

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра технології зерна і комбікормів



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему

**«БУДІВНИЦТВО КОМБІКОРМОВОГО ЗАВОДУ
НА ПАП «АГРОПРОДСЕРВІС» У ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ»**

Здобувача	Желясков Б.В.
4 курсу, групи	ТЗХ – 42 а
Керівник	доц. Бордун Т.В.
Консультанти:	проф. Басюркіна Н.Й., доц. Гончарук Г.А., доц. Штепа Є.П.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 08.06.2026 р., протокол № 9.

Завідувачка кафедри ТЗіК _____ Макаринська А.В.

Одеса – 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	ННІ зернового, переробного і хлібопекарського бізнесу ім. К.А. Богомаза
Кафедра	Технології зерна і комбікормів
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	181 «Харчові технології»
Освітня програма	«Технології зберігання і переробки зерна»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Макаринська

Алла Василівна

« 01 » грудня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Желяскова Богдана В'ячеславовича

1.Тема роботи Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області

Затверджена наказом університету від 01.12.2025 р. наказ №679-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 08 червня 2026 р.

3. Вихідні дані роботи

матеріали переддипломної практики

4.Перелік питань, які потрібно розробити

техніко-економічне обґрунтування проекту будівництва комбікормового заводу, науково-технологічна частина (обґрунтування процесу фінішного напilenня біологічно активних речовин в комбікормовій промисловості та ферментативної обробки сировини у свинарстві, синергія технологій; характеристика сировини і комбікормової продукції, розрахунок рецептів комбікормової продукції на ЕОМ, аналіз і обґрунтування схеми технологічного процесу виробництва комбікормової продукції з технічними пропозиціями, розрахунок обладнання приймально-відпускних пристроїв, ємності складів для зберігання сировини, комбікормової продукції, розрахунок технологічного, транспортного обладнання, ємності оперативних бункерів, проєктування внутрішньоцехової комунікації, технохімічний та технологічний контроль виробництва); розрахунок вентиляційного обладнання; електропостачання та енергозбереження; охорона праці; техніко-економічні показники

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

Схема технологічного процесу (б/м) – 1 аркуш

Плани поверхів (М 1:50) – 5 аркушів

Розрізи (поздовжній, поперечний, М 1:50) – 2 аркуші

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування Техніко-економічні показники	Басюркіна Н.Й., проф, д.е.н.		
Розрахунок вентиляційного обладнання	Гончарук Г.А., доц., к.т.н.		
Електропостачання та енергозбереження	Штепа Є.П. доц., к.т.н.		
Охорона праці	Бордун Т.В. доц., д.т.н.		

7. Дата видачі завдання 01 грудня 2025 р.

Керівник _____ Бордун Т.В.
Завдання прийняв до виконання _____ Желясков Б.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Техніко-економічне обґрунтування	23.03.2026 – 25.03.2026	
2.	Науково-технологічна частина	26.03.2026– 31.03.2026	
3.	Вибір розташування обладнання, комунікація	01.04.2026 – 21.04.2026	
4.	Технохімічний та технологічний контроль виробництва	01.05.2026 – 04.05.2026	
5.	Вентиляційні установки	05.05.2026 – 14.05.2026	
6.	Електрозабезпечення та енергозбереження	15.05.2026 – 21.05.2026	
7.	Графічне виконання проекту	22.04.2026 – 01.06.2026	
8.	Техніко-економічні показники	22.05.2026 – 01.06.2026	
9.	Затвердження проекту	08.06.2026 – 22.06.2026	
10.	Захист проекту	23.06.2026 – 24.06.2026	

Здобувач – дипломник _____ Желясков Б.В.
Керівник роботи _____ Бордун Т.В.

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

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

Здобувач – дипломник Желясков Б.В. _____

Анотація

Тема: «Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області». Мета роботи: полягає в техніко-економічному обґрунтуванні та проектуванні сучасного комбікормового заводу для ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області з метою вертикальної інтеграції виробництва, зниження собівартості кінцевої м'ясної продукції свинарства та одержання доданої вартості на власній сировинній базі.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи включає вступ, шість розділів, список використаних літературних джерел та висновки. У першому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування проекту будівництва комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області.

У другому розділі проведено техніко-технологічне обґрунтування процесу фінішного напilenня біологічно активних речовин в комбікормовій промисловості та науково-біологічне обґрунтування ферментативної обробки сировини у свинарстві. У розділі також наведено характеристику сировини і готової продукції, аналіз і обґрунтування схеми технологічного процесу виробництва комбікормової продукції з технічними пропозиціями; проведено розрахунок приймально-відпускних пристроїв, ємності силосів для зберігання сировини та готової продукції, технологічного обладнання, ємності оперативних бункерів, транспортного обладнання; представлена внутрішньоцехова комунікація; технохімічний та технологічний контроль виробництва.

У третьому розділі проведено розрахунок вентиляційного обладнання комбікормового заводу. У четвертому розділі розглянуто аспекти електропостачання та енергозабезпечення. У п'ятому розділі розглянуто заходи з охорони праці. У шостому розділі проведено оцінку економічної ефективності інвестицій у будівництво комбікормового заводу.

Кваліфікаційну роботу оформлено у 2 частинах:

1 частина – пояснювальна записка, яка викладена на 165 аркушах друкованого тексту, містить 39 таблиць, 5 рисунків, список літератури включає 78 найменувань;

2 частина – графічна, представлена на 8 аркушах формату А1: схема технологічного процесу виробництва комбікормової продукції – 1 аркуш (б/м), плани поверхів – 5 аркушів (М 1:50), розрізи (поздовжній і поперечний) – 2 аркуші (М 1:50).

В И Т Я Г

з протоколу засідання кафедри технології зерна і комбікормів
протокол № 9 від 08 червня 2026 року

ПРИСУТНІ: д.т.н., доц. Макаринська А.В., д.т.н., проф. Єгоров Б.В., д.б.н., проф. Левицький А.П., д.т.н., проф. Станкевич Г.М., к.т.н., доц. Борта А.В., к.т.н., ст. викл. Лапінська А.П., к.т.н., доц. Бордун Т.В., к.т.н., доц. Турпунова Т.М., к.т.н., доц. Валевська Л.О., к.т.н., доц. Ворона Н.В., к.т.н., доц. Фігурська Л.В., к.т.н., ст. викл. Цюндик О.Г., к.т.н., ст. викл. Чернега І.С., к.т.н., ст. викл. Соколовська О.Г., зав. лаб. Луніна Л.О., ст. лаб. Луніна В.Ю.

СЛУХАЛИ: звіт доц. Бордун Т.В. про перевірку на академічну доброчесність кваліфікаційної роботи здобувача СВО «Бакалавр» Желяскова Богдана В'ячеславовича, тема: «Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області». На перевірку надавались наступні розділи: вступ, техніко-економічне обґрунтування роботи, наукова частина; інші розділи пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи, враховуючи їх ідентичність, не проходили перевірку, так як всі методики та розрахунки наведені у цих розділах виконуються відповідно до методичних вказівок, та нормативної документації. Перевірка проводилась за допомогою сервісу для запобігання плагіату Turnitin. За результатами перевірки унікальність тексту кваліфікаційної роботи становить 98 %.

УХВАЛИЛИ: звіт доц. Бордун Т.В. про перевірку на академічну доброчесність кваліфікаційної роботи здобувача СВО «Бакалавр» Желяскова Богдана В'ячеславовича, тема: «Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області» затвердити та рекомендувати до захисту на засіданні екзаменаційної комісії № 22.

Зав. кафедри ТЗіК,
д.т.н., доц

Алла МАКАРИНСЬКА

Секретар кафедри ТЗіК,
к.т.н., доц.

Тетяна ТУРПУРОВА

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1 Техніко-економічне обґрунтування проєкту будівництва комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області.....	9
1.1 Динаміка та структурні зміни світового ринку свинарства.....	9
1.2 Оцінка стану та перспектив розвитку галузі свинарства України в умовах геополітичної нестабільності.....	11
1.3 Структура світового ринку комбікормів.....	17
1.4 Характеристика ПАП «Агропродсервіс».....	21
1.5 Мета і гіпотеза проєктування, результати, які очікуються.....	23
Розділ 2 Науково-технологічна частина.....	25
2.1 Техніко-технологічне обґрунтування процесу фінішного наплення біологічно активних речовин в комбікормовій промисловості.	25
2.2 Науково-біологічне обґрунтування ферментативної обробки сировини у свинарстві.....	29
2.3 Синергія технологій: фінішне наплення як інструмент ефективного транспортування ферментних композицій.....	35
2.4 Характеристика сировини і готової продукції.....	37
2.5 Розрахунок рецептів комбікормової продукції на ЕОМ.....	59
2.6 Аналіз і обґрунтування схеми технологічного процесу виробництва комбікормової продукції з технічними пропозиціями.....	64
2.7 Розрахунок обладнання приймально-відпускних пристроїв.....	67
2.8 Розрахунок ємності складів для зберігання сировини та готової продукції.....	69
2.9 Розрахунок технологічного обладнання.....	76
2.10 Розрахунок ємності оперативних бункерів.....	86
2.11 Розрахунок транспортного обладнання.....	97
2.12 Оформлення відомості руху продуктів за схемою технологічного процесу виробництва комбікормової продукції.....	102
2.13 Технохімічний та технологічний контроль виробництва.....	110

					КРБ.ТЗіК.1.679-03.1.9						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Желясков Б.В.			Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області			Літ.	Арк.	Аркуші	
Керівник		Бордун Т.В.								5	165
Консульт.								ОНТУ 2026			
Зав.каф.		Макаринська А.В.									
Н.контр.											

Розділ 3 Розрахунок вентиляційного обладнання.....	115
3.1 Мета і задачі вентиляційних установок.....	115
3.2 Особливості проєктування аспіраційних установок комбікормових заводів.....	116
3.3 Основні принципи компонування аспіраційних установок.....	117
3.4 Огляд основних методів розрахунку аспіраційних мереж.....	118
3.5 Розрахунок локального фільтра та фільтра-циклона.....	118
3.6 Проєктування, підбір та установка локальних фільтрів за аеродинамічними показниками.....	119
3.7 Аспірація мережі, до якої входять: дозатор DFWK-3000 №1, конвеєр MNKA-200 №4 і норія MGEL 630x440 №6.....	119
3.8 Розрахунок аспірації для норій MGEL–630x440 №1, 2, 6, 7.....	122
3.9 Розрахунок аспіраційного обладнання для аспірації просіювачів (як окремої одиниці) DFTA-23 (№1-4).....	124
Розділ 4 Електропостачання та енергозбереження.....	127
4.1 Мета та задачі проєктування.....	127
4.2 Визначення розрахункової активної потужності підприємств...	127
4.3 Розрахунок повної потужності трансформаторної підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності.....	128
4.4 Перевірка потужності трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності.....	130
4.5 Техніко-економічне порівняння роботи силових трансформаторів.....	132
4.6 Вибір перерізу жил та марки кабелю.....	133
4.7 Річні витрати електроенергії та їх вартість.....	134
Розділ 5 Охорона праці.....	137
Розділ 6 Оцінка економічної ефективності інвестиційного проєкту будівництва комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс».....	145
6.1 Розрахунок необхідної суми інвестицій на будівництво.....	145
6.2 Розрахунок виробничої програми.....	147
6.3 Розрахунок собівартості продукції.....	148
6.4 Оцінка економічної ефективності інвестицій.....	154
Висновки та технічні пропозиції.....	157
Список літератури.....	158

Вступ

Тваринництво є однією з базових і стратегічно важливих галузей агропромислового комплексу України, що відіграє вирішальну роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави, формуванні сталого розвитку сільських територій та забезпеченні населення високоякісними продуктами харчування. Серед усіх напрямів тваринницького сектору свинарство посідає особливе місце завдяки високій швидкості відтворення поголів'я, багатоплідності, короткому періоду відгодівлі та високому забійному виходу продукції. Свинина історично та ментально залишається одним із основних видів м'яса в раціоні українських споживачів, забезпечуючи стабільний та місткий внутрішній ринок збуту. Статистичні дані підтверджують, що на частку свинини стабільно припадає близько однієї третини від загального обсягу промислового виробництва м'яса в країні, що робить цей бізнес-напрямок ключовим для інвестиційного планування.

Проте за останні роки вітчизняне свинарство зіткнулося з безпрецедентними викликами макроекономічного, геополітичного та епізоотичного характеру. Повномасштабна військова агресія проти України призвела до глибокої кризи у 2022–2023 роках, а саме відбулося суттєве скорочення загального стада через безпосереднє руйнування тваринницьких комплексів, тимчасову окупацію південних та східних регіонів, критичне порушення логістичних ланцюгів постачання сировини та збуту готової продукції. Окрім воєнних факторів, хронічною дестабілізуючою загрозою для галузі залишається перманентна небезпека поширення вірусу африканської чуми свиней, яка вимагає від виробників жорсткої дисципліни та колосальних капіталовкладень у системи біобезпеки.

Попри зазначені деструктивні чинники, починаючи з 2024–2025 років, промислове свинарство України демонструє чітку та стійку тенденцію до регенерації, адаптації та фінансової стабілізації. Головними драйверами цього відновлення стали великі індустріальні комплекси та вертикально інтегровані агрохолдинги, зосереджені переважно в центральних і західних регіонах країни. Питома вага таких підприємств у загальній структурі промислового виробництва свинини на сьогодні вже перевищила 90 %. Сучасний ринок вимагає від операторів максимальної інтенсифікації виробництва, оскільки виживання в умовах високої конкуренції та мінливості цін можливе лише за рахунок

жорсткого контролю над собівартістю та досягнення максимальних показників продуктивності.

Основним та найбільш дієвим чинником успішного функціонування інтенсивного свинарства, оптимізації собівартості живої ваги та підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств є організація ефективної, збалансованої та науково обґрунтованої годівлі. Виготовлення якісних повнораціонних комбікормів безпосередньо визначає економіку всього свинарського комплексу, адже витрати на корми у структурі собівартості свинини становлять від 65 % до 75 %. Сучасний рівень розвитку кормовиробництва безпосередньо впливає на середньодобові прирости, конверсію корму, тривалість періоду відгодівлі та, що найважливіше, на збереження високого генетичного потенціалу сучасного маточного поголів'я. Потреби сучасного промислового свинарства орієнтовані на використання високих генетичних ліній, де багатоплідні свиноматки здатні приводити понад 30 поросят за опорос. Вирощування такого поголів'я та ремонтного молодняку потребує бездоганної якості кормів, балансу амінокислот, вітамінів та мікроелементів, чого неможливо досягти на застарілому обладнанні.

У той же час, динамічне розширення масштабів діяльності провідних виробників свинини в Україні, зокрема у Західному регіоні, виявило серйозну системну проблему – дефіцит наявних комбікормових потужностей. З огляду на це, виникає гостра та об'єктивна необхідність будівництва нових, високотехнологічних, автоматизованих та енергоефективних комбікормових підприємств. Створення такого об'єкта, як сучасний комбікормовий завод на базі ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області, дозволяє компанії успішно реалізувати стратегію вертикальної інтеграції та замкненого виробничого циклу за принципом «від поля до столу». Власне сучасне виробництво забезпечує повну незалежність від цінових коливань на ринку готових комбікормів, мінімізує логістичні витрати та ризики.

Отже, необхідність подолання дефіциту кормової бази, забезпечення генетичного потенціалу тварин, мінімізація собівартості м'ясної продукції та посилення біобезпеки в умовах воєнних та епізоотичних викликів обумовлюють високу актуальність, науково-теоретичну, практичну та економічну доцільність розробки техніко-економічного та технологічного обґрунтування будівництва сучасного комбікормового заводу для ПАП «Агропродсервіс».

Розділ 1 Техніко-економічне обґрунтування проєкту будівництва комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області

1.1 Динаміка та структурні зміни світового ринку свинарства

Свинарство є однією з найважливіших галузей тваринництва у світі, що забезпечує значну частку м'ясної продукції для населення планети. Галузь характеризується високою інтенсивністю виробництва, значними обсягами споживання кормових ресурсів та суттєвим впливом на економічні показники аграрного сектору. Аналіз світового та українського ринку свинарства в період 2015–2025 років дозволяє виявити ключові тенденції розвитку галузі, оцінити вплив глобальних викликів та прогнозувати перспективи її розвитку.

Виробництво комбікормів є невід'ємною складовою свинарської галузі, оскільки якість та збалансованість раціону безпосередньо впливають на продуктивність тварин, конверсію корму та економічну ефективність виробництва. Сучасні тенденції в кормовиробництві спрямовані на впровадження прецизійних технологій годівлі, використання інноваційних кормових добавок та забезпечення сталого розвитку галузі [1].

За даними USDA (United States Department of Agriculture), світове виробництво свинини у 2015–2025 роках демонструє стійку тенденцію до зростання, незважаючи на періодичні коливання, пов'язані з епізоотичними ситуаціями та економічними кризами. Провідними виробниками свинини залишаються Китай, Європейський Союз та США, які разом забезпечують понад 70 % світового виробництва (табл. 1.1) [2].

Аналіз представлених даних свідчить про збереження лідируючих позицій Китаю у світовому виробництві свинини, незважаючи на значний спад у 2020 році через епізоотію африканської чуми свиней (АЧС). Європейський Союз демонструє стабільність виробництва з незначним скороченням, що пов'язано з посиленням екологічних вимог та політикою Green Deal. США показують стійке зростання виробництва завдяки технологічній модернізації та ефективній системі менеджменту [3].

					КРБ.ТЗіК.1.679-03.1.9						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Желясков Б.В.									
Керівник		Бордун Т.В.								9	16
Консульт.		Басюркіна Н.Й.						ОНТУ 2026			
Зав.каф.		Макаринська А.В.									
Н.контр.											

Таблиця 1.1 – Динаміка світового виробництва свинини за регіонами, млн тонн

Регіон/Країна	2015	2020	2023	2025	Зміна 2025/2015, %
Китай	54,9	43,2	52,8	55,2	+ 0,5
ЄС-27	23,3	22,7	21,8	22,1	– 5,2
США	10,8	11,3	12,2	12,5	+ 15,7
Світ разом	109,2	100,8	115,3	118,5	+ 8,5

Згідно з прогнозними показниками, глобальний ринок свинини у 2026 році перебуватиме у стані помірної експансії за умови збереження відносно стабільності міжнародних торговельних потоків. За даними USDA, загальносвітові обсяги виробництва зростуть на 0,6 %, досягнувши позначки 120,2 млн тонн. Основним чинником позитивної динаміки стане нарощування потужностей у Бразилії, США, Китаї та Канаді, що дозволить нівелювати рецесійні процеси в європейському агросекторі.

Ключові регіональні тренди

У Європейському Союзі прогнозується скорочення виробництва на 1,2 % (до 21,7 млн тонн). Основними дестабілізуючими факторами виступають низька маржинальність бізнесу та складна епізоотична ситуація, зокрема наслідки спалахів АЧС в Іспанії. Це призведе до суттєвого падіння експортної активності ЄС – очікується зниження поставок на зовнішні ринки на 7,6 %.

У Латинській та Північній Америці такі країни як Бразилія (+3,2 %) та США (+1,4 %) демонструють стабільне зростання завдяки доступності кормової бази. Бразильські експортери планують збільшити присутність на світовому ринку на 6,8 %, тоді як США переорієнтовують логістичні ланцюги на країни Латинської Америки, прогнозуючи приріст експорту на 3,3 %.

Китай попри статус лідера за обсягами виробництва (59,5 млн тонн), країна демонструє тенденцію до самозабезпечення. Внаслідок насичення внутрішнього ринку, імпорту свинини до КНР скоротиться на рекордні 15,8%, що змушує глобальних гравців диверсифікувати ринки збуту, фокусуючись на інших країнах Азії.

Світовий експорт у 2026 році стабілізується на рівні 10,4 млн тонн, а рівень глобального споживання прогнозується в межах 119,1 млн тонн [4, 5].

Поточний рік характеризується перерозподілом часток впливу на світовому ринку. Поки Європа бореться з ветеринарними ризиками та економічним тиском, країни Америки посилюють свої позиції. Для українських виробників, зокрема ПАП «Агропродсервіс», ТОВ «АПК-ІНВЕСТ» (ТМ «М'ясна весна»), СП ТОВ «Нива Переяславщини» (ТМ «П'ятачок»), ТОВ «Гудвеллі Україна» (Goodvalley), ТОВ «Глобинський свинокомплекс», це створює умови для стратегічного аналізу ніш, що вивільняються через скорочення європейського експорту.

1.2 Оцінка стану та перспектив розвитку галузі свинарства України в умовах геополітичної нестабільності

Свинарство є одним із ключових і найбільш перспективних напрямів тваринницького сектору, який відіграє стратегічну роль в аграрній економіці України. Завдяки таким біологічним особливостям свиней, як висока плодючість, скоростиглість та багатофункціональність отриманої продукції, ця галузь характеризується високим рівнем рентабельності. Хоча лідерство на вітчизняному ринку м'ясної продукції утримує птахівництво, свинарство залишається фундаментальним елементом забезпечення продовольчої безпеки країни. Зокрема, на частку свинини стабільно припадає близько третини від загального обсягу промислового виробництва м'яса в Україні [6].

Динаміка чисельності поголів'я свиней в Україні впродовж останніх років характеризувалася суттєвою нестабільністю, що зумовлено деструктивним впливом воєнних факторів та загостренням макроекономічних викликів (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Чисельність поголів'я свиней в Україні за 2021–2025 рр.

Показник	2021	2022	2023	2024	2025
Загальна чисельність поголів'я свиней, млн голів	6,1	5,1	5,0	5,2	5,35–5,4
Темпи приросту (зниження) відносно попереднього року, %	–	–15,0	–2,0	+1,5	+3,0...+4,0
Чисельність поголів'я в аграрних підприємствах, млн голів	4,9	4,8	4,85	4,9	≈5,0
Чисельність поголів'я в господарствах населення, млн голів	1,2	0,3	0,15	0,3	0,35–0,4
Питома вага свинини у загальній структурі виробництва м'яса, %	33	31	32	33	34–35

Базисний 2021 рік характеризувався утриманням понад 6 млн голів свиней в усіх категоріях господарств України. Проте у 2022 році відбулося стрімке скорочення стада: за оцінками галузевих аналітиків, втрати сягнули 10–12 %, що призвело до зменшення загальної чисельності до 5,0–5,2 млн голів. Основними деструктивними чинниками такого спаду стали прямі наслідки воєнних дій, тимчасова окупація територій, фізична загибель тварин, вимушений забій, дестабілізація логістичних ланцюгів та згортання виробничих потужностей у приватному секторі. Водночас офіційні відомості Державної служби статистики України відображають помірнішу тенденцію до зниження – на рівні 3 % (скорочення з 5,06 до 4,90 млн голів у сегменті сільськогосподарських підприємств). Така невідповідність між офіційними макроекономічними даними та розрахунками експертів зумовлена об'єктивними труднощами повного обліку втрат у межах зон ведення бойових дій та у секторі домогосподарств [7].

Протягом 2023 року вектор розвитку галузі частково стабілізувався: незважаючи на перманентні макроекономічні виклики, суб'єктам господарювання вдалося зберегти основне маточне поголів'я, що заблокувало подальше критичне скорочення чисельності стада. Вагомим стимулюючим чинником для пролонгації виробничих процесів виступила сприятлива цінова кон'юнктура на внутрішньому ринку свинини. Згідно зі звітами Міністерства сільського господарства США (USDA), загальний обсяг поголів'я корелював із показниками 2022 року, а в окремих безпечних регіонах було зафіксовано висхідну динаміку відновлення. Станом на середину 2024 року чисельність свиней в Україні становила орієнтовно 5,2 млн голів, продемонструвавши приріст на 1,5 % порівняно з аналогічним періодом попереднього року. Попри те, що зазначений параметр залишався на 3–4 % нижчим за показники довоєнного періоду, він підтверджує поступову регенерацію вітчизняного свиначства та успішну адаптацію агробізнесу до роботи в умовах воєнного стану [9].

У 2025 році, після тривалого дворічного регресу, у галузі намітилася стійка тенденція до регенерації, що виразилося у зростанні чисельності поголів'я орієнтовно на 3–4 %. Територіально процеси відновлення локалізувалися переважно у центральних та західних областях України, зокрема у Вінницькій, Хмельницькій, Львівській та Полтавській. Ключовим драйвером цього процесу виступили великі агрохолдинги та спеціалізовані підприємства, які за рахунок

інтенсифікації виробництва компенсували спад у секторі домогосподарств. У результаті відбулася подальша концентрація капіталу та індустріалізація галузі, внаслідок чого питома вага промислових господарств у загальній структурі поголів'я перевищила 90 % (рис. 1.1).

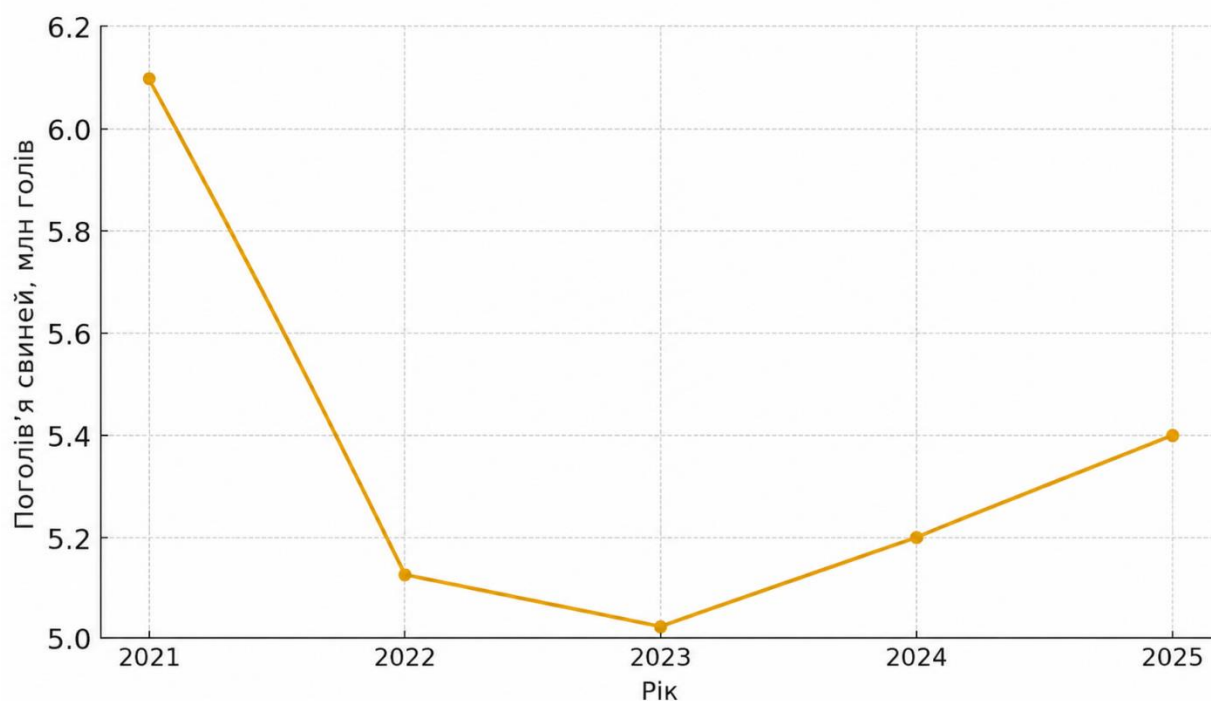


Рис. 1.1 – Динаміка чисельності поголів'я свиней в Україні за період 2021–2025 рр.

Вагомими макроекономічними чинниками зниження собівартості відгодівлі та відповідного зростання рентабельності виробництва у період 2024–2025 рр. стали високі показники валового збору зернових культур і відносна стабілізація логістичних маршрутів. Унаслідок дії тарифних та нетарифних обмежень на імпорتنу продукцію на тлі стабільної ємності внутрішнього ринку, ціни на свинину зберігали високі позиції, що виступило додатковим економічним стимулом для нарощування виробничих потужностей суб'єктами господарювання. Географічна структура галузі у 2025 році відзначилася чіткою концентрацією: основними регіонами-продуцентами стали Вінницька, Київська, Черкаська, Полтавська та Львівська області, сукупна частка яких забезпечила понад 60 % загальнонаціонального обсягу виробництва [10, 11].

Отже, 2025 рік став поворотним етапом для вітчизняного свинарства, коли галузь продемонструвала чітко виражені ознаки регенерації після глибокого спаду, спричиненого повномасштабними воєнними діями. Загальна чисельність

поголів'я свиней збільшилася до 5,35–5,4 млн голів; попри те, що цей параметр усе ще поступається довоєнним показникам (орієнтовно на 10 %), наведені дані підтверджують тренд до поступової стабілізації та деокупаційного відновлення виробничого потенціалу в безпечних регіонах країни [10].

Найбільш критичних деструктивних наслідків у секторі свинарства зазнали північні та східні регіони України, які підпали під безпосередній вплив бойових дій на початковому етапі повномасштабного вторгнення. Значна частка спеціалізованих підприємств Харківської, Донецької, Луганської та Херсонської областей зазнала фізичного руйнування або опинилася в межах тимчасово окупованих територій. Разом з тим, територіальне ядро промислового свинарства історично сформувалося у центральній та західній частинах країни, що дозволило зберегти операційну діяльність бізнесу попри супутні логістичні та економічні ускладнення. За аналітичними даними Асоціації «Свинарі України», провідними регіональними промисловими кластерами залишаються: Центральний (Київська, Черкаська, Полтавська області), Західний (Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська області) та частково Східний (Дніпропетровська область). Концентрація поголів'я у зазначених областях перевищує 50 % від загальнонаціонального промислового стада. Зокрема, результати моніторингу 59 найбільших агропідприємств із 19 регіонів підтвердили, що на початку 2023 року вони акумулювали орієнтовно 1,74 млн голів свиней, що еквівалентно майже 56 % промислового сектору країни, підкреслюючи високу просторову концентрацію виробництва у центрально-західній географічній зоні. Характерно, що у західних областях, які у 2022 році продемонстрували стрімке зростання внутрішнього попиту через міграційні процеси (наплив внутрішньо переміщених осіб), дефіцит сировини покривався за рахунок міжрегіонального переміщення молодняку на дорошчування із центральних областей. На противагу цьому, у прифронтових та деокупованих районах більшість господарств суттєво мінімізували або повністю втратили власні виробничі активи. У підсумку воєнний фактор спричинив кардинальну трансформацію географічної структури галузі: вектор виробничої активності остаточно змістився у безпечні західні та центральні регіони на тлі різкого скорочення питомої ваги східних і південних областей у загальнонаціональному балансі [2, 3, 11-13].

Повномасштабна війна спричинила деструктивні зміни в кон'юктурі

внутрішнього ринку, що виявилось у стрімкому падінні попиту на м'ясну продукцію, зокрема на свинину. Унаслідок масштабних міграційних процесів, евакуації населення з прифронтових зон та зниження реальних доходів громадян, обсяги споживання свинини у 2022 році суттєво скоротилися. За даними операторів ритейлу, обсяги роздрібної реалізації цього виду м'яса зменшилися на 12–20 %. Основними детермінантами зазначеного спаду виступили: глибока макроекономічна криза (падіння ВВП України у 2022 році майже на 30 %); демографічні втрати внаслідок зовнішньої та внутрішньої міграції (яка охопила орієнтовно чверть населення країни); випереджаючі темпи зростання роздрібних цін на свинину порівняно з птахівничою продукцією.

Незважаючи на короткочасне зниження вартості м'яса на початковому етапі воєнного стану, вже у середині 2023 року закупівельні ціни на свиней живої ваги досягли рекордного показника – 85 грн/кг, що обмежило економічну доступність продукту для більшості категорій споживачів. Як наслідок, відбулася диверсифікація споживчих переваг на користь дешевшої курятини, яка частково замістила свинину в структурі раціону.

У результаті зазначеної трансформації питома вага свинини в структурі загального споживання м'яса скоротилася з понад 30 % у 2021 році до орієнтовно 25 % у 2023 році на тлі відповідного збільшення частки м'яса птиці. Таке зміщення споживчого попиту формує суттєві ризики для профільних виробників, оскільки навіть за умови стабілізації виробничих потужностей місткість внутрішнього ринку залишається лімітованою низькою купівельною спроможністю населення [3, 10].

Україна історично не належала до когорти провідних експортерів свинини, що зумовлено перманентним поширенням африканської чуми свиней (АЧС) та помірним рівнем конкурентоспроможності вітчизняної продукції на глобальному ринку. Водночас внутрішній ринок демонстрував часткову залежність від імпорту із країн ЄС. Початок повномасштабної війни став дестабілізуючим фактором для зовнішньоторговельного балансу в м'ясному секторі. У 2022 році, на тлі різкого спаду внутрішнього виробництва, обсяги імпорту свинини зросли з метою нівелювання дефіциту на національному ринку.

Проте вже у 2023 році вектор зовнішньої торгівлі кардинально змінився, а саме за моніторингом Міністерства сільського господарства США (USDA),

обсяги імпорту скоротилися орієнтовно на 70 %, опустившись до позначки 19 тис. тонн, що стало абсолютним мінімумом за останнє п'ятиріччя. Ключовим тригером такого спаду виступило стрімке подорожчання свинини в країнах ЄС, спричинене внутрішнім скороченням виробництва, через що європейський імпорт втратив економічну доцільність для українських контрагентів. Зміна торговельної кон'юнктури сформувала додаткові можливості для вітчизняних аграріїв. Мінімізація присутності імпорту дала можливість вивільнити ринкові ніші всередині країни, дозволивши локальним господарствам наростити обсяги реалізації та частково регенерувати рівень рентабельності.

Водночас експортний складник вітчизняного свинарства залишається на мінімальних значеннях через статус України як країни, неблагополучної щодо АЧС, а також унаслідок превалювання внутрішнього попиту над наявною пропозицією. Зовнішньоторговельні операції з живими тваринами також мають обмежений характер і представлені поодинокими імпортними поставками племінних свиней з ЄС задля покращення генетичного потенціалу стада. Таким чином, у період 2023–2024 рр. фіксувалося покращення сальдо торговельного балансу України в сегменті свинарства. Суттєве стиснення імпорту на тлі стабільно низького експорту сприяло консолідації внутрішнього ринку та пролонгації дії високих закупівельних цін для національних товаровиробників [3, 7, 12-14].

Отже, протягом 2022–2024 рр. сукупність політичних та макроекономічних деструктивних чинників сформувала екстремально складні умови для функціонування та розвитку вітчизняного свинарства. Війна спричинила синхронне скорочення ринкової пропозиції та падіння платоспроможності населення. Перше зумовлене безпосередньою втратою поголів'я, руйнуванням ферм та виробничих активів. Друге – є наслідком зниження реальних доходів громадян, масової міграції та загального падіння купівельної спроможності. Додатковими системними викликами стали руйнування традиційних логістичних ланцюгів, дефіцит кормової бази та дестабілізація каналів збуту.

Попри критичний тиск, галузь продемонструвала високий рівень адаптивності та резистентності завдяки стабільній діяльності великих індустриальних комплексів, гнучкому перерозподілу ресурсів та відносній стабілізації внутрішнього ринку вдалося запобігти системному колапсу

виробництва. Уже наприкінці 2023 року було зафіксовано перші латентні ознаки регенерації – цінову стабілізацію, висхідну динаміку чисельності поголів'я та відновлення операційної діяльності підприємств у безпечних регіонах. Ключовими детермінантами повної регенерації свинарства до довоєнного рівня, його подальшої модернізації та переходу до моделі сталого розвитку в середньостроковій перспективі виступатимуть ефективна державна підтримка агросектору, покращення загальноекономічного клімату в країні та безпосереднє завершення військових дій [12-14].

1.3 Структура світового ринку комбікормів

За даними щорічного звіту Agri-Food Outlook, світове виробництво комбікормів у 2025 році зросло на 2,9 % до 1,44 млрд тонн порівняно з попереднім роком. Комбікорми для свиней займають друге місце за обсягами виробництва після кормів для птиці. У табл. 1.3 наведено офіційну статистику виробництва комбікормів за 2021–2025 роки для ТОП-10 країн та за основними видами тварин [15].

Таблиця 1.3 – ТОП-10 країн-виробників кормів (2021–2025 рр.), млн т

Країна	2021	2022	2023	2024	2025
Китай	261.42	260.74	262.71	315.03	330.06
США	240.40	240.40	238.09	269.62	267.38
Бразилія	80.13	81.95	83.32	86.64	89.90
Індія	44.06	43.36	52.83	55.24	57.73
Мексика	38.86	40.14	40.42	41.40	41.88
Іспанія	35.58	31.23	27.53	35.97	37.51
В'єтнам	21.60	26.72	24.15	25.85	26.52
Туреччина	25.30	24.81	23.37	24.50	25.48
Японія	24.80	24.20	23.94	24.30	24.01

Починаючи зі звіту за 2024 рік, Alltech оновили методологію збору даних та залучили значно більше комбікормових заводів (понад 38 000 по всьому світу), через що загальні цифри для Китаю, США та Іспанії статистично зросли, точніше відображаючи реальний ринок [15, 16].

У табл. 1.4 наведено світове виробництво кормів за видами тварин (2021–2025 рр.). Корми для бройлерів впевнено перетнули позначку у 400 мільйонів тонн. Курятина залишається найдешевшим та найдоступнішим джерелом білка у світі, тому цей сектор росте найшвидше.

Таблиця 1.4 – Світове виробництво кормів за видами тварин (2021–2025 рр.), млн т

Вид тварин	2021	2022	2023	2024	2025
Бройлери	350,93	354,51	356,53	385,42	400,38
Свині	310,77	318,23	320,80	369,29	380,91
Яєчні кури	158,63	157,34	159,20	173,04	180,13
Молочна худоба	134,40	132,43	130,30	165,50	170,29
М'ясна худоба (ВРХ)	114,34	115,48	116,80	134,10	134,18
Аквакультура	51,41	52,90	52,10	53,01	55,47
Домашні улюбленці (Pet)	34,00	35,27	34,90	38,35	39,28
Коні	8,23	8,12	7,90	10,15	10,19
Всього у світі	1235,5	1266,0	1290,0	1396,4	1440,1

Китай та США поза конкуренцією (табл. 1.3). Разом ці дві країни тримають понад 41 % усього світового виробництва. При цьому Китай у 2025 році продемонстрував потужний ривок (+4,8 %), тоді як США трохи скоротили обсяги (-0,8 %) через зменшення поголів'я м'ясної худоби.

Останній рік показав високий приріст у секторі штучного вирощування риби та морепродуктів (+4,7 %), особливо в Азіатському регіоні, де споживчі кошики швидко трансформуються [15, 16].

Регіональні особливості розвитку світового ринку комбікормів

У 2025 році Азія (559,297 млн т) зберегла статус глобального центру виробництва комбікормів. Динаміка зростання в регіоні зумовлена процесами індустріалізації та поведінкою споживачів, які під впливом цінового фактора нарощували попит на продукцію птахівництва та аквакультури. Рекордному обсягу виробництва, зокрема в Китаї, сприяло триваюче переорієнтування тваринництва з виготовлення кормів безпосередньо в господарствах на закупівлю промислових комбікормів. Країни Південно-Східної Азії увійшли у фазу циклічного відновлення та нарощування експорту, а стабілізація маточного поголів'я свиней забезпечила приріст у секторі свинарства. Водночас, попри стійкі обсяги виробництва кормів для птиці, постійною проблемою та загрозою для регіону залишаються спалахи інфекційних захворювань тварин.

