників може призводити до захворювань органів дихання, подразнення слизових оболонок, розвитку алергічних реакцій та зниження працездатності. Особливе значення має дисперсний склад пилу, оскільки дрібнодисперсні частинки тривалий час перебувають у повітрі робочої зони та можуть проникати у нижні відділи дихальної системи. Для забезпечення безпечних умов праці концентрація пилу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати гранично допустимих концентрацій, встановлених чинними санітарними нормами.

Основними напрямками боротьби із запиленістю є герметизація обладнання, використання аспіраційних систем, локальних відсмоктувачів, систем очищення повітря та регулярне проведення виробничого прибирання. Особлива увага приділяється недопущенню накопичення пилу на конструкціях будівель, технологічному обладнанні та інженерних комунікаціях, оскільки пилові відкладення можуть створювати умови для виникнення вибухів і пожеж. Контроль концентрації пилу здійснюється в рамках виробничого санітарного контролю з використанням атестованих методик вимірювання.

Не менш важливим виробничим фактором є шум. Робота технологічного обладнання, транспортних механізмів, вентиляторів, компресорів та інших агрегатів супроводжується утворенням значних рівнів шуму. Тривалий вплив шуму на працівників може призводити до

професійної приглухуватості, порушень функціонування нервової системи, зниження концентрації уваги та підвищення ризику виробничого травматизму. Відповідно до вимог санітарного законодавства рівень шуму на робочих місцях повинен відповідати встановленим нормативам. Для зниження шумового навантаження застосовуються шумопоглинальні конструкції, звукоізоляційні матеріали, вібродемпфувальні елементи та інші інженерні рішення. У випадках, коли технічними заходами неможливо забезпечити нормативні параметри шуму, працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту органів слуху.

Тісно пов’язана із шумом проблема виробничої вібрації. Джерелами вібрації можуть бути машини, механізми, електродвигуни та транспортне обладнання. Тривалий вплив вібрації негативно впливає на опорно–руховий апарат, периферичну нервову систему та серцево–судинну систему працівників. Для обмеження вібраційного впливу використовуються вібропоглинальні опори, спеціальні фундаментні конструкції, гнучкі з’єднання та інші технічні засоби. Параметри вібрації контролюються під час атестації робочих місць за умовами праці та виробничого санітарного контролю.

Особливого значення для борошномельних підприємств набуває електробезпека. Велика кількість електротехнічного обладнання, автоматизованих систем управління та силових установок створює потенційну небезпеку ураження електричним струмом. Організація електробезпеки здійснюється відповідно до Правил улаштування електроустановок, Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів та інших нормативних документів. Усі струмопровідні частини обладнання повинні бути надійно ізольовані або огороджені. Металеві конструкції обладнання підлягають захисному заземленню або зануленню. На підприємстві організовується система періодичного контролю стану електрообладнання, перевірки опору ізоляції та ефективності захисних

пристроїв. Працівники, які обслуговують електроустановки, повинні проходити спеціальне навчання та перевірку знань з електробезпеки.

Суттєву роль у формуванні безпечних умов праці відіграє освітлення виробничих приміщень. Недостатня освітленість робочих місць призводить до підвищеної втомлюваності працівників, зниження продуктивності праці та збільшення ризику травматизму. Проєктування систем освітлення здійснюється відповідно до вимог ДБН В.2.5–28:2018 «Природне і штучне освітлення». Для виробничих приміщень борошномельних заводів використовуються системи загального та комбінованого освітлення. Нормовані значення освітленості залежать від характеру виконуваних робіт та можуть становити від 200 до 500 лк для більшості виробничих приміщень, тоді як для лабораторій та приміщень із підвищеними вимогами до зорової роботи освітленість може перевищувати 500 лк. Важливим показником є також рівномірність освітлення та відсутність осліплювальної дії світильників.

Значна увага приділяється параметрам виробничого мікроклімату. Температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання повинні відповідати вимогам державних санітарних норм. Для підтримання нормативних параметрів мікроклімату використовуються системи вентиляції, кондиціонування та опалення. Особливе значення має ефективна вентиляція виробничих приміщень, яка одночасно забезпечує видалення надлишкового тепла, пилу та інших забруднювачів повітря.

Однією з найбільш характерних особливостей борошномельних підприємств є підвищена пожежна та вибухова небезпека. Органічний пил за певних концентрацій у повітрі здатний утворювати вибухонебезпечні суміші. У присутності джерела займання такі суміші можуть спричиняти вибухи значної руйнівної сили. Саме тому пожежна безпека розглядається як один із пріоритетних напрямків охорони праці. Організація пожежної безпеки здійснюється відповідно до Кодексу цивільного захисту України, Правил

пожежної безпеки в Україні та ДБН В.1.1–7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва».

Комплекс протипожежних заходів включає застосування негорючих будівельних конструкцій, автоматичних систем пожежної сигналізації, систем оповіщення про пожежу, внутрішнього та зовнішнього протипожежного водопостачання, систем автоматичного пожежогасіння, блискавкозахисту та аварійного відключення обладнання.

Важливим елементом системи охорони праці є безпека експлуатації машин і механізмів. Усі рухомі частини обладнання повинні мати захисні огородження, блокувальні пристрої та попереджувальні знаки. Конструкція обладнання повинна виключати можливість випадкового контакту працівника з небезпечними зонами. Під час виконання ремонтних і налагоджувальних робіт використовуються спеціальні процедури блокування джерел енергії для недопущення несанкціонованого запуску обладнання.

Суттєве значення має організація безпечного виконання робіт на висоті. На борошномельних підприємствах значна частина обладнання та інженерних систем розташовується на різних рівнях будівель, що обумовлює необхідність проведення висотних робіт. Такі роботи повинні виконуватися відповідно до вимог нормативно–правових актів з охорони праці із застосуванням страхувальних систем, захисних огороджень та інших засобів колективного й індивідуального захисту.

Важливе місце у системі охорони праці займає забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. Залежно від характеру виконуваних робіт використовуються фільтрувальні респіратори, захисні окуляри, протишумові навушники або вкладиші, захисні каски, рукавички, спеціальний одяг та спеціальне взуття. Вибір засобів захисту здійснюється на основі результатів оцінки професійних ризиків та вимог чинних нормативних документів.

Сучасна система охорони праці базується на ризик–орієнтованому підході. На підприємстві проводиться ідентифікація небезпечних факторів,

оцінювання професійних ризиків та розроблення заходів щодо їх мінімізації. Такий підхід дозволяє не лише реагувати на вже існуючі проблеми, але й попереджати виникнення потенційно небезпечних ситуацій.

Особливу роль відіграє навчання персоналу. Кожен працівник проходить вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, повторні, позапланові та цільові інструктажі відповідно до вимог чинного законодавства. Посадові особи проходять спеціальне навчання та перевірку знань з питань охорони праці. Регулярне підвищення рівня професійної підготовки персоналу є одним із найефективніших способів зниження виробничого травматизму.

Важливою складовою системи управління охороною праці є виробничий контроль за умовами праці. На підприємстві проводяться періодичні вимірювання концентрації пилу, рівнів шуму, вібрації, параметрів мікроклімату, освітленості та інших факторів виробничого середовища. Результати контролю використовуються для оцінки ефективності профілактичних заходів та визначення необхідності їх коригування.

Охорона праці на борошномельному заводі з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна являє собою багатокомпонентну систему забезпечення безпеки виробничої діяльності, яка охоплює питання боротьби з виробничим пилом, шумом і вібрацією, забезпечення електробезпеки, пожежної та вибухової безпеки, нормованого освітлення, оптимального мікроклімату, безпечної експлуатації обладнання, організації транспортних операцій, використання засобів індивідуального захисту та управління професійними ризиками. Комплексне застосування організаційних, технічних, санітарно–гігієнічних та профілактичних заходів забезпечує створення безпечних умов праці, збереження здоров’я персоналу, підвищення надійності виробництва та відповідність діяльності підприємства сучасним вимогам законодавства України у сфері охорони праці.

РОЗДІЛ 5
СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ

Аспірація і пневматичний транспорт на борошномельному підприємстві продуктивністю 300 т/добу належать до найважливіших інженерно-технологічних систем, від ефективності роботи яких залежить не лише санітарний стан виробництва, але й технологічна ефективність підготовки зерна до помелу, стабільність роботи технологічного обладнання, вихід готової продукції, втрати сировини, пожежо- та вибухобезпечність виробництва. На сучасних борошномельних підприємствах аспіраційні та пневмотранспортні мережі розглядають як невід'ємну складову технологічного процесу, оскільки практично кожна операція очищення, підготовки зерна, розмелювання проміжних продуктів та транспортування борошна супроводжується утворенням пилу або потребує переміщення продуктів повітряним потоком.

Борошномельне підприємство продуктивністю 300 т/добу належить до підприємств середньої потужності. За умови безперервної роботи протягом 24 годин його продуктивність становить близько 12,5 т зерна за годину. Незважаючи на відносно помірну продуктивність порівняно з великими млинами, кількість технологічного обладнання на такому підприємстві є значною. До складу технологічної схеми входять сепаратори, трієри, каменевідбірники, оббивні машини, зволожувальні апарати, вальцьові верстати, розсійники, ентолейтори, ситовіяльні машини, бункери, дозувальні пристрої та інше технологічне обладнання. Робота кожного з цих елементів супроводжується виділенням пилу різної дисперсності, що потребує організації ефективної аспірації.

Основною метою аспірації є створення необхідних санітарно-гігієнічних умов у виробничих приміщеннях шляхом видалення пилу

безпосередньо з місць його утворення. При переробці зерна пил виникає внаслідок тертя зернівок між собою та об робочі органи технологічного обладнання, руйнування оболонок зерна, подрібнення ендосперму, переміщення продуктів по самопливах, а також під час просіювання та сортування продуктів помелу. Особливо інтенсивне пиловиділення спостерігається на операціях очищення зерна, у драних процесах помелу та під час транспортування борошна.

Пил борошномельного виробництва є складною дисперсною системою, що містить частинки оболонок зерна, алейронового шару, ендосперму, мінеральних домішок, мікроорганізмів та інших компонентів. Розміри пилових частинок можуть змінюватися від часток мікрометра до кількох сотень мікрометрів. Найбільшу небезпеку становлять частинки розміром до 10 мкм, які можуть тривалий час перебувати у завислому стані та проникати до органів дихання працівників.

Крім санітарного значення, аспірація виконує важливу технологічну функцію. У процесі очищення зерна аспіраційні канали використовують для відокремлення легких домішок, пилу, соломи, полови, частинок оболонок та інших аеродинамічно легких компонентів. Ефективність очищення зерна значною мірою визначається правильно підібраними швидкостями повітряного потоку в аспіраційних каналах. Якщо швидкість є недостатньою, легкі домішки не будуть вилучатися повністю. При надмірній швидкості виникають втрати повноцінного зерна разом із відходами.

На борошномельних підприємствах використовують централізовану аспірацію. За такої схеми окремі точки відсмоктування об'єднуються в аспіраційні мережі, які підключаються до спільних вентиляторів та пиловловлювального обладнання. Централізована система забезпечує економічніше використання електроенергії, спрощує експлуатацію та дозволяє ефективніше контролювати режими роботи.

Конструктивно аспіраційна система складається з місцевих відсмоктувачів, повітропроводів, пиловловлювальних апаратів, вентиляторів,

шлюзових затворів та пристроїв для випуску зібраного пилу. Найважливішими елементами є місцеві відсмоктувачі, оскільки саме вони визначають ефективність уловлювання пилу безпосередньо в місці його утворення. Конструкція відсмоктувачів повинна забезпечувати максимальне захоплення пилу за мінімальних витрат повітря.

На сепараторах та каменевідбірниках аспіраційні патрубки розміщують таким чином, щоб забезпечити видалення пилу без порушення технологічного процесу сортування. Для технологічного обладнання борошномельного підприємства питомі витрати повітря визначаються залежно від типу обладнання та інтенсивності пиловиділення. Сумарна витрата повітря на млині продуктивністю 300 т/добу може досягати кількох десятків тисяч кубічних метрів на годину.

Важливим параметром є швидкість руху повітря в аспіраційних трубопроводах. Вона повинна бути достатньою для транспортування пилу та запобігання його осіданню на внутрішніх поверхнях труб. Для борошномельних підприємств швидкість повітря в аспіраційних мережах зазвичай підтримують у межах 14-22 м/с залежно від концентрації та дисперсного складу пилу. При менших швидкостях виникає небезпека накопичення пилу в трубопроводах, що погіршує роботу системи та підвищує ризик вибуху.

Особливе значення має вибір пиловловлювального обладнання. На сучасних млинах найпоширенішими є фільтри рукавного типу. Їх принцип роботи базується на проходженні запиленого повітря через фільтрувальну тканину, на поверхні якої затримуються частинки пилу. Ступінь очищення повітря у рукавних фільтрах може перевищувати 99 %. Це дозволяє повертати очищене повітря у виробничі приміщення або викидати його в атмосферу відповідно до екологічних вимог.

Раніше значного поширення набували циклони, дія яких базується на використанні відцентрових сил. У циклоні запилене повітря надходить тангенціально та закручується. Під дією відцентрових сил частинки пилу

переміщуються до стінок апарата та осідають у пилозбірнику. Однак циклони недостатньо ефективно вловлюють дрібнодисперсний пил, тому на сучасних підприємствах їх часто використовують як попередній ступінь очищення перед рукавними фільтрами.

Поряд з аспірацією надзвичайно важливу роль відіграє пневматичний транспорт. Його застосування обумовлене необхідністю переміщення зерна, проміжних продуктів помелу, висівок та борошна між окремими технологічними операціями. Пневматичний транспорт забезпечує герметичність виробництва, скорочення кількості механічних транспортних засобів, підвищення санітарного рівня підприємства та можливість автоматизації технологічних процесів.

На борошномельних підприємствах використовують всмоктувальні, нагнітальні та комбіновані системи пневматичного транспорту. Всмоктувальна система працює під дією розрідження, яке створюється вентилятором або вакуумним насосом. Матеріал захоплюється повітряним потоком і транспортується до розвантажувального пристрою. Такі системи характеризуються високою герметичністю та мінімальним пиловиділенням.

Нагнітальна система працює за рахунок надлишкового тиску. Повітря подається вентилятором у транспортний трубопровід, де захоплює продукт і переміщує його до місця призначення. Такі системи забезпечують більшу дальність транспортування та вищу продуктивність.

На млині продуктивністю 300 т/добу найбільш поширеним є комбіноване використання різних схем залежно від призначення транспортованого продукту. Зерно після очищення може переміщуватися механічним транспортом та пневмотранспортом. Проміжні продукти помелу переважно транспортуються пневматичними системами між вальцьовими верстатами та розсійниками. Борошно також часто переміщується пневматичним способом до бункерів готової продукції.

Фізична сутність процесу пневматичного транспорту полягає у взаємодії частинок матеріалу з повітряним потоком. Для забезпечення

транспортування швидкість повітря повинна перевищувати швидкість витання частинок продукту. Для різних продуктів ця величина є різною. Частинки борошна характеризуються малою масою та легко утримуються в потоці повітря. Частинки зерна потребують значно більших швидкостей.

У пневмотранспортних системах важливим параметром є концентрація матеріалу в повітряному потоці. За низьких концентрацій збільшуються витрати енергії на транспортування. Надмірне збільшення концентрації може спричиняти утворення заторів та нестабільність роботи системи. Тому вибір оптимального співвідношення між кількістю продукту та витратою повітря має велике значення для енергоефективності підприємства.

До складу пневмотранспортної установки входять живильники, матеріалопроводи, повітропроводи, розвантажувачі, шлюзові затвори, вентилятори та пиловловлювальні апарати. Живильник забезпечує рівномірну подачу продукту до транспортної мережі. Для цієї мети широко застосовують роторні живильники. Вони дозволяють підтримувати герметичність системи та рівномірність завантаження транспортного потоку.

Матеріалопроводи повинні забезпечувати мінімальні втрати тиску та високу зносостійкість. Особливо інтенсивний знос спостерігається на поворотах трубопроводів, де швидкість зіткнення частинок із поверхнею труб значно зростає. Для підвищення довговічності використовують спеціальні зносостійкі вставки або збільшені радіуси поворотів.

Енергетичні витрати є одним із головних недоліків пневматичного транспорту. На багатьох млинах системи аспірації та пневмотранспорту споживають до 20-30 % усієї електроенергії підприємства. Саме тому під час проєктування велика увага приділяється оптимізації конфігурації мереж, зменшенню аеродинамічного опору та використанню енергоощадних вентиляторів.

Особливе місце в роботі аспіраційних і пневмотранспортних систем займають питання вибухобезпечності. Борошняний пил належить до

вибухонебезпечних аерозолів. За певної концентрації пилу в повітрі та наявності джерела запалювання можливе виникнення пилового вибуху. Найнебезпечнішими є замкнені об'єми фільтрів, циклонів, бункерів та транспортних трубопроводів.

Для запобігання вибухам передбачають комплекс заходів. До них належать підтримання герметичності обладнання, недопущення накопичення пилу, застосування вибухорозрядних пристроїв, контроль температури підшипників, заземлення обладнання для відведення статичної електрики та встановлення систем іскрозахисту. Значна увага приділяється також регулярному очищенню внутрішніх поверхонь аспіраційних мереж від пилових відкладень.

Ефективність роботи аспірації оцінюється за концентрацією пилу в повітрі робочої зони, ступенем очищення повітря та стабільністю технологічного процесу. Для контролю використовують манометри, диференційні манометри, витратоміри повітря та автоматизовані системи моніторингу. На сучасних підприємствах застосовуються системи автоматичного регулювання, які дозволяють підтримувати необхідні параметри роботи залежно від поточного навантаження технологічного обладнання.

У технологічному аспекті аспірація і пневматичний транспорт утворюють єдину аеротехнічну систему підприємства. Її правильне проєктування визначає ефективність очищення зерна, стабільність режимів помелу, якість борошна та економічні показники виробництва. Недостатня продуктивність аспірації призводить до накопичення пилу, погіршення санітарного стану виробництва та збільшення втрат продукту. Неефективний пневматичний транспорт викликає додаткове подрібнення продуктів, підвищене споживання електроенергії та зниження надійності роботи технологічного обладнання.