У 2025 році в Північній Америці (288,620 млн т) зафіксовано помірне скорочення обсягів виробництва комбікормів (на 0,7 %). Головним чинником цього стало історичне звуження циклу відтворення великої рогатої худоби (ВРХ) та скорочення чисельності м'ясного стада. Попри це, у деяких сегментах

спостерігалася позитивна динаміка, зокрема в птахівництві (вирощування бройлерів) та молочному скотарстві. Також ознаки стабілізації виявив сектор кормів для свинарства, а птахофабрики яєчного напрямку та індиківництва продовжують відновлюватися після масштабних епізоотичних втрат минулих періодів. Основними трансформаційними чинниками для кормової індустрії регіону залишаються підвищення операційної ефективності, посилення екологічних вимог (сталого розвитку), оптимізація рецептур та консолідація комбікормових підприємств.

Європейський кормовий сектор (274,061 млн т) у 2025 році продемонстрував диференційовану, але загалом стійку динаміку, показавши зростання на 1,0 %. Зниження цін на сировину, зумовлене високим світовим урожаєм сої, ріпаку, пшениці та кукурудзи, дозволило покращити маржинальність бізнесу та стимулювало виробництво на ключових ринках. Незважаючи на перманентний тиск з боку захворювань тварин та суворі регуляторні обмеження, ситуація в регіоні стабілізувалася. Помірне зростання в молочному секторі та бройлерному птахівництві компенсувало спад в інших сегментах. На формування виробничих стратегій у Європі продовжують суттєво впливати оновлені правила міжнародної торгівлі та вимоги щодо екологізації виробництва.

У 2025 році Латинська Америка (204,446 млн т) зміцнила свої позиції як головна «протеїнова житниця» світу. Попит на комбікорми зріс на 2,8 % у річному обчисленні (в абсолютному вираженні – на 5,536 млн т), чому сприяли міцні позиції на експортних ринках та низькі ціни на зернові культури. Зростання мало диверсифікований характер і охопило сектори птахівництва, свинарства та аквакультури. Проте локальні дестабілізаційні процеси в окремих країнах Андського та Карибського субпідрегіонів дещо стримали загальну висхідну динаміку.

Протягом 2025 року в Африці та Близькому Сході (102,549 млн т) спостерігалися різновекторні тенденції. Якщо Африка продемонструвала стрімке зростання (+11,5 %) завдяки комерціалізації тваринництва та підвищенню частки використання промислових комбікормів, то Близький Схід увійшов у фазу структурного плато (+1,1 %), балансуючи між епізоотичними ризиками, регуляторними актами та обмеженістю ресурсів. Загалом на результативність обох субрегіонів впливали три ключові чинники: рівень

фінансової доступності білка для населення, вразливість ринку через коливання цін на зерно та нестабільність валютних курсів, а також регулярні спалахи хвороб тварин (зокрема, ящуру та пташиного грипу).

В Океанії (11,104 млн т) у 2025 році зафіксовано комплексне зростання виробництва кормів на 3,4 %, підтримане збільшенням чисельності населення, стабільністю тваринницького сектору та високим експортним попитом. Найбільший приріст в абсолютному вираженні забезпечили сектори вирощування бройлерів, яєчного птахівництва, виробництва яловичини та свинарства. Завдяки високій заповнюваності відгодівельних майданчиків (фідлотів) та значному поголів'ю ВРХ було досягнуто рекордних обсягів виробництва яловичини, особливо в Австралії (+11 %), тоді як у Новій Зеландії темпи зростання були помірнішими (+1,6 %). Загальній збалансованій експансії регіонального ринку також сприяло відновлення виробництва кормів для курей-несучок після спалаху пташиного грипу, у поєднанні зі стабільним попитом на м'ясо птиці та свинину [15].

За прогнозами провідних аналітичних агентств, світове виробництво свинини до 2030 року досягне 125-130 млн тонн, що передбачає середньорічні темпи зростання на рівні 1,8-2,2 %. Основними драйверами зростання залишатимуться країни Азії, зокрема Китай, В'єтнам та Філіппіни, де очікується відновлення поголів'я після епізоотії АЧС [17].

Європейський ринок характеризуватиметься стагнацією або незначним скороченням виробництва через посилення екологічних вимог, обмеження використання антибіотиків та перехід на альтернативні джерела білка. Водночас, зростатиме попит на органічну та високоякісну продукцію з підвищеними стандартами добробуту тварин [18].

Відновлення українського свинарства залежатиме від стабілізації безпекової ситуації, відновлення зруйнованої інфраструктури та доступу до фінансових ресурсів. За оптимістичним сценарієм, виробництво свинини може досягти довоєнного рівня у 650-700 тис. тонн до 2027-2028 років [13].

Ключовими пріоритетами розвитку можна визначити модернізацію виробничих потужностей з упровадженням енергоефективних технологій, розвиток власної селекційної бази, створення інтегрованих агропромислових кластерів та забезпечення високих стандартів біобезпеки для попередження епізоотій [11-13].

1.4 Характеристика ПАП «Агропродсервіс»

Приватне агропромислове підприємство (ПАП) «Агропродсервіс» є одним із провідних багатопрофільних вертикально інтегрованих сільськогосподарських підприємств Західного регіону України. Господарство було засноване у 1999 році на базі реорганізованого підприємства в селі Настасів Тернопільського району Тернопільської області. За понад 25 років функціонування компанія пройшла шлях трансформації від локального господарства до потужного агрохолдингу.

Сьогодні «Агропродсервіс» об'єднує понад 20 виробничих підрозділів, географія діяльності яких охоплює більшість адміністративних районів Тернопільської області, а також окремі райони Івано-Франківської та Львівської областей. Обсяг земельного банку становить 42 000 – 45 000 га (в оренді).

Земельні угіддя ПАП «Агропродсервіс» розташовані в зоні Західного Лісостепу, що характеризується високим природним потенціалом родючості (переважно чорноземні ґрунти) та сприятливим гідротермічним режимом. Рослинництво виступає первинною ланкою та сировинною базою для реалізації стратегії замкнутого виробничого циклу холдингу.

Інтенсифікація рослинницької галузі забезпечується впровадженням елементів точного землеробства (використання високоточних РТК-сигналів, супутникового моніторингу, безпілотних літальних апаратів та картування полів). Технологічний парк підприємства укомплектований сучасною високоефективною технікою світових брендів (John Deere, Case IH, Horsch). Важливе місце в структурі займає власний сертифікований насіннєвий завод, який здійснює очищення, калібрування та доведення посівного матеріалу до європейських стандартів якості

На відміну від експортно-сировинної моделі розвитку, притаманної багатьом вітчизняним агрохолдингам, ПАП «Агропродсервіс» орієнтується на диверсифікацію виробництва через розвиток тваринництва. Це дозволяє здійснювати конверсію рослинницької продукції в товари з вищою часткою доданої вартості.

Свинарство для ПАП «Агропродсервіс» є стратегічним вектором розвитку. Підприємство функціонує в режимі повного технологічного циклу (відтворення, вирощування, відгодівля) з одночасним утриманням десятків тисяч голів. Наявність статусу державного племінного заводу дозволяє компанії займатися

репродукцією та реалізацією високоефективного генетичного матеріалу на внутрішньому ринку України. Підприємство впевнено входить до ТОП-5 найбільших виробників свинини в Україні. Масштаби діяльності дозволяють забезпечувати безперебійне постачання високоякісної свинини на внутрішній ринок. Управління виробничими процесами здійснюється на базі 10 сучасних свинокомплексів, що розташовані переважно в Тернопільській області (чисельність маточного поголів'я – 12 000 свиноматок, потужність одночасного утримання – понад 150 000 голів).

Молочне скотарство представлене сучасними молочно-тваринницькими комплексами, де утримується високопродуктивне поголів'я Голштинської та Джерсейської порід. Процес одержання молока екстра-класу повністю механізований із широким залученням роботизованих систем доїння. Птахівництво спеціалізується на вирощуванні курчат-бройлерів на базі модернізованих птахівничих майданчиків.

Високий рівень вертикальної інтеграції ПАП «Агропродсервіс» підтримується розвинутою логістичною та переробною інфраструктурою:

1. Потужні та автоматизовані зерносховища забезпечують повний комплекс післязбиральної обробки, сушіння та довгострокового зберігання зернових і технічних культур із мінімальними якісними втратами;

2. Власний комбикормовий завод потужністю близько 15 тонн за годину задовольняє внутрішні потреби галузей тваринництва та птахівництва у збалансованих повнораціонних кормах, виготовлених на основі власної зернової сировини.

3. М'ясопереробний сектор включає сучасний м'ясокомбінат (цехи забою та обвалки) і розвинену торговельну мережу. Готова м'ясна продукція, ковбасні вироби та м'ясні делікатеси високої якості реалізуються під власною торговою маркою «Студія м'яса».

4. Наявність офіційного митного статусу Авторизованого економічного оператора (АЕО-С) суттєво оптимізує часові та фінансові витрати компанії при проведенні імпортно-експортних операцій.

ПАП «Агропродсервіс» відіграє роль містоутворюючого суб'єкта господарювання для багатьох сільських населених пунктів регіону та є одним із найбільших працедавців і платників податків до бюджетів територіальних громад Тернопільської області.

ПАП «Агропродсервіс» є класичним прикладом успішної вертикально інтегрованої агропромислової структури. Орієнтація на інноваційні технології, раціональне поєднання рослинницького та тваринницького секторів, розвиток власної переробки та диверсифікація ризиків забезпечують високу фінансово-економічну стійкість підприємства, його конкурентоспроможність та вагому роль у забезпеченні продовольчої безпеки України.

В умовах глобальних епізоотичних викликів (зокрема АЧС), ПАП «Агропродсервіс» впровадив найвищий рівень біозахисту. Контроль здійснюється на рівні:

- закритого режиму – повний обмежений доступ до виробничих зон;
- кормової безпеки – використання термічно оброблених кормів власного виробництва;
- генетичного контролю – робота з власним нуклеусом забезпечує чистоту породи та високий імунітет поголів'я.

Ключовою перевагою підприємства є наявність власної переробки та логістичного парку. Це дозволяє компанії уникати втрат на етапі сировинного збуту та пропонувати кінцевому споживачу свіжу продукцію через мережу фірмових магазинів та великих ритейлерів. Повний контроль ланцюга «від поля до столу» робить підприємство одним із найстійкіших гравців аграрного ринку України, здатним витримувати цінові коливання та зовнішньоекономічні виклики 2026 року.

Поєднання масштабу (150 тис. голів), високої інтенсивності росту (1 кг/добу) та сучасного менеджменту дозволяє ПАП «Агропродсервіс» не лише утримувати лідерство в галузі, а й створювати надійну базу для окупності нових інвестиційних проєктів, таких як будівництво потужного комбікормового заводу [19, 20].

1.5 Мета і гіпотеза проєктування, результати, які очікуються

Змістом запропонованого в роботі проєкту є будівництво комбікормового заводу продуктивністю 1200 т/добу (50 т/год) ПАП «Агропродсервіс» в Тернопільській області.

Основна економічна мета будівництва комбікормового заводу полягає у вертикальній інтеграції виробництва для зниження собівартості кінцевої продукції тваринництва (м'яса свинини) та отриманні доданої вартості на власній

сировинній базі. Замість прямого збуту зернових та олійних культур підприємство здійснює глибоку трансформацію сировини в готову продукцію, спрямовуючи її на внутрішню переробку для виготовлення вискоєфективних комбікормів. Максимізація прибутку шляхом зменшення залежності від ринкових цін на готові корми та логістичних витрат.

ПАП «Агропродсервіс» будує новий комбікормовий завод для забезпечення власних потреб у годівлі свиней, контролю якості раціонів та розкриття високого генетичного потенціалу тварин. Проект спрямований на вирішення низки стратегічних завдань:

1. Розширення виробництва, так як компанія активно збільшує поголів'я свиней (у тому числі у Львівській та Тернопільській областях), тому старі потужності (20 тонн/год) не встигають забезпечувати потреби господарств.

2. Збереження генетичного потенціалу. Сучасні високопродуктивні свиноматки приводять понад 30 поросят за опорос, що вимагає вкрай якісної годівлі та спеціального балансу мікроелементів ще з етапу вирощування ремонтного молодняка.

3. Контроль якості та безпеки. Будівництво спільно з компанією «Bühler Україна» орієнтоване на високоточне дозування, енергоефективність і збереження поживних речовин на кожному етапі приготування комбікорму.

4. Оптимізація витрат. Виробництво комбікормів на власному заводі дозволяє зменшити собівартість кінцевої продукції у зв'язку зі зниженням закупівельних цін на м'ясо.

Очікувані результати проектування та техніко-економічні орієнтири:

– проектна потужність – 1200 тонн на добу, що повністю закриває дефіцит кормової бази компанії з урахуванням планового приросту поголів'я на найближчі 10 років;

– очікуваний термін окупності капітальних інвестицій становить 3–4 роки. Такий динамічний період повернення коштів обумовлений наявністю гарантованого внутрішнього каналу збуту (власного поголів'я свиней) та високою маржинальністю переробки власної рослинної сировини;

– фінансове забезпечення проекту передбачається за комбінованою схемою – за рахунок реінвестування власних коштів підприємства (чистого прибутку) та залучення кредитних ресурсів за пільговими державними чи міжнародними програмами підтримки агропромислового комплексу України.

Розділ 2 Науково-технологічна частина

2.1 Техніко-технологічне обґрунтування процесу фінішного напilenня біологічно активних речовин в комбікормовій промисловості

Сучасна комбікормова промисловість стикається з фундаментальною технологічною дилемою, а саме, з одного боку, процес гранулювання забезпечує покращення гігієни корму, інактивацію патогенних мікроорганізмів та підвищення засвоюваності поживних речовин, а з іншого – спричиняє суттєві термічні втрати біологічно активних речовин [21, 22]. Особливо гостро ця проблема постає у свинарстві, де ефективність використання поживних речовин комбікорму прямо впливає на економічну рентабельність виробництва та екологічне навантаження на навколишнє середовище [23].

В умовах посилення регуляторних вимог, зокрема впровадження стратегії «Європейського зеленого курсу» та «Стратегії від лану до столу», питання раціонального використання поживних речовин і зниження емісії азоту та фосфору набуває стратегічного значення [24, 25]. У цьому контексті технологія нанесення рідких добавок на гранулюваний комбікорм у поєднанні з мультиферментними композиціями постає як одне з найбільш перспективних рішень для одночасного досягнення технологічної ефективності, біологічної доцільності та екологічної безпеки [26, 27].

Метою даного огляду є систематизація сучасних наукових даних щодо технологічних принципів фінішного напilenня, біологічного обґрунтування ферментативної обробки комбікормів для свиней та аналіз синергії цих двох технологічних напрямів.

Гранулювання є одним із найбільш енергоємних і температурно-навантажених процесів у виробництві комбікормів. Стандартні умови гранулювання передбачають кондиціонування розсипного комбікорму парою з нагріванням до 75–95 °С, дію тиску в матриці преса-гранулятора та підвищену вологість, що в сукупності створює агресивне середовище для термолабільних компонентів [28, 29]. У сучасних умовах посилення вимог до біологічної безпеки комбікормів (зокрема, з огляду на загрозу АЧС) тенденція спостерігається до

					КРБ.ТЗіК.1.679-03.1.9						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Желясков Б.В.			Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області			Літ.	Арк.	Аркуші	
Керівник		Бордун Т.В.								25	90
Консульт.								ОНТУ 2026			
Зав.каф.		Макаринська А.В.									
Н.контр.											

підвищення температур до 80–110 °C та подовження часу обробки [21].

Дослідження руйнування вітамінів у комбікормах для свиней свідчать про значні втрати їхньої активності внаслідок гранулювання та подальшої довгострокової високотемпературної стабілізації. Так, у роботі Yang et al. (2022) встановлено, що залишкова активність вітаміну А становила 68,8–77,3 %, вітаміну Е – 56,9–90,1 %, вітаміну В₂ – 63,8–70,3 %, а вітаміну В₆ – 60,1–67,0 % [21]. Дослідження показали, що вітаміни А, D₃, К₃ і В₁ є найбільш чутливими до температурних впливів незалежно від форми (мікрокапсульованої чи некапсульованої) [30]. За даними Lab Manager, втрати водорозчинних вітамінів (зокрема вітаміну С) при термічній обробці можуть досягати від 10 % до понад 90 % залежно від інтенсивності процесу [31].

Ферменти, як білкові молекули, особливо вразливі до термічної денатурації. Дослідження стабільності фітази показало, що понад 60 % її початкової активності втрачається при нагріванні до 90 °C протягом лише однієї хвилини [32]. У роботі Spring et al. (2020) зазначається, що при гранулюванні в діапазоні 80–120 °C активність ензимів може знижуватись на 20–80 % залежно від типу ферменту, формуляції та умов процесу [22, 33]. Аналогічні результати продемонстровано для ксиланаз, β-глюканаз і протеаз, причому інтенсивність деградації зростає експоненційно зі збільшенням температури кондиціонування понад 85 °C [34].

Стосовно пробіотиків, проблема термостабільності є ще критичнішою. За даними Simon (2005), неспоротворчі пробіотичні штами (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*) виявляють низьку стійкість до гранулювання – інактивація *E. faecium* при гранулюванні може досягати 50 % і більше [35]. Натомість *Bacillus* spp., що утворюють спори, демонструють значно вищу термостабільність: відновлення *Bacillus cereus* тоyoї після гранулювання при 87 °C становить 95 %, а після 8 тижнів зберігання – 92 % [35, 36]. Ці дані обґрунтовують комерційну перевагу спороутворюючих штамів у складі комбікормів, що піддаються тепловій обробці.

Системи післягрануляційного нанесення рідких добавок поділяються на дві основні категорії, що принципово відрізняються за робочими принципами: системи атмосферного напилення в потоці та системи вакуумного напилення [37, 38]. Системи атмосферного напилення працюють у безперервному потоковому режимі. Гранули після охолоджувача надходять у спеціальну камеру з контрольованим потоком, де через систему форсунок розпилюються рідкі

добавки. Сучасні рішення передбачають використання масової витратоміри сухого продукту, що генерує сигнал управління дозуванням рідини відповідно до фактичного потоку гранул [37]. Це забезпечує точність дозування на рівні $\pm 1-2\%$ від цільової концентрації.

Системи вакуумного наплення являють собою періодичні установки, в яких гранули надходять у герметичний барабан, з якого видаляється повітря. Зниження тиску призводить до часткового виходу повітря з пор гранул, після чого здійснюється розпилення рідкої добавки. При відновленні атмосферного тиску рідина «всмоктується» в глибину гранул, що забезпечує значно вищу однорідність розподілу та запобігає поверхневій міграції активних компонентів [38, 39]. Цей метод є особливо ефективним для нанесення дорогих добавок, таких як ферменти, антиоксиданти та смакові речовини.

Провідну роль у виробництві обладнання для систем фінішного наплення відіграє швейцарська компанія Bühler, що пропонує комплексні рішення для гранулювання та нанесення рідких і біологічно активних речовин на готові гранули в складі технологічних виробничих ліній [38, 39]. Окрім Bühler, на ринку представлені рішення інших світових лідерів – APEC (Automated Process Equipment Corporation), Andritz, CPM (California Pellet Mill), що відрізняються за технічними характеристиками та цільовим сегментом [37]. Однак, як зазначається в роботі Cowieson et al., впровадження систем фінішного наплення потребує значних капітальних інвестицій і додаткового технічного обслуговування, що може створювати «приховані» виклики, особливо для комбікормових заводів середньої потужності [40].

Однією з ключових переваг систем фінішного наплення є можливість нанесення жирів та олій після формування гранул. Дослідження Briggs et al. показують, що додавання жиру до зернової суміші перед гранулюванням негативно впливає на індекс міцності гранул (PDI), оскільки жир блокує перенесення вологи від парової обробки до інгредієнтів та перешкоджає желатинізації крохмалю [41]. Натомість нанесення жиру після гранулювання дозволяє утримувати рівень включення жиру в самій матриці на рівні $2-3\%$ і дозувати залишкову частину після гранулювання, що дозволяє досягати PDI понад 95% [42]. PDI є фундаментальним показником якості гранул, який характеризує відсоток гранул, що залишаються неушкодженими після стандартизованого механічного впливу [42, 43]. Стандартні методи вимірювання

включають Pfast Tumbling Box та Holmen NHP-тестер, причому метод Pfast вважається таким, що краще корелює з фактичним рівнем пилу в умовах ферми [44]. Високий PDI (>90–95 %) має критичне значення, оскільки зменшує втрати корму під час транспортування, мінімізує сегрегацію інгредієнтів і підвищує його палативність [42, 45].

Окремою проблемою є абсорбція рідин гранулами та запобігання «вимиванню» активних компонентів під час транспортування і зберігання. Дослідження BASF продемонстрували, що при некоректному застосуванні рідких ферментів можливі втрати активності навіть на післягрануляційному етапі – внаслідок міграції на поверхню та подальшого осипання разом із пилом [32]. Тому сучасні формули рідких ферментів містять стабілізуючі агенти (полігідроксильні сполуки, цукри, гліцерол), що забезпечують збереження активності протягом 3–6 місяців за умови температурного контролю [33, 46]. Смакова привабливість комбікормів є важливим аспектом, особливо у годівлі поросят відлучення. Гранулювання покращує середньодобовий приріст і коефіцієнт конверсії комбікорму у свиней сучасних генотипів на 4–8 % за рахунок підвищеної смакової привабливості, зниження втрат корму та потенційного покращення засвоєння поживних речовин завдяки тепловій обробці [30]. Післягрануляційне напилення ароматичних та смакових добавок дозволяє додатково підвищити поїдання корму, особливо в чутливих фазах вирощування.

З економічної точки зору, впровадження фінішного напилення дозволяє відмовитися від практики «надлишкового введення» термолабільних компонентів. Традиційно для компенсації термічних втрат вітамінів і ферментів виробники додають їх у дозах, що на 30–50 % перевищують біологічно необхідні [21, 30]. Цей підхід є економічно не вигідним, особливо в умовах зростання цін на синтетичні вітаміни та ферментні препарати [24].

Аналіз Cowieson et al. свідчить, що впровадження фінішного напилення дозволяє знизити витрати на ферменти на 15–25 %, а на термолабільні вітаміни – на 20–35 % при збереженні цільового рівня біологічної активності у фінальному комбікормі [40]. Окремо слід зазначити економічний ефект від можливості переходу на менш дорогі стандартні (нетермостабільні) формуляції ферментів, оскільки потреба у термозахисних оболонках відпадає [47].

Концепція «on-site liquid enzyme production», розроблена компанією Nuverpharma, представляє новий рівень оптимізації витрат, а саме, ферменти

виробляються безпосередньо на феромілі, що усуває витрати на температурно-контрольоване транспортування і зберігання, а також ризики втрати активності у літніх умовах [33]. Ця технологія, відома як Huvematic®, є логічним продовженням концепції фінішного напилення та свідчить про вектор розвитку галузі.

2.2 Науково-біологічне обґрунтування ферментативної обробки сировини у свинарстві

Екзогенні кормові ферменти класифікуються за субстратною специфічністю на три основні групи: карбогідрази, протеази та фітази [48, 49]. Кожна група спрямована на гідроліз специфічних антипоживних факторів або вивільнення зв'язаних поживних речовин у рослинній сировині.

Карбогідрази включають широкий спектр ензимів, що каталізують гідроліз складних вуглеводів. Найважливішим класом для свинарства є некрохмало-полісахаридні (НКП) ферменти: ксиланази, β -глюканази, целюлази та β -маннанази [48, 49, 50]. Основні НКП клітинних стінок зернових – арабіноксилани (характерні для пшениці, кукурудзи, ячменю), змішаноланцюгові β -глюкани (ячмінь, овес), β -манани (соєвий шрот) і пектинові полісахариди – погано перетравлюються свиньми через відсутність відповідних ендогенних ферментів [49].

Підвищена концентрація НКП у раціонах призводить до низки негативних наслідків, а саме зростання в'язкості хімусу, скорочення часу транзиту через травний тракт, зміни ферментаційного профілю в задньому відділі кишечника та зниження засвоюваності поживних речовин [48, 50]. Екзогенні ксиланази та β -глюканази руйнують ці антипоживні структури, забезпечуючи додаткове вивільнення енергії та амінокислот.

Протеази каталізують гідроліз пептидних зв'язків білків корму, доповнюючи дію ендогенних ферментів – пепсину, трипсину та хімотрипсину. Включення протеаз як кормових добавок підвищує перетравність білків і покращує ростові показники у дорослих свиней [49, 51]. У поросят відлучення протеази також стимулюють розвиток і дозрівання шлунково-кишкового тракту, руйнуючи білково-зв'язані комплекси та вивільняючи інші поживні речовини, окрім білка [49].

Фітази є особливо важливою групою ферментів для моногастричних тварин. Близько 60–70 % загального фосфору в зернових кормах міститься у формі фітатного фосфору (фітинової кислоти, міозо-інозитол-1,2,3,4,5,6-гексакіс-фосфату), який не може ефективно перетравлюватися ендogenousними ферментами свиней через відсутність достатньої активності кишкової фітази [23, 52]. Молекула фітату має шість фосфатних груп, прикріплених до інозитольного кільця, утворюючи дуже стабільну структуру [53].

Окрім вивільнення фосфору, фітази руйнують антипоживні комплекси фітату з мінералами (Ca, Mg, Zn, Cu, Fe) та амінокислотами, тим самим підвищуючи їхню біодоступність [54]. Дослідження Veum et al. показали, що додавання фітази в раціони свиней (особливо поросят, порослим і лактуючим свиноматкам) суттєво підвищує біодоступність кальцію (на 32 %), магнію (8–13 %), цинку (7–13 %), міді (3–7 %) та заліза (2–9 %) [54].

Мультиферментні композиції (МФК) являють собою синергічно сформовані суміші ензимів, що діють на різні субстрати, забезпечуючи комплексний гідроліз антипоживних факторів. Дослідження Park et al. (2015) на деяких кормових інгредієнтах (зокрема, кукурудза, пшениця, ячмінь, соєвий шрот, ріпаковий шрот, бавовняний шрот) показало, що включення ензимного комплексу з ксиланазою (100 U), протеазою (700 U) та фітазою (300 U) на кг корму достовірно підвищує перетравність сухої речовини *in vitro* для всіх досліджених інгредієнтів [48, 55].

In vivo дослідження Kim et al. на поросятах відлучення продемонстрували, що додавання ензимного комплексу (амілаза 2000 U/г, протеаза 40 000 U/г, ксиланаза 20 000 U/г) покращує приріст живої маси та коефіцієнт конверсії корму на 8–12 % [51]. Аналогічні результати отримано і в інших дослідженнях, а саме Pettey et al., Fang et al. та Ji et al. зафіксували покращення коефіцієнта конверсії корму на 7–9 % при додаванні карбогідраз у раціони на основі кукурудзи та сої для поросят-молодняку [51].

Особливе значення має ефект МФК на в'язкість хімусу. Розчинні НКП (β -глюкани в ячмені, арабіноксилани в пшениці) суттєво підвищують в'язкість шлунково-кишкового вмісту, обмежуючи дифузію ендogenousних ферментів і знижуючи доступ до поживних речовин [49, 50]. Ксиланаза та β -глюканаза розщеплюють ці полімери, знижуючи в'язкість і покращуючи фізіологію

травлення. Adeola та Bedford експериментально показали, що ксиланаза усуває в'язкісно-зумовлені антипоживні ефекти у пшеничних раціонах [53].

Синергізм між ферментами різних груп є фундаментальним аспектом ефективності МФК. Kiarie та співавт. встановили, що оскільки фітати концентровані переважно у фіброзних клітинних стінках рослинного матеріалу, поєднання карбогідраз і фітази в одному «коктейлі» забезпечує перевершуючу ефективність порівняно з кожним ферментом окремо [48, 55]. Це пояснюється тим, що руйнування клітинних стінок карбогідразами вивільняє доступ до фітату, який потім ефективніше гідролізується фітазою.

Екологічне значення ферментативної обробки кормів важко переоцінити. Фітатний фосфор, недоступний для моногастричних тварин, виділяється з фекаліями та сприяє забрудненню навколишнього середовища, особливо в регіонах з високою щільністю тваринницького виробництва [23, 52]. Систематичний огляд LCA-досліджень, проведений у 2025 році, показав, що фітазне доповнення стабільно знижує екскрецію фосфору на 29–62 % і еутрофікаційний потенціал, водночас зменшуючи залежність від невідновлюваних фосфатних ресурсів [23].

Конкретні дані дослідження на свинях у фазі відгодівлі, проведеного у Бразилії (Almeida et al., 2023), демонструють, що збільшення активності фітази (від 0 до 1000 FTU) при пропорційному зниженні рівня доступного фосфору (від 0,435 до 0,195 %) зберігає продуктивність тварин і одночасно знижує екологічний вплив [56]. Дослідження Veum et al. (2022) на свинях у фазі відгодівлі виявили, що збільшення дози фітази до 1000–1500 FTU супроводжується лінійним зниженням екскреції цинку, міді, кальцію, магнію та фосфору з фекаліями ($p < 0,001$), що має пряме значення для зменшення накопичення цих елементів у ґрунті [54].

Зменшення викидів азоту досягається завдяки використанню протеаз і кристалічних амінокислот, що дозволяють формувати раціони з нижчим рівнем сирого протеїну. Дослідження Kebreab et al. (2016) показали, що використання синтетичних амінокислот і фітази в раціонах свиней знижує викиди парникових газів на 56 % у Європі, 17 % у Північній Америці та 33 % у Південній Америці порівняно з раціонами без таких добавок [57]. Goihl зазначає, що фітатне доповнення в раціони свиней знижує екскрецію загального фосфору на 28 % і підвищує засвоюваність та ретенцію фосфору на 42 % ($p < 0,01$) [58].

Європейська федерація виробників кормів (FEFAC) у 2020 році запустила «Хартію сталості кормів 2030» (Feed Sustainability Charter 2030) як відповідь на цілі Зеленого курсу [24, 25]. Хартія визначає п'ять амбіцій для досягнення кліматичної нейтральності тваринництва і аквакультури, серед яких ключове місце займає підвищення ефективності використання нутрієнтів через сучасні рішення з годівлі – у тому числі ферментативну обробку кормів [25]. Регламент (ЄС) 2022/1104 закріплює використання ферментів-каталізаторів як легітимний інструмент зниження викидів азоту і фосфору в тваринництві.

Оцінка ефективності ферментних препаратів здійснюється комплексно за допомогою методів *in vitro* та *in vivo*. *In vitro* методи, що моделюють шлунково-кишкові умови у свиней, використовуються для прогнозування видимої клубової та загальнотрактової перетравності поживних речовин [48, 55]. Класичним підходом є метод Boisen та Fernández, що передбачає послідовне травлення зразків корму пепсином (за рН 2,0), панкреатином (рН 6,8) і потім ферментами товстого кишечника [49].

In vivo дослідження включають визначення видимої клубової засвоюваності та видимої загальнотрактової засвоюваності поживних речовин. Класичним показником продуктивності є коефіцієнт конверсії корму та середньодобовий приріст [29, 31]. Сучасні дослідження також включають аналіз мікробного складу фекалій методом 16S rRNA-секвенування, що дозволяє оцінювати модуляцію кишкової мікробіоти під впливом ферментів [49].

У табл. 2.1 і 2.2 наведено порівняльну характеристику методів нанесення рідких добавок у комбікормовому виробництві та порівняльну характеристику основних груп екзогенних ферментів для свинарства відповідно.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика методів нанесення рідких добавок у комбікормовому виробництві

Параметр	Внесення перед гранулюванням	Атмосферне напилення	Вакуумне напилення
1	2	3	4
Термічний вплив на добавку	Високий (75–95 °C)	Мінімальний	Мінімальний
Втрати ферментів, %	20–80 %	< 5 %	< 2 %
Однорідність розподілу	Висока	Середня	Дуже висока
Глибина проникнення в гранулу	По всьому об'єму	Поверхня	Глибока

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Капітальні витрати	Низькі	Середні	Високі
Продуктивність	Висока (потокова)	Висока (потокова)	Середня (періодична)
Ризик «вимивання»	Відсутній	Підвищений	Низький
Сфера застосування	Термостабільні добавки	Стандартні ферменти, жири	Преміум ферменти, пробіотики

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика основних груп екзогенних ферментів для свинарства

Тип ферменту	Цільовий субстрат	Основні джерела	Біологічний ефект	Термостабільність
Ксиланаза	Арабіноксилани	Trichoderma, Aspergillus, Bacillus	Зниження в'язкості, ↑ ME	Низька-середня
β-глюканаза	β-глюкани	Trichoderma, Aspergillus	Зниження в'язкості, ↑ перетравності	Низька-середня
β-маннаназа	β-манани (соя, шрот)	Bacillus, Aspergillus	↓ імунний стрес, ↑ енергії	Середня
Целюлаза	Целюлоза	Trichoderma reesei	Деградація НКП, ↑ перетравності	Низька
Протеаза	Білки корму	Bacillus, Aspergillus	↑ засвоюваність амінокислот	Середня-висока
Фітаза (3-фітаза)	Фітат (муо-інозитол-Р ₆)	Aspergillus niger	Вивільнення Р, Са, Mg, Zn	Висока (нові штами)
Фітаза (6-фітаза)	Фітат	E. coli, Buttiauxella	Висока ефективність при низькому рН	Висока
α-амілаза	Крохмаль	Bacillus, Aspergillus	↑ перетравність крохмалю у поросят	Висока

На основі проведеного порівняльного аналізу методів нанесення рідких добавок та БАР (табл. 2.1) та біологічних властивостей основних груп екзогенних

ферментів для свинарства (табл. 2.2) можна зробити такі науково обґрунтовані висновки:

1. Обґрунтування вибору технології нанесення добавок. Традиційний метод внесення компонентів перед гранулюванням супроводжується жорстким термічним впливом (75–95 °С), що призводить до деструкції термолабільних сполук та критичних втрат ферментів (від 20 % до 80 %). Атмосферне напилення усуває температурний фактор, проте має підвищений ризик «вимивання» добавок та середню однорідність їх розподілу.

Найбільш прогресивним та технологічно доцільним для преміум-сегменту кормів є метод вакуумного фінішного напилення. Він забезпечує мінімальні втрати активних речовин (< 2%), дуже високу однорідність розподілу та глибоке проникнення в пори гранули, що повністю нівелює ризик змивання чи осипання біопрепаратів. Незважаючи на високі капітальні витрати та періодичний характер роботи, впровадження вакуумного напилення є економічно виправданим для збереження чутливих до тепла інгредієнтів.

2. Взаємозв'язок технології переробки та властивостей ферментів. Аналіз ензимного спектра (табл. 2.2) показує, що більшість ферментів, відповідальних за розщеплення некрохмалистих полісахаридів і клітковини (целюлаза, ксиланаза, β -глюканаза), мають низьку або середню термостабільність. Це означає, що при агресивних режимах гідротермічної обробки та гранулювання вони майже повністю інактивуються. Отже, використання таких ферментів у свинарстві вимагає або залучення технології пост-грануляційного нанесення (атмосферного чи вакуумного напилення), або використання сучасних захищених (капсульованих) термостабільних штамів.

3. Специфіка застосування ензимів у годівлі свиней. Напрям використання конкретної групи ферментів чітко корелює з віковими та фізіологічними потребами тварин: для поросят у період відлучення критично важливим є введення α -амілази та протеази, які компенсують тимчасову ендегенну недостатність травних ферментів, покращують засвоюваність амінокислот та крохмалю, знижуючи ризик діарей; використання ксиланази, β -глюканази та целюлази спрямоване на деградацію антипоживних факторів зернових раціонів (арабіноксиланів, глюканів), зниження в'язкості хімусу та підвищення обмінної енергії (МЕ); застосування β -маннанази дозволяє нівелювати імунний стрес, викликаний маннанами соєвого шроту; особливе значення мають 3-фітаза та 6-

фітаза, які завдяки високій термостабільності та ефективності при низьких значеннях рН шлунка вивільнюють фосфор, кальцій та мікроелементи (Mg, Zn) із фітатів рослинної сировини. Це значно знижує потребу у введенні дорогих неорганічних фосфатів та зменшує екологічне навантаження на довкілля.

2.3 Синергія технологій: фінішне напилення як інструмент ефективного транспортування ферментних композицій

Поєднання технології фінішного напилення на поверхню гранул та мультиферментних композицій (МФК) являє собою синергічне рішення, яке одночасно вирішує дві ключові проблеми сучасного комбікормового виробництва: збереження біологічної активності термолабільних компонентів і максимізація біологічної доступності поживних речовин корму [26, 33, 40].

Як описано вище, гранулювання при температурах 75–95 °С призводить до значних втрат активності ферментів – до 60 % фітази при 90 °С за 1 хвилину [58]. Виробники ферментних препаратів традиційно вирішували цю проблему двома шляхами: розробкою термостабільних формул (через мікроінкапсуляцію або генетичну модифікацію штамів-продуцентів) [47, 59] та концепцією «надлишкового введення» [30]. Однак обидва ці підходи мають суттєві недоліки: термостабільні формули вартують значно дорожче і не завжди забезпечують повне збереження активності, а надлишкове введення суперечить принципам економічної ефективності та сталого використання ресурсів [24, 40].

Технологія фінішного напилення елімінує необхідність у термостабілізації ферментів, оскільки нанесення відбувається після охолодження гранул при температурі ≤ 30 °С [26, 33]. Це дозволяє використовувати рідкі форми стандартних (нетермостабільних) ферментів, що мають наступні переваги:

- збереження ≥ 95 % початкової активності ферменту в готовому комбікормі [26, 33];
- точність дозування на рівні ± 1 –2 % від цільової концентрації [37];
- можливість гнучкого комбінування різних ферментів у складі МФК під конкретний раціон [40];
- зниження вартості ферментного компонента раціону на 15–25 % [40];
- можливість одночасного нанесення інших термолабільних компонентів – пробіотиків, ензимів, ароматизаторів [35, 36, 60].

Особливе значення має застосування фінішного напилення для нанесення фітаз у свинарстві. Як показано в роботах Cowieson et al., збереження повної активності фітази у фінальному кормі дозволяє реалізувати весь біологічний потенціал ферменту: вивільнення фітатного фосфору на 60 % і більше, зниження екскреції фосфору на 29–62 % [23, 40]. У поєднанні з ефектами «екстра-фосфорного» доповнення фітази (вивільнення додаткових мінералів та амінокислот) це створює потужний кумулятивний ефект [54].

Дослідження Pluske et al., Adeola та Cowieson показали, що ефективність ферментів у моногастричних тварин залежить від «рекомбінованої цілісності» дозування – тобто від збереження активності протягом усього технологічного ланцюга «премікс → змішування → гранулювання → охолодження → транспортування → зберігання → споживання» [49, 53]. Фінішне напилення є технологічно найбільш ефективним рішенням для забезпечення цієї цілісності.