Для борошномельного підприємства продуктивністю 300 т/добу аспірація і пневматичний транспорт повинні розглядатися не як допоміжні

інженерні системи, а як повноцінні елементи технологічного процесу. Саме вони забезпечують необхідні умови для ефективного очищення зерна, стабільного ведення помелу, отримання борошна встановленої якості, зниження виробничих втрат, дотримання вимог охорони праці та екологічної безпеки. Комплексне поєднання високоефективної аспірації, сучасних пиловловлювальних установок та раціонально спроєктованого пневматичного транспорту є однією з основних умов надійної роботи сучасного борошномельного підприємства середньої продуктивності.

Числові значення коефіцієнта концентрації суміші в пневмотранспортерах μ перевищує 5,0 через те що технологічний процес відбувається на восьмивальцьових станках із неможливістю розділення на додаткові продуктопроводи та зі скороченою кількістю поверхів.

Якщо втрати тиску в пневмотранспортерах розрахункової установки відрізняються більше, ніж на 1 кПа, то необхідно провести повторний розрахунок таких пневмотранспортерів (якщо це дозволяють інші параметри установки), або зробити мотивований висновок щодо кожного пневмотранспортера, втрати тиску в якому значно відхиляються від інших.

На основі результатів розрахунків проводять повний розрахунок пневмотранспортної установки, а саме:

– підбирають пиловідділювач і визначають його опір;

– визначають подачу повітродувної машини;

– визначають розрахунковий повний тиск повітродувної машини;

– визначають розрахункову потужність електродвигуна повітродувної машини.

При використанні послідовно розміщених вентиляторів високого і середнього тиску для кожного з них визначають подачу , розрахунковий повний тиск і потужність електродвигуна.

Як пиловідділювачі на борошномельнихзаводах краще використовувати фільтр–циклони типу РЦІ, підбір яких проводиться в такій послідовності.

Витрати повітря на вході в фільтр визначають за формулою:

$$Q_ф=\sum Q_i+\sum \Delta Q_{ц.р}$$

де $Q_ф$ – витрати повітря на вході в фільтр.м^3/с

$\sum Q_i$ – сумарні витрати повітря в продуктопроводах розрахункової мережі, м^3/с. (Визначають з таблиці результатів розрахунку втрат тиску в пневмотранспортерах шляхом знаходження суми витрат повітря в кожному з N розрахованих пневмотранспортерів);

$\sum \Delta Q_{ц.р}$ – сумарне підсмоктування повітря в циклонах–розвантажувачах, м^3/с.

Сумарне підсмоктування повітря в циклонах–розвантажувачах розраховують за формулою:

$$\sum \Delta Q_{ц.р}=N\times \Delta Q_{ц.р},$$

де N – кількість пневмотранспортерів розрахункової мережі, шт.;

$\Delta Q_{ц.р}$, – підсмоктування повітря в одному циклоні–розвантажувачі, м^3/с, ($\Delta Q_{ц.р}$,приймають таким, що дорівнює 1,1 × 10^{-2} м^3/с).

Розрахункову площу фільтруючої поверхні рукавів фільтра РЦІ визначають за формулою:

$$F_р=\frac{Q_ф * 60}{q_н}$$

де $\mathbf{F}_р$ – розрахункова площа фільтруючої поверхні рукавів, м^2;

– нормативне питоме навантаження на 1 м^2 фільтруючої поверхні рукавів, м^3/(м^2×хв). (Для фільтрів РЦІ, які використовуються як пиловідділювачі у всмоктувальних пневмотранспортних установках, які приймають в межах 4... 5 м^3/(м^2×хв).

Виходячи з отриманого розрахункового значення площі фільтруючої поверхні рукавів $F_р$,вибирають фільтр РЦІ, фактична площа фільтруючої поверхні $F_ф$ якого є найближчою по відношенню до $F_р$**.** Деякі з характеристик фільтрів РЦІ наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Фільтр–циклони РЦІ та їх основні характеристики

Типорозмір	Виконання	Площа	Довжина	Кількість

	вхідного патрубка	фільтру-ючої поверхні, м2	рукавів, м	рукавів, шт.
РЦІР 1,7–4	праве, ліве	1,7	1,2	4
РЦІР 3,9–9	праве, ліве	3,9	1,2	9
РЦІ 5,2–8	праве	5,2	1.8	8
РЦІ 6,9–16	ліве	6,9	1,2	16
РЦІ 10,4–16	ліве	10,4	1,8	16
РЦІ 15,6–24	ліве	15,6	1,8	24
РЦІ 23,4–36	праве, ліве	23,4	1,8	36
РЦІ 31,2–48	праве, ліве	31,2	1.8	48
РЦІ 40,8–48	праве, ліве	40,8	2,4	48
РЦІ 40,6–72	ліве	40,6	1,8	72

Розрахунок опору фільтра РЦІ проводять за формулою

$$H_ф=0,1\times q_ф^{1,3}$$

де $H_ф$ – опір фільтра, кПа;

$q_ф$ – фактичне питоме навантаження на **1** м^2 фільтруючої поверхні рукавів,м^3(м^2×хв).

Фактичне питоме навантаження розраховують за формулою:

$$q_ф=\frac{Q_ф * 60}{F_ф},$$

де $q_ф$ – витрати повітря на вході в фільтр, м^3/с;

$F_ф$ – фактична площа фільтруючої поверхні рукавів фільтра, м.

Визначення розрахункового повного тиску і подачі повітродувної машини

Розрахунковий повний тиск вентилятора високого визначають за формулою.

$$H_п = H_{птм} + H_д + H_к + H_ф + H_н,$$

де $H_{птм}$ – втрати тиску в магістральному пневмотранспортері, кПа (приймають з табл. 5.2);

$H_д$ – втрати тиску в дросельних вставках, кПа;

$H_к$ – втрати тиску в колекторі і з'єднувальних повітропроводах, кПа;

$H_ф$ – втрати тиску в фільтрі, кПа;

$H_н$ – невраховані втрати тиску, кПа.

Втрати тиску в дросельних вставках приймають такими, що дорівнюють 3,0 кПа.

Невраховані втрати тиску приймають такими, що дорівнюють 1 кПа. Визначення діаметра колектора і з'єднувальних повітропроводів, а також втрат тиску в них проводять згідно правилам розрахунку аспіраційних установок борошномельних заводів на комплектному обладнанні. Під час виконання дипломного проекту для попередніх розрахунків опором колектора і з'єднувальних повітропроводів $H_к$ задаються, виходячи з наступного. При розміщенні вентилятора високого тиску на поверсі циклонів–розвантажувачів і середнього тиску на цьому ж, чи на поверсі, розташованому нижче, Нк приймають таким, що дорівнює 1 кПа. В інших випадках при більшій протяжності з'єднувальних повітропроводів $H_к$ = 1,5 кПа.

Розрахунковий повний тиск вентилятора високого тиску дорівнює

$$H_{ввт} = H_п – H_{вст}$$

де $H_{ввт}$ – розрахунковий повний тиск вентилятора високого тиску, кПа;

$H_п$ – загальний повний розрахунковий тиск вентиляторів, кПа.

Подача вентилятора середнього тиску $Q_{вст}$ дорівнює витратам повітря на вході в фільтр $Q_ф$

Подача вентилятора середнього тиску $Q_{вст}$ дорівнює витратам повітря на вході в фільтр $Q_ф$ з урахуванням підсмоктування в фільтрі 5%, тобто

$$Q_{ввт} = Q_ф \times 1,05$$

Визначення розрахункової потужності електродвигунів вентиляторів

Розрахункову потужність на валу електродвигуна вентилятора високого тиску визначають за формулою:

$$N_{ввт}=\frac{Q_{ввт}*H_{ввт}}{n_{ввт}}$$

де $N_{ввт}$ – розрахункова потужність на валу електродвигуна вентилятора високого тиску, кВт;

$Q_{ввт}$ – подача повітря вентилятором високого тиску, м^3/с;

$H_{ввт}$ – розрахунковий повний тиск вентилятора високого тиску, кПа;

$n_{ввт}$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) вентилятора високого тиску (ККД вентиляторів приймають з їх характеристик).

Розрахункову потужність електродвигуна вентилятора високого тиску **$N_{е.ввт.}$** визначають за формулою:

$$N_{е.ввт.}=1,2\times N_{ввт}$$

Розрахункова потужність електродвигуна вентилятора високого тиску не перевищує задані нормами 55 кВт. За отриманими значеннями розрахункової потужності підбирають електродвигуни відповідної серії, паспортна потужність яких є ближчою більшою в порівнянні з розрахунковою.

За розрахунковими значеннями повного тиску і подачі підбирають вентилятори високого тиску. Як вентилятор високого тиску вибираємо вентилятор серії ВПЗ 9,6/1200.