Ще одним важливим аспектом синергії є можливість поєднання фінішного напилення з принципами «прецизійної годівлі». Сучасні системи фінішного напилення дозволяють варіювати дозування ферментів в режимі реального часу залежно від характеристик сировини, фази вирощування свиней та цільових показників продуктивності [37, 38]. Це повністю відповідає принципам Зеленого курсу та Стратегії «від лану до столу» щодо мінімізації втрат поживних речовин і максимізації ресурсоефективності [24, 25].

Інтеграція технології on-site liquid enzyme production (Huvematic®) з системами фінішного напилення являє собою найновіший етап розвитку галузі: ферменти виробляються безпосередньо на феромілі у вигляді стабільних рідких формах, що одразу подаються на пост-гранулятор [33]. Така інтеграція знижує логістичні витрати, ризики втрати активності при транспортуванні і дозволяє адаптувати ензимний пакет до специфіки конкретної партії сировини.

Аналіз сучасної наукової літератури дозволяє сформулювати такі основні висновки:

1. Стандартні умови гранулювання комбікормів (75–95 °С, висока вологість, тиск) спричиняють втрати активності термолабільних компонентів (вітамінів, ферментів, пробіотиків) на рівні 20–80 %, що зумовлює необхідність впровадження альтернативних технологічних рішень;

2. Технологія фінішного напилення, особливо у вакуумному виконанні, забезпечує збереження ≥ 95 % активності термолабільних компонентів, високу однорідність розподілу та точність дозування на рівні $\pm 1-2$ %;

3. Сучасні мультиферментні композиції (карбогідрози + протеази + фітази) забезпечують комплексний гідроліз антипоживних факторів рослинної сировини, підвищуючи перетравність сухої речовини та азоту у свиней на 5–12 %, а також знижуючи в'язкість хімусу у поросят відлучення;

4. Фітазне доповнення раціонів свиней знижує екскрецію фосфору на 29–62 %, а використання комплексних мультиензимних рішень з кристалічними амінокислотами зменшує викиди парникових газів на 17–56 % залежно від регіону, що повністю відповідає цілям Європейського зеленого курсу;

5. Синергія фінішного напилення та ферментативної обробки комбікормів є оптимальним рішенням для досягнення триєдиної цілі сучасного свинарства: економічної ефективності, біологічної продуктивності та екологічної безпеки;

6. Перспективними напрямками подальших досліджень є розробка інтегрованих систем on-site enzyme production у поєднанні з вакуумним фінішним напиленням, а також застосування цифрових технологій для прецизійного дозування ферментів відповідно до характеристик конкретної партії сировини.

2.4 Характеристика сировини і готової продукції

При виробництві комбікормової продукції на комбікормових заводах використовують різні види сировини, які класифікують за вмістом поживних речовин і за походженням. Усю сировину, яку використовують при виробництві комбікормової продукції, можна розподілити за походженням наступним чином: сировина рослинного походження, побічні продукти переробки тваринної сировини, побічні продукти переробки риби і морепродуктів, продукти мікробіологічних і біохімічних виробництв, сировина мінерального походження.

Сировина рослинного походження

Ячмінь (ДСТУ 3769-98) – традиційно розглядається як фундаментальний зерновий компонент у технології виробництва комбікормів для свиней. Його висока питома вага в раціонах обумовлена оптимальним поєднанням енергетичної цінності, протеїнового профілю та високого коефіцієнта засвоюваності нутрієнтів на різних етапах онтогенезу тварин.

Аналіз нутрієнтного складу ячменю (у розрахунку на 100 г сухої речовини) свідчить про його високий кормовий потенціал: енергетична цінність – 310–330 ккал; сирий протеїн – 10–13 %; ліпідна фракція – 1,5–2,5 %; вуглеводний комплекс – 65–70 %; сира клітковина – 4,5–6 %; мінеральний залишок (зола) – 2–3 %.

Використання ячменю в рецептурах комбікормів має низку переваг порівняно з іншими зерновими злаками. По-перше, високоякісний вуглеводний склад забезпечує необхідний енергетичний метаболізм для інтенсивного росту молодняку. По-друге, помірний вміст жиру (нижчий, ніж у кукурудзі) дозволяє контролювати процес ліпогенезу, запобігаючи надмірному ожирінню туш, що є критично важливим на фінальних етапах відгодівлі для отримання високоякісної беконної сировини. Крім того, наявність beta-глюканів та вітамінів групи В позитивно впливає на ферментативну активність ШКТ, стимулює апетит та сприяє фізіологічній адаптації тварин при зміні фаз годівлі.

Попри високу біологічну цінність, ячмінь характеризується підвищеним вмістом клітковини, що дещо лімітує його обмінну енергію порівняно з кукурудзою. Наукові дані вказують на те, що перевищення частки ячменю в раціоні понад 50–60 % може ініціювати зниження середньодобових приростів живої маси. Для нівелювання цього чинника та підвищення біодоступності поживних речовин сировина потребує належної механічної або гідротермічної обробки. Відповідно до зоотехнічних норм, рекомендовані частки включення ячменю до складу повнораціонних комбікормів становлять:

- у престартових та стартових кормах для поросят: до 30–35 %;
- у раціонах ремонтного молодняку та свиноматок: 40–50 %;
- при відгодівлі на м'ясні кондиції: до 60 % (за умови корекції енерго-протеїнового співвідношення) [61-63].

Кукурудза (ДСТУ 4525:2006) посідає домінуюче місце в зерновій групі інгредієнтів для свинарства, виступаючи основним джерелом обмінної енергії та легкозасвоюваних вуглеводів. Її висока біологічна цінність та відмінні органолептичні властивості роблять її незамінним компонентом високопродуктивних комбікормів.

Середні показники поживності кукурудзи (на 100 г зерна) підкреслюють її статус як енергетичного концентрату: калорійність – 330–350 ккал; вуглеводний комплекс – 65–72 %; ліпідна фракція – 3,5–4,5 %; сирий протеїн – 7–10 %; сира клітковина – 2,0–2,5 %; мінеральний залишок – 1,2–1,5 %.

Головною перевагою кукурудзи є найвищий енергетичний потенціал серед злакових культур, що сприяє інтенсифікації обмінних процесів та швидкому приросту живої маси, особливо в період активної відгодівлі. Завдяки високому вмісту крохмалю та низькому рівню клітковини, зерно легко перетравлюється травною системою молодняку. Приємні смакові якості (солодкуватий присмак) забезпечують високий рівень споживання корму тваринами.

Попри високу енергоємність, протеїн кукурудзи має низьку біологічну повноцінність через дефіцит критичних амінокислот – лізину та триптофану. Висока концентрація жирів і вуглеводів при незбалансованому підході може ініціювати небажане депонування жирової тканини (ожиріння), що негативно позначається на якості м'ясної продукції. У раціонах свиноматок надмірна частка кукурудзи може спричинити порушення репродуктивних функцій та зниження життєздатності приплоду. Також низький вміст клітковини потребує корекції для підтримки адекватної перистальтики кишечника.

Для досягнення максимального зоотехнічного ефекту рекомендується дотримуватися таких нормативів включення кукурудзи до складу комбікормів:

- поросята після відлучення: 20–30 %;
- молодняк та свині на відгодівлі: 35–40 % (у спеціалізованих енергетичних рецептах – до 50 %);
- свиноматки: обмеження до 25–30 % за умови суворого балансування мінеральних та білкових речовин.

З метою запобігання погіршенню якості шпику, на фінальних етапах відгодівлі частку кукурудзи рекомендується суттєво знижувати або замінювати ячменем. Обов'язковою умовою використання кукурудзяних раціонів є додавання синтетичного лізину або протеїнових концентратів (шротів, макухи). Для оптимізації процесів травлення зерно підлягає обов'язковому подрібненню або плющенню до фракції 1,0–1,2 мм, що значно підвищує площу контакту з ферментами шлунково-кишкового тракту [61-63].

Пшениця (ДСТУ 3768:2004) – є фундаментальним компонентом енерго-протеїнового комплексу раціонів для свиней. Завдяки високій концентрації крохмалю та сирого протеїну, вона широко застосовується як у престартерних сумішах, так і в фінішних рецептурах, забезпечуючи високу інтенсивність росту тварин.

Нутрієнтний профіль пшениці (у розрахунку на 100 г зерна) демонструє наступні показники: обмінна енергія – 330–340 ккал; сирий протеїн – 12–14 %; вуглеводна фракція (крохмаль) – 70–72 %; ліпіди – 2,0–2,5 %; сира клітковина – 2,0–2,5 %; зольні елементи – 1,5–1,8 %.

Білкова складова пшениці характеризується помірною біологічною цінністю і за амінокислотним складом корелює з ячменем та вівсом. Основним лімітуючим фактором виступає дефіцит лізину та метіоніну, що потребує обов'язкового балансування раціону. Фракційний склад білка включає альбуміни (6–14 %), глобуліни (7–23 %) та значну частку проламінів (глютену) – до 50 %.

Висока ефективність пшениці зумовлена значним вмістом швидкодоступної енергії та протеїну, що безпосередньо впливає на середньодобові прирости. Відмінні смакові якості забезпечують стабільно високу поїданість корму. У технологічному аспекті пшениця є універсальним компонентом, який ефективно поєднується з іншими злаковими культурами, дозволяючи оптимізувати вартість кормової одиниці.

Специфічним фактором впливу пшениці на травлення є високий вміст клейковини (глютену). При потраплянні у шлунково-кишковий тракт клейковина здатна утворювати в'язку субстанцію, що може ускладнювати дифузію ферментів до нутрієнтів та підвищувати енергетичні витрати організму на процеси травлення. Критичне значення має ступінь механічної обробки: надмірне подрібнення до борошноподібного стану призводить до утворення липкої маси в ротовій порожнині, що знижує привабливість корму. Оптимальним вважається подрібнення або плющення до фракції 1,0–1,2 мм.

Згідно з рекомендаціями провідних фахівців, частка пшениці в раціонах свиней має становити:

- поросята (стартовий період): до 15–25 %;
- молодняк та ремонтні свинки: до 30–40 %;
- свині на відгодівлі: 40–50 % (за умови поєднання з високобілковими добавками);
- свиноматки: до 30 %.

Правильне дозування пшениці у комбікормах дозволяє максимально реалізувати генетичний потенціал тварин, мінімізуючи при цьому ризики виникнення розладів травлення [61-63].

Горох (ДСТУ4523:2006) – є однією з найбільш значущих високобілкових зернобобових культур у сучасному свинарстві. Його цінність обумовлена високою концентрацією сирого протеїну та сприятливим амінокислотним профілем, що дозволяє розглядати цю культуру як ефективну альтернативу частині дорогих білкових добавок, зокрема соєвому шроту.

Середні показники поживності гороху (на 100 г зерна) характеризуються наступними параметрами: енергетична цінність – 320–340 ккал; сирий протеїн – 20–26 %; вуглеводи (крохмаль, цукри) – 55–60 %; сира клітковина – 5–7 %; ліпіди (жири) – 1,5–2,0 %; мінеральні речовини (зола) – 2–3 %.

Науково-практичний досвід використання гороху свідчить про його високу біологічну ефективність. Рослинний білок культури характеризується високим ступенем абсорбції та забезпечує організм тварин такими незамінними амінокислотами, як аргінін, гістидин та фенілаланін. Окрім високої поїданості, горох сприяє інтенсифікації середньодобових приростів живої маси. З економічного погляду, часткове заміщення соєвого шроту горохом дозволяє суттєво знизити собівартість комбікормової продукції без втрати її продуктивної дії.

Використання гороху потребує врахування наявності антипоживних факторів (інгібіторів протеаз, танінів, лектинів), які в сирому зерні можуть знижувати засвоюваність нутрієнтів. Надмірна частка сирого гороху в раціоні може спровокувати метеоризм та диспепсичні розлади. Для мінімізації цих ризиків та підвищення біодоступності поживних речовин рекомендується застосовувати термічну обробку (екструдкування, мікронізацію) або ретельне подрібнення.

З огляду на фізіологічні особливості травлення різних статеві-вікових груп, встановлено такі оптимальні норми включення гороху [61-63]:

- поросята після відлучення: не більше 10–15 %;
- молодняк на інтенсивній відгодівлі: до 20–25 %;
- дорослі свиноматки: до 15 %.

Дотримання вказаних дозувань у поєднанні з іншими енерго-протеїновими компонентами дозволяє збалансувати раціон за всіма критичними показниками.

Висівки пшеничні (ДСТУ 3016-95) – є вторинним продуктом борошномельного виробництва, який отримують в процесі сортових або оббивних помелів пшениці. Морфологічно вони являють собою сукупність частинок

зовнішніх оболонок зерна (перикарпію) та плодових зародків. Якісна сировина має характерний червоно-жовтий колір із сірим відтінком та позбавлена сторонніх запахів чи присмаків (гіркоти, кислотності). За ступенем подрібнення висівки класифікують на великі (грубі) та дрібні (тонкі). Енергетична цінність продукту перебуває у зворотній залежності від глибини переробки зерна: інтенсивне вилучення ендосперму (муки або крупи) веде до зростання частки клітковини та зниження поживного потенціалу висівок.

Середньостатистичний хімічний склад пшеничних висівок включає: суху речовину – 85,0 %; сирий протеїн – 15,1 % (з часткою перетравного – 9,7 %); сиру клітковину – 8,8 %; сирий жир – 4,1 %; БЕР – 52,6 %; зольні елементи – 5,3 %.

Порівняно з цілним зерном пшениці, висівки характеризуються вищою концентрацією фосфору (у них акумулюється до 80 % загального вмісту елемента в зерні) та вітамінів групи В, зокрема нікотинової та пантотенової кислот.

Поживна цінність 1 кг продукту еквівалентна 0,75 корм. од., що відповідає 8,8–9,2 МДж обмінної енергії. Рівень перетравності органічної речовини є досить високим і становить близько 80 %. За сукупністю хімічних та дієтичних показників пшеничні висівки суттєво перевершують житні та рисові аналоги, що робить їх пріоритетним компонентом для збалансування раціонів за мікроелементним та вітамінним профілем.

Незважаючи на високий вміст вітамінів, наявність значної кількості клітковини лімітує частку висівок у раціонах моногастричних тварин. У складі повнораціонних комбікормів та кормосумішей для свиней рекомендований рівень введення пшеничних висівок становить 10–15 %. Таке дозування дозволяє оптимізувати роботу шлунково-кишкового тракту (завдяки стимуляції перистальтики) без зниження загальної енергоємності корму [61-63].

Побічні продукти переробки насіння олійних культур

Підприємства олійно-жирової галузі в процесі екстракції та пресування насіння олійних культур, окрім основної продукції, генерують значні обсяги побічних продуктів, таких як макуха, шрот, фосфатидні концентрати, соапсток та мезга. Технологічні особливості вилучення ліпідів безпосередньо детермінують фізико-хімічний склад та кормову цінність отриманої вторинної сировини.

Ключова відмінність між цими компонентами полягає у методі виділення олії: 1) макуха: продукт, отриманий шляхом механічного відтискання олії на шнекових або гідравлічних пресах. Характеризується високим рівнем

залишкового вмісту ліпідів, що варіюється в межах 6–9 %; 2) шрот: побічний продукт, що залишається після хімічної екстракції олії за допомогою органічних розчинників. Застосування цього методу дозволяє практично повністю вилучити жирову фракцію, залишаючи лише 1,0–2,5 % ліпідів. Слід зауважити, що шроти мають підвищений вміст сирової клітковини (13–18 %), що в середньому на 50 % перевищує аналогічний показник у макусі.

Висока концентрація білкових фракцій (від 30 % до 50 %) робить макуху та шрот незамінними інгредієнтами для балансування раціонів сільськогосподарських тварин за протеїновим профілем. Завдяки високій біологічній цінності ці компоненти виступають базовою сировиною для виробництва білково-вітамінних добавок (БВД). Їх інтеграція до складу комбікормів дозволяє не лише оптимізувати поживну цінність раціону, а й інтенсифікувати показники продуктивності тварин, забезпечуючи ефективну конверсію корму [61-63].

Шрот соняшниковий (ДСТУ 4638:2006) є одним із найбільш затребуваних високобілкових компонентів у вітчизняному тваринництві. Його якісні характеристики регламентуються суворими стандартами, що забезпечує безпеку та поживність готового корму. Стандартний соняшниковий шрот характеризується наступними показниками: масова частка сирого протеїну – не менше 45 % (у перерахунку на СР); вміст сирого жиру – до 1,5 %; гігроскопічна вологість – 7,0–9,5 %; зольність – не більше 1,5 %.

Окрему категорію становить шрот, збагачений ліпідами, який має підвищену енергетичну цінність. У такому продукті вміст жиру становить 2,5–4,0 %, при незначному зниженні рівня протеїну до 42–45 %. Технологічні вимоги також обмежують залишковий вміст екстракційного розчинника (бензину) до 0,1 % та жорстко лімітують наявність металоманітних домішок (не більше 0,001 %).

Згідно з ГОСТ 80-96, соняшкову макуху диференціюють залежно від ступеня дегумізації (вмісту лузги) на дві групи:

1. Низьколузжиста: елітний вид сировини, де вміст лузги не перевищує 4 %, що дозволяє досягти концентрації протеїну на рівні 50 % і вище при мінімальній зольності (до 1 %).
2. Звичайна: допускає наявність лузги до 15,5 %, що дещо знижує вміст протеїну (не менше 44 %) та підвищує зольність до 1,5 %. Рівень вологості для

обох видів обмежений показником 8 %, що забезпечує стабільність продукту при зберіганні.

Інтеграція соняшникових шротів та макух у склад комбікормів дозволяє ефективно збалансувати раціон за амінокислотами, проте наявність клітковини (лузги) зумовлює необхідність дотримання норм введення: загальний раціон – 15–20 % від загальної маси корму; м'ясна та беконна відгодівля – обмеження до 10–15 %. Зниження частки цих компонентів на фінальних етапах відгодівлі сприяє отриманню продукції з кращими органолептичними показниками шпику та м'яса.

Макуха соєва (ДСТУ 27149-95) та шрот соєвий (ДСТУ 4230:2003) є найбільш цінними високобілковими інгредієнтами в сучасному свинарстві, що зумовлено їхнім збалансованим амінокислотним складом та високою енергетичною щільністю. Якість цієї сировини суворо регламентується державними стандартами для забезпечення максимальної продуктивної дії.

Згідно з вимогами ГОСТ 27149-95 та відповідних ДСТУ, продукти переробки сої повинні відповідати наступним параметрам: соєва макуха: вміст сирого протеїну має становити не менше 43 %, рівень ліпідів (жиру) – до 8 %, сирій клітковини – не більше 5,5 %. Гігроскопічна вологість лімітується на рівні 8 %; соєвий шрот (кормовий): характеризується вищою концентрацією протеїну – не менше 45 % та мінімальним вмістом жиру (0,5–1,5 %) внаслідок хімічної екстракції. Допустима вологість варіюється від 8,5 % до 10,0 %, а вміст залишкового розчинника (бензину) не повинен перевищувати 0,1 %.

Залежно від режимів виробництва соєву макуху поділяють на звичайну та тостовану. Тостування передбачає додаткову волого-теплову обробку, яка є критично важливою для інактивації антипоживних чинників (інгібіторів ферментів), що частково залишаються у макусі після пресування. Основним критерієм ефективності термічної деструкції цих речовин є індекс активності уреази (визначається за зміною рН водної витяжки протягом 1800 секунд). Для якісно обробленого продукту цей показник не повинен перевищувати 0,1 од. рН. Недотримання цього нормативу може призвести до зниження перетравності протеїну та розладів травлення у свиней.

Враховуючи високу біологічну цінність соєвої сировини та її вплив на розвиток організму, встановлено такі диференційовані рівні введення:

- поросята (стартовий період): обмеження до 5–7 % (через високу чутливість до антигенів сої);

- свині на відгодівлі (м'ясні та беконні кондиції): 10–15 %;
- ремонтний молодняк: 10–12 %.

Використання соєвої макухи та шроту в межах вказаних дозувань дозволяє повністю забезпечити потребу свиней у лімітуючих амінокислотах, що є запорукою високих середньодобових приростів та економічної ефективності виробництва [61-63].

Побічні продукти переробки тваринної сировини

М'ясокісткова мука (ТУ У 15.1-0535747.002-2003) є одним із ключових джерел високоцінного тваринного білка в годівлі сільськогосподарських тварин. Його біологічна цінність обумовлена високою концентрацією лімітуючих амінокислот, зокрема лізину, а також оптимальним вмістом життєво необхідних макроелементів: кальцію, фосфору та магнію. Виготовлення даного продукту зосереджено на м'ясопереробних підприємствах та утилізаційних заводах. Сировиною слугують субпродукти та відходи, непридатні для харчової промисловості, але допущені ветеринарно-санітарним контролем для кормових потреб. До них відносять: м'ясні обрізки та конфіскати внутрішніх органів; кістковий залишок (частка сирих кісток у сировині варіюється від 10 % до 45 %); туші тварин, що загинули від незаразних патологій (виключно на спеціалізованих утилізаційних потужностях).

Якість готового борошна детермінується ступенем його подрібнення та хімічною стабільністю. Згідно з технологічними нормативами, залишок на ситі з діаметром отворів 3 мм не повинен перевищувати 5 %, що гарантує високу однорідність продукту. Допустимий вміст металоманітних домішок (фракцією до 2 мм) становить 150–200 мг/кг. З метою запобігання перекисному окисленню ліпідів та збереження поживної цінності, до складу продукту в обов'язковому порядку додають антиоксиданти.

Застосування м'ясо-кісткового борошна дозволяє ефективно балансувати раціони за білковим та мінеральним складом. Рекомендовані дозування становлять:

- свині (залежно від віку): від 10% до 15% у складі комбікорму;
- молодняк птиці та кури-несучки: до 10%;
- універсальні раціони для птиці: 3–7% від загальної маси сухих зерномучнистих кормів.

Рациональне використання цієї сировини забезпечує інтенсивний ріст молодняку та високу продуктивність дорослого поголів'я завдяки високій біодоступності нутрієнтів тваринного походження [61-63].

Сировина мінерального походження

Монокальцій фосфат (ГОСТ 23999-80) – є висококонцентрованою мінеральною добавкою, що вирізняється високою біологічною доступністю фосфору та кальцію. Продукт позиціонується як екологічно безпечний реагент, необхідний для оптимізації фосфорно-кальцієвого обміну у сільськогосподарських тварин на всіх етапах їхнього онтогенезу. Згідно з вимогами нормативно-технічної документації, монокальційфосфат повинен відповідати суворим критеріям чистоти та концентрації діючих речовин. За фізико-хімічними параметрами виділяють вищий та перший сорти продукту: вміст фосфатів – для вищого сорту – не менше 55 %, для першого – 50 % (у розчині 0,4 % соляної кислоти); кальцієва складова (у перерахунку на CaO) – не повинна перевищувати 25 %; показники безпеки: лімітується вміст фтору (до 0,3 %), миш'яку (не більше 0,008–0,012 %) та суми важких металів (до 0,008 %); фізичні властивості: вологість продукту обмежена рівнем 4 %, а показник кислотності (рН 0,01 М розчину) має бути не нижче 3. Візуально препарат являє собою дрібногранульовану масу сірого кольору з домішкою порошкоподібної фракції. Висока розчинність у воді забезпечує легку абсорбцію мінеральних елементів у травному тракті.

Завдяки своїй високій розчинності та середній гігроскопічності, монокальційфосфат є ідеальним компонентом для преміксів та повнораціонних комбікормів. Його застосовують як для молодняку, так і для дорослого поголів'я з метою корекції дефіциту мінеральних речовин.

Відповідно до науково обґрунтованих норм, встановлено такі ліміти введення препарату до складу комбікормів:

- молодняк (віком від 1 до 12 місяців): максимальна частка становить 2,0 % за масою;
- дорослі тварини: допускається збільшення дозування до 2,5 %.

Системне використання монокальційфосфату в раціонах свиней дозволяє запобігти патологіям кісткової тканини та сприяє підвищенню загальної резистентності організму до несприятливих чинників довкілля [61-63].

Вапняк (ГОСТ 26826-86) є одним із основних природних джерел кальцію, що відіграє критичну роль у формуванні скелетної системи, підтримці гомеостазу та забезпеченні належного метаболізму у свиней. Його використання в раціонах спрямоване на профілактику рахіту, остеомалії та інших порушень мінерального обміну, особливо в період інтенсивного росту молодняку та лактації свиноматок.

Хімічні показники вапняку можуть варіюватися залежно від географії родовища, проте для використання у тваринництві сировина повинна відповідати стандартам для так званих «звичайних» вапняків. Згідно з технічними умовами, такий продукт має містити: кальцій – до 34 % (що еквівалентно вмісту вуглекислого кальцію на рівні 85 %); магній – не більше 1,5 %; фтор – до 0,2 %; домішки важких металів – миш'яку, не більше 0,015 %, свинцю – до 0,008 %; нерозчинний залишок (пісок) – в межах 4–5 %.

Ефективність засвоєння кальцію безпосередньо залежить від ступеня подрібнення мінеральної сировини. Для комбікормового виробництва оптимальним вважається використання кормового вапняку у вигляді порошку або дрібної фракції з розміром частинок від 1,5 до 2 мм. Такий гранулометричний склад забезпечує рівномірне змішування компонента з основною масою корму та запобігає його сегрегації.

Зоотехнічні нормативи передбачають включення вапняку в раціони свиней у кількості 20–40 г на голову на добу, залежно від живої маси тварини, її статевікової групи та загального рівня мінералізації базових кормів. Дотримання цих норм дозволяє підтримувати оптимальне співвідношення кальцію та фосфору в раціоні, що є необхідною умовою високої продуктивності та збереженості поголів'я [61-63].

Сіль кухонна (ДСТУ 3583-97) – є критично важливим мінеральним компонентом, що виступає основним джерелом іонів натрію та хлору. Ці елементи відіграють фундаментальну роль у підтримці осмотичного тиску в тканинах, регулюванні водно-сольового обміну та синтезі соляної кислоти в шлунку, що безпосередньо впливає на активність травних ферментів.

Згідно з державним стандартом, кухонна сіль являє собою кристалічний хлористий натрій білого кольору. Фізико-хімічні параметри сировини мають відповідати наступним вимогам (у відсотковому співвідношенні): масова частка хлористого натрію (NaCl) – не менше 99,7 %; вологість – для сорту «Екстра» – до

0,5 %, для вищого сорту – не більше 0,8 %; домішки – нерозчинні у воді речовини – 0,03 %, кальцій – 0,02 %, магній – 0,01 %, сульфати – 0,16 %.

Натрій-хлорид є обов'язковим інгредієнтом більшості рецептур комбікормів. Нестача натрію та хлору в організмі свиней призводить до різкого погіршення апетиту, тьмяності слизових оболонок та зниження ефективності конверсії корму. Тривалий дефіцит спричиняє сповільнення темпів приросту живої маси, падіння молочності у свиноматок та потенційні розлади репродуктивної функції.

Введення солі в комбікорми дозволяє оптимізувати електролітний баланс, зокрема співвідношення калію до натрію, яке згідно з зоотехнічними нормами має становити 3–5:1. Слід зауважити, що незважаючи на життєву необхідність компонента, перевищення рекомендованих доз є неприпустимим, оскільки може викликати гостре сольове отруєння. Точне дозування кухонної солі у складі повнораціонних комбікормів є запорукою стабільного метаболізму та високої продуктивності тварин [61-63].

Продукти мікробіологічних і біохімічних виробництв

Кормові дріжджі (ДСТУ 2108-92) є продуктом мікробіологічного синтезу, що отримується шляхом вирощування дріжджових грибів (переважно родів *Candida*, *Saccharomyces*) на різних поживних субстратах: гідролізатах деревини, відходах спиртової та цукрової промисловості (барда, меляса), а також продуктах переробки нафти (паприн). У структурі комбікормів дріжджі виконують роль висококонцентрованої білково-вітамінної добавки з унікальним біохімічним профілем. Кормові дріжджі характеризуються високою концентрацією повноцінного білка, вміст якого залежно від виду сировини та технології виробництва становить 40–55 %. Біологічна цінність дріжджового протеїну наближається до білків тваринного походження.

Продукт багатий на лізин та інші незамінні амінокислоти, проте дещо дефіцитний за метіоніном і цистином, що потребує відповідної корекції раціону іншими компонентами. Енергетична цінність: 1 кг сухої речовини містить близько 10,5–12,0 МДж обмінної енергії. Особливістю кормових дріжджів є високий вміст вітамінів групи В (В₁, В₂, В₄, В₅, В₆, В₁₂), а також вітаміну D₂, ергостерину та різноманітних ферментних систем, що каталізують процеси травлення. Наявність у клітинних стінках дріжджів манан-олігосахаридів (MOS) та бета-глюканів

забезпечує пребіотичний ефект, сприяючи зміцненню імунітету та пригніченню патогенної мікрофлори в шлунково-кишковому тракті тварин.

Якісні кормові дріжджі повинні мати вигляд дрібних гранул або порошку коричневого кольору з характерним дріжджовим запахом. Вологість продукту регламентується на рівні 8–10 %. Важливим показником безпеки є відсутність живої дріжджової клітини (культура повинна бути повністю інактивованою термічно) та суворий контроль вмісту важких металів і залишкових вуглеводнів (у випадку використання нафтової сировини).

Введення кормових дріжджів у раціони свиней дозволяє інтенсифікувати обмін речовин та підвищити ефективність використання енергії корму:

- поросята-відлученці: до 3–5% (сприяє кращому розвитку ворсинок кишечника та профілактиці діареї);
- молодняк на відгодівлі: 5–7% для стимуляції приростів;
- свиноматки: до 10% (позитивно впливає на багатоплідність та молочність).

Рациональне дозування дріжджів у складі комбікормів дозволяє частково або повністю замінити дорогі корми тваринного походження без втрати загальної біологічної цінності раціону [61-63].

Монохлорид лізину (діамінокарбонова кислота, одна з незамінних амінокислот) є критично важливою незамінною амінокислотою, що відіграє першочергову роль у процесах білкового синтезу. Завдяки наявності двох аміногруп та однієї карбоксильної групи, дана сполука проявляє властивості органічної основи (лугу). У свинарстві лізин класифікується як перша лімітуюча амінокислота, рівень якої безпосередньо детермінує ефективність використання всього протеїну раціону.

Недостатня концентрація лізину в кормовій суміші ініціює каскад патологічних змін в організмі тварин: метаболічні порушення: різке зниження апетиту, втрата живої маси та загальне виснаження (аліментарна дистрофія); гематологічні розлади: розвиток анемії внаслідок інгібування синтезу гемоглобіну; остеогенез: порушення процесів кальцифікації кісткової тканини; специфічні симптоми: за умови дефіциту лізину на фоні достатку інших амінокислот можуть спостерігатися паралічі, депігментація волосяного покриву у свиней або пір'я у птиці.

Для нівелювання дефіциту цієї амінокислоти у виробництві комбікормів застосовують висококонцентровані синтетичні та мікробіологічні препарати:

1. Кристалічний монохлоргідрат лізину: стандартизований препарат, що містить не менше 98,5 % основної речовини. Технологічні домішки обмежені вмістом хлористого натрію (до 1,0 %) та води (не більше 0,6 %).

2. Продукти мікробіологічного синтезу (наприклад, Біоліз): характеризуються наявністю не лише лізину, а й супутніх біологічно активних речовин (інших амінокислот, вітамінів, ферментів), що утворюються в процесі ферментації.

Введення синтетичного лізину до складу комбікормів дозволяє ефективно збалансувати раціони, сформовані на базі зернових культур (пшениця, кукурудза, ячмінь), які природно дефіцитні за цією амінокислотою. Це забезпечує максимальну конверсію корму, інтенсифікацію середньодобових приростів та зниження витрат сирого протеїну на одиницю продукції [61-63].

DL-метіонін (аміно-гіометил масляна кислота, одна з незамінних амінокислот) належить до групи моноаміномонокарбонових сірковмісних незамінних амінокислот. Ключовою біохімічною особливістю метіоніну є наявність лабільної метильної групи, що обумовлює його участь у процесах переметилювання – фундаментальному механізмі синтезу життєво важливих сполук в організмі свиней.

Метіонін виконує низку критичних функцій, що забезпечують гомеостаз та продуктивність тварин: синтетична дія: виступає донором метильних груп для ендогенного синтезу холіну, адреналіну та креатину; є незамінним компонентом для формування кератину, що безпосередньо впливає на ріст волосяного покриву (шерсті); гепатопротекторна роль: запобігає жировій інфільтрації (переродженню) печінки, регулюючи ліпідний обмін, та бере участь у детоксикації ксенобіотиків; антиоксидантний та гемопоетичний ефект: перешкоджає деструктивному окисненню білкових структур та залучається до процесів утворення гемоглобіну.

Недостатній вміст метіоніну в раціоні супроводжується характерними симптомами, які негативно впливають на загальний стан здоров'я: огрубіння та втрата еластичності волосяного покриву; м'язова атрофія та зниження темпів росту; розвиток анемічних станів через порушення синтезу еритроцитарних білків.

Оскільки зернові раціони часто лімітовані за сірковмісними амінокислотами, до складу комбікормів інтегрують синтетичний DL-метіонін. Промисловий препарат є висококонцентрованим продуктом, що містить не менше 99 % активної речовини. Застосування синтетичного метіоніну дозволяє прецизійно балансувати амінокислотний профіль комбікормів, що призводить до зниження питомих витрат корму на одиницю продукції та підвищення біологічної цінності м'яса [61-63].

Треонін-L – належить до групи незамінних гідроксиамінокислот і відіграє ключову роль у структурному метаболізмі та підтриманні імунологічного статусу організму тварин. У сучасній дієтології свиней треонін зазвичай розглядається як друга або третя лімітуюча амінокислота після лізину та метіоніну.

Біологічна значущість треоніну зумовлена його участю в синтезі протеїногенних амінокислот, таких як гліцин і серин, що є фундаментальними для формування наступних структур: м'язова тканина (забезпечення пластичних процесів та регенерації м'язів); сполучна тканина (треонін є прекурсором для синтезу колагену та еластину, що визначають міцність і еластичність сухожиль, хрящів та кісткової матриці); ліпідний обмін (амінокислота бере активну участь у розщепленні жирних кислот, запобігаючи жировій інфільтрації печінки та розвитку гепатодистрофії).

L-треонін є критично важливим компонентом для функціонування імунної системи, оскільки він залучений до синтезу антитіл (імуноглобулінів). Достатній рівень цієї амінокислоти в раціоні підвищує загальну резистентність організму до інфекційних агентів та стресових чинників. Для промислового виробництва комбікормів використовується синтетичний L-треонін, який за своїми властивостями відповідає природному ізомеру: біологічна доступність – для свиней та птиці цей показник становить 100 %; поживна цінність – вміст сирого протеїну в препараті сягає 73 %, а рівень обмінної енергії становить 3650 ккал/кг для свиней; фізичні властивості – випускається у формі білого кристалічного порошку з доброю розчинністю (до 90 г/л при температурі 20 °C). Використання L-треоніну дозволяє прецизійно балансувати раціони за ідеальним протеїном, що сприяє інтенсифікації росту та покращенню якості туш [61-63].

Мікосорб є інноваційним органічним адсорбентом, що базується на унікальній комбінації етерифікованих глюкомананів, екстрагованих із внутрішніх клітинних стінок дріжджів штамів *Saccharomyces cerevisiae*. На відміну від

традиційних мінеральних сорбентів, даний препарат діє за принципом високоефективної біологічної адсорбції, що дозволяє нейтралізувати широкий спектр мікотоксинів без негативного впливу на поживність корму.

Препарат характеризується здатністю інактивувати значну кількість небезпечних метаболітів мікроскопічних грибів. Мікосорб ефективно адсорбує наступні групи мікотоксинів: афлатоксини та зеараленон; вомітоксин (ДОН) та Т-2 токсин; охратоксини, цитринін та ніваленол; фузаріотоксини та діацетоксисцирпенол (ДАС).

Важливою технологічною перевагою є стабільність адсорбційної здатності препарату, яка залишається незмінною незалежно від коливань рівня рН у різних відділах шлунково-кишкового тракту та присутності травних ферментів.

Однією з ключових особливостей Мікосорбу є його висока селективність. Препарат не містить глинистих мінералів і не вступає у взаємодію з вітамінами та мікроелементами, зберігаючи їхню біодоступність для організму тварин.

Завдяки високій питомій площі активної поверхні, Мікосорб застосовується в низьких концентраціях, що дозволяє мінімізувати введення баластних речовин у комбікорм. Використання даного адсорбенту є стратегічним рішенням для захисту здоров'я свиней від хронічних мікотоксикозів, забезпечення імунного статусу та підтримання високої продуктивності в умовах використання зернової сировини різної якості [64].

Препарат **Біомін** (Biomín P.E.P.) належить до групи фітогенних кормових добавок, дія яких базується на синергічній взаємодії ефірних олій та пребіотичних компонентів. Даний комплекс розроблений для стимуляції секреторної функції шлунково-кишкового тракту, оптимізації мікробіоценозу кишечника та підвищення загальної конверсії корму в свинарстві.

Компоненти добавки забезпечують багатофакторний вплив на організм тварин: ефірні олії виступають у ролі натуральних ароматичних та смакових атрактантів, що суттєво підвищує апетит і рівень споживання корму. Крім того, вони мають виражену антисептичну дію, вибірково пригнічуючи розвиток патогенної мікрофлори; пребіотичний комплекс: створює сприятливе поживне середовище для розвитку ендогенних корисних бактерій (лакто- та біфідофлори). Це підсилює бар'єрну функцію кишечника та покращує стан здоров'я тварин на системному рівні.

Застосування Біоміну спрямоване на нівелювання негативних наслідків технологічних стресів, таких як зміна раціону, переведення в інші приміщення або коливання параметрів мікроклімату. Препарат ефективно вирішує наступні завдання: покращення засвоюваності (стимуляція вироблення власних травних ферментів сприяє повнішому розщепленню та всмоктуванню нутрієнтів); стабілізація мікрофлори (запобігання дисбактеріозам, що виникають внаслідок кормових чи екологічних стрес-факторів); зниження конверсії (завдяки оптимізації процесів травлення зменшуються питомі витрати корму на одиницю приросту живої маси).

Введення даної добавки до складу комбікормів дозволяє підтримувати високу продуктивність свиней навіть за несприятливих умов утримання, забезпечуючи стабільну роботу травної системи та зміцнення імунітету [65].

Кроноцид Д є комплексним ветеринарним препаратом-підкислювачем, розробленим для оптимізації процесів травлення та санації кормосумішей. За фізико-хімічною формою препарат являє собою сипучий порошок світло-сірого кольору зі специфічним ароматом, що складається зі збалансованої суміші органічних кислот, депонованих на мінеральному носії – природних алюмосилікатах. Важливою характеристикою безпеки продукту є відсутність у його складі генетично модифікованих компонентів або рекомбінованих ДНК.

Механізм дії препарату базується на синергічному поєднанні підкислюючих та антибактеріальних ефектів:

1. Ферментативна активація: за рахунок зниження рівня рН у шлунку Кроноцид Д інтенсифікує конверсію пепсиногену в активну форму – пепсин. Це призводить до істотного підвищення коефіцієнта перетравності протеїну та покращення асиміляції азоту корму, що безпосередньо стимулює енергію росту тварин;

2. Саморегуляція секреції: рівень підкислення, що забезпечується препаратом, є фізіологічно збалансованим. Він достатній для ініціації протеолізу, проте не пригнічує секреторну функцію власних залоз організму щодо виділення ендогенних кислот і ферментів.