Розрахункову потужність електродвигуна вентилятора середнього тиску Ne.вст. визначають за формулою:

$$N_{вст}=\frac{Q_{вст}*H_{вст}}{n_{вст}}$$

За розрахунковими значеннями повного тиску і подачі, підбір вентилятора середнього тиску проходить із альбому нормалей за допомогою графіка аеродинамічної характеристики вентилятора.

В розмельному відділенні борошномельного заводу, який працює на пневмотранспорті, передбачає аспірацію сито віяльних машин, транспортних механізмів, магнітних апаратів і бункерів. Вальцьові верстати, розсійники та інші машини, які сполучені з приймальними пристроями пневмотранспортної мережі, не аспірують.

Таблиця. 5.4 – Компонування аспіраційних мереж розмельного відділення

Обладнання	Поверх розміщення	Кількість одиниць обладнання, шт	Об`єм повітря ,що відсмоктується,м^3/хв		Відомості про пиловідділювач	Відомості про вентилятор
			від одиниці	загальний		
Аспіраційна мережа						
Ситовіяльна машина	3	4	70	280	РЦІ 40,8–48	ВЦ5–50–8В1–01
Ваги для борошна	2	2	3	6		

Вибираємо фільтр РЦІ 40,8–48, тому що максимальна витрата повітря становить 280 м^3/хв., що наближається до максимальних витрат повітря,яка для аспіраційної установки становить 326 м^3/хв та вибираємо вентилятор ВЦ5–50–8В1–01.

РОЗДІЛ 6
ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА МАТЕРІАЛЬНО–РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

6.1.Енергопостачання

Електропостачання підприємства здійснюватиметься від районної енергосистеми з напругою 10 кВ.

Електрообладнання електроустановок в розмельному відділенні відносять до приймачів II категорії, для яких перерва в електропостачанні допустима до 1,0 год, оскільки перерва більшої тривалості пов'язана з масовим недовипуском готової продукції, простоєм технологічного устаткування і промислового транспорту.

В схемі електропостачання передбачені резервні кабельні лінії і двох трансформаторна підстанція. Живлення силових установок і електроприводів машин здійснюється напругою 380 В, а мереж освітлення - 220 В, 50 Гц.

Задачею розрахунку є:

- розрахунок електропостачання та енергозбереження;
- визначення розрахункової потужності трансформаторної підстанції;
- визначення потужності силових трансформаторів та установок для
- компенсації реактивної потужності;
- визначення перерізу та типу кабелів системи внутрішнього

6.2. Визначення необхідних видів енергії та матеріальних ресурсів

Розрахункову активну потужність електричної трансформаторної підстанції приймачів підприємства визначаємо методом питомого споживання електроенергії за формулою:

$$P_P = \frac{W_{ПИТ} \cdot M_{РІЧ}}{T_{MAX}}, \quad (6.1)$$

де P_P – розрахункова активна потужність підприємства, кВт

$W_{ПИТ}$ - питома витрата електроенергії для вироблення 1 т борошна складає

$W_{ПИТ}$ = 52…66 кВт год/т, риймаємо $W_{ПИТ}$ = 60 кВт·год/т;

$M_{РІЧ}$ – річна продуктивність підприємства,

$$M_{РІЧ} = M_{ДОБ} \cdot Д_P = 300 \cdot 300 = 90000 \text{ т}, \quad (6.2)$$

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

$M_{ДОБ}$ = 300 т/добу;

$Д_P$ - кількість робочих днім підприємства на протязі року, $Д_P$ = 300 днів;

T_{MAX} – кількість годин використання підприємством розрахункової активної потужності на протязі року, T_{MAX} = 5200 год.

Визначимо розрахункову активну потужність для підприємства:

$$P_P = \frac{W_{ПИТ} \cdot M_{РІЧ}}{T_{MAX}} = \frac{52 \cdot 90000}{5200} = 900 \text{ кВт}.$$

Визначимо розрахункову активну потужність на освітлення приміщень лампами накалювання:

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

Тоді $P_{ОСВ} = 0{,}1 \cdot P_P = 0{,}1 \cdot 900 = 90$ кВт.

6.3 Розрахунок повної потужності трансформаторної підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності

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

$$S_{ТП} = \sqrt{(P_P + P_{ОСВ})^2 + (Q_P - Q_{К\,НОМ})^2}, \quad (6.4)$$

де Q_P – розрахункова реактивна потужність приймачів:

$$Q_P = P_P \cdot tg\varphi, \quad (6.5)$$

де $tg\varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності, який знаходять по середньозваженому коефіцієнту потужності $cos\varphi$ підприємства.

$$tg\varphi = tg(arccos\varphi), \quad (6.6)$$

для борошномельного заводу $cos\varphi = 0{,}85$;

тоді $tg\varphi = tg(arccos0{,}85) = 0{,}62$;

$$Q_P = P_P \cdot tg\varphi = 900 \cdot 0{,}62 = 558 \text{ квар.}$$

Потужність компенсуючих пристроїв визначають за формулою:

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

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

$$Q_E = 0{,}25 \cdot (Pp + P_{OCB}). \quad (6.8)$$

Тоді потужність компенсуючих пристроїв складає:

$$Q_Э = 0{,}25 \cdot (900 + 90) = 248 \text{ квар,}$$

$$Q_K = Q_P - Q_Э = 558 - 248 = 310 \text{ квар.}$$

Вибираємо потужність, тип та кількість установок для компенсації реактивної потужності .

Таблиця 6.1. – Технічні дані конденсаторних установок для компенсації реактивної потужності

Тип	Номінальна напруга $U_{НОМ}$, кВ	Номінальна потужність $Q_{НОМ}$, квар	Номінальна ємність $C_{НОМ}$, мкФ	Число ступенів регулювання	Маса, кг
КК-0,38-324-150У3	0,4	324	2354	3	875

Сумарна потужність компенсуючих пристроїв складе:

$$Q_{K\,НОМ} = n \cdot Q_{НОМ}, \quad (6.9)$$

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

$Q_{НОМ}$ – номінальна потужність компенсуючого пристрою, $Q_{НОМ} = 324$ квар.

Тоді:

$$Q_{K\,НОМ} = n \cdot Q_{НОМ} = 1 \cdot 324 = 324 \text{ квар,}$$

а повна потужність трансформаторної підстанції складе:

$$S_{ТП} = \sqrt{(P_P + P_{ОСВ})^2 + (Q_P - Q_{К\ НОМ})^2} = \sqrt{(900+90)^2 + (558-324)^2} =$$

= 1017кВ·А.

Потужність одного трансформатора $S_{ТР}$ повинна забезпечувати навантаження не менш 60…80% повної потужності ТП $S_{ТП}$ і складає:

$$S_{ТР} = (0{,}6 \ldots 0{,}8) \cdot S_{ТП}., \qquad (6.10)$$

тоді $S_{ТР} = 0{,}6 \cdot 1017 = 610$кВ·А.

Вибираємо тип силового трансформатора $S_{ТР}$.

Таблиця 6.2 – Технічні дані силових трансформаторів

Тип	Номінальна потужність SHOM, кВ·А	Номінальна напруга, кВ		Струм холостого ходу, Іх%	Втрати потужності, кВт		Напруга короткого замикання, UK%
		Первинне, U1HOM	Вторинне, U2HOM		холостого ходу, PX	короткого замикання, PK	
ТМ630/10	630	10	0,4	2,0	1,56	7,6	5,5

6.4 Перевірка потужності трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності

За графіком добового навантаження мукомельного заводу (рис. 6.1) , визначимо коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$K_{ЗТ} = \frac{\Sigma S_i \cdot t_i}{24 \cdot 100}, \quad (6.11)$$

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

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

ti - тривалість *i*-тої ділянки часу, год.

Тоді

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

$$\frac{20\cdot1+42\cdot1+38\cdot1+68\cdot2+78\cdot2+48\cdot1+80\cdot1+90\cdot2+85\cdot1+68\cdot1+78\cdot3+72\cdot2+75\cdot3+72\cdot2+75\cdot1}{24\cdot100}$$

$= 0{,}71.$

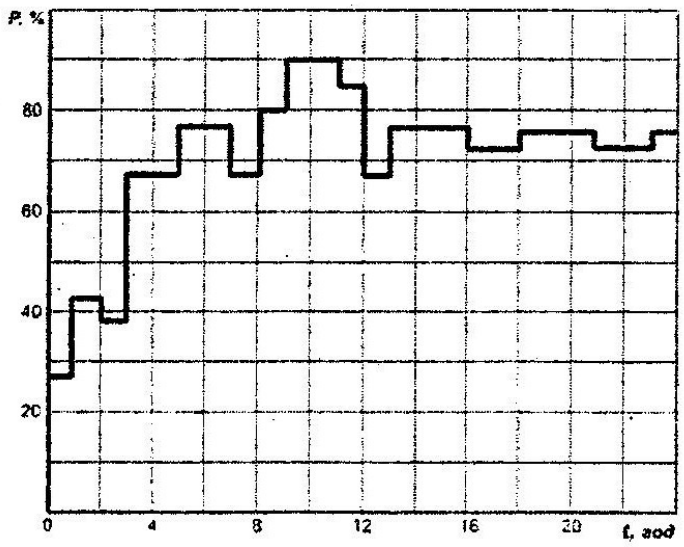

Рис. 6.1 – Графік добового навантаження борошномельного заводу.

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

$t_M = t_{M1}$= 3 год.

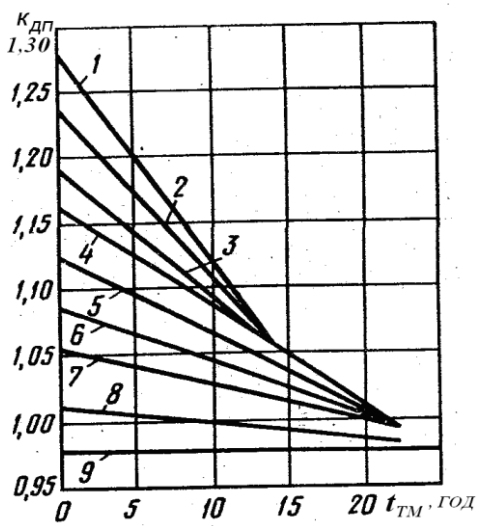

Рис. 6.2 – Графік допустимих перевантажень силових трансформаторів для $К_{ЗГ}$:

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

За графіком допустимих силових перевантажень силового трансформатора (рис. 6.2), визначаємо коефіцієнт допустимих перевантажень трансформатора:

$$K_{ДП} = 1{,}16 \text{ при } K_{ЗТ} = 0{,}71 \text{ та } t_M = 3 \text{ год.}$$

Потужність кожного з двох трансформаторів з урахуванням їх перевантажень складе:

$$S_{ТР} \geq \frac{S_{ТП}}{2 \cdot K_{ДП}}, \quad (6.12)$$

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

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

Тоді $$S_{ТР} \geq \frac{S_{ТП}}{2 \cdot K_{ДП}} = \frac{1017}{2 \cdot 1{,}16} = 438 \text{кВ·А}.$$

Уточняємо тип та номінальну потужність трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності.

Таблиця 6.3. – Технічні дані силових трансформаторів

Тип	Номінальна потужність SHOM, кВ·А	Номінальна напруга, кВ		Струм холостого ходу, Іх%	Втрати потужності, кВт		Напруга короткого замикання, UK%
		Первинне, U1HOM	Вторинне, U2HOM		холостого ходу, PX	короткого замикання, PK	
ТМ630/10	630	10	0,4	2,0	1,56	7,6	5,5

Таким чином, потужність кожного з трансформаторів може бути знижена від 630 кВ·А .

6.5. Техніко-економічне порівняння роботи силових трансформаторів

Визначимо приведені втрати у трансформаторі за формулами:

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

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

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

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

K_E = 0,05 кВт / квар;

ΔQ_X – реактивні втрати трансформатора у режимі Х.Х:

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

ΔQ_K – реактивні втрати трансформатора у режимі К.З:

$$\Delta Q_K = \frac{S_{НОМ} \cdot U_K \%}{100}, \quad (6.16)$$

тоді $$\Delta Q_X = \frac{S_{НОМ} \cdot I_X \%}{100} = \frac{630 \cdot 2{,}0}{100} = 12{,}6 \text{ квар},$$

$$\Delta Q_K = \frac{S_{НОМ} \cdot U_K \%}{100} = \frac{630 \cdot 5{,}5}{100} = 35 \text{ квар},$$

$$\Delta P'_X = \Delta P_X + K_Э \Delta Q_X = 1{,}56 + 0{,}05 \cdot 12{,}6 = 2{,}19 \text{ кВт},$$

$$\Delta P'_K = \Delta P_K + K_Э \Delta Q_K = 7{,}6 + 0{,}05 \cdot 35{,}0 = 9{,}35 \text{ кВт}.$$

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

$$S_{EK} = S_{НОМ} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta P_X^I}{\Delta P_K^I}}, \quad (6.17)$$

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

Тоді $S_{ЭК} = 630 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{2,19}{9,35}} = 431$кВ·А.

Коефіцієнт навантаження двох трансформаторів m = 2 при цьому складе:

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

тоді $S\% = \frac{431}{2 \cdot 630} \cdot 100 = 34,2$ %.

Таким чином, при навантаженні підстанції менш ніж $S\%$ = 34,2% один з трансформаторів можна відключити.

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

$$\Delta T_{MAX\%} = \frac{\Sigma t}{24} \cdot 100\%, \quad (6.19)$$

тоді $\Delta T_{MAX\%} = \frac{3}{24} \cdot 100 = 12,5\%$.

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

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

тоді $T'_{MAX} = 5200 \cdot \frac{100 - 12,5}{100} = 4550$ год.,

де T_{MAX} – річний фонд годин роботи підприємства, для борошномельного заводу T_{MAX} = 5200 год.

6.6. Вибір перерізу жил та марки кабелю

Визначаємо розрахунковий струм ТП до компенсації реактивної потужності:

$$I_P = \frac{1000 \cdot S_P}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \quad (6.21)$$

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

$$S_P = \sqrt{(P_P + P_{ОСВ})^2 + Q_P{}^2}, \quad (6.22)$$

тоді $S_P = \sqrt{(900+90)^2 + 558^2} = 1136$ кВ А,

$$I_P = \frac{1136 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1726 \text{ А}.$$

Вибираємо кабель АВРГ- чотирьохжильний з алюмінієвими жилами і з полівінілхлоридною ізоляцією, який прокладений у землі. За таблицею знаходимо стандартний переріз жил кабелю:

$S_K = 185$ мм^2, струм $I_{ДОП} = 395$ А.

Тоді кількість паралельних кабельних ліній m складає

$m = I_P / I_{ДОП} = 1726 / 395 = 4{,}37$ од.

Приймаємо $m = 4{,}0$ од.

Перевіряємо вибраний переріз жил кабелю на допустиму втрату напруги:

$$\Delta U\,\% = \frac{10^5 \cdot (P_P + P_{ОСВ})}{U_{НОМ}^2} \cdot R_Л, \quad (6.23)$$

$$R_Л = \rho \cdot \frac{L}{S_O}, \quad (6.24)$$

де ρ – питомий погонний опір алюмінію, $\rho = 0{,}032$ Ом мм^2/м;

L – довжина кабелю, $L = 100$ м;

S_O – загальний перетин жил паралельних кабелів, $S_O = S_K \cdot m = 185 \cdot 4 = 740$ мм^2.

Тоді:

$$R_Л = 0{,}032 \cdot \frac{100}{740} = 0{,}004 \text{ Ом},$$

$$\Delta U\,\% = \frac{10^5 \cdot (900+90)}{380^2} \cdot 0{,}004 = 2{,}74\%.$$

Допустима втрата напруги у внутрішній системі електропостачання складає $\Delta U_{ДОП}\,\% = 5{,}0$ %.

Тоді

$$\Delta P_P\,\% = 2{,}74\ \% < \Delta U_{ДОП}\,\% = 5{,}0\ \%,$$

таким чином, втрата напруги у внутрішній системі електропостачання відповідає допустимій.

6.7. Річні витрати електроенергії та їх вартість.

Річна витрата електроенергії на виробництво продукції та освітлення підприємства складе:

$$W_A = (P_P + P_{OCB}) \cdot T_{MAX}, \quad (6.25)$$

$$W_A = (900 + 90) \cdot 5200 = 5148000 \text{кВт·год.}$$

Вартість електроенергії складає:

$$S_0 = d_0 \cdot W_A, \quad (4.26)$$

де d_0 – тариф на електроенергію, $d_0 = 1{,}34$ грн./кВт·год.,

тоді $S_0 = 1{,}34 \cdot 5148000 \cdot = 6898320$ грн.

Розрахунки по економії електроенергії на підприємстві.

Розрахунковий струм лінії живлення ТП після компенсації реактивної потужності складе:

$$I'_P = \frac{1000 \cdot S_{ТП}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1000 \cdot 1017}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1545 \text{ А},$$

а струм лінії живлення зменшиться на:

$$\Delta I_P\,\% = \frac{I_P - I_P^I}{I_P} \cdot 100\% = \frac{1726 - 1545}{1726} \cdot 100 = 10{,}49\%,$$

що зменшить вартість втрат електроенергії в лінії живлення.

Втрати електроенергії в лінії живлення складають:

- до компенсації реактивної потужності навантаження підприємства:

$W_Л = 3 \cdot R_Л \cdot I_P^2 \cdot T_{MAX} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0{,}004 \cdot 1726^2 \cdot 5200 \cdot 10^{-3} = 185894$кВт·год,

- після компенсації реактивної потужності навантаження підприємства:

$W'_Л = 3 \cdot R_Л \cdot I'^2_P \cdot T_{MAX} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0{,}004 \cdot 1545^2 \cdot 5200 \cdot 10^{-3} = 148950$кВт·год.