Застосування Кроноциду Д дозволяє здійснювати спрямований вплив на мікробіоценоз кишечника: селективна підтримка мікрофлори (створення кислого середовища створює конкурентну перевагу для корисної мікрофлори (зокрема лакто- та біфідобактерій), сприяючи активній колонізації ними епітелію

кишечника); пригнічення патогенів (для більшості ентеропатогенних бактерій кисле середовище є несприятливим, що призводить до сповільнення їхнього розвитку та зниження ризику виникнення шлунково-кишкових розладів бактеріальної етіології).

Введення підкислювача Кронацид Д до складу комбікормів є ефективним технологічним рішенням для підвищення біопродуктивності свиней та покращення загального санітарно-гігієнічного стану кормової бази [66].

Гріндазім – це високотехнологічний ферментний препарат грибкового походження, отриманий шляхом спрямованої ферментації штаму *Aspergillus niger*. Продукт розроблений для корекції поживної цінності раціонів, що базуються на зернових культурах з високим вмістом важкоперетравних вуглеводів, та спрямований на максимальну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності тварин.

Функціональна ефективність Гріндазіму зумовлена його здатністю до біодеградації складних структурних компонентів корму: гідроліз некрохмалистих полісахаридів (НКП): ферменти препарату розщеплюють пентозани, бета-глюкани та целюлозу, які складають основу клітинних стінок зерна. Це дозволяє «вивільнити» заблоковані нутрієнти (протеїни, крохмаль), роблячи їх доступними для дії ендогенних ферментів організму; оптимізація реологічних властивостей хімусу: гріндазім ефективно знижує в'язкість вмісту травного тракту, що виникає при згодовуванні великої кількості пшениці, ячменю або жита. Зменшення в'язкості хімусу прискорює дифузію поживних речовин до ворсинок кишечника, суттєво покращуючи їхню резорбцію (всмоктування).

Використання Гріндазіму є патогенетично обґрунтованим у раціонах, що містять значну частку наступних інгредієнтів: зернові культури (пшениця, ячмінь, овес, жито); білкові компоненти (соняшниковий та ріпаковий шроти, горох). Введення даного ензимного препарату до складу комбікормів дозволяє не лише підвищити коефіцієнти перетравності сухої речовини, а й нівелювати негативний вплив антипоживних чинників рослинної сировини. Це забезпечує стабільні прирости живої маси, покращує стан мікрофлори кишечника та знижує собівартість продукції тваринництва за рахунок ефективнішого використання кормових ресурсів [67].

Сукрам-810 належить до групи вискоєфективних сенсорних добавок, спеціально розроблених для корекції смакового профілю комбікормів у

свинарстві. Використання даного підсолоджувача базується на стимуляції рецепторного апарату тварин, що є стратегічно важливим для підтримання стабільного рівня споживання корму в технологічно складні періоди вирощування.

Препарат випускається у формі сипкого порошку або мікрогранул кольорової гами від білого до світло-жовтого. Важливою перевагою Сукрам-810 є його термостабільність: хімічна структура підсолоджувача не руйнується під впливом високих температур під час гранулювання або експандування комбікормів, що гарантує збереження атрактивних властивостей готового продукту.

Головним завданням добавки є нівелювання «кормового стресу», що виникає при зміні компонентного складу раціонів або відлученні молодняку:

- стартерні корми: застосування у годівлі поросят-відлученців дозволяє прискорити перехід на сухий корм, стимулюючи раннє споживання великих порцій нутрієнтів;
- свиноматки та відгодівля: допомагає підтримувати високий рівень апетиту, що позитивно позначається на молочності маток та середньодобових приростах поголів'я на фінальних етапах вирощування;
- синергізм: Сукрам-810 демонструє повну сумісність з іншими функціональними компонентами – органічними кислотами, пробіотиками та ферментами, не вступаючи з ними в небажані хімічні реакції.

Рекомендоване дозування препарату варіюється в межах 100–300 г на 1 тону комбікорму. Конкретна концентрація визначається залежно від вікової групи тварин, інтенсивності технологічного навантаження та цільових показників продуктивності [68].

Біо-Мос (Bio-Mos®) – це спеціалізована кормова добавка органічного походження, отримана шляхом глибокої переробки клітинних стін селекційного штаму дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* за запатентованою технологією компанії Alltech®. Препарат містить концентрований комплекс маннанолігосахаридів (MOS) та специфічних маннопротеїнів, що виступають потужними модуляторами кишкового середовища.

Науково обґрунтована ефективність Біо-Мосу базується на трьох взаємопов'язаних векторах дії:

1. Інгібування патогенної колонізації: маннанолігосахариди діють як «хибні рецептори» для бактерій, що мають фімбрії типу 1 (зокрема *E. coli* та *Salmonella*). Замість прикріплення до епітелію кишечника, патогени зв'язуються з молекулами MOS і виводяться з організму транзитом, що запобігає розвитку інфекційних процесів;

2. Імуномодуляція: компонентний склад добавки стимулює неспецифічну резистентність організму. Біо-Мос активує фагоцитарну активність макрофагів та сприяє підвищенню рівня захисних антитіл, що актуально для всіх видів сільськогосподарських тварин, птиці та аквакультур;

3. Оптимізація морфології кишечника: тривале застосування препарату позитивно впливає на архітектоніку слизової оболонки. Зокрема, спостерігається збільшення висоти ворсинок та глибини крипт, що розширює абсорбційну поверхню кишечника та покращує засвоєння поживних речовин.

Інтеграція Біо-Мосу до складу раціонів дозволяє стабілізувати здоров'я шлунково-кишкового тракту без використання кормових антибіотиків. Це сприяє зниженню малюкової смертності, покращенню однорідності поголів'я та досягненню вищих показників середньодобових приростів за рахунок зміцнення природного імунітету та кращої конверсії корму [67].

Премікс (ДСТУ 4480:2005) – це однорідна суміш подрібнених до необхідної крупності БАР та наповнювача, виготовлена за науково обґрунтованими рецептами та використовується для збагачення комбікормів та БВД. У якості наповнювача найчастіше використовують висівки [63].

Комбікорми. Комбікорми виготовляють з різних кормових засобів і підрозділяють за декількома ознаками:

– за призначенням: повнораціонні комбікорми, комбікорми-концентрати, кормові суміші;

– за видами, віком і призначенням тварин: комбікорми – стартери (для молодняка тварин), комбікорми-гроуери, комбікорми-фінішери, комбікорми для великої рогатої худоби, свиней, птиці, риби, хутрових звірів, домашніх тварин та ін., комбікорми для племінних тварин, комбікорми для тваринницьких комплексів та ін.

– за фізичним станом і виглядом: тверді і рідкі комбікорми. Тверді комбікорми підрозділяють на розсипні (не вирівняного і вирівняного

гранулометричного складу), пресовані (гранули, брикети, екструдати, експандати, окатиші, пластівці, крупка, суміш крупок та ін.).

Повнораціонний комбікорм – комбікорм, що повністю забезпечує потребу тварин, птиці і риби у поживних і біологічно активних речовинах. Повнораціонні комбікорми зазвичай використовують для досягнення високої продуктивності при вирощуванні і відгодівлі тварин, птиці і риби в умовах товарних ферм, тваринницьких комплексів, птахофабрик, тобто при індустріальному підході до виробництва продукції тваринництва, птахівництва і рибництва.

Комбікорм-концентрат – комбікорм з підвищеним вмістом протеїну, мінеральних і біологічно активних речовин, який згодують на додаток до основного раціону тварин разом із зерновими, соковитими або грубими кормами. Комбікорми-концентрати зазвичай застосовують для годівлі великої рогатої худоби, оскільки основою їх раціону служать соковиті корми, силос, сіно, їх також використовують для годівлі свиней та інших тварин при використанні власної кормової бази, різних харчових відходів.

Кормова суміш – однорідна суміш декількох очищених і подрібнених до необхідної крупності і в разі необхідності спеціально оброблених кормових засобів у співвідношенні, яке не гарантує повноцінної годівлі тварин, птиці і риби.

Білково-вітамінні добавки (БВД) або білково-мінерально-вітамінні добавки (БМВД) – однорідні суміші очищених і подрібнених до необхідної крупності і в разі необхідності спеціально оброблених високобілкових, мінеральних кормових засобів і біологічно активних речовин, які виробляють за науково обґрунтованими рецептами, призначеними для виробництва комбікормів на комбікормових заводах зі спрощеним технологічним циклом при використанні місцевої кормової сировини.

Комбікорми для вирощування бройлерів, відгодівлі свиней, телят і риби в залежності від призначення підрозділяють на перед-стартери, стартери, гроуери, продукційні та фінішери. Для курей-несучок, тварин батьківського стада застосовують комбікорми за призначенням. Розрізняють також профілактичні та лікувальні комбікорми, які містять функціональні компоненти або лікарські препарати для профілактики та лікування різних захворювань тварин, птиці і риб.

Передстартові комбікорми – комбікорми, які згодують молодняку сільськогосподарських тварин, птиці і риби у перші дні життя. Як правило, передстартові комбікорми мають покращені смакові властивості і підвищену

концентрацію енергії, містять компоненти з легкоперетравними поживними і біологічно активними речовинами та відрізняються високою санітарною якістю.

Стартові комбікорми – комбікорми, які згодовують молодняку сільськогосподарських тварин, птиці і риби у період, який передує стабілізації всіх життєво важливих функцій.

Комбікорми-гроуери – комбікорми, згодовування яких забезпечує інтенсивний ріст молодняку сільськогосподарських тварин, птиці і риби до досягнення ними продуктивного віку.

Продукційні комбікорми – комбікорми, які згодовують сільськогосподарським тваринам, птиці і риbam з метою отримання максимальної кількості продукції з заданими показниками якості.

Комбікорми-фінішери – комбікорми, призначені для годівлі сільськогосподарських тварин, птиці і риби на завершальному етапі їх життєвого циклу. Як правило, такі комбікорми володіють обмеженою кормовою цінністю і сприяють виведенню з організму тварин залишкових кількостей токсичних речовин і продуктів їх розпаду.

За фізичним станом і формою розрізняють сухі, вологі, рідкі і піноподібні комбікорми. Найбільшого поширення набули сухі комбікорми, як найбільш технологічні. Крім того, терміни їх зберігання значно вищі. Сухі комбікорми виготовляють у розсипному або пресованому вигляді. Розсипні комбікорми можуть бути вироблені у вигляді суміші подрібнених компонентів або подрібненої суміші підготовлених компонентів, а також у вигляді суміші крупок. Подрібнена суміш може мати полідисперсний характер або вирівняний гранулометричний склад, що залежить від технології виробництва комбікорму. Розсипні комбікорми мають об'ємну масу від 400 до 570 кг/м³, кут природного укусу коливається від 40 до 60 градусів.

Пресовані комбікорми можуть бути вироблені у вигляді крупки, гранул або брикетів, екструдату, експандату, пластівців, окатишів та ін. Найбільш поширеними є пресовані комбікорми у вигляді гранул і крупки. Брикети виготовляють в основному з кормових сумішей з високим вмістом волокнистих матеріалів. Розрізняють брикети циліндричної форми з діаметром 25...60 мм або прямокутної форми з розмірами у перерізі 30 x 40...40 x 50 мм і завдовжки 60...100 мм, а також 68 x 160 x 130 мм.

Комбікормові гранули виробляють з розсипних комбікормів. Раніше виробляли гранули циліндричної, прямокутної і шестигранної форм. Найміцнішими виявилися циліндричні гранули. Сучасні преси дозволяють виробляти гранули діаметром від 1,5 до 25,0 мм. Довжина гранул, як правило, складає 1,5...2,0 діаметра. Найбільшого поширення набули круглі гранули діаметром 3,0; 3,2; 4,0; 4,7; 6,0; 7,7; 9,7 і $12,7 \pm 0,5$ мм. Комбікорми у вигляді гранул діаметром 3,2...7,7 мм виробляють для сільськогосподарської птиці і риби, діаметром 4,7...7,7 мм – для свиней, діаметром 7,7...9,7 мм – для молодняка великої рогатої худоби, діаметром 9,7... 12,7 мм – для дорослої великої рогатої худоби і коней, діаметром 19,0 мм – для корів. Об'ємна маса гранульованих комбікормів вища, ніж у розсипних і становить 600...660 кг/м³, кут природного укосу менше 45 градусів, що свідчить про вищу технологічність гранульованих комбікормів.

Комбікормову крупку виробляють шляхом подрібнення і просіювання гранул. Раніше виробляли гранули малого діаметра для годівлі курчат і риби – 1,8...2,4 мм. Проте вартість виготовлення гранул такого діаметра різко зростає із-за підвищення питомих енерговитрат на гранулювання комбікормів. Крім того, експлуатація матриць з маленьким діаметром отворів викликає цілий ряд ускладнень. Отримання комбікормової крупки економічно доцільне. Комбікормову крупку для молоді риби виробляють з розміром частинок від 0,1 до 0,5 мм в залежності від маси тіла риби, для курчат-бройлерів першого періоду (стартовий комбікорм) крупка повинна мати розмір частинок 0,4...0,5 мм, для курчат-бройлерів 2-го періоду (комбікорм-гроуер) крупка повинна мати розмір частинок 0,7... 1,0 мм. Для курей-несучок виробляють комбікормову крупку з розміром частинок 1,0... 1,5 мм [63].

2.5 Розрахунок рецепту комбікормової продукції на ЕОМ

Рецепт – письмове приписання на виготовлення комбікормової продукції, або формула, по якій виробляють продукцію. Рецепти розробляють на основі багаторічних наукових і господарських дослідів по годівлі сільськогосподарських тварин та птиці. При цьому враховують вид тварин, їх фізіологічний стан, напрямок продуктивності та генетичні можливості. Головною умовою, яку повинна задовольняти продукція є відповідність показникам поживності та задоволення потреби тварин.

Рецепти комбікормів можуть бути рекомендованими та розрахованими. Рекомендовані – розроблені НДІ, які забезпечують задану продуктивність при мінімальній конверсії корму і які пройшли виробничу перевірку. Розраховані – рецепти комбікормів, в яких встановлені показники якості, які відповідають ДСТУ, ТУ та ін. інформації розробника або замовника, міждержавного або державного підприємства.

Існує безліч рецептів комбікормів для різних видів тварин, птахів і риби з урахуванням віку, статі, призначення, умов утримання і способу годівлі. Номер рецепту свідчить про тип комбікорму і вид тварин, для яких він призначається.

Нумерація рецептів комбікормів складається із буквеного позначення (ПК, К, КС) і числової частини. Перше число позначає вид тварини, друга – порядковий номер для даної групи тварин.

Комбікормові заводи повинні виготовляти комбікорми згідно рецептам, затвердженим в установленому порядку і розрахованими на ЕОМ у відповідності з інструкцією «Інструкцією по розрахунку рецептів і цін на комбікорми та БВД для комбікормових підприємств за допомогою ЕОМ», затвердженою Міністерством сільського господарства і продовольства України від 30.06.1994р.

Розрахунок рецепта комбікорму – це складне багато параметричне завдання. Від правильності розрахунку рецепта багато у чому залежить продуктивна дія комбікорму та економічна доцільність його застосування. Розрахунок рецепту опирається на три основні складові: взятий до уваги перелік показників, який використовують для розрахунку рецепта комбікорму та система обмежень; наявність точних даних про хімічний склад кормових засобів, з яких передбачається виготовлення комбікорму; наявність вискоєфективної програми розрахунку рецепта комбікорму на ЕОМ.

Розрахунок рецепта комбікорму, як правило, виконує спеціаліст виробничо-технологічної лабораторії комбікормового заводу. Для розрахунку рецепта комбікорму необхідні наступні вихідні дані: вид продукції, яку необхідно виробляти; об'єм партії комбікорму; вимоги до якості продукції; наявність кормової сировини на підприємстві; фактичні показники кормової цінності і хімічного складу сировини; ціни на сировину та економічні нормативи підприємства (виробничі витрати, рівень рентабельності, тощо); рекомендації щодо введення окремих компонентів.

Всі ці відомості у вигляді математичних формул являють собою систему обмежень, яка закладається в основу комп'ютерної програми розрахунку. Якщо

програма розрахунку рецептів комбікормів носить оптимізаційний характер, задається цільова функція розрахунку. Зміст цільової функції полягає в тому, що при надходженні складу рецепта, який задовольняє заданим обмеженням, серед множини можливих варіантів обирають той, який дозволяє мінімізувати або максимізувати значення будь-якого заданого параметра (цілі). За такий параметр (цільову функцію) можуть задаватися: вартість одиниці маси готової продукції, один або декілька показників якості, окремі види сировини (використання якої або обмежено або бажане). Найчастіше за цільову функцію задають вартість готової продукції. Отримане рішення може бути відкориговане. Як правило, рішення корегують шляхом зміни обмежень на мінімальний або максимальний рівень введення окремих компонентів. Якщо ж при заданих обмеженнях оптимальне рішення відсутнє, отримують рішення, яке є найближчим до оптимального. Це рішення ретельно аналізують і за характером відхилень показників якості вносять зміни до вихідних даних: складу сировини, об'єму партії комбікорму, обмеження введення окремих компонентів і т.д. Будь-які зміни у вихідних даних повинні бути узгоджені зі споживачем. В основі розрахунку рецепта комбікорму лежить лінійне програмування, завдання якого полягає в пошуку екстремуму, обраного фахівцем (вартість комбікорму, вміст сирого протеїну, інші показники або їх група), при задоволенні системи обмежень у вигляді нерівностей.

Програмний комплекс з розрахунку і оптимізації рецептів комбікормів «Корм-Оптим-Експерт» призначений для розрахунку рецептів комбікормів і БМВД для всіх видів і статевовікових груп тварин, птиці та риби. Нормативна база програмного комплексу сформована на основі нормативних документів по годівлі сільськогосподарських тварин і птиці, затверджених Міністерством сільського господарства і продовольства України, а також на основі методичних документів, що видаються науково-дослідними інститутами, які спеціалізуються в області годівлі.

Програмний комплекс з розрахунку оптимальних рецептів комбікормів дозволяє: розраховувати оптимальні рецепти комбікормів мінімальної вартості, збалансованих за будь-якого числа показників якості; розраховувати оптимальні рецепти концентратів, у тому числі адресних, орієнтованих на сировину споживача; розраховувати потребу сировини на виробничу програму на будь-який період часу; вести облік витрат і залишків сировини, розраховувати потребу сировини на виробничу програму на будь-який період часу; автоматично

корегувати амінокислотний склад сировини при зміні рівня сирого протеїну; задавати як обмеження відношення показників поживності (енергії до протеїну, енергії до амінокислот, кальцію до фосфору та ін.); проводити оцінку ринкової вартості сировини; формувати друковані форми рецепта якісного посвідчення; автоматично враховувати вплив ферментних препаратів при їх введенні в рецепти комбікормів і концентратів.

Оптимальний рецепт комбікорму узгоджують: начальник виробничо-технічної лабораторії, головний бухгалтер і головний технолог або головний інженер. Затверджу рецепт комбікорму керівник підприємства. Затверджений рецепт передається у виробництво. Форма рецепта комбікорму повинна містити найменування організації, що виробляє комбікорм; прізвище і підпис виконавця, який розраховував рецепт; прізвища і підписи посадових осіб, які узгодили і затвердили рецепт; найменування рецепта, номер, найменування і процентне введення компонентів; показники якості комбікорму; вартісні показники; назва нормативного документа (ДСТУ, ТУ або іншого документа) [63].

При обґрунтуванні розрахункових навантажень на приймально-відпускні пристрої, складські приміщення, технологічні лінії враховуємо сформовану рецептуру комбікормової продукції, яка відповідає вимогам НТД. Аналіз рецептів розрахованих за допомогою програмного комплексу «Корм Оптима Експерт» наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Аналіз рецептів комбікормової продукції

Компоненти	Масова частка компонентів у рецепті, (%)					Максимальна маса компонентів однієї групи в рецепті, %	Максимальна маса сировини, % від добової продуктивності заводу за нормами технологічного проектування	Прийнята розрахункова маса сировини, % від добової продуктивності заводу
	№ПК-52-1	№ПК-53-2	№ПК-54-3	№ПК-57-4	№ПК-58-5			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ячмінь	–	13,50	36,20	10,47	11,70			
Ячмінь без плівок	30,00	–	–	–	–			

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кукурудза	1,15	15,80	—	12,12	14,00			
Пшениця	43,10	44,95	43,10	28,00	30,65			
Горох	—	—	—	15,00	15,85			
Всього зернової сировини	74,25	74,25	79,30	65,59	72,20	80,00	60,00	80,00
Висівки пшеничні	—	—	—	14,00	—			
Всього мучнистої сировини	—	—	—	14,00	—	14,00	16,00	14,00
Шрот соняшниковий	4,20	14,00	10,10	11,00	11,84			
Макуха соєва	14,00	—	—	—	—			
Соя екструдована	3,10	5,20	5,26	2,40	10,00			
Всього кускової сировини	21,30	19,20	15,36	13,40	21,84	22,00	11,00	22,00
<i>Порція зернової, мучнистої та кускової сировини</i>	<i>95,55</i>	<i>93,45</i>	<i>94,66</i>	<i>92,99</i>	<i>94,04</i>			<i>96,00</i>
Дріжджі кормові	1,00	3,00	—	3,00	1,25			
Мука м'ясо-кісткова	—	—	3,00	—	—			
Всього білкової сировини (КПХВ)	1,00	3,00	3,00	3,00	1,25	3,00	8,00	3,00
Вапнякове борошно	1,63	1,957	0,984	2,43	2,04			
Монокальцій фосфат	0,44	0,37	—	0,47	1,52			
Всього мінеральної сировини	2,07	2,33	0,984	2,90	3,29	3,50	2,50	3,50
<i>Порція білкової та мінеральної сировини</i>	<i>3,07</i>	<i>5,33</i>	<i>3,984</i>	<i>5,90</i>	<i>4,54</i>			<i>6,00</i>
Сіль кухонна	0,39	0,39	0,50	0,40	0,74			
Кроноцид Д	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10			
Мікосорб	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			
Фітаза Біомін	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
Гріндазім	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
Біо-Мос	0,05	—	—	—	—			
Монохлорид лізину, 98 %	0,34	0,082	0,089	0,04	0,01			
DL-Метіонін, 98,5 %	0,12	0,081	0,096	—	—			
L-Треонін, 98 %	0,04	—	—	—	—			
Сукрам 810	0,015	—	—	—	—			
КС-1 свиноматки	—	—	—	0,50	0,50			
КС-3 поросята-відлучники	0,25	—	—	—	—			
КС-4 відгодівля свиней першого періоду	—	0,50	—	—	—			
КС-5 відгодівля свиней другого періоду	—	—	0,50	—	—			
Всього мікро-компонентів	1,375	1,22	1,36	1,11	1,42	1,50	2,50	1,50
<i>Порція мікрокомпонентів</i>	<i>1,375</i>	<i>1,22</i>	<i>1,36</i>	<i>1,11</i>	<i>1,42</i>			<i>1,50</i>

2.6 Аналіз і обґрунтування схеми технологічного процесу виробництва комбікормової продукції з технічними пропозиціями

Проектом передбачено будівництво комбікормового заводу. При розробці схеми технологічного процесу на комбікормовому заводі передбачено виготовлення комбікормів за порційною технологією, яка включає підготовку наступних порцій: зернової, мучнистої та кускової сировини, білкової та мінеральної сировини, мікрокомпонентів. Підготовлені порції подають на лінію змішування з метою одержання розсипного комбікорму. Технологічною схемою передбачено можливість виготовлення гранульованих комбікормів і комбікормової крупки.

Технологічними лініями комбікормового заводу є:

- лінія екструдуювання сої;
- лінія підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини;
- лінія підготовки порції білкової та мінеральної сировини;
- лінія підготовки порції мікрокомпонентів;
- лінія змішування;
- лінія гранулювання;
- лінія напилання БАР.

Лінія екструдуювання сої

З наддозаторного бункера №1 за допомогою шнекового живильника зерно сої подається на магнітний сепаратор марки MMUW-10 №1 (10 т/год) для очищення від металоманітних домішок та у здрібнювач сої марки DFZL-1000 №1 (10 т/год). Здрібнене зерно сої надходить до оперативного бункера №13 та в кондиціонер марки DMBG-450/1 №1 (10 т/год), де проходить обробку за допомогою водяної пари, яка нагрівається до температури 75 °С. Коли продукт досягає заданої температури, він надходить в екструдер марки ANSH-178 (10 т/год). Екструдований гарячий продукт за допомогою конвеєру марки MNSG-160 №2 (15 т/год) надходить до охолоджувальної колонки марки VK 14×14 №1 (10 т/год), де охолоджується до температури, яка не перевищує +10 °С від температури навколишнього середовища. Далі за допомогою конвеєру марки MNSG-160 №3 (15 т/год) та норії марки MGEL-180×140 №3 (15 т/год) охолоджений продукт подається в наддозаторний бункер №2 на лінію підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини.

Лінія підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини

За допомогою норій марки MGEL–630×440 № 1, 2 (140 т/год), транспортеру марки MNKA–200 №1 (140 т/год) зернова, мучниста сировина, макуха, шрот подаються у наддозаторні бункери № 1–12. Компоненти, у відповідності з рецептом, за допомогою шнекових живильників поступають на дозування у ваговий дозатор марки DFWK-3000 №1. Здозована порція за допомогою транспортерів марки MNKA–200 №4, №9 (140 т/год), норії марки MGEL–630×440 №6 (140 т/год) подається по черзі на підготовку, яку розміщено двома паралельними потоками: у оперативні бункери №22, 52 зі струшуючими пристроями. Далі порція нахоить у просіювальні машини марки DFTA–23 №1, 2 (35 т/год), для контролю крупності. Дрібна фракція проходить очистку від металоманітних домішок у магнітних сепараторах марки MMUW-10 № 2, 4 (10 т/год) і подається в оперативні бункери № 38, 56 над змішувачами з послідуочим надходженням безпосередньо у лопатеві змішувачі марки DFML-6300 №1, 2. Крупна фракція проходить очистку від металоманітних домішок у магнітних сепараторах марки MMUW-12 № 3, 5 (20 т/год) і подається на вертикальні роторні дробарки марки DFZK-1 № 1, 2 (у комплексі точкового вузла подрібнення). Далі подрібнена порція з піддробарних бункерів № 25, 55 за допомогою конвейерів марки MNSG-200 № 10, 11 (60 т/год) надходить в оперативні бункери № 38, 56 над змішувачами і безпосередньо у лопатеві змішувачі марки DFML-6300 № 1, 2

Лінія підготовки порції білкової та мінеральної сировини

За допомогою норій марки MGEL–500×360 № 4, 5 (50 т/год), транспортеру марки MNKA–50 № 5 (50 т/год) сировина подається у наддозаторні бункери № 15–20. Компоненти, у відповідності з рецептом, за допомогою шнекових живильників поступають на дозування у ваговий дозатор марки DFWC-200 №2. Здозована порція за допомогою транспортерів марки MNKA–50 №6, 7, 8 (50 т/год) двома паралельними потоками надходить в оперативні бункери № 38, 56 над змішувачами і безпосередньо у лопатеві змішувачі марки DFML-6300 №1, 2.

Лінія підготовки порції мікрокомпонентів

Мікрокомпоненти за допомогою пневмотранспорту та ротаційних розподілювачів двома паралельними потоками надходять у наддозаторні бункери № 26–36 та № 40–50 двох вузлів мікродозування марки DFDA-40 №1, DFDA-10 №2 та у змішувач для додаткового перемішування марки DFML-100 №3. Далі

однорідна порція мікрокомпонентів надходить в оперативні бункери № 37, 51 та в оперативні бункери № 38, 56 над змішувачами і безпосередньо у лопатеві змішувачі марки DFML-6300 №1, 2.

Лінія змішування

Усі підготовлені і здозовані порції компонентів комбікорму надходять в оперативні бункери № 38, 56 над змішувачами і безпосередньо у лопатеві змішувачі марки DFML-6300 №1, 2. Однорідна порція із оперативних бункерів під змішувачами № 39, 57 за допомогою транспортерів марки RFKG-200 №12, 13 (60 т/год) та норії марки MGEL–630×440 №7 (140 т/год) розсипний комбікорм подається на лінію гранулювання.

Лінія гранулювання

Розсипний комбікорм за допомогою транспортеру марки MNKA–200 № 14 (140 т/год) двома паралельними потоками подається на очистку від металомангнітних домішок у магнітні сепаратори марки MMUW-15 № 6, 7 (30 т/год) та надходить в оперативні бункери №58, 60. Далі з метою надання розсипному комбікорму пластичних властивостей, покращення санітарного стану та підвищення кормової цінності розсипний комбікорм надходить у кондиціонери марки DCHA-700 №2, 3 (40 т/год), де проходить обробку перегрітою сухою парою протягом 20–30 с при постійному перемішуванні до t 60–90 °С і вологості 16–18 %. Підготовлений розсипний комбікорм надходить до пресів–грануляторів марки НУРАС-9.300 №1, 2 (40 т/год). Пресування проходить при наступних режимах: $P_{\text{пари}} = 0,2\text{--}0,5$ МПа, витрати пари 50–80 кг/т, $t = 85\text{--}95$ °С, час обробки 5–8 с.

Гарячі гранули подаються до охолоджувальних колонок марки DFKA-24 №2, 3, (40 т/год) де відбувається охолодження гранул до температури, яка не перевищує температуру навколишнього середовища більше, ніж на 10 °С. Після охолодження, у разі потреби одержання крупки, гранули подаються на подрібнення у валкові подрібнювачі марки DFZL–1500 № 2, 3 (45 т/год). Якщо потрібно одержати гранули, то валки розводять і гранули прохочуть транзитом далі. Далі гранули або крупка за допомогою транспортерів марки MNKA–50 №15, 16 (50 т/год) і норій марки MGEL–500×360 №9, 11 (50 т/год) подаються у просіювачі марки DFTA–23 №3, 4 (35 т/год) для контролю крупності. Схід з верхнього сита ПР №30...40 (крупна фракція) та прохід з нижнього сита ПР №10 (дрібна фракція) надходять за допомогою транспортеру марки MNKA–50 №17 (50 т/год) і норії марки MGEL–500×360 №8 (50 т/год) для повторного

гранулювання. Готова продукція (прохід верхнього сита ПР №30...40 та схід з нижнього сита ПР №10) за допомогою норій марки MGEL–500×360 №10, 12 (50 т/год) надходить до складу готової продукції (силосного типу).

Лінія наплення БАР

Готова продукція подається в оперативний бункер №59, а потім до установки вакуумного наплення біологічно активних речовин марки MFS–500 (35 т/год). Далі готова продукція за допомогою норії марки MGEL–500×360 №10 (50 т/год) надходить до складу готової продукції (силосного типу).

2.7 Розрахунок обладнання приймально - відпускних пристроїв

На підприємстві прийом сировини та відпуск готової продукції здійснюється за допомогою автотранспорту.

Для розвантаження різних видів сировини, розраховуємо продуктивність обладнання приймального пристрою із автомобільного транспорту, т/добу [69]:

$$G_{\text{пр}} = \frac{Q_z \times a \times A_n \times K_d}{100 \times 100} \quad (2.7.1)$$

де, Q_z – продуктивність заводу, т/добу;

a – опосереднені витрати сировини (табл. 2.3), %;

A_n – масова частка сировини, яка надходить автомобільним транспортом, від добової продуктивності підприємства, %;

K_d – коефіцієнт добової нерівномірності надходження сировини автомобільним транспортом ($K_d = 1,45$).

$$G_{\text{зерн. а/т}} = \frac{1200 \times 80 \times 100 \times 1,45}{100 \times 100} = 1392 \text{ (т/добу)}$$

$$G_{\text{макуха, шрот а/т}} = \frac{1200 \times 22 \times 100 \times 1,45}{100 \times 100} = 382,8 \text{ (т/добу)}$$

$$G_{\text{мучн.сир. а/т}} = \frac{1200 \times 14 \times 100 \times 1,45}{100 \times 100} = 243,6 \text{ (т/добу)}$$

$$G_{\text{КПХВ а/т}} = \frac{1200 \times 3,0 \times 100 \times 1,45}{100 \times 100} = 52,2 \text{ (т/добу)}$$

$$G_{\text{мін.сир а/т}} = \frac{1200 \times 3,5 \times 100 \times 1,45}{100 \times 100} = 60,9 \text{ (т/добу)}$$

$$G_{\text{мік.ком а/т}} = \frac{1200 \times 1,5 \times 100 \times 1,45}{100 \times 100} = 26,1 \text{ (т/добу)}$$

На підприємстві встановлюємо автомобілерозвантажувач марки У–АРГ–16, продуктивністю 300 т/год. За допомогою даного автомобілерозвантажувача сипка сировина (зернова сировина, шрот, макуха, висівки пшеничні) надходить до завальної ями, а потім за допомогою транспортерів та норій надходить на зберігання у склад силосного типу.

Розрахунок транспортного обладнання відпуску готової продукції на автотранспорт

Відпуск на автотранспорт здійснюється в обсязі 100 %. Продуктивність відпускнуго пристрою забезпечує добовий відпуск протягом 2 змін ($\tau_{\text{зміни}} = 24$ год).

Розраховуємо продуктивність лінії відвантажування, т/год:

$$q = \frac{1200}{24} = 50 \text{ (т/год)}$$

На підприємстві встановлено два транспортери фірми Buhler марки MNKA-200 ($q_n = 100$ т/год):

$$q_e = \frac{100 \times 0,63 \times 0,85}{0,75} = 71,4 \text{ (т/год)}$$

На заводі передбачаємо 3 точки відпуску готової продукції. Їх експлуатаційна продуктивність становит:

$$q_e = 3 \times 71,4 = 214,2 \text{ (т/год)}$$

Розрахуємо час безперервного відпуску готової продукції:

$$\tau = \frac{1200}{214,2} = 5,6 \text{ (год)}$$

Висновок: приймально-відпускні пристрої підприємства будуть задовольняти задану продуктивність.

2.8 Розрахунок ємності складів для зберігання сировини та готової продукції

При виробництві комбікормів, по взаємозамінних схемах, необхідну складську ємність для різних видів сировини і готової продукції розраховують виходячи з опосереднених витрат сировини на виробництво комбікормів по діючих рецептах, згідно з табл. 2.3. Запаси сировини для комбікормових підприємств, продуктивність яких більше 500 т/добу ($Q \geq 500$ т/добу) [69]:

$$Z_2 = \frac{Z_1}{K_{\text{зн}}}, \quad (2.8.1)$$

де Z_2 – запаси сировини для комбікормових підприємств, продуктивність яких ($Q \geq 500$ т/добу), діб;

Z_1 – запаси сировини для комбікормових підприємств. Продуктивність яких менше 500 т/добу ($Q \leq 500$ т/добу), діб;

$K_{\text{зн}}$ – коефіцієнт зниження запасів сировини, який розраховують за формулою, %:

$$K_{\text{зн}} = \sqrt{\frac{Q_z}{500}}, \quad (2.8.2)$$

де Q_z – продуктивність підприємства, т/добу.

$$K_{\text{зн}} = \sqrt{\frac{1200}{500}} = 1,55$$

Розрахуємо запаси сировини Z_2 (діб):

зернова сировина	17,5;
шрот, макуха	20,0;
мучниста сировина	10,3;
КПХВ	13,6;
мінеральна сировина	27,7;
премікс, БАР	18,1.

Розрахункову масу сировини різних видів, що зберігається в силосах визначимо за формулою, т:

$$K_{\text{ср}} = \frac{Q \times \alpha \times Z}{100}, \quad (2.8.3)$$

де Q – проектна продуктивність підприємства, т/добу;

α – опосереднені витрати сировини, %;

Z – запас сировини, діб.

Розрахункова маса сировини для зберігання в складі силосного типу:

$$\text{Зернова сировина} \quad K_{\text{ср}} = \frac{1200 \times 80 \times 17,5}{100} = 16800 \text{ (т)}$$

$$\text{Мучниста сировина} \quad K_{\text{ср}} = \frac{1200 \times 14 \times 10,3}{100} = 1730,4 \text{ (т)}$$

$$\text{Макуха, шрот} \quad K_{\text{ср}} = \frac{1200 \times 22 \times 20}{100} = 5280 \text{ (т)}$$

Розрахункова маса сировини для зберігання в складі підлогового типу:

$$\text{КПХВ} \quad K_{\text{ср}} = \frac{1200 \times 3,0 \times 13,6}{100} = 489,6 \text{ (т)}$$

$$\text{Мінеральна сировина} \quad K_{\text{ср}} = \frac{1200 \times 3,5 \times 27,7}{100} = 1163,4 \text{ (т)}$$

$$\text{Премікс, БАР} \quad K_{\text{ср}} = \frac{1200 \times 1,5 \times 18,1}{100} = 325,8 \text{ (т)}$$

Розрахункова маса готової продукції (склад силосного типу), враховуючи її запаси на 2-5 діб:

$$\text{Готова продукція} \quad K_{\text{ср}} = \frac{1200 \times 100 \times 3}{100} = 3600 \text{ (т)}$$

Приймаємо, що готова продукція буде виготовлятися у кількості 100 %–гранульованого комбікорму.

Об'єм силосів для зберігання сировини і готової продукції розрахуємо за формулою, м³:

$$U_p = \frac{K_{\text{ср}}}{\gamma \times \eta} \quad (2.8.4)$$

де $K_{\text{ср}}$ – маса сировини, т;

γ – об'ємна маса сировини, т/ м³;

η – коефіцієнт використання об'єму (0,85 для зернової і гранульованої сировини; 0,80 – для інших видів сировини).

Необхідна кількість силосів:

$$n_p = \frac{U}{U_1} \quad (2.8.5)$$

де U_1 – об'єм одного силоса, m^3 .

Об'єм одного силоса, m^3 :

$$U_1 = c \times b \times h, \quad (2.8.6)$$

де c, b – прийняті розміри силоса в плані, м;

h – висота силоса, м.

Об'єм одного силоса для сировини та готової продукції розраховуємо за формулою 2.7.6:

$$U_1 = 3 \times 3 \times 24 = 216 (m^3)$$

Необхідні об'єми силосів для зберігання сировини і готової продукції розраховуємо за формулою 2.7.4:

зернова сировина	$U_p = \frac{16800}{0,65 \times 0,85} = 30407,2 (m^3)$
мучниста сировина	$U_p = \frac{1730,4}{0,30 \times 0,80} = 7210,0 (m^3)$
макуха, шроти	$U_p = \frac{5280}{0,50 \times 0,80} = 13200,0 (m^3)$
готова продукція (гранульований комбікорм)	$U_p = \frac{3600}{0,63 \times 0,85} = 6722,7 (m^3)$

Тоді, кількість силосів буде наступною:

зернова сировина	$n_p = \frac{30407,2}{216} = 141 (\text{шт})$
мучниста сировина	$n_p = \frac{7210}{216} = 33 (\text{шт})$
макуха, шроти	$n_p = \frac{13200}{216} = 61 (\text{шт})$
готова продукція (гранульований комбікорм)	$n_p = \frac{6722,7}{216} = 31 (\text{шт})$

Загальна розрахункова кількість силосів для зберігання сировини – 235 силосів. Приймаємо загальну фактичну кількість силосів, два корпуси по 90 силоси (6×15) Приймаємо для зернової сировини – 90 силосів, для мучнистої сировини – 30 силосів, для макухи і шротів – 60 силосів. Для готової продукції приймаємо загальну розрахункову кількість силосів – 36 шт (6×6) для гранульованого комбікорму.