Втрати електроенергії у трансформаторах складають:

- при паралельній роботі двох трансформаторів у перебігу T_{MAX}:

$$W_{TP} = 2 \cdot \Delta P'_K \cdot T_{MAX} = 2 \cdot 9{,}35 \cdot 5200 = 97240 \text{кВт·год.},$$

- при паралельній роботі двох трансформаторів у перебігу T'_{MAX}:

$$W'_{TP} = 2 \cdot \Delta P_K \cdot T'_{MAX} = 2 \cdot 7{,}6 \cdot 4550 = 69160 \text{ кВт·год.}$$

Витрати електроенергії на освітлення складають:

- для ламп розжарювання:

$$W_{OCB} = q \cdot P_P \cdot T_{MAX} = 0{,}10 \cdot 900 \cdot 5200 = 468000 \text{кВт·год.},$$

- для люмінесцентних ламп:

$$W'_{OCB} = q' \cdot P_P \cdot T_{MAX} = 0{,}04 \cdot 1730 \cdot 5200 \cdot = 187200 \text{кВт·год.},$$

де q, q' - коефіцієнти, для ламп розжарювання q = 0,1; для люмінесцентних ламп – у залежності від їх типу, $q' = 0{,}035 \ldots 0{,}06$.

Результати розрахунків по економії електроенергії зведені у таб. 6.4.

Таблиця 6.4. – Витрати та економія електроенергії

Споживачі	Втрати електроенергії, кВт·год.		Економія електроенергії, кВт·год.
	До впровадження заходів по економії	Після впровадження заходів по економії	
Кабельна лінія	$W_Л$ =185894	$W'_Л$ =148950	$\Delta W_Л$ =36944
Трансформатори	W_{TP} =97240	W'_{TP} =69160	ΔW_{TP}= 28080
Освітлення	W_{OCB} =468000	W'_{OCB} =187200	ΔW_{OCB} = 280800
Всього			ΔW = 345824

Загальна річна економія електроенергії на підприємстві складає

ΔW = 345824кВт·год., а річна вартість з'економленної електроенергії дорівнює:

$$\Delta S_0 = d_0 \cdot \Delta W = 1{,}34 \cdot 345824 = 463404 \text{ грн.},$$

що складає:

$$\Delta S\% = \frac{\Delta S_0}{S_0} \cdot 100\% = \frac{463404}{6898320} \cdot 100 = 6{,}71\%$$

від річної вартості електроенергії S_0 = 6898320 грн.

Висновки

1. Для забезпечення роботи підприємства необхідно встановити два силові трансформатори типа ТМ63/10 з номінальною потужністю кожного $S_{НОМ}$ = кВ·А.

2. Компенсацію реактивної потужності підприємства можливо здійснювати конденсаторною установкою КК-0,38-324-108У3 з номінальною реактивною потужністю $Q_{НОМ}$ = 324 квар.

3. Впроваджені заходи до компенсації реактивної потужності, зниження номінальної потужності силових трансформаторів та відключення їх в години зниження споживання електроенергії на підприємстві, вибору раціонального перерізу жил кабельних ліній живлення та заміна ламп розжарювання на люмінесцентні енергозберігаючі лампи. Ці заходи дають щорічну економію електроенергії на суму ΔS_0= 463404 грн./рік, що складає $\Delta S\%$ = 6,71% от річної вартості електроенергії, яка складає S_0 = 6898320грн.

РОЗДІЛ 7
ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Розділ включає такі підрозділи.

7.1. Програма виробничої діяльності.

7.2. Інвестиційні витрати .

7.3. Чисельність працівників та фонд оплати праці.

7.4. Собівартість продукції (витрати по переробці зерна), прибуток і рентабельність.

7.5. Фінансова та економічна оцінка проекту.

7.6 Оцінка ризиків.

Висновки

7.1 Програма виробничої діяльності

Програма виробничої діяльності, яку визначено у ТЕО, приймається незмінною і використовується у розрахунках ТЕП.

7.2 Інвестиційні витрати

Інвестиційні витрати, які визначено у ТЕО, приймаються незмінними і використовуються у розрахунках ТЕП.

7.3Чисельність працівників і фонд оплати праці

При визначенні чисельності працюючих було використано матеріал

«Типові структури управління, типові штати і нормативи чисельності робочих, інженерно-технічних працівників і службовців зернопереробних і хлібоприймальних підприємств»

Для борошномельного підприємства з добовою продуктивністю 300 т/добу, чисельність тих, що працюють на підприємстві складає – 140,чол.

Визначаємо фонд оплати праці працюючих по формулі:

$$ФОТ=ЗП_{ср} * Ч_{чол.} * N, \text{ де}$$

$ЗП_{ср}$ – середня заробітна плата в галузі (24000 грн на місяць)

$Ч_{чол}$ – чисельність людей

N – число місяців роботи

ФОТ=(24000 *140*12):1000=40320 тис грн

Із загального фонду заробітної плати тих, що працюють 60% складає заробітна плата робочих складає

40320 × 0,6 = 24192 тис грн

Продуктивність праці складає:

ПТ=РП:$Ч_{чол.}$=250432:140=1789 тис.грн.

7.4. Собівартість продукції(витрати на переробку зерна),прибуток і рентабельність

Сировина і основні матеріали

Витрати на сировину включають вартість зерна і витрати на його утримання.

Вартість зерна($С_з$) визначається множенням середньозваженої оптової ціни зерна помольної партії ($Ц_з$,с) і витрат на його доставку на підприємство($Т_р$) без ПДВ на річний об'єм переробки зерна власних ресурсів($Q_{влас.}$),по формулі:

Qз=(1,02*11000)+150)/1,2)*48600:1000= 47822 тис грн

Оптові ціни на зерно,які включаються в помольну партію, беруться за даними потокового моніторингу цін товаровиробників, які складають (на даний час) 10500-11500 грн/тону зерна.

У формулі коефіцієнт 1,02 враховує додаткові витрати на придбання(націнки, комісійні, послуги товарних бірж),які складають 2% від вартості зерна.

Витрати на отримання зерна складають 130-150грн./тону зерна.

Додаткові матеріали

Витрати на матеріали визначаються за такими нормативами: 25 грн на тонну об'єму переробки зерна.

$C_м$= (8*$Q_{заг}$)/1000=(25*81000)/1000= 2025 тис грн

Паливо

Витрати на паливо визначаються, виходячи з норм витрат палива,об'ємів переробки зерна і цін на палива по формулі:

$З_{топ}$=$Ц_{топ}$*$Н_{топ,усл}$*$Q_{заг}$*$К_{усл.}$=(18000*3*0,88)* 81000/1000^2 =3851 тис грн

$Ц_{топ}$- ціна натурального палива, грн./т

$Q_{заг}$- об'єм переробки зерна, т.

$Н_{топ,усл}$- норма витрати умовного палива, кг/т

$К_{усл}$- коефіцієнт перекладу умовного палива в натуральне

Для технологічних потреб $Н_{топ,усл}$ береться у розмірі 3кг умовного палива на тонну зерна для холодного кондиціонування.

Енергія

У даний підрозділ включаються сумарні витрати на електроенергію і воду,які використовуються на технологічні потреби.

Витрати на електроенергію визначаються по формулі:

$C_{ел.}$=$Т_{ел.}$*$Н_{ел.}$*Qз*$К_б$, де

$Т_{ел.}$- тариф на ел.енергію, складає 6,5 грн/кВт.год *без ПДВ*;

$Н_{ел.}$- норма витрати ел.енергії на виробництво борошна, складає 102кВт.год/т;

.Qз- об'єм переробки зерна за рік,т;

$К_б$- загальний вихід борошна

$C_{ел}$= 6500*102*(81000*0,78 :$1000^{2)}$=41887 тис грн

Витрати на воду розраховується по формулі:

$C_в$=($Т_в$+$Т_{сп}$*$К_{сп}$)*$Н_в$*Qз,де

$Т_в$,$Т_{сп}$- тарифи, відповідно, на отримання води і спуск її в каналізацію, грн./$м^3$(45 і 32 відповідно);

$К_{сп}$- коефіцієнт, який визначає співвідношення між об'ємами спуску і отримання води- 0,9;

$Н_в$- норма витрати води на тонну зерна,$м^3$/т

$C_в$=(45+32*0,9)*0,91*81000/1000=5447 тис грн

Загальні витрати на енергію складають:

41887 + 5447 = 47334 тис грн

Основна і додаткова заробітна плата

Фонд основної і додаткової заробітної плати береться з розрахунків, які приводяться в п.7.3.

При цьому береться ФОТ тільки робочих $ФЗП_{раб}$= 24192 тис грн

Відрахування на соціальні потреби

Визначаються по встановлених відсотках (22%)від величини фонду основної і додаткової платні:

$З_0$=$ФЗП_{раб}$*0,22=24192*0,22= 5322 тис грн

Амортизація устаткування

Розраховується по формулі:

А=ОПФі*($Н_{аі}$/100),де

$Н_а$-норма амортизаційних відрахувань третьої групи фондів(технологічне устаткування),$Н_а$=20%;

ОПФ- вартість технологічного устаткування основних виробничих фондів третьої групи.

А=90000*0,5*(20/100)=9000 тис. грн.

Вартість технологічного устаткування основних промислово-виробничих фондів визначається у розмірі 50% від всієї вартості ОПФ($І_{овф}$), яку визначають відповідно до п.2.3.