Площа складу для підлогового зберігання сировини в тарі (мінеральна сировина, м'ясокісткова мука, рибна мука, премікс і ін.), м²:

$$F_p = \frac{K_{cp}}{K_m}, \quad (2.8.7)$$

де K_{cp} – маса затареної сировини, яку необхідно зберігати в складі, т,

K_m – маса сировини, яка розміщується на 1 м² корисної площі складу, т/м² (приймають 0,8, так як сировини зберігається в мішках).

Розраховуємо площу складу для підлогового зберігання сировини в тарі:

$$\text{КПХВ} \quad F_{p \text{ КПХВ}} = \frac{489,6}{0,8} = 612 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$\text{Мінеральна сировина} \quad F_{p \text{ мін.сир.}} = \frac{1163,4}{0,8} = 1454,3 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$\text{Премікс, БАР} \quad F_{p \text{ прем.}} = \frac{325,8}{0,8} = 407,3 \text{ (м}^2\text{)}$$

Розраховуємо загальну площу складу підлогового зберігання сировини в тарі:

$$\Sigma F_{\text{заг.р.к.}} = F_{\text{КПХВ}} + F_{\text{мін.сир.}} + F_{\text{премікс}} \quad (2.8.8)$$

$$\Sigma F_{\text{заг.р.к.}} = 612 + 1454,3 + 407,3 = 2473,6 \text{ (м}^2\text{)}$$

Загальна розрахункова площа будівлі складу підлогового типу для зберігання сировини в тарі враховує додаткову площу, яка необхідна для розташування побутових приміщень. Значення допоміжних площ приймають рівним 15-20 % від загальної розрахункової корисної площі складу:

$$\Sigma F_{\text{заг.р.}} = \Sigma F_{\text{заг.р.кор.}} + 0,20 \times \Sigma F_{\text{заг.р.кор.}} \quad (2.8.9)$$

$$\Sigma F_{\text{заг.р.}} = 2473,6 + 0,20 \times 2473,6 = 2968,3 \text{ (м}^2\text{)}$$

На підприємстві передбачаємо 1 склад підлогового зберігання (4 поверхи) шириною 18 м і довжиною – 36 м.

Загальна нормативна площа складу:

$$F_{\phi} = L \times B, \text{ м} \quad (2.8.10)$$

де L – довжина (36 м),

B – ширина (15 м),

H – висота (5,5 м),

$$F_{\phi} = 36 \times 18 = 648 \text{ (м}^2\text{)}$$

Кількість складів – 1, кількість поверхів – 4

$$4 \times 648 = 2592 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$F_{\phi \text{ КПХВ}} = 600 \text{ м}^2$$

$$F_{\phi \text{ мін.сир}} = 1073,6 \text{ м}^2$$

$$F_{\phi \text{ прем}} = 400 \text{ м}^2$$

Загальна фактична корисна площа складу підлогового типу (без врахування площі складу без допоміжних, побутових приміщень):

$$\Sigma F_{\text{заг.ф.кор.}} = \Sigma F_{\text{заг.ф.}} - 0,20 \times \Sigma F_{\text{заг.ф.}} \quad (2.8.11)$$

$$\Sigma F_{\text{заг.ф.кор.}} = 2592 - 0,20 \times 2592 = 2073,6 \text{ (м}^2\text{)}$$

Фактичну місткість для кожного виду сировини і готової продукції, яка зберігається в силосах визначаємо наступним чином, т:

$$K_{\text{сф}} = n_{\phi} \times V_1 \times \gamma \times \eta, \quad (2.8.12)$$

де γ – об'ємна маса сировини, т/м³.

Підставляючи числові значення, одержуємо:

зернова сировина	$K_{\text{сф}} = 90 \times 216 \times 0,65 \times 0,85 = 10740,6 \text{ (т)}$
------------------	---

мучниста сировина	$K_{\text{сф}} = 30 \times 216 \times 0,30 \times 0,80 = 1555,2 \text{ (т)}$
-------------------	--

макуха, шрот	$K_{\text{сф}} = 60 \times 216 \times 0,50 \times 0,80 = 5184 \text{ (т)}$
--------------	--

готова продукція (гранульований комбікорм)	$K_{\text{сф}} = 36 \times 216 \times 0,63 \times 0,85 = 4164,1 \text{ (т)}$
---	--

Фактична ємкість для сировини, яка розміщується в складі сировини підлогового зберігання в тарі, т:

$$K_{\text{сф}} = F_{\phi} \times K_{\text{м}}, \quad (2.8.13)$$

де F_{ϕ} – фактична площа для сировини, яка зберігається в тарі.

Підставляючи числові значення, одержуємо:

КПХВ	$K_{\text{сф}} = 600 \times 0,80 = 480 \text{ (т)}$
------	---

мінеральна сировина	$K_{\text{сф}} = 1073,6 \times 0,80 = 858,9 \text{ (т)}$
---------------------	--

премікс, БАР

$$K_{\text{сф}} = 400 \times 0,80 = 320 \text{ (т)}$$

Фактичний час витрат запасів сировини та готової продукції, діб:

$$Z_{\text{ф}} = \frac{100 \times K_{\text{сф}}}{Q \times a} \quad (2.8.14)$$

де Q – продуктивність заводу, т/добу.

a – усереднені витрати сировини.

Розраховуємо за формулою 2.8.14 фактичний час запасів сировини різних видів і готової продукції, діб:

зернова сировина	$Z_{\text{ф}} = \frac{100 \times 10740,6}{1200 \times 80} = 11,2 \text{ (діб)}$
------------------	---

мучниста сировина	$Z_{\text{ф}} = \frac{100 \times 1555,2}{1200 \times 14} = 9,3 \text{ (діб)}$
-------------------	---

макуха, шрот	$Z_{\text{ф}} = \frac{100 \times 5184}{1200 \times 22} = 19,6 \text{ (діб)}$
--------------	--

КПХВ	$Z_{\text{ф}} = \frac{100 \times 480}{1200 \times 3} = 13,3 \text{ (діб)}$
------	--

мінеральна сировина	$Z_{\text{ф}} = \frac{100 \times 858,9}{1200 \times 3,5} = 20,5 \text{ (діб)}$
---------------------	--

премікс, БАР	$Z_{\text{ф}} = \frac{100 \times 320}{1200 \times 1,5} = 17,8 \text{ (діб)}$
--------------	--

готова продукція (гранульований комбікорм)	$Z_{\text{ф}} = \frac{4164,1}{1200} = 3,5 \text{ (добы)}$
---	---

Дані розрахунків по визначенню необхідної місткості силосів і складів підлогового зберігання вносимо в табл. 2.4., 2.5.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця розрахунку місткості складів для зберігання сировини

Сировина	Опосереднені витрати сировини, %	Норма часу для визначення запасу сировини, діб	Об'єм-на маса, т/м³	Коефіцієнт використання об'єму (площі)	Розрахункова місткість, т	Фактична місткість, т	Фактичний запас сировини, діб
Склад силосного типу							
Зернова сировина	80	17,5	0,65	0,85	16800	10740,6	11,2
Мучниста сировина	14	10,3	0,30	0,80	1730,4	1555,2	9,3
Макуха, шрот	22	20,0	0,50	0,80	5230	5184	19,6
Склад підлогового зберігання							
КПХВ	3	13,6	0,50	0,80	489,6	480	13,3
Мінеральна	3,5	27,7	1,20	0,80	1163,4	858,9	20,5
Премікс, БАР	1,5	18,1	0,30	0,80	325,8	320	17,8

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця розрахунку місткості складів для зберігання готової продукції

Сировина	Опосереднені витрати сировини, %	Норма часу для визначення запасу сировини, діб	Об'єм-на маса, т/м³	Коефіцієнт використання об'єму (площі)	Розрахункова місткість, т	Фактична місткість, т	Фактичний запас сировини, діб
Склад силосного типу							
Гранульований комбікорм	100	3	0,63	0,85	3600	4164,1	3,5

Висновок: фактична місткість складів силосного типу щодо зберігання сировини і готової продукції забезпечує задану продуктивність заводу відповідно запроєктованих норм часу. Фактична місткість складу підлогового типу щодо зберігання сировини і готової продукції також забезпечує задану продуктивність заводу відповідно необхідних норм часу. Проте, необхідно проводити постійно моніторинг наявності сировини на підприємстві та слідкувати за планом її поставок і відповідно відвантаження готової сировни.

2.9 Розрахунок технологічного обладнання

Розрахунок технологічного обладнання ведуть по технологічних лініях у відповідності із принциповою поверховою схемою [69]. Для розрахунку продуктивності технологічних ліній приймають максимальні опосереднені витрати сировини, що наведено у табл. 2.3.

Продуктивність кожної технологічної лінії розраховуємо за формулою:

$$q_{\text{л}} = \frac{Q \times b}{100 \times t} \quad (2.9.1)$$

де Q – продуктивність заводу, т/добу,

b – розрахункова маса перероблюваної сировини, %,

t – час роботи лінії, год.

Необхідну кількість обладнання по окремих технологічних операціях розраховують за формулою:

$$n = \frac{q_{\text{л}}}{q_{\text{п}} \times K_{\text{в}}} \quad (2.9.2)$$

де $q_{\text{л}}$ – кількість продукту що надходить в машину рівна продуктивності лінії, т/год,

$q_{\text{п}}$ – паспортна продуктивність машини, т/год,

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання технологічного обладнання (для подрібнення – 0,7; гранулювання – 0,8; дозування і змішування – 0,9; іншого – 1).

Коефіцієнт завантаження технологічного обладнання, %:

$$K_{\text{з}} = \frac{q_{\text{м}}}{n \times q_{\text{п}} \times K_{\text{в}}} \times 100 \quad (2.9.3)$$

Змішувач періодичної дії підбирають за розрахунковою масою порції, кг:

$$E_{\text{р}} = \frac{1000 \times q_{\text{л}}}{n \times K_{\text{в}}} \quad (2.9.4)$$

Де $q_{\text{л}}$ – продуктивність лінії, т/год,

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання технологічного обладнання,

n – кількість циклів змішування:

$$n = \frac{60}{\tau} \quad (2.9.5)$$

де τ – тривалість циклу.

Коефіцієнт завантаження змішувача, %:

$$K_{\text{з}} = \frac{E_{\text{р}}}{E_{\text{зм}}} \times 100, \% \quad (2.9.6)$$

де $E_{\text{зм}}$ – місткість змішувача, кг.

Коефіцієнт завантаження багатокомпонентних вагових дозаторів, %

$$K_3 = \frac{E_p}{E_v} \times 100, \% \quad (2.9.7)$$

де E_v – сумарна продуктивність вагів, кг.

Лінія екструдуювання сої

Розрахуємо продуктивність лінії за формулою 2.9.1. (приймаємо $b_{\max}=15\%$), (табл. 2.3), керуючись рекомендаціями введення повножирової екструдованої сої в комбікорми: для поросят (до 25 кг) 3–5 %, максимум до 7 %; свині на відгодівлі (25–100 кг) 5–10 %, максимум до 15 %; свиноматки 5–10 % у залежності від фази (супоросність, лактація):

$$q_{\text{л}} = \frac{1200 \times 10}{100 \times 24} = 5 \text{ (т/год)}$$

Для очистки від металоманітних домішок встановлюємо магнітний сепаратор фірми Buhler (Швейцарія) марки MMUW-10 із паспортною продуктивністю 10 т/год.

Необхідну кількість технологічного обладнання розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n_p = \frac{5}{10 \times 1,0} = 0,5; n_{\phi} = 1 \text{ (шт)}$$

Коефіцієнт завантаження магнітного сепаратора розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{5}{1 \times 10 \times 1,0} \times 100 = 50 \text{ (\%)}$$

Для здрібнення зерна сої встановлюємо здрібнювач фірми Buhler (Швейцарія) марки DFZL-1000 із паспортною продуктивністю 10 т/год.

Необхідну кількість технологічного обладнання розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n_p = \frac{5}{10 \times 0,7} = 0,71; n_{\phi} = 1 \text{ (шт)}$$

Коефіцієнт завантаження здрібнювача розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{5}{1 \times 10 \times 0,7} \times 100 = 71 \text{ (\%)}$$

Встановлюємо кондиціонер фірми Buhler (Швейцарія) марки DMBG-450/1 із паспортною продуктивністю 10 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n_p = \frac{5}{10 \times 0,8} = 0,63; n_{\phi} = 1 \text{ (шт)}$$

Коефіцієнт завантаження кондиціонеру розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{5}{1 \times 10 \times 0,8} \times 100 = 63 \text{ (\%)}$$

Встановлюємо екструдер фірми Buhler (Швейцарія) марки ANSH-178 із паспортною продуктивністю 10 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n_p = \frac{5}{10 \times 0,8} = 0,63; n_{\phi} = 1 \text{ (шт)}$$

Коефіцієнт завантаження екструдера розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{5}{1 \times 10 \times 0,8} \times 100 = 63 \text{ (\%)}$$

На лінії встановлюємо охолоджувальну колонку фірми Buhler (Швейцарія) марки VK 14x14 із паспортною продуктивністю 7 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n_p = \frac{5}{7 \times 1} = 0,71; n_{\phi} = 1 \text{ (шт)}$$

Коефіцієнт завантаження охолоджувальної колонки розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{5}{1 \times 7 \times 1} \times 100 = 71 \text{ (\%)}$$

Встановлене на лінії технологічне обладнання забезпечує задану продуктивність.

Лінія змішування

Розрахуємо продуктивність лінії за формулою 2.9.1:

$$q_l = \frac{1200 \times 100}{100 \times 24} = 50 \text{ (т/год)}$$

Передбачаємо дві паралельні лінії змішування, тоді продуктивність лінії приймаємо 25 т/год.

Розрахункову масу порції розраховуємо за формулою 2.9.4.:

$$E_p = \frac{1000 \times 25}{12 \times 0,9} = 2314,8 \text{ (кг)}$$

Кількість циклів розраховуємо за формулою 2.9.5.:

$$n = \frac{60}{5} = 12 \text{ (циклів)}$$

Встановлюємо змішувач фірми Buhler (Швейцарія) марки DFML-6300 (місткість 3000 кг).

Коефіцієнт завантаження змішувача розраховуємо за формулою 2.9.6.:

$$K_v = \frac{2314,8}{3000 \times 0,9} \times 100 = 86 (\%)$$

Встановлене на лінії технологічне обладнання забезпечує задану продуктивність.

Лінія підготовки порції зернової, мучнистої і кускової сировини

Максимальна розрахункова кількість порції в рецепті складає 96 % (табл. 2.3).

Розраховуємо продуктивність лінії за формулою 2.9.1.:

$$q_{\text{л}} = \frac{1200 \times 96}{100 \times 24} = 48 (т/год)$$

На підприємстві порція розподіляється на два паралельні потоки, тобто

$$q_{\text{л}} = 48 : 2 = 24 (т/год)$$

Розрахункову масу порції розраховуємо за формулою 2.9.4.:

$$E_p = \frac{1000 \times 24}{12 \times 0,9} = 2222,2 (кг)$$

Кількість циклів розраховуємо за формулою 2.9.5.:

$$n = \frac{60}{5} = 12 (циклів)$$

Для дозування порції встановлюємо порційні ваги (дозатор) на 70 тензодатчиках фірми Buhler (Швейцарія) марки DFWK-3000 (місткістю – 3000 кг), межі зважування від 50 до 3000 кг.

Коефіцієнт завантаження дозатора розраховуємо за формулою 2.9.7.:

$$K_z = \frac{2222,2}{3000 \times 0,9} \times 100 = 82 (\%)$$

Для фракціонування порції зернової, мучнистої і кускової сировини встановлюємо просіювальну машину фірми Buhler (Швейцарія) марки DFTA-23 із паспортною продуктивністю 35 т/год. Дрібна фракція (25 %) направляється у бункер над змішувачем, а крупна фракція (75 %) подається у молоткову дробарку для подрібнення.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n = \frac{24}{35 \times 1} = 0,7; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження просіювальної машини розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{24}{1 \times 35 \times 1} \times 100 = 70 (\%)$$

Для очистки дрібної і крупної фракцій порції зернової, мучнистої і кускової сировини від металоманітних домішок встановлюємо магнітні сепаратори фірми Buhler (Швейцарія) марки MMUW-10, MMUW-12 із паспортною продуктивністю 10, 20 т/год відповідно.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n = \frac{24 \times 0,25}{10 \times 1} = 0,6; n = 1 (шт)$$

$$n = \frac{24 \times 0,75}{20 \times 1} = 0,9; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження магнітного сепаратора розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{24 \times 0,25}{1 \times 10 \times 1} \times 100 = 60 (\%)$$

$$K_3 = \frac{24 \times 0,75}{1 \times 20 \times 1} \times 100 = 90 (\%)$$

Для подрібнення крупної фракції порції зернової, мучнистої і кускової сировини встановлюємо молоткову дробарку фірми Buhler (Швейцарія) марки DFZK-1 із паспортною продуктивністю 30 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n = \frac{24 \times 0,75}{30 \times 0,7} = 0,86; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження молоткової дробарки розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{24 \times 0,75}{1 \times 30 \times 0,7} \times 100 = 86 (\%)$$

Встановлене на лінії технологічне обладнання забезпечує задану продуктивність.

Лінія підготовки порції білкової та мінеральної сировини

Максимальна розрахункова кількість порції в рецепті складає 6 % (табл. 2.3).

Розрахуємо продуктивність лінії за формулою 2.9.1.:

$$q_{\text{л}} = \frac{1200 \times 6,0}{100 \times 24} = 3 \text{ (m/год)}$$

На підприємстві дозуватимуть дві послідовні порції в два паралельно розміщені змішувачі, тоді $q_{\text{л}} = 3:2 = 1,5 \text{ (m/год)}$

Розрахункову масу порції розраховуємо за формулою 2.9.4.:

$$E_p = \frac{1000 \times 1,5}{12 \times 0,9} = 139 \text{ (кг)}$$

Кількість циклів розраховуємо за формулою 2.9.5.:

$$n = \frac{60}{5} = 12 \text{ (циклів)}$$

Встановлюємо дозатор фірми Buhler (Швейцарія) марки DFWC-200 (місткістю 200 кг), межі зважування від 10 до 200 кг.

Коефіцієнт завантаження дозатора розраховуємо за формулою 2.9.7.:

$$K_v = \frac{139}{200 \times 0,9} \times 100 = 77 \text{ (\%)}$$

Встановлене на лінії технологічне обладнання забезпечує задану продуктивність.

Лінія підготовки порції мікрокомпонентів

Максимальна розрахункова кількість порції в рецепті складає 1,5 % (табл. 2.3).

Розрахуємо продуктивність лінії за формулою 2.9.1.:

$$q_{\text{л}} = \frac{1200 \times 1,5}{100 \times 24} = 0,75 \text{ (m/год)}$$

Передбачаємо, що встановлені вузли мікродозування будуть обслуговувати два паралельно встановлені змішувачі, тоді $q_{\text{л}} = 0,75:2 = 0,38 \text{ (m/год)}$

Розрахункову масу порції розраховуємо за формулою 2.9.4.:

$$E_p = \frac{1000 \times 0,38}{12 \times 0,9} = 35,2 \text{ (кг)}$$

Кількість циклів розраховуємо за формулою 2.9.5.:

$$n = \frac{60}{5} = 12 \text{ (циклів)}$$

Встановлюємо два модулі мікродозування фірми Buhler (Швейцарія) марки DFDA-40, DFDA-10 (максимальна місткість 40, 10 кг відповідно).

Коефіцієнт завантаження модулів мікродозування розраховуємо за формулою 2.9.7.:

$$K_3 = \frac{35,2}{50 \times 0,9} \times 100 = 78 (\%)$$

Встановлюємо змішувач фірми Buhler (Швейцарія) марки DFML-100 (місткість 50 кг).

Коефіцієнт завантаження змішувача розраховуємо за формулою 2.9.6.:

$$K_3 = \frac{35,2}{50 \times 0,9} \times 100 = 78 (\%)$$

Встановлене на лінії технологічне обладнання забезпечує задану продуктивність.

Лінія гранулювання

Розрахуємо продуктивність лінії за формулою 2.9.1.:

$$q_{\text{л}} = \frac{1200 \times 100}{100 \times 24} = 50 (t/\text{год})$$

На підприємстві лінія гранулювання розподіляється на два паралельні потоки, тоді продуктивність становиме – 25 т/год. Так як у процесі контролю крупності після просіювальної машини крупна та дрібна фракції (10...15 %) об'єднуються і подаються на повторне гранулювання, то

$$q_{\text{л}} = 25 + 0,15 \times 25 = 28,75 (t/\text{год})$$

Для очистки розсипного комбікорму від металоманітних домішок встановлюємо магнітний сепаратор фірми Buhler (Швейцарія) марки MMUW-15 із паспортною продуктивністю 30 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n = \frac{28,75}{30 \times 1} = 0,96; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження магнітних сепараторів розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{28,75}{1 \times 20 \times 1} \times 100 = 96 (\%)$$

Для зволоження розсипного комбікорму встановлюємо кондиціонер фірми Buhler (Швейцарія) марки DCHA-700 із паспортною продуктивністю 40 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n = \frac{28,75}{40 \times 0,8} = 0,9; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження кондиціонера розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{28}{1 \times 40 \times 0,8} \times 100 = 90 (\%)$$

Для гранулювання розсипного комбікорму встановлюємо прес-гранулятор фірми Buhler (Швейцарія) марки НУРАС–9.300 із паспортною продуктивністю 40 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n = \frac{28,75}{40 \times 0,8} = 0,9; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження преса-гранулятора розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{28}{1 \times 40 \times 0,8} \times 100 = 90 (\%)$$

Встановлюємо охолоджувальну колонку фірми Buhler (Швейцарія) марки DFKA-24 із паспортною продуктивністю 40 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n = \frac{28,75}{40 \times 1} = 0,72; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження охолоджувальної колонки розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{28,75}{1 \times 40 \times 1} \times 100 = 72 (\%)$$

Встановлюємо валковий подрібнювач фірми Buhler (Швейцарія) марки DFZL–1500 із паспортною продуктивністю 45 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n = \frac{28,75}{45 \times 0,7} = 0,91; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження валкового подрібнювача розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{28,75}{1 \times 45 \times 0,7} \times 100 = 91 (\%)$$

Встановлюємо просіювальну машину фірми Buhler (Швейцарія) марки DFTA-23 із паспортною продуктивністю 35 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2.:

$$n = \frac{28,75}{35 \times 1} = 0,82; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження просіювальної машини розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{28,75}{1 \times 35 \times 1} \times 100 = 82 (\%)$$

Встановлене на лінії технологічне обладнання забезпечує задану продуктивність.

Лінія наплення БАР

Розрахуємо продуктивність лінії за формулою 2.9.1.:

$$q_L = \frac{1200 \times 50}{100 \times 24} = 25 (m/год)$$

Для наплення БАР встановлюємо на одній лінії установку для нанесення рідких компонентів фірми ANDRITZ марки MFS-500 із паспортною продуктивністю 35 т/год.

Необхідну кількість машин розраховуємо за формулою 2.9.2:

$$n = \frac{25}{35 \times 1} = 0,71; n = 1 (шт)$$

Коефіцієнт завантаження установки для нанесення рідких компонентів розраховуємо за формулою 2.9.3.:

$$K_3 = \frac{25}{1 \times 35 \times 1} \times 100 = 71 (\%)$$

Встановлене на лінії технологічне обладнання забезпечує задану продуктивність.

У табл. 2.6 вносимо дані розрахунку технологічного обладнання.

Таблиця 2.6 – Дані розрахунку технологічного обладнання

Назва обладнання, машини, номер	Марка обладнання, машини, виробник	Кількість, шт	Продуктивність, т/год		Коефіцієнт використання машини, %	Коефіцієнт завантаження машини, %
			паспортна	експлуатаційна		
1	2	3	4	5	6	7
Лінія екструдуювання сої						
Магнітний сепаратор №1	MMUW-10 (Buhler)	1	10	10	1	50
Здрібнювач сої №1	DFZL-1000 (Buhler)	1	10	7	0,7	71
Кондиціонер №1	DMBG-450/1 (Buhler)	1	10	8	0,8	63
Екструдер	AHSH-178 (Buhler)	1	10	8	0,8	63
КРБ.ТЗіК.1.679-03.1.9						Арк.
						84

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7
Охолоджувальна колонка №1	VK 14×14 (Buhler)	1	10	10	1	71
Лінія змішування (2 паралельні потоки)						
Змішувач №1, 2	DFML-6300 (Buhler)	2	3000	2700	0,9	86
Лінія підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини (2 паралельні потоки)						
Ваговий дозатор №1	DFWK-3000 (Buhler)	1	3000	2700	0,9	82
Просіювальна машина №1, 2	DFTA-23 (Buhler)	2	35	35	1	70
Магнітний сепаратор для дрібної фракції №2, 4	MMUW-10 (Buhler)	2	10	10	1	60
Магнітний сепаратор для крупної фракції №3, 5	MMUW-12 (Buhler)	2	20	20	1	90
Молоткова дробарка №1, 2	DFZK-1 (Buhler)	2	30	21	0,7	86
Лінія підготовки порції білкової та мінеральної сировини (2 паралельні потоки)						
Ваговий дозатор №2	DFWC-200 (Buhler)	1	200	180	0,9	77
Лінія підготовки порції мікрокомпонентів (2 паралельні потоки)						
Модуль мікро-дозування №1, 2	DFDA-40, DFDA-10 (Buhler)	1	0,05	0,045	0,9	78
Змішувач №3	DFML-100 (Buhler)	1	0,05	0,045	0,9	78
Лінія гранулювання (2 паралельні потоки)						
Магнітний сепаратор № 6, 7	MMUW-15 (Buhler)	2	30	30	1	96
Кондиціонер №2, 3	DCHA-700 (Buhler)	2	40	32	0,8	90
Прес-гранулятор №1, 2	HYPAС-9.300 (Buhler)	2	40	32	0,8	90
Охолоджувальна колонка №2, 3	DFKA-24 (Buhler)	2	40	40	1	72
Валковий подрібнювач №2	DFZL-1500 (Buhler)	2	45	31,5	0,7	91
Просіювальна машина № 3, 4	DFTA-23 (Buhler)	2	35	35	1	82

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7
Лінія напilenня БАР						
Установка для нанесення рідких компонентів (БАР)	MFS-500 (ANDRITZ)	1	35	35	1	71

Висновок: встановлене на технологічних лініях обладнання забезпечує задану продуктивність.

2.10 Розрахунок ємності оперативних бункерів

Для забезпечення роботи комбікормового заводу, передбачаємо оперативні та наддозаторні бункери [69]. Кількість окремих видів сировини E_6 , що розміщується в наддозаторних бункерах розраховуємо за формулою:

$$E_6 = \frac{Q \times a \times \tau}{100 \times t} \quad (2.10.1)$$

де: Q – продуктивність заводу, т/добу;

τ – час зберігання сировини, год;

t – час роботи лінії, год;

a – опосереднені витрати сировини, %

Маса продукту, що розміщується в наддобрарних, надпресових бункерах, т:

$$E_m = q \times \tau \quad (2.10.2)$$

Об'єм бункерів, m^3 :

$$V = \frac{E_m}{\gamma \times \eta} \quad (2.10.3)$$

де: E_m – маса сировини, що розміщується в бункерах, т

γ – об'ємна маса сировини, т/ m^3 ;

η – коефіцієнт використання об'єму (0,8-0,85).

Об'єм одного бункера розраховуємо:

$$V_1 = a \times b \times h, m^3 \quad (2.10.4)$$

де: a, b, h – розміри бункерів в плані, м

Розрахункова кількість бункерів:

$$n = \frac{V}{V_1} \quad (2.10.5)$$

$$\text{Фактичний об'єм бункерів: } V\phi = n \times V_1, m^3 \quad (2.10.6)$$

Фактична місткість бункеру:

$$E\phi = V\phi \times \gamma \times \eta \quad (2.10.7)$$

де: γ – об'ємна маса сировини, т/ m^3 ;

η – коефіцієнт використання об'єму (0,8-0,85).

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою:

$$\tau_{\phi} = \frac{E_{\phi} \times 100 \times t}{Q \times a} \quad (2.10.8)$$

де: $q_{\text{л}}$ – продуктивність лінії, т/год.

$$\tau_{\phi} = \frac{E_{\phi}}{q_{\text{л}}} \quad (2.10.9)$$

Лінія екструдування сої

Масу сировини в оперативному бункері №13 над кондиціонером DMBG-450/1 №1 розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$E_{\text{м}} = 10 \times 1 = 10 \text{ (т)}$$

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{10}{0,55 \times 0,85} = 21,4 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 1,5 \times 1,5 \times 2,2 = 4,95 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{21,4}{4,95} = 4,3 \text{ шт, } n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 4,95 = 4,95 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 4,95 \times 0,55 \times 0,85 = 2,3 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.9.:

$$\tau_{\phi} = \frac{2,3}{5} = 0,5 \text{ (год)}$$

Розрахунок наддозаторних і оперативних бункерів на лінії підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини

Наддозаторні бункери

1. Розрахункову масу зернової сировини в наддозаторних бункерах №1-6 розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$E_{\text{р,доз}} = \frac{1200 \times 80 \times 8}{100 \times 24} = 320 \text{ (т)}$$

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V_{\text{р}} = \frac{320}{0,65 \times 0,85} = 579,2 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 3 \times 3 \times 19,2 = 172,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n_p = \frac{579,2}{172,8} = 3,4 \text{ (шт)}, n_\phi = 6 \text{ шт}$$

Приймаємо фактично 6 бункерів, так як використовується 6 різних видів сировини.

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_\phi = 6 \times 172,8 = 1036,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактичну місткість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_\phi = 1036,8 \times 0,65 \times 0,85 = 572,8 \text{ (т)}$$

Фактичну тривалість зберігання зернової сировини в наддозаторних бункерах розраховуємо за формулою 2.10.8.:

$$\tau_\phi = \frac{572,8 \times 100 \times 24}{1200 \times 80} = 14,3 \text{ (год)}$$

2. Розрахункову масу мучнистої сировини в наддозаторних бункерах №7-8 розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$E_{p, \text{доз}} = \frac{1200 \times 14 \times 8}{100 \times 24} = 56 \text{ (т)}$$

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V_p = \frac{56}{0,30 \times 0,80} = 233,3 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 3 \times 3 \times 19,2 = 172,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n_p = \frac{233,3}{172,8} = 1,4 \text{ (шт)}, n_\phi = 2 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_\phi = 2 \times 172,8 = 345,6 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактичну місткість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_\phi = 345,6 \times 0,30 \times 0,80 = 82,9 \text{ (т)}$$

Фактичну тривалість зберігання мучнистої сировини в наддозаторних бункерах розраховуємо за формулою 2.10.8.:

$$\tau_\phi = \frac{82,9 \times 100 \times 24}{1200 \times 14} = 11,8 \text{ (год)}$$

3. Розрахункову масу кускової сировини в наддозаторних бункерах № 9-12 розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$E_{p, \text{доз}} = \frac{1200 \times 22 \times 8}{100 \times 24} = 88 \text{ (т)}$$

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V_p = \frac{88}{0,50 \times 0,80} = 220 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 3 \times 3 \times 19,2 = 172,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5:

$$n_p = \frac{220}{172,8} = 1,3 \text{ (шт)}, n_{\phi} = 4 \text{ шт}$$

Приймаємо фактично 4 бункери, так як є 3 різні види сировини і 1 – резервний.

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 4 \times 172,8 = 691,2 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактичну місткість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 691,2 \times 0,50 \times 0,80 = 279,5 \text{ (т)}$$

Фактичну тривалість зберігання кускової сировини в наддозаторних бункерах розраховуємо за формулою 2.10.8.:

$$\tau_{\phi} = \frac{276,5 \times 100 \times 24}{1200 \times 22} = 25,1 \text{ (год)}$$

Розрахунок оперативних бункерів

Оперативний бункер № 14 під дозатором марки DFWK-3000 №1 ємкістю на одну порцію – 2222,2 кг (2,2 т). Над просіювальними машинами марки DFTA-23 № 1, 2 встановлюємо оперативні бункери № 22, 52 відповідно.

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{2,2}{0,65 \times 0,85} = 4,0 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 3,14 \times 1 \times 1 \times 2,8 = 8,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{4,0}{8,8} = 0,5 \text{ шт}, n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 8,8 = 8,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 8,8 \times 0,65 \times 0,85 = 4,9 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.9.:

$$\tau_{\phi} = \frac{4,9}{24} = 0,2 \text{ (год)}$$

Під просіювальними машинами марки DFTA-23 № 1, 2 встановлюємо оперативні бункери № 24, 54 для крупної фракції. Маса порції складає 2222,2 кг, тоді маса крупної фракції складає $2222,2 \times 0,75 = 1666,7 \text{ (кг)}$ – (1,7 т).

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{1,7}{0,65 \times 0,85} = 3,1 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 1,5 \times 1,5 \times 1,7 = 3,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{3,1}{3,8} = 0,82 \text{ шт, } n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 3,8 = 3,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 3,8 \times 0,65 \times 0,85 = 2,1 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.9.:

$$\tau_{\phi} = \frac{2,1}{24} = 0,1 \text{ (год)}$$

Під просіювальними машинами марки DFTA-23 № 1, 2 встановлюємо оперативні бункери № 23, 53 для дрібної фракції. Маса порції складає 2222,2 кг, тоді маса дрібної фракції складає $2222,2 \times 0,25 = 555,6 \text{ (кг)}$ – (0,6 т).

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{0,6}{0,50 \times 0,80} = 1,5 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 1,5 \times 1,5 \times 1,7 = 3,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{1,5}{3,8} = 0,4 \text{ шт, } n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 3,8 = 3,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 3,8 \times 0,50 \times 0,80 = 1,5 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.9.:

$$\tau_{\phi} = \frac{1,5}{24} = 0,1 \text{ (год)}$$

Оперативні бункер № 25, 55 під молотковою дробаркою марки DFZK-1 №1, 2 ємкістю на одну порцію – 2222,2 кг (2,2 т). Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{2,2}{0,50 \times 0,80} = 5,5 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 1,5 \times 3,25 \times 0,75 = 3,65 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{5,5}{3,65} = 1,5 \text{ шт, } n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 3,65 = 3,65 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 3,65 \times 0,50 \times 0,80 = 1,5 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.9.:

$$\tau_{\phi} = \frac{1,5}{24} = 0,1 \text{ (год)}$$

Розрахунок наддозаторних бункерів на лінії підготовки порції білкової та мінеральної сировини

Масу КПХВ, що розміщуються в наддозаторних бункерах №15-17 розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$E_6 = \frac{1200 \times 3 \times 8}{100 \times 24} = 12 \text{ (т)}$$

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{12}{0,50 \times 0,80} = 30 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 1,5 \times 1,5 \times 9,6 = 21,6 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{30}{21,6} = 1,4 \text{ шт, } n_{\phi} = 3 \text{ шт}$$

Приймаємо фактично 3 бункери, так як є 2 різні види сировини і 1 – резервний.

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6:

$$V_{\phi} = 3 \times 21,6 = 64,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7:

$$E_{\phi} = 64,8 \times 0,50 \times 0,80 = 25,9 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.8:

$$\tau_{\phi} = \frac{25,9 \times 100 \times 24}{1200 \times 3} = 17,3 \text{ (год)}$$

Масу мінеральної сировини, що розміщуються в наддозаторних бункерах №18-20 розраховуємо за формулою 2.10.1:

$$E_6 = \frac{1200 \times 3,5 \times 8}{100 \times 24} = 14 \text{ (т)}$$

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3:

$$V = \frac{14}{1,2 \times 0,8} = 14,6 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4:

$$V_1 = 1,5 \times 1,5 \times 9,6 = 21,6 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5:

$$n = \frac{14,6}{21,6} = 0,7 \text{ шт } n_{\phi} = 3 \text{ шт}$$

Приймаємо фактично 3 бункери, так як є 2 різні види сировини і 1 – резервний.

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6:

$$V_{\phi} = 3 \times 21,6 = 64,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7:

$$E_{\phi} = 64,8 \times 1,2 \times 0,80 = 62,2 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.8:

$$\tau_{\phi} = \frac{62,2 \times 100 \times 24}{1200 \times 3,5} = 35,5 \text{ (год)}$$

Лінія підготовки порції мікрокомпонентів

Два вузла дозування мікрокомпонентів фірми BUHLER марки DFDA-40 та марки DFDA-10 обладнанні кожен 11 наддозаторними бункерами (№№26-36, 40-50 відповідно).

Встановлюємо оперативні бункери № 50а, 50б над змішувачами марки DFML-100 № 3 ємністю на одну порцію $E_{\text{порц.}} = 35,2 \text{ кг} - 0,04 \text{ т}$.

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{0,04}{0,50 \times 0,80} = 0,1 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 1 \times 1 \times 0,5 = 0,5 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ шт, } n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 0,2 = 0,2 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 0,2 \times 0,50 \times 0,80 = 0,1 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.9.:

$$\tau_{\phi} = \frac{0,1}{1,5} = 0,1 \text{ (год)}$$

Лінія змішування

Встановлюємо оперативні бункери № 38, 56 над змішувачами марки DFML-6300 № 1, 2 ємністю на одну порцію $E_{\text{порц.}} = 2314,8 \text{ кг} - 2,3 \text{ т}$.

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{2,3}{0,50 \times 0,80} = 5,75 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 2 \times 2,5 \times 2 = 10 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{5,75}{10} = 0,6 \text{ шт, } n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 10 = 10 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 10 \times 0,50 \times 0,80 = 4 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.9.:

$$\tau_{\phi} = \frac{4}{25} = 0,16 \text{ (год)}$$

Встановлюємо оперативні бункери № 39, 57 під змішувачами марки DFML-6300 № 1, 2 ємністю на одну порцію $E_{\text{порц.}} = 2314,8 \text{ кг} - 2,3 \text{ т}$.

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{2,3}{0,50 \times 0,80} = 5,75 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 2,2 \times 2,5 \times 1,4 = 7,7 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{5,75}{7,7} = 0,75 \text{ шт, } n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 7,7 = 7,7 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 7,7 \times 0,50 \times 0,80 = 3,1 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.9.:

$$\tau_{\phi} = \frac{3,1}{25} = 0,12 \text{ (год)}$$

Лінія гранулювання

Масу сировини в бункерах № 58, 60 над кондиціонерами марки ДСНА (Нутіх)-700 № 2, 3 розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$E_m = 40 \times 1 = 40 \text{ (т)}$$

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{40}{0,50 \times 0,80} = 100 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 3,14 \times 1,5 \times 1,5 \times 9,6 = 67,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{100}{67,8} = 1,5 \text{ шт, } n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 67,8 = 67,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 67,8 \times 0,50 \times 0,80 = 27,1 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.8.:

$$\tau_{\phi} = \frac{27,1}{28,75} = 0,94 \text{ (год)}$$

Лінія наплення БАР

Масу комбікорму в оперативному бункері № 59 над установкою фінішного наплення марки MFS-500 розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$E_m = 35 \times 1 = 35 \text{ (т)}$$

Об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.3.:

$$V = \frac{35}{0,63 \times 0,85} = 65,4 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуємо за формулою 2.10.4.:

$$V_1 = 3,14 \times 0,75 \times 0,75 \times 1,8 = 3,2 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахункову кількість бункерів розраховуємо за формулою 2.10.5.:

$$n = \frac{65,4}{3,2} = 20 \text{ шт, } n_{\phi} = 1 \text{ шт}$$

Фактичний об'єм бункерів розраховуємо за формулою 2.10.6.:

$$V_{\phi} = 1 \times 3,2 = 3,2 \text{ (м}^3\text{)}$$

Фактична місткість бункеру розраховуємо за формулою 2.10.7.:

$$E_{\phi} = 3,2 \times 0,63 \times 0,85 = 1,7 \text{ (т)}$$

Запас сировини в бункерах розраховуємо за формулою 2.10.9.:

$$\tau_{\phi} = \frac{1,7}{25} = 0,1 \text{ (год)}$$

В табл. 2.7 наведено зведену інформацію розрахунку ємності оперативних і наддозаторних бункерів

Таблиця 2.7 – Дані розрахунку ємності оперативних і наддозаторних бункерів

Бункери	Об'ємна маса сировини, продукту, γ , т/м ³	Коефіцієнт використання об'єму бункерів, K_b	Розрахункова ємність бункерів, E_p , т	Фактична ємність бункерів, E_{ϕ} , т	Запаси сировини, продукту, τ_p , год	Фактичні запаси сировини, продукту, τ_{ϕ} , год
1	2	3	4	5	6	7
Лінія екструдування сої						
Оперативний бункер №13 над кондиціонером DMBG-450/1 №1	0,55	0,85	10	2,3	1	0,5
Лінія підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини						
Наддозаторні бункери для зернової сировини № 1-6	0,65	0,85	320	572,8	8	14,3
Наддозаторні бункери для мучнистої сировини №7, 8	0,30	0,80	56	82,9	8	11,8

Продовження табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7
Наддозаторні бункери для шротів, макухи, сої екструдованої № 9-12	0,50	0,80	88	279,5	8	25,1
Оперативний бункер № 14 під дозатором DFVK-3000 №1	0,65	0,85	2,2	4,9	—	0,2
Оперативні бункери № 22, 52 над просіювальними машинами DFTA-23 №1, 2	0,65	0,85	2,2	4,9	—	0,2
Оперативні бункери для крупної фракції № 24, 54 під просіювальними машинами DFTA-23 №1, 2	0,65	0,85	2,0	2,1	—	0,1
Оперативні бункери для дрібної фракції № 23, 53 під просіювальними машинами DFTA-23 №1, 2	0,50	0,80	0,67	1,5	—	0,1
Оперативні бункери № 25, 55 під молотковими дробарками DFZK-1 №1, 2	0,50	0,80	2,2	1,5	—	0,1
Лінія підготовки порції білкової та мінеральної сировини						
Наддозаторні бункери для білкової сировини №15-17	0,50	0,80	12	25,9	8	17,3
Наддозаторні бункери для мінеральної сировини № 18-20	1,20	0,80	14	62,2	8	35,5

Продовження табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7
Лінія підготовки порції мікрокомпонентів						
Оперативні бункери № 50а, 50б над змішувачем DFML-100 № 3	0,50	0,80	0,04	0,1	—	0,1
Лінія змішування						
Оперативні бункери №38, 56 над змішувачами DFML-6300 № 1, 2	0,50	0,80	2,3	4,0	—	0,16
Оперативні бункери №39, 57 над змішувачами DFML-6300 № 1, 2	0,50	0,80	2,3	3,1	—	0,12
Лінія гранулювання						
Оперативні бункери №58, 60 над кондиціонерами DCHA700 №2, 3	0,50	0,80	40	27,1	1	0,94
Лінія напilenня БАР						
Оперативний бункер №59 над установкою фінішного напilenня MFS-500	0,63	0,85	35	1,7	1	0,1

Висновок: фактична ємність наддозаторних і оперативних бункерів забезпечує відповідно задані запаси сировини протягом необхідного часу роботи технологічних ліній.

2.11 Розрахунок транспортного обладнання

Вибір транспортного обладнання (норій, ланцюгових, стрічкових транспортерів, гвинтових конвеєрів) технологічних ліній повинен забезпечити умови для максимального завантаження технологічних машин, які обслуговує дане транспортне обладнання. Транспортне обладнання треба вибирати з урахуванням виду сировини і його об'ємної маси [69].

Експлуатаційну продуктивність транспортних механізмів (транспортерів, конвеєрів, норій), т/год, розраховуємо за формулою:

$$q_e = q_n \times \frac{\gamma \times K_v}{0,75} \quad (2.11.1)$$

де: q_n – паспортна продуктивність транспортних механізмів, т/год (як правило $\gamma = 0,75$ т/м³);

γ – об'ємна маса сировини, т/м³;

K_v – коефіцієнт використання транспортних механізмів ($K=0,85$ для транспортуючих машин $q_c < 50$ т/год). Якщо $\gamma > 0,75$ т/м³ (крейда, сіль, вапнякове борошно), то приймають $q_c = q_n \times K$.

Коефіцієнт завантаження транспортного обладнання, %:

$$K_z = \frac{q_d}{q_e} \times 100 \quad (2.11.2)$$

Вставляємо все транспортне обладнання фірми Buhler (Швейцарія).

Лінія екструдуювання сої

Встановлюємо конвеєри №2, 3 марки MNSG-160 із паспортною продуктивністю 15 т/год.

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.11.1.:

$$q_e = 15 \times \frac{0,50 \times 0,85}{0,75} = 8,5 \text{ (т/год)}$$

Коефіцієнт завантаження конвеєрів розраховуємо за формулою 2.11.2.:

$$q_e = \frac{5}{8,5} \times 100 = 60 \text{ (\%)}$$

Встановлюємо норію №3 марки MGEL-180×140 із паспортною продуктивністю 15 т/год.

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.11.1.:

$$q_e = 15 \times \frac{0,50 \times 0,85}{0,75} = 8,5 \text{ (т/год)}$$

Коефіцієнт завантаження конвеєрів розраховуємо за формулою 2.11.2.:

$$q_e = \frac{5}{8,5} \times 100 = 60 \text{ (\%)}$$

Лінія підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини

Встановлюємо норії №1, 2 марки MGEL–630x440 і транспортер №1 марки MNKA–200 (для подачі сировини зі складу у наддозаторні бункери) із паспортною продуктивністю 140 т/год.

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.10.1.:

– для зернової сировини

$$q_e = 140 \times \frac{0,65 \times 0,85}{0,75} = 103 \text{ (т/год)}$$

- для висівок пшеничних

$$q_e = 140 \times \frac{0,35 \times 0,85}{0,75} = 55,5 \text{ (т/год)}$$

- для шроту та макухи

$$q_e = 140 \times \frac{0,50 \times 0,85}{0,75} = 79,3 \text{ (т/год)}$$

Коефіцієнт завантаження транспортерів і норії розраховуємо за формулою 2.10.2.:

- для зернової сировини

$$q_e = \frac{48}{103} \times 100 = 47 \text{ (\%)}$$

- для висівок пшеничних

$$q_e = \frac{48}{55,5} \times 100 = 86 \text{ (\%)}$$

- для шроту та макухи

$$q_e = \frac{48}{79,3} \times 100 = 61 \text{ (\%)}$$

Для забору сформованої порції з під дозатора DFWK-3000 №1 встановлюємо ланцюговий транспортер №4 марки MNKA-200 та норію №6 марки MGEL-630x440; і подачі її в оперативні бункери №22, 52 транспортер №9 марки MNKA-200 із паспортною продуктивністю 140 т/год.

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$q_e = 140 \times \frac{0,65 \times 0,85}{0,75} = 103 \text{ (т/год)}$$

Коефіцієнт завантаження транспортеру і норії розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$q_e = \frac{48}{103} \times 100 = 47 \text{ (\%)}$$

Встановлюємо під оперативними бункерами №25, 55 (під молотковими дробарками марки DFZK-1 №1, 2 гвинтові конвеєри №10, 11 марки MNSG-200 із паспортною продуктивністю 60 т/год.

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$q_e = 60 \times \frac{0,65 \times 0,85}{0,75} = 44,2 \text{ (т/год)}$$

Коефіцієнт завантаження конвеєру розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$qe = \frac{24}{44,2} \times 100 = 54 (\%)$$

Лінія підготовки порції білкової та мінеральної сировини

Встановлюємо норії №4, 5 марки MGEL–500x360 і транспортер №5 марки MNKA–50 (для подачі сировини зі складу у наддозаторні бункери) із паспортною продуктивністю 50 т/год.

Для забору сформованої порції з під дозатора DFWC-200 №2 і подачі її у бункери над змішувачами №38, 56 встановлюємо транспортери №6, 7, 8 марки MNKA–50 із паспортною продуктивністю 50 т/год.

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$qe = 50 \times \frac{0,50 \times 0,85}{0,75} = 28,3 (\text{т/год})$$

Коефіцієнт завантаження транспортеру і норії розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$qe = \frac{3,0}{28,3} \times 100 = 11 (\%)$$

Лінія змішування

Встановлюємо скребкові транспортер №12, 13 під змішувачами DFML-6300 №1, 2 марки RFKG – 200 із паспортною продуктивністю 60 т/год та норію №7 марки MGEL–630x440 із паспортною продуктивністю 140 т/год (для подачі розсипного комбікорму на лінію гранулювання).

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$qe = 60 \times \frac{0,50 \times 0,85}{0,75} = 34 (\text{т/год})$$

$$qe = 140 \times \frac{0,50 \times 0,85}{0,75} = 79,3 (\text{т/год})$$

Коефіцієнт завантаження транспортеру розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$qe = \frac{25}{34} \times 100 = 74 (\%)$$

Коефіцієнт завантаження норії розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$qe = \frac{25}{79,3} \times 100 = 32 (\%)$$

Лінія гранулювання (і напилена БАР)

Встановлюємо транспортер №14 (подача розсипного комбікорму на гранулювання), №18 (подача гранульованого комбікорму у СГП) марки MNKA–200 із паспортною продуктивністю 140 т/год.

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$q_e = 140 \times \frac{0,50 \times 0,85}{0,75} = 79,3 \text{ (т/год)}$$

$$q_e = 140 \times \frac{0,63 \times 0,85}{0,75} = 100 \text{ (т/год)}$$

Коефіцієнт завантаження норії розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$q_e = \frac{28,75}{79,3} \times 100 = 36 \text{ (\%)}$$

$$q_e = \frac{28,75}{100} \times 100 = 29 \text{ (\%)}$$

Встановлюємо транспортер №17 марки MNKA–50 та норію №8 марки MGEL–500x360 із паспортною продуктивністю 50 т/год (транспортування крупної та дрібної фракцій з під просіювальних машин марки DFTA – 23 № 3, 4 на повторне гранулювання).

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$q_e = 50 \times \frac{0,50 \times 0,85}{0,75} = 28,3 \text{ (т/год)}$$

Коефіцієнт завантаження розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$q_e = \frac{3,75}{28,3} \times 100 = 13 \text{ (\%)}$$

Встановлюємо під валковими подрібнювачами DFZL-1500 №2, 3 транспортери №15, 16 марки MNKA–50 та норії №9-12 марки MGEL–500x360 із паспортною продуктивністю 50 т/год.

Експлуатаційну продуктивність розраховуємо за формулою 2.10.1.:

$$q_e = 50 \times \frac{0,63 \times 0,85}{0,75} = 35,7 \text{ (т/год)}$$

Коефіцієнт завантаження розраховуємо за формулою 2.10.2.:

$$q_e = \frac{28,75}{35,7} \times 100 = 81 \text{ (\%)}$$

Висновок: встановлене на технологічних лініях транспортне обладнання забезпечує задану продуктивність.

2.12 Оформлення відомості руху продуктів за схемою технологічного процесу виробництва комбікормової продукції

Призначення внутрішньоцехової комунікації – ув'язати в єдину виробничу лінію все обладнання, яке визначене розрахунками і розміщене на поверхах будівлі виробничих корпусів, здійснити направлення проміжних продуктів, що передбачено за схемою технологічного процесу виробництва готової продукції.

Для цього використовують механічний, пневматичний, аерозольтранспорт, який дозволяє переміщувати продукти в різних напрямках згідно зі схемою технологічного процесу виробництва готової продукції. Раціональне розташування обладнання на поверхах виробничих корпусів, складських приміщень, мінімальна кількість транспортних механізмів суттєво впливають на проектування автоматизації технологічних процесів і зменшення питомих витрат енергії на виробництво продукції.

У процесі розробки комунікації враховуються вимоги техніки безпеки обслуговування і експлуатації обладнання, уточнюють розташування технологічного обладнання в залежності від особливостей конструктивних елементів будівлі виробничого корпусу та конструкції обладнання. Ув'язку технологічного обладнання здійснюють за допомогою транспортного обладнання (норій, транспортерів, конвеєрів та ін.) і самопливних труб.

Проект комунікації складається з двох частин: графічної (креслення напрямів руху продуктів на розрізах будівлі); описової – оформлення відомості руху продуктів.

Графічна частина проекту комунікації

У графічну частину проекту комунікації входять поздовжній і поперечний розрізи будівлі виробничого корпусу, на яких показані поверхове розташування технологічного, транспортного обладнання і самопливних труб. Самопливні труби (самопливи) умовно зображають у вигляді суцільної лінії (напрямку руху продукту по осі самопливу). Нумерацію самопливних труб проставляють у порядку послідовності руху продуктів за схемою технологічного процесу виробництва готової продукції.

Послідовно вказують номери самопливних труб біля накреслених напрямів руху продуктів, компонентів: починають послідовно з ліній підготовки сировини, а потім на лініях змішування, гранулювання, до складу готової продукції або на затарювання. Номери самопливів проставляють арабськими цифрами на

Таблиця 2.8 – Відомість руху продуктів

Назва, марка технологічного обладнання, бункерів	Кількість технологічного обладнання, од.	Назва продуктів, які		Назва, марка технологічного обладнання, на яке подається продукт	Транспортне обладнання				Кут нахилу самопливу, град				Діаметр самопливу, мм	Поверх перевірки кута нахилу самопливу
		надходять до техно-логічного об-ладна-ння	виходять з техно-логічного об-ладна-ння		номер самопливу	марка, номер норії	марка, номер гвинтового конвеєра	марка, номер транспортера	в повздовжньому розрізі	в поперечному розрізі	фактичний	гранично допустимий		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Лінія екструдуювання сої														
Наддозаторний бункер №1	1	Зерно сої	Зерно сої очищене від ММД	Магнітний сепаратор MMUW-10 №1	1	–	–	–	77	55	50	36	180	2
Магнітний сепаратор MMUW-10 №1	1	Зерно сої очищене від ММД	Здрібнена соя	Валковий подрібнювач DFZL-1000 №1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	2
Валковий подрібнювач DFZL-1000 №1	1	Здрібнена соя	Здрібнена соя	Оперативний бункер №13	3	–	–	–	–	–	–	–	–	2
Оперативний бункер №13	1	Здрібнена соя	Кондиціо-нована соя	Кондиціонер DMBG-450/1 №1	4	–	–	–	90	90	90	47	180	1
Кондиціонер DMBG-450/1 №1	1	Конди-ціонована соя	Соевий екструдат	Екструдер ANSH-178	5	–	–	–	90	90	90	70	180	1
Екструдер ANSH-178	1	Соевий екструдат	Охолод-жний соєвий екструдат	Охолоджувальна колонка VK14x14 №1	6	–	MNS G-160 №2	–	90	90	90	70	180	1
					7				90	90	90	47		1

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Охолоджувальна колонка VK14x14 №1	1	Охолод- жений соєвий екструдат	Підготовл ений соєвий екструдат	Наддозаторний бункер №2	8		MNS G- 160 №3	—	90	90	90	47	180	1
					9	MGE L 180x 140 №3			90	90	90			1
									90	85	85			7
							10							
Лінія підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини														
Ваговий дозатор DFWK-3000 №1	1	порція зернової, мучнис- тої та кускової сировини	порція зернової, мучнистої та кускової сировини	Оперативні бункери № 22, 52	11	MGE L 630x 440 №6		MNK A- 200 №9	90	57	57	50	220	1
					12		—		90	90	90	50	220	7
					13		—		90	90	90	50	220	7
					14		—		90	90	90	50	220	7
Оперативні бункери № 22, 52	2	порція зернової, мучнис- тої та кускової сировини	крупна і дрібна фракції порції	Просіювальна машина DFTA-23 №1, 2	15	—	—	—	83	75	69	50	220	6
					16	—	—	—	83	77	70	50	220	6
Просіювальна машина DFTA-23 №1, 2	2	дрібна фракції порції	дрібна фракції порції очищена від ММД	Магнітний сепаратор ММУW-10 №2, 4	17	—	—	—	79	81	72	50	220	5
					18	—	—	—	79	81	72	50	220	5
Екструдер ANSH-178	1	Соєвий екструдат	Охолодж- ний соєвий екструдат	Охолоджувальна колонка VK14x14 №1	6	—	MNS G- 160 №2	—	90	90	90	70	180	1

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Екструдер АНШ-178	1	Соевий екструдат	Охолодж- ний соевий екструдат	Охолоджувальна колонка VK14x14 №1	6	–	MNS G- 160 №2	–	90	90	90	70	180	1
Просіювальна машина DFTA-23 №1, 2	2	крупна фракції порції	крупна фракції порції очищена від ММД	Магнітний сепаратор MMUW-12 №3, 5	19	–	–	–	90	74	74	50	220	5
					20	–	–	–	90	74	74	50	220	5
Магнітний сепаратор MMUW-10 №2, 4	2	дрібна фракції порції очищена від ММД	дрібна фракції порції очищена від ММД	Оперативні бункери № 23, 53	21	–	–	–	–	–	–	–	–	5
					22	–	–	–	–	–	–	–	–	5
Магнітний сепаратор MMUW-12 №3, 5	2	крупна фракції порції очищена від ММД	крупна фракції порції очищена від ММД	Оперативні бункери № 24, 54	23	–	–	–	–	–	–	–	–	5
					24	–	–	–	–	–	–	–	–	5
Оперативні бункери № 23, 53	2	дрібна фракції порції очищена від ММД	підготов- порція	Оперативні бункери № 25, 55 над змішувачами DFML-6300 №1, 2	25	–	–	–	74	72	68	50	220	3
					26	–	–	–	74	72	68	50	220	3
Оперативні бункери № 24, 54	2	крупна фракції порції очищена від ММД	доподріб- нена фракції порції	Молоткова дробарка DFZK-1 №1, 2	27	–	–	–	77	90	77	50	220	4
					28	–	–	–	77	90	77	50	220	4

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Молоткова дробарка DFZK-1 №1, 2	2	доподрібнена фракції порції	доподрібнена фракції порції	Оперативні бункери № 25, 55	29	–	–	–	–	–	–	–	–	4
					30	–	–	–	–	–	–	–	4	
Оперативні бункери № 25, 55	2	доподрібнена фракції порції	підготов- порція	Оперативні бункери № 25, 55 над змішувачами DFML-6300 №1, 2	31	–	MNS G-200 №10, 11	–	90	90	90	50	220	3
					32	–		–	90	90	90	50	220	3
Лінія підготовки порції білкової і мінеральної сировини														
Ваговий дозатор DFWK-3000 №1	1	порція білкової і мінеральної сировини	порція білкової і мінеральної сировини	Оперативні бункери № 25, 55 над змішувачами DFML-6300 №1, 2	33	–	–	MNK A-50 №8	90	90	90	50	180	3
					34	–	–	MNK A-50 №7	90	90	90	50	180	3
Лінія підготовки порції мікрокомпонентів														
Модуль мікродозування DFDA–40 №1, DFDA–10 №2	2	порція мікрокомпонентів	порція мікрокомпонентів	Оперативний бункер № 50а над змішувачем DFML-100 №3	35	–	–	–	74	70	68	50	180	5
бункер № 50а над змішувачем DFML-100 №3	1	порція мікрокомпонентів	однорідна порція мікрокомпонентів	Змішувач DFML-100 №3	36	–	–	–	74	70	68	50	180	5
Змішувач DFML-100 №3	1	однорідна порція мікрокомпонентів	однорідна порція мікрокомпонентів	Оперативний бункер № 50б під змішувачем DFML-100 №3	37	–	–	–	–	–	–	–	–	4

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Оперативний бункер № 506 під змішувачем DFML-100 №3	1	однорідна порція мікрокомпонентів	однорідна порція мікрокомпонентів	Оперативні бункери № 37, 51	38	—	—	—	90	71	71	50	180	4
					39	—	—	—	90	71	71	50	180	4
Оперативні бункери № 37, 51	2	однорідна порція мікрокомпонентів	підготовлені порції	Оперативні бункери № 25, 55 над змішувачами DFML-6300 №1, 2	38 а	—	—	—	55	90	55	50	180	3
					39 а	—	—	—	55	90	55	50	180	3
Лінія змішування														
Оперативні бункери № 25, 55 над змішувачами DFML-6300 №1, 2	2	підготовлені порції	розсипний комбікорм	Змішувачі DFML-6300 №1, 2	40	—	—	—	—	—	—	—	—	2
					41	—	—	—	—	—	—	—	—	2
Змішувачі DFML-6300 №1, 2	2	розсипний комбікорм	розсипний комбікорм	Оперативні бункери № 39, 57 під змішувачами DFML-630043 №1, 2	42	—	—	—	—	—	—	—	—	2
					43	—	—	—	—	—	—	—	—	5
Лінія гранулювання														
Оперативні бункери № 39, 57 під змішувачами DFML-630043 №1, 2	2	розсипний комбікорм	розсипний комбікорм очищений від ММД	Магнітний сепаратор ММУВ-15 №6, 7	44	MGE L 630x 440 №7	—	RFK G-200 12, 13	70	90	70	47	220	1
					45		—		70	90	70	47	220	1
					46		—	MNK A-200 №14	69	79	65	47	220	7
					47	—	90		90	90	47	220	7	
					48	—	90		90	90	47	220	7	

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Магнітний сепаратор MMUW-15 №6, 7	2	розсипний комбі-корм очищений від ММД	розсипний комбі-корм очищений від ММД	Оперативні бункери № 58, 60	49	—	—	—	—	—	—	—	—	7
					50	—	—	—	—	—	—	—	—	7
Оперативні бункери № 58, 60	2	розсипний комбі-корм очищений від ММД	зволожений і розігрітий розсипний комбі-корм	Кондиціонер DCHA-700 №2, 3	51	—	—	—	90	89	89	47	220	4
					52	—	—	—	90	89	89	47	220	4
Кондиціонер DCHA-700 №2, 3	2	зволожений і розігрітий розсипний комбі-корм	гранульований комбі-корм	Прес-гранулятор НУРАС-9.300 №1, 2	53	—	—	—	90	85	85	70	220	3
					54	—	—	—	90	85	85	70	220	3
Прес-гранулятор НУРАС-9.300 №1, 2	2	гранульований комбі-корм	охолоджений комбі-корм	Охолоджувальна колонка DFKA-24 №2, 3	55	—	—	—	90	90	90	70	220	2
					56	—	—	—	90	90	90	70	220	2
Охолоджувальна колонка DFKA-24 №2, 3	2	охолоджений комбі-корм	продукти подрібнення гранул, гранули	Валковий подрібнювач DFZL-1500 №2, 3	57	—	—	—	90	65	65	50	220	1
					58	—	—	—	90	65	65	50	220	1

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Валковий подрібнювач DFZL-1500 №2, 3	2	продукти подрібнен ня гранул, гранули	продукти подрібнен ня гранул, гранули	Просіювальна машина DFTA-23 №3, 4	59	MGE L 500x 360 №9, 11	—	—	80	79	72	47	220	1
					60		—	—	80	79	72	47	220	1
					61		—	—	67	55	50	47	220	6
					62		—	—	67	55	50	47	220	6
Просіювальна машина DFTA-23 №3, 4	2	продукти подрібнен ня гранул, гранули	дрібна, крупна фракції	Магнітний сепаратор MMUW-15 №6, 7	63	—	—	MNK A-50 №17	90	90	90	47	220	1
					64	—	—		90	90	90	47	220	1
					64 а	MGE L 500x 360 №8	—		90	67	67	47	220	1
			крупка, гранули	СГП, в оперативний бункер № 59	65	MGE L 500x 360 №12	—	—	73	90	73	47	220	3
					66	№12	—	—	90	78	78	47	220	7
					67	—	—	—	67	90	67	47	220	
					Лінія наплення БАР									
Оперативний бункер № 59	1	крупка, гранули	крупка, гранули	Установка для нанесення БАР MFS-500	68	—	—	—	84	90	84	47	220	4
Установка для нанесення БАР MFS-500		крупка, гранули	крупка, гранули	СГП	69	MGE L 500x 360 №10	—	—	90	86	86	47	220	1
					70	—	—	—	90	73	73	47	220	7

поздовжньому і поперечному розрізах будівлі виробничого корпусу біля умовного зображення самопливних труб при подачі продуктів в приймальний отвір обладнання. У випадку проектування самопливних труб крізь декількох поверхів будівлі номер самопливу проставляють на поверсі, на якому кут нахилу проекції самопливної труби мінімальний до горизонтальної площині при подачі сировини, продуктів в приймальний отвір технологічного, транспортного обладнання [69].

Паралельно з розміщенням обладнання на поверхах, розробкою креслень комунікації, складаємо відомість руху продуктів, яка наведена в табл. 2.8 з якої видно, що обладнання встановлено вірно – фактичні кути нахилу самопливів більше допустимих.

Висновок: обладнання на лініях підготовки і виробництва комбікормів на поверхах виробничого корпусу розміщено вірно про це свідчить відомість руху продуктів, яка наведена в табл. 2.8, фактичні кути нахилу самопливів більше гранично допустимих та забезпечують безперервну роботу технологічного і транспортного обладнання на лініях.

2.13 Технохімічний та технологічний контроль виробництва

Для забезпечення постійного контролю якості сировини і комбікормів на комбікормовому підприємстві повинна бути обладнана виробничо-технологічна лабораторія (ВТЛ). База приладів ВТЛ повинна забезпечувати проведення технічного і хімічного контролю якості сировини, комбікормів і визначення ефективності окремих технологічних процесів.

В ході попереднього визначення якості сировини, яка надходить на комбікормовий завод, працівники ВТЛ проводять органолептичну оцінку, визначають температуру сировини, стан тари або упаковки. ВТЛ сучасних комбікормових заводів оснащені експрес-аналізаторами основних показників хімічного складу кормової сировини, що дозволяє визначати вміст сирого протеїну, сирого клітковини, сирого жиру та інших показників в пробах ще до розміщення сировини на зберігання. Якщо відхилень у показниках якості або дефектів не виявлено, лабораторія надає дозвіл на вивантаження сировини і вказує місце для її зберігання [63, 70].

Технохімічний контроль за якістю сировини, яка надходить на комбікормовий завод, здійснюють за типовою схемою, яка включає: санітарний стан місць приймання і складування сировини, справність транспортних засобів, зовнішній стан

сировини, тари, маркування тари; відбирання проб; формування штабелів, оформлення штабельних ярликів, ведення карти розміщення сировини з урахуванням результатів аналізу її якості та контролю при зберіганні (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Типова схема технохімічного контролю за якістю під час зберігання кормової сировини

Об'єкт контролю	Назва сировини	Контрольні показники	Періодичність контролю	Хто здійснює контроль
1	2	3	4	5
Склади, силоси, резервуари	Вся сировина	Зовнішній стан сировини, тари, штабельних ярликів і складських приміщень	Систематично	Виробничий персонал (ВП)
Склади, силоси, резервуари	Зерно і висівки	Колір і запах	Постійно	ВП
		Вміст вологи	2 рази на міс.	ВТЛ
		Зараженість шкідниками	2 рази на міс. (t повітря понад +15°C), 1 раз на місяць (до +15°C)	-//-
		Температура	Систематично і щодоби при t понад норму	Виробничий персонал
Склади, силоси, резервуари	Зерно і висівки	Колір і запах	Постійно	ВП
		Вміст вологи	2 рази на міс.	ВТЛ
		Зараженість шкідниками	2 рази на міс. (t повітря понад +15°C), 1 раз на місяць (до +15°C)	-//-
		Температура	Систематично і щодоби при t понад норму	Виробничий персонал
		Токсичність	При відхиленнях показників і перевищенні термінів зберігання	Цент.ЛБ
	Макуха і шрот	Колір і запах	Постійно	ВП
		Температура	Щодоби	-//-

Продовження табл. 2.9

1	2	3	4	5
		Вміст вологи	2 рази на міс. і при погіршенні стану	ВТЛ
		Зараженість шкідниками	2 рази на міс. і при погіршенні стану	-//-
		Токсичність	При погіршенні стану і при підвищенні температури понад норму	Цент.ЛБ
	Продукти переробки тваринної сировини	Колір і запах	Постійно	ВП
		Загальне бактеріальне обсіменіння	При погіршенні стану	Цент.ЛБ, вет.ЛБ
		Токсичність	-//-	-//-
	Кормові жири	Колір і запах	Постійно	ВП
		Вміст вологи	1 раз на міс.	-//-
		Кислотне число	1 раз на 10 днів	-//-
		Перекисне число	-//-	-//-

При визначенні вмісту зіпсованих зерен в зерновій сировині аналізують наявність пліснявих зерен і з виїденим ендоспермом. При визначенні залишкової кількості пестицидів в першу чергу визначають вміст альдрину, гептахлору, гексахлорциклогексану і карбофосу. Визначення залишкової кількості пестицидів, вмісту важких металів, токсичності і мікробіологічних показників проводять в централізованих лабораторіях за умови наявності сертифікатів акредитації. Визначення токсичності і мікробіологічних показників можуть бути проведені також у ветеринарних лабораторіях, а також на комбикормовому заводі за наявності власної лабораторії мікробіології та токсикології.

Контроль якості сировини здійснюють: вибірково – не менше 1 партії з 10; за власним рішенням – не менше 1 партії на місяць; при потребі – у випадку відхилення від норми за органолептичними показниками, при надходженні інших видів сировини, від інших постачальників або при надходженні претензій з приводу якості комбикормів. Якщо кормова сировина надходить від одного постачальника протягом однієї доби, то допускається об'єднувати вивантажену сировину з різних транспортних засобів. Формування середньозмінних проб

сировини і готової продукції та направлення їх на аналіз до центральних, ветеринарних та інших лабораторій здійснює ВТЛ.

З метою упередження псування кормової сировини під час її зберігання також здійснюють контроль показників якості за типовою схемою.

Контроль за станом кормової сировини, цілісністю тари, наявністю штабельних ярликів є надзвичайно важливим. Крім того, необхідно слідкувати за термінами придатності сировини.

У процесі виробництва комбікормової продукції виробничий персонал і працівники ВТЛ контролюють ефективність технологічних процесів за схемою, наведеною в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Типова схема технохімічного контролю виробництва комбікормової продукції

Об'єкт контролю	Назва обладнання	Контрольні показники і параметри	Періодичність контролю	Хто здійснює контроль
1	2	3	4	5
Виробництво комбікормів	Магнітні сепаратори	Технічний стан установок і якість очищення магнітів	1 раз на зміну	-//-
		Здача металоманітних домішок у ВТЛ	В кінці зміни	-//-
		Вантажопідйомність магнітів	1 раз на рік	Головний технолог
	Екструдер (для сої)	Визначення відповідності тиску і температури пари нормативним параметрам	Кожні 2 години роботи	-//-
	Дробарка для порції зернової, мучнистої та кускової сировини	Технічний стан	Кожні 2 години	ВП
		Вміст цілих зерен у подрібненій суміші	-//-	-//-
		Крупність	-//-	ВТЛ
	Багатокомпонентний ваговий дозатор	Перевірка відповідності фактичної маси за зростаючим підсумком технол. карт.	2 рази на зміну 1 раз на зміну	Виробничий персонал ВТЛ

Продовження табл. 2.10

1	2	3	4	5
		Визначення точності дозування згідно із заданою рецептурою	2 рази на зміну 1 раз на зміну	Виробничий персонал ВТЛ
	Змішувач	Перевірка параметрів змішування	1 раз на зміну	ВП
	Кондиціонер, прес-гранулятор	Визначення відповідності тиску і температури пари нормативним параметрам	Кожні 2 години роботи	-//-
	Охолоджувач гранул	Температура гранул на виході з охолоджувача	-//-	-//-
		Розмір гранул	В кожній середньо-змінній пробі	ВТЛ
		Прохід через сито з отворами Ø2,0 мм	-//-	-//-
		Крихкість гранул	-//-	-//-
		Водостійкість гранул	-//-	-//-
		Вміст вологи в гранулах	-//-	-//-
	Подрібнювач гранул	Відбирання проб	Кожна партія	ВП
		Визначення залишку на ситі певного діаметра і проходу крізь дане сито	2 рази на зміну	ВТЛ

Виготовлену продукцію також контролюють за якістю під час зберігання та відвантаження споживачам за типовою схемою.

Ветеринарно-санітарні показники свідчать про рівень організації виробництва комбікормів, стан технологічного, аспіраційного та іншого обладнання, рівень технологічної культури обслуговуючого персоналу та дотримання ним технічного регламенту і правил внутрішнього розпорядку.

Кожна партія готової комбікормової продукції має супроводжуватися крім фінансових документів і документів про якість відповідним ветеринарним сертифікатом [63, 70].

Розділ 3 Розрахунок вентиляційного обладнання

3.1 Мета і задачі вентиляційних установок

Перспективні напрями розвитку галузі виробництва комбікормів для тварин включають виробництво високоякісних кормів, впровадження інноваційних технологій та розвиток технічної бази, що підтримується сучасним обладнанням від відомих виробників, фахівців та компаній України, Європи та США.

На сучасних комбікормових заводах технологічні процеси зазвичай генерують значні пилові викиди із різних джерел; тому системи вентиляції мають особливе значення.

Ці системи включають ряд спеціалізованого обладнання (вентилятори, вентиляційні канали, пилозбірники тощо). Вони об'єднані для забезпечення повітрообміну шляхом створення ефективного повітряного потоку в будинках, повітропроводах, камерах або шафах машин та обладнання. Це важливо для забезпечення чистоти повітря в робочих зонах та для виконання різних функцій, пов'язаних з технологією, транспортуванням, вибухобезпечністю та протипожежним захистом. Крім видалення пилу та інших гігієнічних завдань, вентиляційне обладнання також використовується для критично важливих операцій (очищення та сушіння зерна, сортування млинових продуктів за допомогою повітряного потоку), а також для пневматичного транспортування зерна та продуктів його переробки. Вентиляційні установки відводять повітря від технологічного та транспортувального обладнання шляхом всмоктування, створюючи робочі зони або захисні кожухи у машинах для зрідження. Це запобігає витоку пилу і дозволяє зовнішньому повітрю проникати в ці приміщення, тим самим видаляючи надлишкове тепло і вологу, що утворюються в процесі переробки зерна.

Вентиляційні установки на зернопереробних підприємствах дозволяють при ефективній роботі:

1) санітарно – гігієнічні задачі:

– поліпшити і оздоровити умови праці, ліквідувати професійні захворювання робітників;

					КРБ.ТЗіК.1.679-03.1.9						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Желясков Б.В.			Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області			Лім.	Арк.	Архувів	
Керівник		Бордун Т.В.								115	12
Консульт.		Гончарук Г.А.						ОНТУ 2026			
Зав.каф.		Макаринська А.В.									
Н.контр.											

- створити необхідні гігієнічні передумови для підвищення продуктивності праці;

- поліпшити санітарно-гігієнічний стан підприємств в результаті запобігання можливості конденсації вологи на внутрішніх поверхнях машин, розвитку мікроорганізмів, а також шкідників зерна й продуктів його переробки всередині аспіруючого обладнання;

2) підвищити продуктивність млинів, круп'яних і комбікормових заводів, завдяки підтримці нормального ходу технологічного процесу, обумовлює,

зокрема, підвищенням сипкості сит поліпшити якість борошна:

- краще очищати зерно і сортувати продукти помелу;
- попередити самозігрівання зерна, знизити вологість і запобігти розвиток шкідників;

- зменшити втрати зерна, що виникають при переробці його в борошно і крупу внаслідок зменшення кількості зміток і розсіювання пиловидних продуктів;

3) задачі пожежовибухобезпеки

- запобігти можливості виникнення вибухів пилу і пожежі.

3.2 Особливості проєктування аспіраційних установок комбікормових заводів

Компоновку аспіраційних мереж комбікормових заводів виконують для таких транспортно-технологічних ліній:

- розвантаження і складування зернової, м'якої та мінеральної сировини;
- очищення та подрібнення;
- дозування та змішування;
- завантаження продукції в автомашини та вагони.

Пиловидну сировину (борошно, БВД, вапно та інше) як правило транспортують пневмо- та аерозольнотранспортними установками.

При визначенні місць відсосу повітря від обладнання слід враховувати такі вимоги:

- не дозволяється використання зернових норій для транспортування подрібнених та тонко дисперсних матеріалів;
- обладнання, в якому створюються пило повітряні потоки підвищеної запиленості, слід аспірувати через транспортні самопливи шляхом відбору повітря від норійних труб або місткостей.

Завальні ями повинні бути максимально герметичними. Отвори над ямами для їх завантаження повинні забезпечувати пропускну потужність розвантажувальних засобів.

Випускні самопливи із силосів і бункерів повинні мати регулюючі засувки.

Обладнання циклічної дії (ваги, змішувачі) оснащується допоміжними повітропроводами перетоку повітря (байпасами) діаметром не менше 0,3м. Байпаси не повинні мати ділянок з нахилом менше 70°.

Сукупність надсилосних транспортерів і силосів аспіріують через ланцюгові транспортери. Самопливи транспортерів завантаження силосів повинні мати нахил не більше 60° , що забезпечує аспірацію силосів в режимі протитоку.

Підсилосні транспортери, що подають матеріалів в норії, доцільно аспіріувати за допомогою норійних труб.

Окремі верхні силоси або їх групи (7-8) можна знепилювати повітропроводами діаметром 0,5м шляхом їх виводу на 2м вище поверхні.

Місця завантаження автомашин та вагонів оснащуються окремими аспіраційними мережами.

Знепилення аспіраційного повітря на комбикормових заводах здійснюють, в основному, в фільтрах. Допускається використання циклонів при знепиленні лінії зернової сировини. На лініях обробки і транспортування вологих і теплих матеріалів використовують тільки циклони (4БЦШ, УЦ-38).

Аспіраційний пил є кормовим продуктом і повертається до аспіріруємої лінії.

Швидкість повітря в горизонтальних ділянках повітропроводів повинна бути не нижчою від 21м/с – на лініях мінеральної і вологої сировини і не нижчою від 16м/с – на всіх інших лініях. У вертикальних ділянках повітропроводів швидкість повинна бути більшою за 10м/с.

3.3 Основні принципи компонування аспіраційних установок

До основних принципів компонування, якими слід керуватися при проектуванні об'єднання вентилязованого обладнання в централізовані мережі слід віднести:

- технологічний (об'єднання в загальну мережу повітроводів того обладнання, пил від якого досить однорідний за якістю;

- одночасність роботи аспіраційного обладнання (об'єднання в загальну мережу одночасно працюючого обладнання);
- спрощення траси повітропроводів;
- експлуатаційну надійність і зручності автоматизації;
- температурний принцип.