Розрахунок інших амортизаційних витрат здійснюють за формулою:

$А_{ін.}$=$\sum_i ОПФi * Ha,i/100$, де

$ОПФi$- вартість основних промислово-виробничих фондів і-ої групи

Ha,i- норма амортизаційних відрахувань і-ої групи фондів

$А_{зд}$=9000*0,05*0,6*0.58=157 тис грн

$А_{уст.}$= 9000*0,2*0,1=180тис грн

$А_{инстр, меб.}$=9000*0,25*0,33=743 тис грн

$A_{сооруж}$ = 9000*0,067*0,7=422тис грн

$A_{ел.пр.}$=9000*0,5*0, 2=900тис грн Аінш =2402тис грн

$A_{заг.}$=9000+2402=11402 тис грн

Інші прямі витрати

Визначаються у розмірі 5% від усіх попередніх витрат(крім витрат на сировину

Він.=0,05 × (2025 + 3851 + 47334 + 24192 + 5322 + 9000)=4586 тис. грн.

Загальновиробничі витрати

Визначаються у розмірі 30% від усіх попередніх витрат за винятком витрат на сировину:

$$В_{заг}=(4586 + 91724) \times 0,30 = 28893 \text{ тис грн}$$

Виробнича собівартість

Визначається як сума усіх попередніх витрат (витрат по всіх попередніх статтях).

Адміністративні витрати, витрати на збут, інші витрати основної діяльності, відсотки за кредит визначаються у розмірі, відповідно 35%,30%,5%,2%від величини виробничої собівартості за виключенням витратна сировину.

Повна собівартість

Визначається як сума виробничої собівартості і накладних витрат(адміністративних, витрат на збут, інших витрат основної діяльності, відсотків за кредит).

Витрати в результативному ряду «всього» є повними витратами на виробництво продукції (повною собівартістю), а експлуатаційні витрати є різницею між повними витратами і амортизаційними відрахуваннями.

$$ЕВ= ПВ - А =263171 - 11402 = 251769 \text{ тис грн}$$

Таблиця 7.1.-Розрахунок зведених витрат на виробництво продукції і послуг з давальницької переробки зерна.

Стаття витрат	Сума витрат,тис грн
Сировина та основні матеріали	47822
Додаткові матеріали	2025
Паливо	3851
Енергія	47334
Основна і додаткова заробітна плата	24192
Відрахування на соціальні потреби	5322
Амортизація обладнання	9000
Інші прямі витрати	4586
Загальновиробничі витрати	28893
Виробнича собівартість	173025
Адміністративні витрати	43821
Витрати на збут	37561
Інші витрати виробничої діяльності	6260
Відсотки за кредит	2504
Повна собівартість	263171
В т.ч. експлуатаційні витрати	251769

Прибуток визначається як різниця між об'ємами реалізації продукції і послуг,які розраховуються в розділі 2 (табл.2.2.), і повною собівартістю з табл. П=РП-СП;

П=43626 тис грн

Рентабельність продукції визначається діленням прибутку на повну собівартість продукції і послуг.

$$Р_{рп}=(П/С)*100$$

$$Р_{рп}==21\%$$

7.5.Фінансова та економічна оцінка проекту

Загальні положення і початкові умови для розрахунку

Економічна оцінка проекту виконується за такими показниками:

1.Для інвестора:

термін окупності інвестицій(Струм.);

чиста приведена вартість проекту (ЧПС)

2.Для кредитора:

- термін повернення кредиту(Ткр)

При виконанні розрахунку приймаються наступні умови:

ставка дисконтування d=18;

акциз і експортне мито відсутні;

продаж проекту не передбачається;

для економічної оцінки прийнятий період 5 років $Т_{оц}$=5р

амортизаційні відрахування, які виникають у зв'язку з введенням проекту, кладуть на депозит в банк і вважають резервом для страхування від ризику.

Для кредитування інвестицій приймаються такі умови:

Процентна ставка за кредит 26% в рік;

Всі вільні кошти прибутку йдуть на погашення кредиту

Розрахунок прибутку, податків і вільних грошових коштів

Таблиця 7.2.– Рух грошових коштів, тис грн

Показники	Роки			
	1	2	3	4
Надходження коштів	175304	250432	250432	250432
Амортизаційні відрахування	11402	11402	11402	11402
Проценти за кредит	10468	8987	-	-
Експлуатаційні витрати	146553	195404	195404	195404
Балансовий прибуток	6879	34639	43626	43626
Податок на прибуток 18%	1238	6235	7853	7853
Чистий прибуток	5641	28404	35773	35773
Чистий прибуток,що залишається на підприємстві	-	-	35773	35773
Вільні грошові кошти	17043	39806	47175	47175

Таблиця 7.3. – Графік повернення кредиту і сплати процентів по кредиту

Показники	Роки		
	1	2	3
Борг на початок року	40261	34564	-
Погашення кредиту	5697	34564	-
Борг накінець року	34564	-	-
Проценти за кредит	10468	8987	-

За наведеними вище даними визначаємо строк повернення кредиту ($T_{кр}$). До строку повернення кредиту включають кількість років, за які здійснюється часткове погашення кредиту та частину року, в якому остаточно погашається кредит.

Ткр= 2роки

Отже, підприємство поверне повністю кредит за 2роки.

Розрахунок чистої приведеної вартості та строку окупності інвестиційного проекту

Розрахунок здійснюється за допомогою таб.7.4.

Таблиця 7.4. – Розрахунок чистої приведеної вартості та строку окупності проекту, тис грн.

Показники	Роки				
і	1	2	3	4	5
$(1+0,18)^i$	1,18	1,39	1,64	1,93	2,28
Вільні грошові кошти	17043	39806	39806	47175	47175
Дисконтована величина вільних грошових коштів	14443	28637	28765	24443	20690
Чиста приведена вартість проекту	-92067	-63394	-34629	-10186	10504

Термін окупності інвестицій визначається за формулою:

$$T_{ок}=T_{чв,і}+\frac{ЧПВі-1}{Кдис,}=4,5роки$$

Чиста приведена вартість проекту на кінець 5-го року складає 10504 тис грн

7.6. Оцінка ризиків

До ризиків, пов’язаних з політичною і економічною ситуацією в Україні входять:

війна, діюча і майбутня правова база для інвестицій, перспектива економіки в цілому, фінансова нестабільність.

Ризики періоду проектування і будівництва пов’язані з можливим збільшенням термінів будівництва, невчасним постачанням і введенням в дію устаткування, невідповідності вартості будівництва розрахунковій сумі інвестицій.

Будівництво млина в сучасних умовах відбувається в недовгі терміни, тому вірогідність зриву термінів будівництва дуже мала. Постачання устаткування в сучасних умовах виконується без порушення термінів. Вірогідність невідповідності фактичних витрат плановим на будівництво розрахунковим мала, оскільки розрахунки базуються на методах ,які перевірені практикою.

Ризики експлуатаційного періоду включають: виробничі ризики, ринкові ризики.

Виробничі ризики, пов’язані з підвищенням потокових витрат, зривів графіка постачання сировини, відключенням енергії. Підвищення потокових витрат, в основному, стосується сировини і енергетичних витрат. У таких випадках одночасно підвищуються ціни на продукцію. Таким чином, компенсується підвищення потокових витрат.

Страхування від зривів графіка постачання сировини забезпечуються присутністю на підприємстві місткостей для змісту страхового запасу сировини. Останнім часом в Україні налагоджується система енергопостачання і можна чекати, що відключення енергії не буде. Невеликі зриви в забезпеченні електроенергії можна компенсувати роботою у вихідні дні. Таким чином, виробничі ризики експлуатаційного періоду відсутні.

Ринкові ризики пов’язані з можливою втратою частини на ринку збуту продукції або послуг.

На підприємстві планується утворення фінансових резервів на випадок короткочасного погіршення ринкової ситуації, п ов'язаної із зниженням цін на продукцію, підвищенням цін на сировину в кінці сезону і ін.. Так само передбачається проведення постійних маркетингових досліджень ринку з метою своєчасного реагування на зміну ринкової ситуації, пов'язаної з конкурентною позицією підприємства щодо конкурентів і появою нових конкурентів. Таким чином, ринкові ризики експлуатаційного періоду невеликі.

Висновки

Основні техніко-економічні показники діяльності підприємства представлені в табл. 7.5.

Таблиця 7.5. – Техніко-економічні показники діяльності підприємства і інвестиційного проекту

Показники	Одиниці вимірювання	Значення показників
1.Добова потужність підприємства	тонн	300
2.Обсяги переробки зерна	тонн	81000
3.Обсяги переробки зерна з власних ресурсів	тонн	48600
4.Об'єми переробки зерна клієнтів	тонн	32400
5.Об'єм продажу	тис грн	250432
6.Повна собівартість	тис грн	263171
7.Прибуток	тис грн	22767
8.Кількість працюючих	тис грн	140
9.Фонд оплати праці	тис грн	40320
10.Середньомісячна заробітна плата	тис грн	24000
11.Продуктивність праці	тис грн/люд	1789
12.Рентабельність продукції	%	21
13.Інвестиції,у т.ч.	тис грн	106510
14.Кредит	тис.грн	40261
15.Термін повернення кредиту	років	5
16.Термін окупності інвестицій	років	4,5
17.Чиста приведена вартість проекту 5-го року	тис грн	10504

Висновок: Будівництво борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна продуктивністю 300т/добу

технічно можливе і економічно доцільне. Інвестиції у розмірі 106000 тис грн окупляться за 4,5 років. Кредит у розмірі 40261 тис грн буде повернений за 2 роки. Чистий приведений дохід на кінець 5-го року складе 10504тис грн.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У результаті виконання проєкту розроблено борошномельний завод із впровадженням інноваційної технології первинного подрібнення зерна, що забезпечує підвищення технологічної ефективності переробки пшениці, раціональне використання сировини та покращення якості готової продукції. У процесі роботи виконано комплексне опрацювання технологічних, конструктивних, енергетичних та економічних рішень, необхідних для створення сучасного борошномельного підприємства.

У межах техніко-економічного обґрунтування визначено доцільність будівництва підприємства з урахуванням сировинної бази, потреб ринку у сортовому хлібопекарському борошні, транспортної доступності, виробничої потужності та конкурентоспроможності продукції. Обґрунтовано вибір технологічного напряму виробництва та підтверджено економічну ефективність впровадження інноваційної технології первинного подрібнення зерна, яка дозволяє підвищити вихід високосортного борошна, знизити питомі витрати енергії та забезпечити більш раціональний розподіл анатомічних частин зернівки у продуктах подрібнення.

Надано характеристику генерального плану підприємства та розроблено архітектурно-будівельні рішення з урахуванням вимог виробничої логістики, санітарних норм, пожежної безпеки, організації транспортних потоків і безпечної експлуатації технологічного обладнання. Передбачено функціональне розміщення виробничих, складських, допоміжних та адміністративно-побутових приміщень, що забезпечує безперервність технологічного процесу, скорочення внутрішньозаводських переміщень сировини і готової продукції та належні умови праці персоналу.

У роботі наведено характеристику пшеничного борошна як основного продукту переробки зерна пшениці та розглянуто його хімічний склад.

Проаналізовано вміст білків, крохмалю, клітковини, жирів, мінеральних речовин і вітамінів, а також вплив окремих складових зерна на хлібопекарські властивості борошна. Встановлено, що якість готової продукції значною мірою залежить від технологічних режимів підготовки зерна та ефективності процесів подрібнення і сортування проміжних продуктів.

Проведено аналіз та обґрунтовано схему технологічного процесу виробництва сортового хлібопекарського борошна з використанням інноваційної технології первинного подрібнення зерна.

На основі технологічної схеми виконано вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання. Визначено необхідну кількість машин і їх продуктивність для забезпечення заданої потужності підприємства.

Виконано розрахунок енергетичного та матеріально-ресурсного забезпечення проєкту. Визначено потребу підприємства в електричній енергії, воді, теплових ресурсах, стисненому повітрі та допоміжних матеріалах. Проведені розрахунки показали, що впровадження інноваційної технології первинного подрібнення зерна сприяє зменшенню питомих витрат енергоресурсів та підвищенню загальної енергоефективності виробництва. Також встановлено, що запропоновані технологічні рішення забезпечують раціональне використання матеріальних ресурсів і скорочення технологічних втрат.

Техніко-економічні розрахунки підтвердили економічну доцільність реалізації проєкту. Визначено основні показники ефективності роботи підприємства, зокрема собівартість продукції, рівень рентабельності, капітальні вкладення, експлуатаційні витрати та очікуваний економічний ефект від впровадження інноваційної технології. Результати розрахунків свідчать про конкурентоспроможність запроєктованого підприємства та перспективність його функціонування в умовах сучасного ринку борошномельної продукції.

Будівництво борошномельного заводу з інноваційною технологією первинного подрібнення зерна продуктивністю 300т/добу технічно можливе і економічно доцільне. Інвестиції у розмірі 106000 тис грн окупляться за 4,5 років. Кредит у розмірі 40261 тис грн буде повернений за 2 роки. Чистий приведений дохід на кінець 5-го року складе 10504тис грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. – К., 1998. 145с.

2. Cappelli, A., Mugnaini, M., & Cini, E. (2020). Improving roller milling technology using the break, sizing, and reduction systems for flour differentiation. LWT, 133, 110067.

3. Posner, E. S. (2000). Wheat. In Handbook of Cereal Science and Technology, Revised and Expanded (pp. 1-29). CRC Press.

4. Dziki, D. (2008). The crushing of wheat kernels and its consequence on the grinding process. Powder Technology, 185(2), 181-186.

5. Campbell, G. M., Fang, C., & Muhamad, I. I. (2007). On predicting roller milling performance VI: Effect of kernel hardness and shape on the particle size distribution from first break milling of wheat. Food and Bioproducts Processing, 85(1), 7-23.

6. Hatcher, D. W., Anderson, M. J., Desjardins, R. G., Edwards, N. M., & Dexter, J. E. (2002). Effects of flour particle size and starch damage on processing and quality of white salted noodles. Cereal Chemistry, 79(1), 64-71.

7. Mousia, Z., Edherly, S., Pandiella, S. S., & Webb, C. (2004). Effect of wheat pearling on flour quality. Food Research International, 37(5), 449-459.

8. Dexter, J. E., & Wood, P. J. (1996). Recent applications of debranning of wheat before milling. Trends in Food Science & Technology, 7(2), 35-41.

9. Ficco, D. B., Beleggia, R., Pecorella, I., Giovanniello, V., Frenda, A. S., & Vita, P. D. (2020). Relationship between seed morphological traits and ash and mineral distribution along the kernel using debranning in durum wheats from different geographic sites. Foods, 9(11), 1523.

10. Wang, L., & Flores, R. A. (2000). Effects of flour particle size on the textural properties of flour tortillas. Journal of Cereal Science, 31(3), 263-272.

11. Hu, X., Xu, T., Bu, J., Cheng, L., & Wang, T. (2025). Impact of particle size distribution and morphology of starch on microstructural–functional changes of dough. Lwt, 215, 117251.

12. Lapčíková, B., Burešová, I., Lapčík, L., Dabash, V., & Valenta, T. (2019). Impact of particle size on wheat dough and bread characteristics. Food chemistry, 297, 124938.

13. Scanlon, M. G., Dexter, J. E., & Bilideris, C. G. (1988). Particle-size related physical properties of flour produced by smooth roll reduction of hard red spring wheat farina. Cereal Chemistry, 65(6), 486-492.

14. Kent, N. L. (1994). Kent's technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture. Elsevier.

15. Квач, Я. П., & Кошельок, Г. В. (2015). Сучасний стан і перспективи розвитку борошномельної галузі України. Економіка харчової промисловості, (2), 18-24.

16. Жигунов, Д. О., Ковальова, В. П., Ковальов, М. О., & Коритнюк, О. В. (2019). Визначення показників якості індивідуальних потоків борошна із заводу зі скороченою схемою технологічного процесу.

17. Жигунов, Д. О., Ковальова, В. П., & Мороз, А. І. (2017). Визначення показників якості борошна з різних систем технологічного процесу при сортовому помелі пшениці. Зернові продукти і комбікорми, (17,№ 4), 30-36.

18. Жигунов, Д., Ковальов, М., Хоренжий, Н., & Ковальова, В. (2025). Дослідження параметрів змішування технологічних добавок з пшеничним борошном. Технічні науки та технології, (2 (40)), 325-337.

19.

20. Жигунов, Д. О., Волошенко, О. С., & Хорегжий, Н. В. (2021). Взаємозалежність показника кількості клейковини та білка в зерні та борошні.

21. Жигунов, Д. О. (2013). Розробка наукових основ і методів підвищення якості та розширення асортименту готової продукції на борошномельних заводах.

22. Пупикіна, В. І., & Зубков, Р. С. НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ БОРОШНОМЕЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ. Наукові досягнення молодих–шлях до професії: Тези міжвузівської науково, 135.

23. Волошенко, О. С., Хоренжий, Н. В., & Ковальова, В. П. (2017). Порівняльна оцінка якості пшеничного борошна вищого сорту.

24. Брославцева, І. В. (2013). Удосконалення процесу формування готової продукції в технології сортового помелу пшениці.

25. Жигунов, Д. О., & Марченков, Д. Ф. (2019). Застосування ферментних препаратів при виробництві хлібу в Україні: актуальні питання та можливі шляхи їх вирішення.

26. Жигунов, Д. О., Волошенко, О. С., & Хоренжий, Н. В. (2018). Коригування пшеничного борошна із незадовільними хлібопекарськими властивостями. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], (82, Вип. 2), 23-29.

27. Бараболя, О. В. (2024). Якість хліба в залежності від якості борошна (Doctoral dissertation).

28. Жигунов, Д. О., Ковальова, В. П., & Жиронкіна, Д. С. (2017). Аналіз якості борошна з різних регіонів України. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], (81, Вип. 2), 35-43.

29. Жигунов, Д. О., Волошенко, О. С., & Хорегжий, Н. В. (2021). Взаємозалежність показника кількості клейковини та білка в зерні та борошні.

30. Ковальова, Л. С. (2025). Обґрунтування технології виробництва печива затяжного з використанням борошна пшеничного та спельтового цільнозернового.