3.4 Огляд основних методів розрахунку аспіраційних мереж

Основні особливості різних методів розрахунків вентиляційних мереж. Відомі в наш час методи розрахунків розгалужених повітропроводів вентиляційних установок розрізняються:

- видом тиску (повного, статичного або динамічного), що переміщується в якості основної величини у всіх розрахункових операцій;
- видом основного вираження коефіцієнта опору одиниці відносної довжини повітря, величини λ ;
- способами врахування шляхових і місцевих втрат тиску в ділянках повітропроводу (довжина повітропроводу, еквівалентним місцевим опором, приведений коефіцієнт опору ділянка повітропроводу і інші способи);
- способами визначення діаметрів розгалужень від магістралі;
- видом і побудовами посібників, що полегшує виконання визначений багаторазово повторюваних при розрахунку вентиляційних мереж.

3.5 Розрахунок локального фільтра та фільтра-циклона

При проектуванні та розрахунку фільтрів спочатку виконують компоновку аспіраційної мережі та визначають витрати повітря Q_ϕ , що необхідно відібрати від технологічного або транспортуючого обладнання Q_{TO} , м³/год з метою утворення в ньому необхідного розрідження та очистки повітря від пилу. [3, додаток табл.1]

При розрахунках Q_ϕ необхідно обов'язково враховувати кількість повітря, що підсмоктується у фільтр – Q_Π , м³/год.

$Q_\phi = 1,05 \cdot Q_{TO}$ – при одноступеневому очищенні повітря, тобто Q_Π складають 5% від $\Sigma Q_{\text{машин}}$ повітря, а це складає кількість підсмоктуваного повітря в межах 0,1...0,5 м³/с. По Q_ϕ вибирають необхідний типорозмір фільтра [71-73].

Втрати тиску у фільтрі H_ϕ , Па визначаються з уточненням фактичної напруженості тканини:

$$q = Q_\phi \cdot F_\phi^{-1} ,$$

де F_{ϕ} – площа поверхні фільтрувальної тканини, м^2 , яка визначається за кількістю фільтрувальних рукавів. В свою чергу кількість рукавів підбирають по табл. 2 і 3 (див. додаток методичних вказівок) в залежності від марки і типорозміру фільтра. Рукав фільтра сконструйовано таким чином, що одночасно працюють дві бокові його стінки. Площа кожної стінки рукава складає – $0,5 \text{ м}^2$. Таким чином, загальна площа фільтрувальної тканини одного рукава складає 1 м^2 , а загальна площа тканини фільтра визначається за виразом:

$$F_{\phi} = n \cdot 1, \text{ м}^2$$

де n – кількість рукавів фільтра.

Таким чином:

$$H_{\phi} = a \cdot q^h,$$

де a і h – експериментальні коефіцієнти, що залежать від структури фільтрувальної тканини, конструкції фільтра та характеристики пилу.

Для ефективної регенерації тканини фільтра зворотною продувкою втрати тиску до фільтра повинні бути більшими від величини, визначеної за формулою

$$H_{\text{рег}} > 363 + 155 \cdot q, \text{ Па.}$$

3.6 Проектування, підбір та установка локальних фільтрів за аеродинамічними показниками

Для аспірації зерноочисного обладнання використовують фільтри-циклони ZEO-FC, а також локальні фільтри ZEO-FV та ZEO-FG. Це дає можливість додаткового збереження маси кормового продукту шляхом зниження викидів у виробниче приміщення та атмосферу за рахунок високого коефіцієнта очищення повітря у рукавах пиловідділювача та повернення продукту в потік матеріалу.

На рис. 1 [73] наведені принципіальні схеми роботи фільтра циклона ZEO-FC і локальних фільтрів горизонтального і вертикального виконання.

3.7 Аспірація мережі, до якої входять: дозатор DFWK-3000 №1, конвеєр MNKA-200 №4 і норія MGEL 630x440 №6

Для аспірації із таблиці 1 додатка методичних вказівок ([73], табл. 1) вибираємо значення втрат повітря для обладнання: $Q_{\text{в}}=400 \text{ м}^3/\text{год}$, $Q_{\text{к}}=500 \text{ м}^3/\text{год}$, $Q_{\text{н}}=500 \text{ м}^3/\text{год}$; $H_{\text{в}}=20 \text{ Па}$, $H_{\text{н}}=50 \text{ Па}$ і $H_{\text{к}}=50 \text{ Па}$ – опір обладнання.

Величину підсосів повітря Q_n в обладнанні і фільтрі, а також загальні витрати повітря, яке повинен знепилити фільтр ZEO-FC розраховуємо за виразом. Аспіраційне повітря відбирається одночасно від вагів, конвеєра і норії ($\Sigma Q_{обл}$).

$$Q_{\phi} = \Sigma Q_{обл} + Q_n = Q_v + Q_k + Q_n + Q_n \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість підсмоктуваного повітря приймаємо 5% від $\Sigma Q_{обл}$.

$$Q_{\phi} = 1,05 \times (400 + 500 + 500) = 1470 \text{ м}^3/\text{год} = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$$

За витратами повітря вибираємо модульний фільтр ZEO-FC-2000.

Втрати тиску у фільтрі визначаємо за напруженістю тканини фільтра

$$q = \frac{Q_{\phi}}{F_{\phi.p.}} = \frac{0,4}{10,5} = 0,038 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2.$$

За графіком $H_{\phi} = f(q)$ ([73], рис. 4) визначаємо опір фільтра $H_{\phi} = 820$ Па.

Розраховуємо опір мережі, для чого складаємо площинну схему (рис.3.1)

$$H_{мер} = H_m + H_{нов} + H_{\phi} + H_{уд}, \text{ Па.}$$

де $H_{нор}$ – гідравлічний опір найбільш віддаленої машини за магістральним напрямком $H_{нор} = 50$ Па;

$H_{нов}$ – опір матеріалопроводу за магістральним напрямком, Па;

H_{ϕ} – опір фільтра;

$H_{уд}$ – втрати тиску на удар, або вихід повітря в атмосферу, Па.

Розраховуємо опір повітропроводу за виразом

$$H_{нов} = \left(\lambda \frac{l}{D} + \sum \xi \right) \frac{\rho v^2}{2}, \text{ Па,}$$

де λ – коефіцієнт опору по довжині повітропроводу;

l – довжина прямолінійних ділянок повітропроводів, м ($l = 21$ м);

D – діаметр повітропроводу, м;

ξ – коефіцієнт місцевого опору;

v – середня швидкість повітря в перерізі повітропроводу, м/с.

За номограмою Панченко знаходимо за витратами повітря і рекомендованою швидкістю його – (10...12 м/с) – λ/D , D , v , $H_{дин}$.

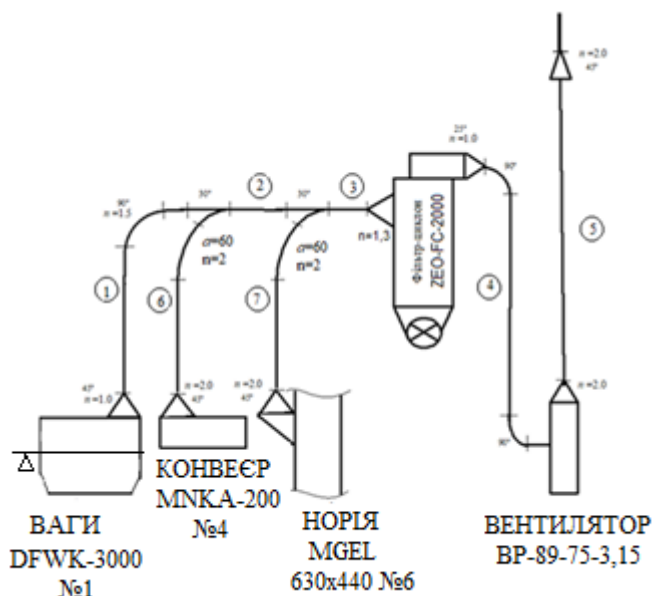


Рис. 3.1 – Площинна схема аспіраційної мережі

$$\lambda/D = 0,097; D = 180\text{мм}; v = 12,5\text{м/с}; H_{\text{дин}} = 110 \text{ Па.}$$

Величину кожного місцевого опору в мережі за магістральним напрямком приймаємо $\xi=0,2$.

Так, як у нас за магістраллю 12 місцевих опорів, то

$$\Sigma\xi=12\cdot0,2=2,4,$$

$$\text{Тому } H_{\text{нов}} = (0,097 \cdot 21 + 2,4) \cdot 110 = 499 \text{ Па.}$$

Розраховуємо витрати тиску на удар.

Так, як на виході з фільтру встановлюємо факельний викид – втрати тиску на удар визначаємо

$$H_{\text{уд}} = \frac{\rho v_{\text{вих}}^2}{2},$$

де $v_{\text{вих}}$ – швидкість повітря на виході з конфузора, приймаємо $v=20\dots22\text{м/с}$;

ρ – густина повітря, яка для стандартного стану повітря складає $1,2 \text{ кг/м}^3$.

$$H_{\text{уд}} = \frac{1,2 \cdot 22^2}{2} = 290 \text{ Па.}$$

Розраховуємо опір мережі

$$H_{\text{мер}}=50+499+820+290=1659 \text{ Па.}$$

Тиск, який повинен розвивати вентилятор треба збільшити на 10 %

$$H_{\text{в}}=1,1 \cdot H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 1659 = 1825 \text{ Па.}$$

Витрати повітря, яке повинен переміщувати вентилятор

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{ф}}=1260 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вибираємо вентилятор за параметрами $Q_{\text{в}}$ і $H_{\text{в}}$, використовуючи аеродинамічні характеристики вентилятора $H_{\text{в}}=f(Q_{\text{в}})$ [73, додаток, табл.4 і 5]: вентилятор вітчизняного виробництва ВР-89-75-3,15. Число обертів робочого колеса вентилятора та його ККД визначають за точкою перетину характеристик вентилятора і мережі, а необхідну потужність на валу електродвигуна визначаємо за формулою

$$N_{\text{вент}} = \frac{Q_{\text{в}} \cdot H_{\text{в}}}{1000 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \text{ кВт},$$

де $\eta_{\text{в}}$ – ККД вентилятора (0,72);

$\eta_{\text{пер}}$ – ККД передачі (0,98);

$\eta_{\text{п}}$ – ККД, що враховує опір у підшипниках (0,98).

$$N_{вент} = \frac{1260 \times 1825}{1000 \times 0,72 \times 0,98 \times 0,98 \times 3600} = 0,92 \text{ кВт}$$

Фактичну потужність електродвигуна N_ϕ визначають за виразом:

$$N_\phi = K_3 \cdot N_{ел.дв.}, \text{ кВт},$$

де враховують коефіцієнт запасу потужності електродвигуна K_3 . Для електродвигунів потужністю до 5 кВт $K_3=1,15$.

$$N_\phi = 1,15 \times 0,92 = 1,1 \text{ Вт}.$$

Остаточну потужність електродвигуна приймаємо $N=1,5$ кВт з числом обертів $n=2850$ об/хв за комплектацією заводу-виробника.

3.8 Розрахунок аспірації для норій MGEL–630x440 №1, 2, 6, 7

За додатком методичних вказівок [73], табл.1 вибираємо значення втрат повітря на аспірацію обладнання: $Q_n=500$ м³/год і гідравлічний опір машин $H_n=50$ Па.

При розрахунку Q_ϕ враховували повітря, що підсмоктується у фільтр – Q_ϕ , м³/год.

$$Q_\phi = \Sigma Q_{обл} + Q_n, \text{ м}^3/\text{год}$$

де $\Sigma Q_{обл}$ – сумарна кількість повітря, яке необхідно відібрати від норій;

Q_n – підсоси повітря у розмірі 5% від $\Sigma Q_{обл}$.

$$Q_n = 0,05 \cdot Q_n, \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$Q_n = 0,05 \cdot 500 = 40 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$Q_\phi = 500 + 40 = 540 \text{ м}^3/\text{год} = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$$

Вибираємо фільтр-циклон ZEO-FV-800. Площа фільтруючої поверхні рукавів $F_{\phi.p} = 4 \text{ м}^2$.

Втрати тиску у фільтрі H_ϕ , Па визначаються з уточненням фактичної напруженості тканини:

$$q = Q_\phi \cdot F_\phi^{-1}, \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$$

де F_ϕ – площа поверхні фільтрувальної тканини, м², яка визначається за кількістю фільтрувальних рукавів визначається за формулою

$$F_\phi = n \cdot 1, \text{ м}^2$$

де n – кількість рукавів фільтра.

$$F_\phi = 4 \cdot 1 = 4 \text{ м}^2$$

$$q = 0,15 \cdot 4^{-1} = 0,037 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$$

Втрати тиску у фільтрі H_{ϕ} , Па визначаються з уточненням фактичної напруженості тканини:

Для ефективної регенерації тканини фільтра зворотною продувкою втрати тиску до фільтра повинні бути більшими від величини, визначеної за формулою

$$H_{\text{рег}} > 363 + 155 \cdot q, \text{ Па.}$$

$$H_{\text{рег}} > 363 + 155 \cdot 0,037 = 368,81 \text{ Па}$$

Втрати тиску у фільтрі H_{ϕ} , Па визначаються з уточненням фактичної напруженості тканини:

$$H_{\phi} = A + B \cdot Q_{\phi}^2, \text{ Па,}$$

де A і B – коефіцієнти заводу виробника: $A = 670$, $B = 360$;

$$H_{\phi} = 670 + 360 \cdot 0,15^2 = 678 \text{ Па,}$$

Розраховуємо опір аспіраційної мережі

$$H_{\text{мер}} = H_{\text{м}} + H_{\phi} + H_{\text{уд}}, \text{ Па.}$$

де $H_{\text{м}}$ – опір технологічного обладнання (машини, яка аспірується), додаток, (табл. 1);

H_{ϕ} – опір фільтра;

$H_{\text{уд}}$ – втрати тиску на удар, або вихід повітря в атмосферу, Па.

За номограмою Панченко [73], знаходимо за витратами повітря і рекомендованою швидкістю його – (13...14 м/с)

$$\lambda/D=0,16 ; D=120\text{мм}; v=14\text{м/с};$$

Ми встановили вихідний дифузор, втрати тиску на удар $H_{\text{уд}}$ розраховують за формулою

$$H_{\text{уд}} = H_{\text{дин}} \left(\frac{1}{n} \right)^2, \text{ Па}$$

де $H_{\text{дин}}$ – динамічний тиск на ділянці перед дифузorzом;

$$n - \text{відношення } F_{\text{вих}} \text{ до } F_{\text{тр}} \left(\frac{\pi D_1^2}{4} / \frac{\pi D^2}{4} \right)$$

$$D_1 = 2 \dots 2,5D$$

$$D_1 = 120 \cdot 2 = 240 \text{ мм}$$

$$H_{\text{дин}} = \frac{\rho v_{\text{вих}}^2}{2}, \text{ Па}$$

$v_{\text{вих}}$ – приймемо – 20 м/с

$$H_{\text{дин}} = \frac{1,2 \cdot 20^2}{2} = 240 \text{ Па}$$

$$F_{mp} = \left(\frac{\pi D_1^2}{4} / \frac{\pi D^2}{4} \right) = \frac{3,14 \cdot 240^2}{4} / \frac{3,14 \cdot 120^2}{4} = 4$$

$$H_{уд} = 240 \cdot \left(\frac{1}{4} \right)^2 = 15 \text{ Па}$$

Тоді

$$H_{мер} = H_m + H_\phi + H_{уд}, \text{ Па}$$

$$H_{мер} = 50 + 678 + 15 = 743 \text{ Па.}$$

Тиск, який повинен утворити вентилятор визначається

$$H_b = 1,1 \cdot H_{мер}, \text{ Па.}$$

$$H_b = 1,1 \cdot 743 = 817,3 \text{ Па.}$$

Витрати повітря, яке буде переміщувати вентилятор

$$Q_b = Q_\phi, Q_b = 0,15.$$

Вибираємо вентилятор за аеродинамічними параметрами Q_ϕ і H_b . Ми обрали вентилятор ВР 200-28-2,5 вентилятор вітчизняного виробника, ККД вентилятора=0,61. Необхідну потужність на валу електродвигуна визначаємо за формулою:

$$N = \frac{Q_b \cdot H_b}{1000 \cdot \eta_b \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_{п}}, \text{ кВт},$$

де η_b – ККД вентилятора;(0,61)

$\eta_{пер}$ – ККД передачі (0,98);

$\eta_{п}$ – ККД, що враховує опір у підшипниках (0,98).

$$N = \frac{0,15 \cdot 817,3}{1000 \cdot 0,61 \cdot 0,98 \cdot 0,98} = 0,20 \text{ кВт}$$

Фактичну потужність електродвигуна N_y визначають з урахуванням коефіцієнта запасу потужності електродвигуна:

$$N_y = K_3 \cdot N, \text{ кВт}$$

Для електродвигунів потужністю до 5 кВт $K_3=1,15$, для електродвигунів з більшою потужністю $K_3=1,1$.

$$N_y = 1,15 \cdot 0,20 = 0,23 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун марки 4ААМ56В2 - потужністю $N=0,25$ кВт з числом обертів $n=3000$ об/хв.

3.9 Розрахунок аспіраційного обладнання для аспірації просіювачів (як окремої одиниці) DFTA-23 (№1-4)

Із табл. 1 [73] вибираємо значення витрат повітря на аспірацію просіювача $Q_{np}=600 \text{ м}^3/\text{год}$ і втрати тиску в ньому $H_{np}=50 \text{ Па}$.

Визначаємо величину підсосів повітря в мережу Q_n і загальні витрати повітря, які повинен знепилити фільтр Q_ϕ .

$$Q_\phi = Q_{np} + Q_n, \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_n = 0,05 \cdot Q_n = 0,05 \cdot 600 = 30 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_\phi = 600 + 30 = 630 \text{ м}^3/\text{год} (0,18 \text{ м}^3/\text{с})$$

За витратами повітря вибираємо найближчий фільтр ZEO-FC-1000.

Площа фільтруючої поверхні рукавів $F_\phi = 4,0 \text{ м}^2$.

Втрати тиску у фільтрі визначають за напруженістю тканини фільтра:

$$q = \frac{Q_\phi}{F_\phi}, \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2; \quad q = \frac{0,18}{4,0} = 0,045, \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2.$$

За графіком [73], рис.4 визначаємо $H_\phi = 890 \text{ Па}$.

Для розрахунку опору мережі складаємо площинну схему (рис.3.2)

$$H_{\text{мер}} = H_{np} + H_{нов} + H_\phi + H_{y\phi},$$

де H_{np} – гідравлічний опір просіювача, (50Па);

$H_{нов}$ – гідравлічний опір повітропроводу, Па;

H_ϕ – гідравлічний опір фільтра, Па;

$H_{y\phi}$ – втрати тиску на удар при виході повітря в атмосферу, Па.

Розраховуємо опір повітропроводу за виразом

$$H_{нов} = \left(\lambda \frac{l}{D} + \sum \xi \right) \frac{\rho v^2}{2}, \text{ Па},$$

де λ – коефіцієнт опору по довжині повітропроводу;

l – довжина прямолінійних ділянок повітропроводів, м;

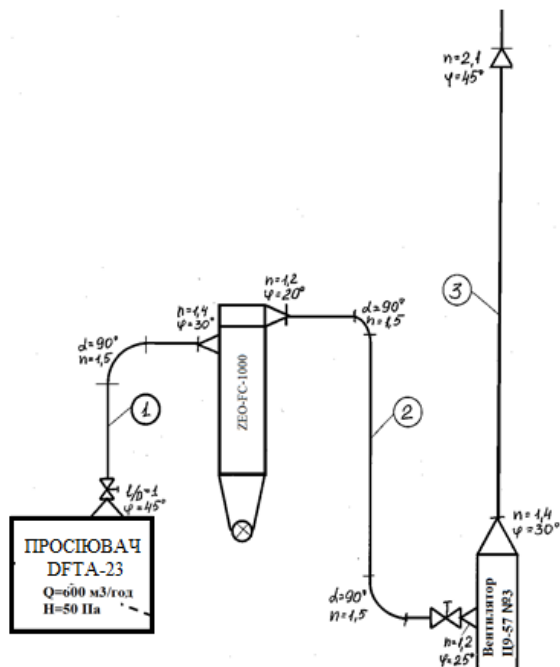
D – діаметр повітропроводу, м;

ξ – коефіцієнт місцевого опору;

v – середня швидкість повітря в перерізі повітропроводу, м/с.

За номограмою О.В. Панченко знаходимо за витратами повітря Q_ϕ і його

Рис. 3.2 – Площинна схема



рекомендованою швидкістю (10...12 м/с) – λ/D , D , v , $H_{\text{дин}}$.

$$v = 11,7 \text{ м/с}, \quad H_{\text{дин}} = 84 \text{ Па}, \quad D = 140 \text{ мм}, \quad \lambda/D = 0,138.$$

Коефіцієнт кожного місцевого опору приймаємо $\Sigma\xi=0,2$; тобто $\Sigma\xi=7\cdot0,2=1,4$, де 10 – кількість фасонних деталей.

$$H_{нов} = (0,138\cdot15+1,4)84 = 291,5 \text{ Па}$$

Розраховуємо втрати тиску на удар. При факельному викиді

$$H_{y0} = \frac{\rho v_{вих}^2}{2}, \text{ Па,}$$

де ρ – густина повітря, яка для стандартного стану повітря складає $1,2 \text{ кг/м}^3$;

$v_{вих}$ – швидкість чистого повітря на виході з конфузора, складає $20\ldots22 \text{ м/с}$.

$$H_{y0} = \frac{1,2 \cdot 20^2}{2} = 240 \text{ Па.}$$

Розраховуємо опір мережі $H_{мер} = 50 + 291,5 + 890 + 240 = 1471,5 \text{ Па}$

Тиск, який повинен розвивати вентилятор треба збільшити на 10 %

$$H_с = 1,1 \cdot H_{мер} = 1,1 \cdot 1471,5 = 1618,6 \text{ Па.}$$

Витрати повітря, яке буде переміщувати вентилятор $Q_\phi = Q_с$

По $H_с$ та Q_ϕ , вибираємо вентилятор за аеродинамічними характеристиками $H_с = f(Q_с)$ вітчизняного виробництва Ц9-57 №3, ККД якого дорівнює 0,45.

Необхідну потужність на валу електродвигуна визначають за формулою

$$N_{ел.дв.} = \frac{Q_с \cdot H_с}{1000 \cdot \eta_с \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_{п}}, \text{ кВт.}$$

де $\eta_с$ – ККД вентилятора;

$\eta_{пер}$ – ККД передачі (0,98);

$\eta_{п}$ – ККД, що враховує опір у підшипниках (0,98).

$$N_{ел.дв.} = \frac{630 \cdot 1618,6}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,45 \cdot 0,98 \cdot 0,98} = 0,7 \text{ кВт}$$

Фактичну потужність електродвигуна N_ϕ визначають за виразом:

$$N_\phi = K_з \cdot N_{ел.дв.}, \text{ кВт,}$$

де враховують коефіцієнт запасу потужності електродвигуна $K_з$. Для електродвигунів потужністю до 5 кВт $K_з=1,15$.

$$N_\phi = 1,15 \cdot 0,7 = 0,81 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун 4A71B2Y3 потужністю $N=1,1 \text{ кВт}$ з числом обертів $n=3000 \text{ об/хв}$ за комплектацією заводу-виробника.

Розділ 4 Електропостачання та енергозбереження

4.1 Мета та задачі проєктування

У відповідності з проєктом електропостачання комбикормового заводу буде здійснюватися від одного з двох незалежних джерел енергії, основного та резервного, кабельними лініями з напругою 10 кВ та частотою змінного струму 50 Гц, а електрична підстанція підприємства має містити два силових трансформатори.

Компенсація реактивної потужності підприємства буде здійснюватися за допомогою конденсаторних установок. Живлення силових установок та електроприводів робочих машин в цехах підприємства буде здійснюватися трифазною системою напруг з номінальним значенням напруги 380/220 В 50 Гц, а мережа освітлення однофазною системою з напругою 220 В 50 Гц.

Задачею теперішнього розрахунку є визначення розрахункової потужності трансформаторної підстанції, вибір потужності силових трансформаторів та установок для компенсації реактивної потужності.

4.2 Визначення розрахункової активної потужності підприємства

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

$$P_P = \frac{W_{\text{ПИТ}} \cdot M_{\text{ДОБ}}}{T_{\text{ДОБ}}}, \quad (4.1)$$

де P_P – розрахункова активна потужність підприємства, кВт;

$W_{\text{ПИТ}}$ – питома витрата електроенергії для вироблення 1 т комбикорму,

$W_{\text{ПИТ}} = 20 \dots 30$ кВт·год/т;

$M_{\text{ДОБ}}$ – добова продуктивність підприємства, $M_{\text{ДОБ}} = 1200$ т;

$T_{\text{ДОБ}}$ – кількість годин роботи підприємства за добу, $T_{\text{ДОБ}} = 24$ год.

					КРБ.ТЗіК.1.679-03.1.9							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Будівництво комбикормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Желясков Б.В.									127	10
Керівник		Бордун Т.В.						ОНТУ 2026				
Консульт.		Штепа Є.П.										
Зав.каф.		Макаринська А.В.										
Н.контр.												

Визначимо розрахункову активну потужність для підприємства:

$$P_P = \frac{W_{\text{ПИТ}} \cdot M_{\text{ДОБ}}}{T_{\text{ДОБ}}} = \frac{25 \cdot 1200}{24} = 1250 \text{ (кВт)} \quad (4.2)$$

Визначимо розрахункову активну потужність на освітлення приміщень лампами розжарювання:

$$P_{\text{ОСВ}} = 0,1 \cdot P_P, \quad (4.3)$$

Тоді:

$$P_{\text{ОСВ}} = 0,1 \cdot P_P = 0,1 \cdot 1250 = 125 \text{ (кВт)}$$

4.3 Розрахунок повної потужності трансформаторної підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності

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

$$S_{\text{ТП}} = \sqrt{(P_P + P_{\text{ОСВ}})^2 + (Q_P - Q_{\text{КНОМ}})^2}, \quad (4.4)$$

де Q_P – розрахункова реактивна потужність приймачів:

$$Q_P = P_P \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (4.5)$$

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

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(\arccos \varphi), \quad (4.6)$$

для комбикормового заводу $\cos \varphi = 0,85$,

тоді:

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

$$Q_P = P_P \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1250 \cdot 0,62 = 775 \text{ (квар)}$$

Потужність пристроїв для компенсації реактивної потужності визначають за формулою:

$$Q_K = Q_P - Q_E, \quad (4.7)$$

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

$$Q_E = 0,3 \cdot (P_P + P_{\text{ОСВ}}) \quad (4.8)$$

Тоді оптимальна реактивна потужність підприємства Q_K що проектується:

$$Q_E = 0,3 \cdot (1250 + 125) = 412,5 \text{ (квар)},$$

$$Q_K = Q_P - Q_E = 775 - 412,5 = 362,5 \text{ (квар)}$$

Вибираємо тип і потужність компенсуючих установок $Q_{НОМ}$ для компенсації реактивної потужності підприємства та кількість установок з умови [74, 75]:

$$\sum Q_{КНОМ} = n \cdot Q_{НОМ} \geq Q_K, \quad (4.9)$$

де $\sum Q_{КНОМ}$ - сумарна потужність компенсуючих установок;

n – кількість компенсуючих установок;

$Q_{НОМ}$ – номінальна потужність кожної компенсуючої установки.

Технічні дані обраної компенсуючої установки приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики компенсуючої установки

Тип	Номінальна напруга $U_{НОМ}$, кВ	Номінальна потужність $Q_{НОМ}$, квар	Номінальна ємність $C_{НОМ}$, мкФ	Число ступенів регулювання	Маса, кг
КК-0,38-324-108УЗ	0,38	324	2354	3	875

Сумарна потужність компенсуючих установок складає:

$$\sum Q_{КНОМ} = n \cdot Q_{НОМ},$$

Тоді:

$$Q_{КНОМ} = n \cdot Q_{НОМ} = 2 \cdot 324 = 648 \text{ квар} > Q_K = 642,5 \text{ (квар)},$$

тобто умова (4.9) виконується.

Повна потужність трансформаторної підстанції складає:

$$S_{ТП} = \sqrt{(P_P + P_{ОСВ})^2 + (Q_P - Q_{КНОМ})^2} = \sqrt{(1250 + 125)^2 + (775 - 648)^2} = 1381 \text{ (кВ А)}$$

Потужність одного трансформатора $S_{ТР}$ повинна забезпечувати навантаження не менше 70...90% повної потужності ТП $S_{ТП}$ і складає:

$$S_{ТР} = (0,70 \dots 0,90) S_{ТП}, \quad (4.10)$$

тоді:

$$S_{ТР} = 0,75 \cdot 1381 = 1035,8 \text{ (кВ} \cdot \text{А)}$$

Вибираємо тип та потужність силового трансформатора з умови [75]:

$$S_{НОМ} \geq S_{ТР}, \quad (4.11)$$

де $S_{ТР}$, $S_{НОМ}$ - розрахункова та номінальна потужності трансформатора.

Технічні дані обраного силового трансформатора приведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики силового трансформатора

Тип	Номинальна потужність $S_{НОМ}$, кВ·А	Номинальна напруга, кВ		Струм холостого ходу, $I_x\%$	Втрати потужності, кВт		Напруга короткого замикання, $U_K\%$
		Первинна, $U_{1НОМ}$	Вторинна, $U_{2НОМ}$		холостого ходу, P_x	короткого замикання, P_K	
ТМ2000/10-0,4	2000	10	0,4	2,3	4,8	23,7	5,5

4.4 Перевірка потужності трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності

За графіком добового навантаження комбікормового заводу рис. 4.1 [75], визначимо коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$K_{3T} = \frac{\sum S_i \cdot t_i}{24 \cdot 100}, \quad (4.12)$$

де K_{3T} – коефіцієнт завантаження трансформаторів;

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

t_i – тривалість i -тої ділянки часу, годин.

$$\text{Тоді} \quad K_{3T} = \frac{\sum S_i \cdot t_i}{24 \cdot 100} =$$

$$\frac{20 \cdot 1 + 42 \cdot 1 + 38 \cdot 1 + 68 \cdot 2 + 78 \cdot 2 + 48 \cdot 1 + 80 \cdot 1 + 90 \cdot 2 + 85 \cdot 1 + 68 \cdot 1 + 78 \cdot 3 + 72 \cdot 2 + 75 \cdot 3 + 72 \cdot 2 + 75 \cdot 1}{24 \cdot 100} = 0,70$$

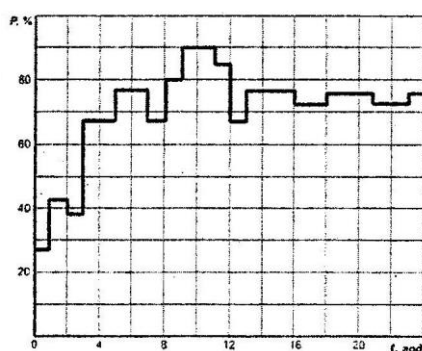


Рис. 4.1 – Графік добового навантаження комбікормового заводу

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

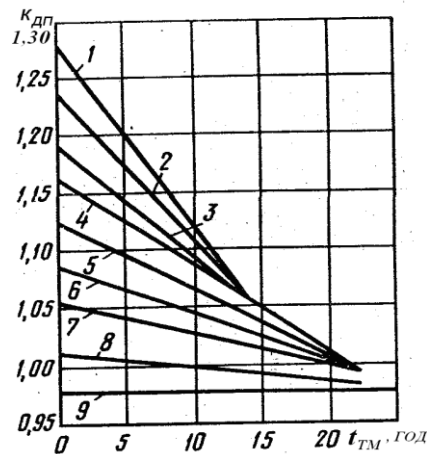


Рис. 4.2 – Графік допустимих перевантажень $K_{ДП}$ силових трансформаторів;
 $K_{ЗГ} = 1 - 0,6; 2 - 0,65; 3 - 0,7; 4 - 0,75; 5 - 0,8; 6 - 0,85; 7 - 0,9; 8 - 0,95; 9 - 1,00$.

За графіком допустимих силових перевантажень силового трансформатора (рис. 4.2) [75], визначаємо коефіцієнт допустимих перевантажень трансформатора:

$$K_{ДП} = 1,16 \text{ при } K_{ЗГ} = 0,70 \text{ та } t_M = 3 \text{ (год)}$$

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики силового трансформатора

Тип	Номинальна потужність $S_{НОМ}$, кВ·А	Номинальна напруга, кВ		Струм холостого ходу, $I_x\%$	Втрати потужності, кВт		Напруга короткого замикання, $U_K\%$
		Первинна, $U_{1НОМ}$	Вторинна, $U_{2НОМ}$		холостого ходу, P_x	короткого замикання, P_K	
ТМ1600/10-0,4	1600	10	0,4	2,4	3,6	16,7	4,5

Потужність кожного з двох трансформаторів з урахуванням їх перевантажень складе:

$$S_{ТП} \geq \frac{S_{ТП}}{2 \cdot K_{ДП}}, \quad (4.13)$$

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

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

Тоді
$$S_{TP} \geq \frac{S_{ТП}}{2 \cdot K_{ДП}} = \frac{1381}{2 \cdot 1,16} = 595,3 \text{ (кВ} \cdot \text{А)}$$

Уточнюємо тип та номінальну потужність силових трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності з умови $S_{НОМ} \geq S_{TP}$ [75] (табл. 4.3).

Таким чином, потужність кожного силового трансформатора може бути знижена від 250 кВ·А до 160 кВ·А.

4.5 Техніко-економічне порівняння роботи силових трансформаторів

Визначимо приведені втрати у трансформаторі за формулами:

$$\Delta P'_X = \Delta P_X + K_E \cdot \Delta Q_X, \quad (4.14)$$

$$\Delta P'_K = \Delta P_K + K_E \cdot \Delta Q_K, \quad (4.15)$$

де ΔP_X , ΔP_K – втрати трансформатора у режимах Х.Х. та К.З. вибираємо з таблиці 4.3, кВт;

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

$$K_E = 0,05 \text{ кВт / квар};$$

ΔQ_X – реактивні втрати трансформатора у режимі Х.Х:

$$\Delta Q_X = \frac{S_{НОМ} \cdot I_X \%}{100} \quad (4.16)$$

ΔQ_K – реактивні втрати трансформатора у режимі К.З:

$$\Delta Q_K = \frac{S_{НОМ} \cdot U_K \%}{100}, \quad (4.17)$$

тоді:

$$\Delta Q_X = \frac{S_{НОМ} \cdot I_X \%}{100} = \frac{1600 \cdot 2,4}{100} = 38,4 \text{ (кВТ)},$$

$$\Delta Q_K = \frac{S_{НОМ} \cdot U_K \%}{100} = \frac{1600 \cdot 4,5}{100} = 72,0 \text{ (кВТ)},$$

$$\Delta P'_X = \Delta P_X + K_E \Delta Q_X = 3,6 + 0,05 \cdot 38,4 = 5,52 \text{ (кВТ)},$$

$$\Delta P'_K = \Delta P_K + K_E \Delta Q_K = 16,7 + 0,05 \cdot 72,0 = 20,3 \text{ (кВТ)}.$$

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

$$S_{ЕК} = S_{НОМ} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta P'_X}{\Delta P'_K}}, \quad (4.18)$$

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

$$S_{EK} = 1600 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{5,52}{20,3}} = 1177 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}$$

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

$$S\% = \frac{S_{EK}}{m \cdot S_{НОМ}} \cdot 100\%, \quad (4.19)$$

$$S\% = \frac{1177}{2 \cdot 1600} \cdot 100 = 36,7 \text{ (\%)}.$$

Таким чином, при навантаженні підстанції менш ніж $S\% = 36,7\%$ один з трансформаторів можна відключити.

За графіком добового навантаження (рис. 4.1) робимо висновок, що на протязі доби один з двох трансформаторів можна відключити у перебігу $\sum t = 6$ годин, що складає:

$$\Delta T_{MAX\%} = \frac{\sum t}{24} \cdot 100\%, \quad (4.20)$$

$$\Delta T_{MAX\%} = \frac{6}{24} \cdot 100 = 25,0 \text{ (\%)}$$

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

$$T'_{MAX} = T_{MAX} \cdot \frac{100 - \Delta T_{MAX\%}}{100}, \quad (4.21)$$

тоді:

$$T'_{MAX} = 5000 \cdot \frac{100 - 25,0}{100} = 3750 \text{ (год)},$$

де T_{MAX} – річний фонд годин роботи підприємства, для комбікормового заводу $T_{MAX} = 5000$ годин.

4.6 Вибір перерізу жил та марки кабелю

Визначаємо розрахунковий струм ТП до компенсації реактивної потужності:

$$I_P = \frac{1000 \cdot S_P}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \quad (4.22)$$

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

$$S_P = \sqrt{(P_P + P_{ОСВ})^2 + Q_P^2}, \quad (4.23)$$

$$S_P = \sqrt{(1250+125)^2 + 775^2} = 1578,4 \text{ (кВ}\cdot\text{А)},$$

$$I_P = \frac{1578,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2401 \text{ (А)}$$

Вибираємо кабель АВРГ- чотирьохжильний з алюмінієвими жилами і полівінілхлоридною ізоляцією прокладений у землі. За таблицею [75] знаходимо стандартний переріз жил кабелю:

$$S_K = 150 \text{ мм}^2, \text{ струм } I_{\text{доп}} = 335 \text{ (А)}$$

Тоді кількість паралельних кабельних ліній m складає:

$$m = I_P / I_{\text{доп}} = 2401 / 335 = 8 \text{ (од.)}$$

Перевіряємо вибраний переріз жил кабелю на допустиму втрату напруги:

$$\Delta U \% = \frac{10^5 \cdot (P_P + P_{\text{осв}})}{U_{\text{ном}}^2} \cdot R_L, \quad (4.24)$$

$$R_L = \rho \cdot \frac{L}{S_O}, \quad (4.25)$$

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

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

S_O – загальний переріз жил паралельних кабелів,

$$S_O = S_K \cdot m = 150 \cdot 8 = 1200 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

$$R_L = 0,032 \cdot \frac{120}{1200} = 0,0032 \text{ (Ом)},$$

$$\Delta U \% = \frac{10^5 \cdot (1250+125)}{380^2} \cdot 0,0032 = 3,05 \text{ (\%)}$$

Допустима втрата напруги у кабельної лінії складає $\Delta U_{\text{доп}} \% = 5,0\%$, тоді умова $\Delta U_{\text{доп}} \% \geq \Delta U_P \%$ виконується:

$$\Delta U_{\text{доп}} \% = 5,0\% \geq \Delta U_P \% = 3,05 \text{ (\%)}$$

4.7 Річні витрати електроенергії та їх вартість

Річна витрата електроенергії на виробництво продукції та освітлення підприємства складає:

$$W_A = (P_P + P_{\text{осв}}) \cdot T_{\text{MAX}}, \quad (4.26)$$

$$W_A = (1250 + 125) \cdot 5000 = 6875000 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}$$

Вартість електроенергії складає:

$$S_0 = d_0 \cdot W_A, \quad (4.27)$$

де d_0 – тариф на електроенергію, $d_0 = 7$ грн/кВт·год,
тоді:

$$S_0 = 7 \cdot 6875000 = 48125000 \text{ (грн)}$$

Розрахунки по економії електроенергії на підприємстві

Розрахунковий струм лінії живлення ТП після компенсації реактивної потужності складає:

$$I'_P = \frac{1000 \cdot S_{ТП}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1000 \cdot 1381}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2101 \text{ (А)},$$

а струм лінії живлення зменшиться на:

$$\Delta I_P \% = \frac{I_P - I'_P}{I_P} \cdot 100\% = \frac{2401 - 2101}{2401} \cdot 100 = 12,5 \text{ (\%)},$$

що зменшить вартість втрат електроенергії в лінії живлення.

Річні втрати електроенергії в лінії живлення складають:

- до компенсації реактивної потужності навантаження підприємства:

$$W_L = 3 \cdot R_L \cdot I_P^2 \cdot T_{MAX} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,0032 \cdot 2401^2 \cdot 5000 \cdot 10^{-3} = 276711 \text{ (кВт·год)},$$

- після компенсації реактивної потужності навантаження підприємства:

$$W'_L = 3 \cdot R_L \cdot I'^2_P \cdot T_{MAX} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,0032 \cdot 2101^2 \cdot 5000 \cdot 10^{-3} = 211882 \text{ (кВт·год)}$$

Річні втрати електроенергії у трансформаторах складають:

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

$$W_{TP} = 2 \cdot \Delta P'_K \cdot T_{MAX} = 2 \cdot 20,3 \cdot 5000 = 203000 \text{ (кВт·год)},$$

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

$$W'_{TP} = 2 \cdot \Delta P'_K \cdot T'_{MAX} = 2 \cdot 20,3 \cdot 3750 = 152250 \text{ (кВт·год)}$$

Витрати електроенергії на освітлення складають:

- для ламп розжарювання:

$$W_{OCB} = q \cdot P_P \cdot T_{MAX} = 0,10 \cdot 1250 \cdot 5000 = 625000 \text{ (кВт·год)},$$

- для люмінесцентних ламп:

$$W'_{OCB} = q' \cdot P_P \cdot T_{MAX} = 0,04 \cdot 1250 \cdot 5000 = 250000 \text{ (кВт·год)},$$

де q , q' - коефіцієнти, для ламп розжарювання $q = 0,1$; для люмінесцентних ламп – у залежності від їх типу [75], $q' = 0,035 \dots 0,06$.

Результати розрахунків по економії електроенергії зведені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Річні витрати та річна економія електроенергії

Споживачі	Витрати електроенергії, кВт·год		Економія електроенергії, кВт·год
	До впровадження заходів по економії	Після впровадження заходів по економії	
Кабельна лінія	$W_L = 276711$	$W'_L = 211882$	$\Delta W_L = 64829$
Трансформатори	$W_{TP} = 203000$	$W'_{TP} = 152250$	$\Delta W_{TP} = 50750$
Освітлення	$W_{OCB} = 625000$	$W'_{OCB} = 250000$	$\Delta W_{OCB} = 375000$
Всього			$\Delta W = 490579$

Загальна річна економія електроенергії на підприємстві за розрахунками складає $\Delta W = 490579$ кВт·год, а річна вартість зекономленої електроенергії дорівнює:

$$\Delta S_0 = d_0 \cdot \Delta W = 7 \cdot 490579 = 3434053 \text{ (грн)},$$

що складає:

$$\Delta S\% = \frac{\Delta S_0}{S_0} \cdot 100\% = \frac{3434053}{625000} \cdot 100 = 5,5 \text{ (\%)}$$

від річної вартості електроенергії $S_0 = 625000$ (грн)

Висновки

1. Розрахункова повна потужність електричної підстанції підприємства складає $S_{ТП} = 1381$ кВ·А, яку можливо забезпечити двома силовими трансформаторами типу ТМ1600/10-0,4 з номінальною потужністю кожного $S_{НОМ} = 1600$ кВ·А.

2. Розрахункова реактивна потужність електричної підстанції підприємства складає $Q_P = 775$ квар, яку можливо компенсувати за допомогою двох компенсуючих установок типу КК-0,38-324-108УЗ з номінальною реактивною потужністю кожної $Q_{НОМ} = 324$ квар.

3. Впроваджені заходи до компенсації реактивної потужності: зниження номінальної потужності силових трансформаторів та відключення одного з них в години зниження споживання електроенергії на підприємстві, вибору раціонального перерізу жил кабельних ліній живлення та заміна ламп розжарювання на люмінесцентні енергозберігаючі лампи.

Ці заходи дають щорічну економію електроенергії на суму $\Delta S_0 = 3434053$ грн/рік, що складає $\Delta S\% = 5,5 \text{ \%}$ від річної вартості споживаної електроенергії.

Розділ 5 Охорона праці

Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Аналіз технологічної схеми виробництва комбікормової продукції свідчить, що в процесі роботи можуть виникнути такі потенційно небезпечні й шкідливі виробничі фактори [76, 77]:

- підвищена температура поверхні обладнання (кондиціонер, екструдер, молоткова дробарка, прес-гранулятор, охолоджувальна колонка);
- підвищена температура повітря робочої зони (кондиціонер, екструдер, прес-гранулятор, охолоджувальна колонка – норма 15-21 °С);
- підвищена запиленість повітря робочої зони виробничого корпусу – ГДК пилу становить 2-6 мг/м³;
- рухомі матеріали (вихідна сировина, розсипний та гранульований комбікорм, що переміщується по самопливах, конвеєрах і транспортерах);
- рухливі частини технологічного і транспортного обладнання (просіювальна машина, кондиціонер, екструдер, молоткова дробарка, змішувач, прес-гранулятор, валковий подрібнювач, конвеєри, транспортери, норії);
- підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якої може пройти через тіло людини (все технологічне і транспортне обладнання підключене до мережі з напругою 380 В);
- підвищений рівень статичної електрики (транспортне обладнання, поверхня просіювальної машини, молоткова дробарка, бункери, аспіраційні установки, самопливні труби);
- конструкції, які руйнуються (вікна і двері);
- підвищений рівень вібрації на робочому місці (молоткова дробарка, просіювальна машина, екструдер, прес-гранулятор); нормативне значення віброшвидкості – 92 дБ при частоті вібрації технологічного обладнання 60-63 Гц;
- підвищений рівень шуму на робочому місці (молоткова дробарка, екструдер, прес-гранулятор, змішувач, транспортне обладнання); нормативне значення на постійному робочому місці 80 дБА;
- підвищена чи понижена вологість повітря (кондиціонер, екструдер,

					КРБ.ТЗіК.1.679-03.1.9						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Желясков Б.В.			Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області			Літ.	Арк.	Аркушів	
Керівник		Бордун Т.В.								137	8
Консульт.		Бордун Т.В.						ОНТУ 2026			
Зав.каф.		Макаринська А.В.									
Н.контр.											

прес-гранулятор, охолоджувальна колонка – по нормі відносна вологість не вище 75 %;

- підвищена або понижена рухливість повітря – зони обслуговування технологічного обладнання в теплий чи холодний періоди року в залежності від погодних умов, влітку – протяги; швидкість руху повітря не більше 0,4 м/с;

- нестача природного освітлення (особливо у холодний період); так як в виробничому приміщенні виконуються роботи четвертого розряду зорової роботи, тому коефіцієнт природного освітлення повинен бути не менше 1,5 %;

- нестача штучного освітлення робочої зони через велику кількість технологічного і транспортного обладнання; нормативна освітленість виробничого приміщення – становить 100 лк згідно ДБН В.2.5-28:2018;

- розташування обладнання на висоті відносно підлоги (конвеєри, транспортери, головки норій, кондиціонер);

- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхні інструментів, обладнання (обладнання з рухомими деталями, різне допоміжне обладнання);

- хімічні фактори – органічні кислоти як складова частина гранульованого комбікорму (шляхи проникнення – через органи дихання, шкіру, слизові оболонки; в великих кількостях викликають інтоксикацію організму людини);

- біологічні фактори – бактерії, віруси, гриби, патогенні мікроорганізми, а також гризуни (щери), як макроорганізми;

- психофізіологічні (монотонність праці, фізичне, динамічне та емоційне перевантаження, перенапруга аналізаторів слуху, нюху).

Забезпечення нормованих показників мікроклімату та чистоти повітря

Для забезпечення нормативних показників мікроклімату та чистоти повітря в робочій зоні проектом передбачені наступні заходи [76, 77]:

- раціональне розміщення обладнання (з урахуванням зручності обслуговування та ремонту);

- максимальна механізація (автоматизація) виробничих процесів;

- раціональна теплова ізоляція обладнання (прес-гранулятор – 3 поверх, кондиціонер – 4 повер, екструдер, кондиціонер – 1 поверх, трубопроводи пари та гарячої води);

- раціональна природна вентиляція (шляхом провітрювання/протяги);

- герметизація обладнання (прес-гранулятор – 3 поверх, екструдер – 1 поверх, просіювальні машини – 6 поверх, валкові подрібнювачі – 1, 2 поверхи, молоткова дробарка – 4 поверх, а також усі бункери);
- аспірація обладнання (компоновка аспіраційних мереж);
- графік прибирання пилу (2 рази за зміну);
- раціональний режим праці і відпочинку (робочий графік змінний – одна зміна тривалістю 12 год з перервою на обід та відпочинок);
- засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) (одяг відповідно сезону, респіратори, рукавиці, в особливих випадках використовуються протигази при роботі в бункерах і силосах при наявності наряду-допуску).

Проектом передбачено забезпечення нормованих показників освітлення

Освітленість виробничих приміщень і майданчиків необхідно забезпечувати відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006.

Для забезпечення нормованої освітленості виробничих приміщень та робочих місць, проектом передбачено природне, штучне та комбіноване освітлення.

Природне освітлення. Проектом передбачено двостороннє бокове освітлення. Виробниче обладнання не затуляє світлові прорізи. Так як в виробничому приміщенні виконуються роботи четвертого розряду зорової роботи, тому коефіцієнт природного освітлення повинен бути не менше 1,5 %.

Скляну поверхню світлових отворів (вікон) періодично очищають від забруднення в терміни, встановлені адміністрацією підприємства (графік встановлюється адміністрацією)

Розбиті у вікнах стекла негайно видаляються і замінюються новими. Для зручності і безпеки протирання і заміни скла передбачені віконні блоки з внутрішнім відкриттям стулок.

Штучне освітлення. Проектом передбачено робоче, аварійне, евакуаційне. На поверхах виробничого приміщення проводиться зорова робота восьмого розряду. Це забезпечується лампами розжарення з освітленням 100 Лк, а також вибухозапобіжними світильниками марки НОБ-300, ПУ-100, УП-200.

Напруга живлення ручних переносних світильників є: в приміщеннях з підвищеною небезпекою – безперервно 42 В; у приміщеннях особливо небезпечних, за межами приміщень і при роботі в котлах, цистернах тощо – безперервно 12 В.

Аварійне освітлення для продовження роботи забезпечує на робочих поверхнях, що вимагають обслуговування при аварійному режимі, освітленість не менше 5 % від норми робочого освітлення при системі спільного освітлення – 2 Лк усередині будівлі і складу та 1 Лк для території підприємства. Евакуаційне освітлення забезпечує освітленість в приміщеннях не менше 0,5 Лк на підлозі по лінії основних проходів. Евакуаційне освітлення живиться від джерела, що не залежить від електричної мережі робочого освітлення [76, 77].

Захист працюючих від ураження електричним струмом

У табл. 5.1. приведено класифікацію приміщень комбікормового заводу за характером електробезпеки.

Таблиця 5.1. – Класифікація приміщень комбікормового заводу за характером електробезпеки

Найменування	Категорія
	За електробезпекою
Склад для безтарного зберігання мучнистої сировини, макух, шротів, трав'яної муки, дріжджів, а також комбікормів	ППО
Приміщення для розтарювання комбікормової сировини – склад (окрім мінерального походження) та преміксів	ППО
Склад для зберігання вітамінів, ферментативних препаратів тощо	ППО
Відділення для гранулювання комбікормів	ООП

– ППО – приміщення з підвищеною небезпекою;

– ООП – приміщення особливо небезпечні.

Виробничі приміщення комбікормового заводу за показниками електробезпеки відносяться до категорії приміщень з підвищеною небезпекою.

Для захисту працюючих від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції проектом передбачені наступні заходи:

– недосяжність струмоведучих частин – прокладання їх на висоті 2,5 метра від рівня підлоги; кабель в жолобах із заземленням;

– захисне заземлення корпусів електрообладнання і елементів електроустановок, які можуть бути під напругою (все технологічне обладнання яке живиться електроенергією, а також усі металеві конструкції;

– блокування, написи, плакати, засоби індивідуального захисту (діелектричні килимки, «Стій», «Напруга», «Небезпечно»);

– захист від статичної електрики (паста для змазування рук).

Забезпечення нормованих умов шуму та вібрації

Основними організаційними заходами для зниження шкідливого впливу на організм людини шуму та вібрації є:

- дотримання правил експлуатації обладнання та проведення своєчасних профілактичних ремонтів (своєчасне змащення віброуючих частин обладнання, збалансованість швидкообертаючих частин машин, попередження зносу і своєчасна заміна зношених зубчастих передач і т.п., вдосконалення технології ремонту і обслуговування машин, а також своєчасне якісне проведення технічних оглядів, попереджувальних і загальних ремонтів);
- дистанційне керування обладнанням;
- використання ЗІЗ від шуму та вібрації (від шуму – навушники, від вібрації – віброізолюючі рукавиці, взуття на гумовій підшві);
- проведення санітарно-профілактичних заходів (раціональний режим праці, медогляд 1 раз на рік та ін.).

До основних технічних заходів відносять:

- встановлення устаткування, яке шумить, на шумоізолюючих фундаментах, віброізолювання від підлоги і інших конструкцій будівель (дробарка, вентилятори, прес-гранулятор, екструдер, змішувач);
- використання глушників шуму (вихлопні труби вентиляторів) [76, 77].

Заходи із пожежовибухонебезпеки

Комбікормовий завод відноситься до пожежовибухонебезпечних виробництв категорії «Б».

У приміщеннях і будівлях підприємства знаходяться наступні категорії виробництв по пожежовибухонебезпеці, які приведені в табл. 5.2.

До вибухо- і пожежонебезпеки категорії Б належать виробництва, пов'язані з приміщеннями або наявністю горючих газів з нижньою межею запалення більше 10 % до об'єму повітря. До цієї категорії можуть бути віднесені: склади безтарного зберігання мучнистої сировини і мішкозатарочні відділення, відділення зернової сировини і комбікормові підприємства в цілому.

Проектом передбачено захист від блискавки на даху будівлі виробничого корпусу (на висоті будівлі 32,5 м) з заземленням.

Проектом передбачено установку на всіх поверхах по 8 порошкових вогнегасників із зарядом вогнегасної речовини 6 кг. На всіх поверхах встановлюємо 2 вогнегасники – в тамбур-шлюзі по одному на кожному проході,

1 встановлюємо на вході до РП (розподільний пункт), 3 встановлюємо біля найбільш вогненебезпечного обладнання (прес-гранулятор, екструдер, молоткова дробарка, валкові подрібнювачі, башмаки і головки норій, змішувач, просіювальні машини).

Таблиця 5.2 – Класифікація приміщень за характером середовища, електро-, пожежно- і вибухонебезпечності

№ п\п	Найменування будівель, споруд	Категорія, клас		
		за характером середовища	за пожежо-вибухонебезпекою	пожеже-вибухонебезпека в електро-установках
1.	Зерноочисне відділення	СП, ППН	В	П-П
2.	Комбікормовий завод. Будівлі і споруди для безтарного зберігання мучнистої сировини, макух, шротів, комбікормів	СП, ППН	Б	22

Примітка: СП – сухі, у яких відносна вологість не перевищує 60 %;

ППН – зі струмопровідним пилом;

ППО – з підвищеною безпекою (по ураженню людей електричним струмом).

22 – відносяться зони, розташовані в приміщеннях, в яких властива зона класу 22 небезпечні стани не мають місця при нормальній експлуатації, а можливі тільки в результаті аварій чи несправностей.

Клас П-П зони приміщень, де виділяється горючий пил або волокна з нижньою межею концентрації поширення полум'я понад 65 г/м³ об'єму повітря або вибухонебезпечного пилу, вміст якого в повітрі приміщень не досягає вибухонебезпечних концентрацій.

Проектом передбачаються наступні системи пожежегасіння: внутрішня зовнішня. Внутрішні пожежні крани ручного пуску, встановлені в доступних місцях на між етажних майданчиках сходової клітини виробничого корпусу. Для забору води з протипожежної мережі встановлені пожежні гідранти. Кожен пожежний кран укомплектований пожежним рукавом і розміщений у навісній шафці.

Передбачено блокування технологічного і транспортного устаткування з

аспіраційними установками, а також автоблокування приводів груп устаткування, що виключає можливість завалів продукту при пусках і зупинках (дробарки, прес-гранулятора).

На території підприємства встановлено пожежний стенд при в'їзді на територію підприємства, 6 гідрантів, 2 пожежних водоймища (300 м³). Забезпечено внутрішнє водопостачання [76, 77].

Вибухобезпека виробничого обладнання і приміщень

Вибухорозрядники призначаються для запобігання зростання тиску вибуху в об'ємі устаткування вище допустимого рівня з метою його захисту від руйнування і запобігання можливості поширення продуктів горіння у виробничі приміщення. Точкові фільтри призначені для видалення пилу із конвеєрів, елеваторів, бункерів та іншого технологічного обладнання.

Устаткування, яке захищене вибухорозрядниками і точковими фільтрами представлено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Устаткування, яке захищене вибухорозрядниками і точковими фільтрами

№ п/п	Найменування устаткування	Найменування лінії	Поверх установки
1.	Молоткові дробарки DFZK-1 №1, 2 – точкові фільтри	Лінія підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини	4
2.	Головки норій MGEL 630x440 №1, 2, 6, 7, MGEL 500x360 №4, 5, 8-12, MGEL 320x190 №3 – вибухорозрядні труби	Усі лінії	7

Для запобігання потрапляння металевих предметів над наступним устаткуванням передбачений магнітний захист (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Магнітний захист, що встановлений на підприємстві

№ п/п	Найменування устаткування	Найменування будинків, споруд	Найменування ліній	Тип магнітного захисту	Поверх
1	2	3	4	5	6
1.	Валковий подрібнювач DFZL-1000 №1	Виробничий корпус	Лінія екструдкування сої	MMUW-10 №1	2

Продовження табл. 5.4

1	2	3	4	5	6
2.	Молоткові дробарки DFZK-1 №1, 2	Виробничий корпус	Лінія підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини	MMUW-12 №3, 5	5
3.	Кондиціонери DCHA-700 №2, 3	Виробничий корпус	Лінія гранулювання	MMUW-15 №6, 7	7

У приміщеннях виробничого корпусу передбачені легкоскидні конструкції, площі яких забезпечують скидання надлишкового тиску при виникненні вибуху без руйнування конструкції будівлі.

У зовнішніх огорожувальних конструкціях приміщень категорії за вибухо-пожежонебезпекою «Б» передбачено встановлення віконних блоків з одинарним склом у якості легкоскидних конструкцій.

Вихід з приміщень з пожежевибухонебезпечним виробництвом категорії «Б» на сходовій клітці і в приміщенні категорії «В» передбачені тамбур-шлюзи. Тамбур-шлюзами обладнані усі поверхи виробничого корпусу [76, 77].

Шляхи евакуації

Проектом передбачені наступні шляхи евакуації робітників та службовців:

- з приміщень першого поверху безпосередньо назовні через головний вхід або в коридор і на сходову площадку;
- з розташованих на будь-якому поверсі приміщень, крім першого, через тамбур шлюз, що веде на сходову клітину, яка має вихід безпосередньо назовні, або з 2 по 5 поверхи вихід на зовнішню пожежну драбину.

Плани евакуації вивішені біля виходу на кожному поверсі виробничого корпусу. Шляхи евакуації забезпечені евакуаційним освітленням. В нічний час передбачено включення світильників евакуаційного освітлення. У світильниках евакуаційного освітлення передбачено проектом лампи розжарювання.

Аварійне освітлення поділяється на освітлення безпеки і евакуаційне. Нормативні характеристики освітлення в приміщеннях і зовні будинків забезпечується світильниками робочого освітлення та спільним з ним освітленням – світильниками безпеки і евакуаційним освітленням [76, 77].

Розділ 6 Оцінка економічної ефективності інвестиційного проекту будівництва комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс»

6.1 Розрахунок необхідної суми інвестицій на будівництво

Необхідні інвестиції (I) для будівництва комбікормового заводу, загальна сума яких складається з [78]:

- первісної вартості впроваджуваного обладнання ($PB_{об}$);
- первісної вартості будівельних робіт ($PB_{буд}$);
- оборотних коштів, які знадобляться комбікормовому заводу для випуску необхідного обсягу продукції (ОК).

$$I = PB_{об} + PB_{буд} + ОК \quad (6.1)$$

Інвестиції в основні фонди є первісною вартістю запропонованого до впровадження обладнання та будівельних робіт. До складу первісної вартості впроваджуваного обладнання ($PB_{об}$) входять вартість його придбання ($B_{пр}$), транспортні витрати на доставку (T_p), заготівельно-складські витрати ($З_c$) та витрати на монтаж обладнання (M_n):

$$PB_{об} = 1,2 \times (B_{пр} + T_p + З_c + M_n) \quad (6.2)$$

де T_p – 8 % від вартості придбання обладнання;

$З_c$ – 2 % від вартості придбання обладнання;

1,2 – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати у розмірі 20 % від врахованої частини первісної вартості впроваджуваного обладнання.

Вартість придбання та монтажу кожної одиниці впроваджуваного обладнання визначають за допомогою відповідних прейскурантів, довідників та прайс-листів. Загальну суму вартості придбання та монтажу впроваджуваного обладнання необхідно розрахувати за допомогою табл. 6.1.

Додатково розрахуємо вартість бункерів (10 % від вартості обладнання):

$$PB_{бунк} = 92\,196,0 \times 0,10 = 9\,219,6 \text{ (тис. грн)}$$

Витрати на транспортування та зберігання обладнання:

$$T_p = 92\,196,0 \times 0,08 = 7375,7 \text{ (тис. грн)}$$

$$З_c = 92\,196,0 \times 0,02 = 1843,9 \text{ (тис. грн)}$$

					КРБ.ТЗіК.1.679-03.1.9							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Будівництво комбікормового заводу на ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області			Літ.	Арк.	Аркуші		
Розроб.		Желясков Б.В.									145	12
Керівник		Бордун Т.В.						ОНТУ 2026				
Консульт.		Басюркіна Н.Й.										
Зав.каф.		Макаринська А.В.										
Н.контр.												

$$ПВ_{об} = 1,2 \times (92196 + 9219,6 + 9219,6 + 7375,7 + 1843,9) = 143825,8 \text{ (тис. грн)}$$

Таблиця 6.1 – Кошторисно-фінансовий розрахунок вартості придбання та монтажу обладнання

Обладнання	Марка	Кількість, шт	Вартість одиниці, тис. грн з ПДВ	Загальна вартість, тис. грн з ПДВ	Вартість монтажу обладнання, тис. грн (10 % від вартості)
Магнітний сепаратор №1	MMUW-10	1	180,0	180,0	18,0
Здрібнювач сої №1	DFZL-1000	1	1007,0	1 007,0	100,7
Кондиціонер №1	DMBG-450/1	1	905,0	905,0	90,5
Екструдер	AHSH-178	1	4500,0	4 500,0	450,0
Охолоджувальна колонка №1	VK 14×14	1	1298,0	1 298,0	129,8
Змішувач лапатевого №1, 2	DFML-6300	2	1775,0	3 550,0	355,0
Ваговий дозатор №1	DFWK-3000	1	895,0	895,0	89,5
Ваговий дозатор №2	DFWC-200	1	673,0	673,0	67,3
Модуль мікродозування №1	DFDA-50	1	1875,0	1 875,0	187,5
Модуль мікродозування №2	DFDA-10	1	1227,0	1 227,0	122,7
Магнітний сепаратор №2-5	MMUW-10/12	4	327,0	1 308,0	130,8
Магнітний сепаратор №6,7	MMUW-15	2	381,0	762,0	76,2
Просіювальна машина №1-4	DFTA-23	4	894,0	3 576,0	357,6
Молоткова дробарка № 1, 2	DFZK-1	2	4784,0	9 568,0	956,8
Кондиціонер № 2, 3	DCHA (Hymix)-700	2	1312,0	2 624,0	262,4
Прес-гранулятор № 1, 2	HYPAC-9.300	2	9900,0	19 800,0	1 980,0
Охолоджувальна колонка № 2, 3	DFKA-24	2	1579,0	3 158,0	315,8
Валковий подрібнювач № 2, 3	DFZL-1500	2	1426,0	2 852,0	285,2
Установка для нанесення рідких компонентів	MFS-500	1	9600,0	9 600,0	960,0
Норія	MGEL-630×440	4	850,0	3 400,0	340,0
Норія	MGEL-500×360	7	837,0	5 859,0	585,9
Норія	MGEL-180×140	1	789,0	789,0	78,9
Транспортер	MNKA-200	5	885,0	4 425,0	442,5
Транспортер	MNKA-50	7	623,0	4 361,0	436,1
Конвеєр	RFKG-200	2	797,0	1 594,0	159,4
Конвеєр	MNSG-200	2	615,0	1 230,0	123,0
Конвеєр	MNSG-160	2	590,0	1 180,0	118,0
Покупна вартість обладнання				92 196,0	9 219,6

Розрахунок інвестицій у будівництво проводимо на основі методу питомих капітальних вкладень. Питомі капітальні вкладення на будівництво 1 кв. м. виробничої будівлі заводу складають 35000 грн. для даного регіону та типу будівлі. Додатково необхідно врахувати капітальні витрати на проведення комунікацій (20 % від інвестицій на будівництво). Враховуючи загальну площу виробничої будівлі 3024 кв. м. інвестиції на будівництво становлять:

$$\text{ПВ буд} = 3024 \text{ кв. м.} \times 35000 \text{ грн / кв.м.} \times 1,2 / 1000 = 127008 \text{ (тис. грн.)}$$

Комбікормовому заводу знадобляться оборотні кошти:

$$\text{ОК} = \text{ОВ} \times \text{Тоб} / 360, \quad (6.3)$$

де ОК – оборотні кошти підприємства;

ОВ – обсяг виробництва продукції за рік;

Т об – тривалість 1 обороту оборотних коштів (45 днів)

$$\text{ОК} = 4152484,5 \times 45 / 360 = 519060,6 \text{ (тис. грн)}$$

$$\text{I} = 143825,8 + 127008 + 519060,6 = 789894,4 \text{ (тис. грн)}$$

6.2 Розрахунок виробничої програми

Розрахунок виробничої програми підприємства представимо у вигляді табл. 6.2 та табл. 6.3.

Таблиця 6.2 – Розрахунок планового обсягу виробництва підприємства

	Показники	Значення
1	Виробнича потужність підприємства, т/добу	1200
2	Плановий фонд робочого часу підприємства, діб	330
3	Коефіцієнт використання виробничої потужності	0,80
4	Плановий обсяг виробництва к/к на рік, тис. т	316,8

Таким чином, плановий обсяг виробництва комбікорму становитиме 316,8 тис. т на рік. Виробнича програма розраховується шляхом розподілу загального обсягу виробництва між основними видами продукції на основі попиту.

Таблиця 6.3 – Виробнича програма підприємства

Вид продукції	Частка, %	Обсяг виробництва, т
№ПК-52-1	25	79200
№ПК-53-2	25	79200
№ПК-54-3	20	63360
№ ПК-57-4	15	47520
№ ПК-58-5	15	47520
Всього	100,0	316800

6.3 Розрахунок собівартості продукції

Витрати на сировину та матеріали

Для кожного виду продукції нами розраховано калькуляцію витрат на сировину (табл. 6.4-6.9).

Таблиця 6.4 – Витрати на сировину на 1 т комбікорму за рецептом №ПК-52-1

Назва інгредієнту комбікорму	У рецепті, %	Ціна 1 т інгредієнту, грн	Вартість інгредієнту в 1 т комбікорму, грн
Ячмінь без плівок	30,000	10 500,00	3 150,00
Кукурудза	1,150	8 300,00	95,45
Пшениця	43,100	8 600,00	3 706,60
Шрот соняшниковий	4,200	9 900,00	415,80
Макуха соєва	14,000	20 500,00	2 870,00
Соя екструдована	3,100	22 000,00	682,00
Дріжджі кормові	1,000	19 000,00	190,00
Вапнякове борошно	1,630	2 000,00	32,60
Монокальцій фосфат	0,440	35 000,00	154,00
Сіль кухонна	0,390	3 800,00	14,82
Кроноцид Д	0,100	125 000,00	125,00
Мікосорб	0,050	198 000,00	99,00
Фітаза Біомін	0,010	245 000,00	24,50
Гріндазім	0,010	215 000,00	21,50
Біо-Мос	0,050	285 000,00	142,50
Монохлорид лізину, 98 %	0,340	88 000,00	299,20
DL-Метіонін, 98,5 %	0,120	148 000,00	177,60
L-Треонін, 98 %	0,040	95 000,00	38,00
Сукрам 810	0,015	460 000,00	69,00
КС-3 поросята-відлучники	0,250	76 000,00	190,00
Всього	100,00		12 497,60

Таблиця 6.5 – Витрати на сировину на 1 т комбікорму за рецептом №ПК-53-2

Назва інгредієнту комбікорму	У рецепті, %	Ціна 1 т інгредієнту, грн	Вартість інгредієнту в 1 т комбікорму, грн
1	2	3	4
Ячмінь	13,500	9 000,00	1 215,00
Кукурудза	15,800	8 300,00	1 311,40
Пшениця	44,950	8 600,00	3 865,70
Шрот соняшниковий	14,000	9 900,00	1 386,00
Соя екструдована	5,200	22 000,00	1 144,00
Дріжджі кормові	3,000	19 000,00	570,00

Продовження табл. 6.5

1	2	3	4
Вапнякове борошно	1,957	2 000,00	39,14
Монокальцій фосфат	0,370	35 000,00	129,50
Сіль кухонна	0,390	3 800,00	14,82
Кроноцид Д	0,100	125 000,00	125,00
Мікосорб	0,050	198 000,00	99,00
Фітаза Біомін	0,010	245 000,00	24,50
Гріндазім	0,010	215 000,00	21,50
Монохлорид лізину, 98 %	0,082	88 000,00	72,16
DL-Метіонін, 98,5 %	0,081	148 000,00	119,88
КС-4 відгодівля свиней першого періоду	0,500	71 000,00	355,00
Всього	100,00		10 492,60

Таблиця 6.6 – Витрати на сировину на 1 т комбікорму за рецептом №ПК-54-3

Назва інгредієнту комбікорму	У рецепті, %	Ціна т інгредієнту, грн	Вартість інгредієнту в 1 т комбікорму, грн
Ячмінь	36,200	9 000,00	3 258,00
Пшениця	43,100	8 600,00	3 706,60
Шрот соняшниковий	10,100	9 900,00	999,90
Соя екструдована	5,260	22 000,00	1 157,20
Мука м'ясо-кісткова	3,000	16 500,00	495,00
Вапнякове борошно	0,984	2 000,00	19,68
Сіль кухонна	0,500	3 800,00	19,00
Кроноцид Д	0,100	125 000,00	125,00
Мікосорб	0,050	198 000,00	99,00
Фітаза Біомін	0,010	245 000,00	24,50
Гріндазім	0,010	215 000,00	21,50
Монохлорид лізину, 98 %	0,089	88 000,00	78,32
DL-Метіонін, 98,5 %	0,096	148 000,00	142,08
КС-5 відгодівля свиней другого періоду	0,500	69 000,00	345,00
Всього	100,00		10 490,80

Таблиця 6.7 – Витрати на сировину на 1 т комбікорму за рецептом №ПК-57-4

Назва інгредієнту комбікорму	У рецепті, %	Ціна 1 т інгредієнту, грн	Вартість інгредієнту в 1 т комбікорму, грн
1	2	3	4
Ячмінь	10,470	9 000,00	942,30
Кукурудза	12,120	8 300,00	1 005,96

Продовження табл. 6.7

1	2	3	4
Пшениця	28,000	8 600,00	2 408,00
Горох	15,000	10 200,00	1 530,00
Висівки пшеничні	14,000	4 600,00	644,00
Шрот соняшниковий	11,000	9 900,00	1 089,00
Соя екструдована	2,400	22 000,00	528,00
Дріжджі кормові	3,000	19 000,00	570,00
Вапнякове борошно	2,430	2 000,00	48,60
Монокальцій фосфат	0,470	35 000,00	164,50
Сіль кухонна	0,400	3 800,00	15,20
Кроноцид Д	0,100	125 000,00	125,00
Мікосорб	0,050	198 000,00	99,00
Фітаза Біомін	0,040	245 000,00	98,00
Гріндазім	0,010	215 000,00	21,50
Біо-Мос	0,010	285 000,00	28,50
Монохлорид лізину, 98 %	0,040	88 000,00	35,20
КС-1 свиноматки	0,500	66 000,00	330,00
Всього	100,00		9 682,80

Таблиця 6.8 – Витрати на сировину на 1 т комбікорму за рецептом №ПК-58-5

Назва інгредієнту комбікорму	У рецепті, %	Ціна 1 т інгредієнту, грн	Вартість інгредієнту в 1 т комбікорму, грн
Ячмінь	11,700	9 000,00	1 053,00
Кукурудза	14,000	8 300,00	1 162,00
Пшениця	30,650	8 600,00	2 635,90
Горох	15,850	10 200,00	1 616,70
Шрот соняшниковий	11,840	9 900,00	1 172,16
Соя екструдована	10,000	22 000,00	2 200,00
Дріжджі кормові	1,250	19 000,00	237,50
Вапнякове борошно	2,040	2 000,00	40,80
Монокальцій фосфат	1,520	35 000,00	532,00
Сіль кухонна	0,740	3 800,00	28,12
Кроноцид Д	0,100	125 000,00	125,00
Мікосорб	0,050	198 000,00	99,00

Таблиця 6.9 – Розрахунок загальних витрат на сировину

Вид продукції	Обсяг виробництва, т	Витрати на сировину на 1 т	Загальні витрати на сировину
№ПК-52-1	79200	12497,6	989810
№ПК-53-2	79200	10492,6	831014
№ПК-54-3	63360	10490,8	664697,1
№ ПК-57-4	47520	9682,8	460126,7
№ ПК-58-5	47520	11287,0	536358,2
Всього	316800		3482006,0

Додаткові витрати на паливо й енергію

Витрати на енергію у зв'язку із зміною обладнання в результаті реконструкції заводу можна розрахувати за формулою [78]:

$$E = N \times P_{\text{річ}} \times \Gamma_{\text{доб}} \times K_c \times m / 1000 \quad (6.4)$$

де N – сумарна потужність електродвигунів обладнання;

$P_{\text{річ}}$ – річний період роботи заводу в днях;

$\Gamma_{\text{доб}}$ – середня тривалість роботи заводу за добу;

K_c – коефіцієнт використання потужності електродвигунів;

m – тариф за 1 кВт×год електроенергії (за звітними даними заводу).

$$E = 1497 \times 330 \times 24 \times 7 / 1000 \times 0,8 = 66394,9 \text{ (тис. грн)}$$

Витрати на паливо в зв'язку з організацією процесу гранулювання комбікормів на заводі розрахувати за допомогою табл. 6.10.

Таблиця 6.10 – Розрахунок додаткової вартості палива

Показники	Гранулювання
1. Річний обсяг гранулювання комбікормів, тис. т	316,8
2. Норма витрачання умовного палива на гранулювання 1 тонни комбікорму, кг	12
3. Річна потреба в умовному паливі, т	3801,6
4. Вид натурального палива	газ
5. Коефіцієнт переводу умовного палива в натуральне	0,88
6. Річна потреба в натуральному паливі, т (або куб. м)	3345,4
7. Вартість 1 тонни (або 1 куб. м) натурального палива, грн	23200
8. Вартість річної потреби натурального палива, тис. грн	77613,3

Загальні витрати на паливо та енергію:

$$B_{\text{пе}} = 66394,9 + 77613,3 = 144008,2 \text{ (тис. грн)}$$

Загальні матеріальні витрати:

$$MB = B_{\text{сир}} + B_{\text{пе}}$$

$$MB = 3482006 + 144008,2 = 3626014,2 \text{ (тис. грн)}$$

Витрати на оплату праці

По проєкту для роботи підприємства необхідно 2 виробничі зміни. У структурі персоналу додатковий персонал складає 30 % виробничого (табл.6.11).

Таблиця 6.11 – Розрахунок витрат на оплату праці на 1 зміну

Склад виробничої зміни	Кількість	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Фонд робочого часу, год/рік	Фонд оплати праці, грн/рік
1	2	3	4	5	6
Начальник зміни	1	6	160,00	2 080	332 800,0

Продовження табл. 6.11

1	2	3	4	5	6
Оператор	1	5	135,00	2 080	280 800,0
Вантажник	2	2	100,00	2 080	416 000,0
Грануляторщик	1	3	115,00	2 080	239 200,0
Апаратник	2	4	125,00	2 080	520 000,0
Технолог	1	5	145,00	2 080	301 600,0
Електрик	1	4	130,00	2 080	270 400,0
Всього основна ЗП	9				2 360 800,0

Витрати на оплату праці на одну зміну – 2 360 800,0

Кількість змін – 2

Витрати на оплату праці виробничого персоналу – 4 721,6 тис. грн

Чисельність виробничого персоналу: $9 \times 2 = 18$ осіб.

Чисельність невикробничого персоналу: $18 \times 0,3 \approx 6$ осіб.

Загальна чисельність персоналу – 24 особи.

При середній заробітній платі одного працівника невикробничого персоналу у 17000 грн у даному регіоні, фонд оплати праці невикробничого персоналу складе:

$$6 \text{ осіб} \times 17000 \text{ грн} \times 12 \text{ міс.} / 1000 = 1224,0 \text{ (тис. грн)}$$

Загальні річні витрати на оплату праці складають:

$$В_{оп} = 4\,721,6 + 1224,0 = 5945,6 \text{ (тис. грн)}$$

Єдиний соціальний внесок

Відрахування на соціальні заходи необхідно визначити, використовуючи встановлені ставки відрахувань (22 %):

$$В_{сз} = 5945,6 \times 0,22 = 1308,03 \text{ (тис. грн)}$$

Витрати з амортизації основних фондів

Амортизаційні відрахування будівель, споруд ($\Delta A_{б\text{уд}}$) та обладнання ($\Delta A_{обл}$) можна розрахувати за формулою [78]:

$$\Delta A_{б\text{уд}(обл)} = (ПВ_{б\text{уд}(обл)} - БВ_{б\text{уд}(обл)}) * H_a / 100, \quad (6.5)$$

де $ПВ_{б\text{уд}}$ та $ПВ_{обл}$ – первісна вартість встановлених будівель, споруд та впроваджуваного обладнання;

$БВ_{б\text{уд}}$ та $БВ_{обл}$ – балансова (залишкова) вартість демонтованих будівель, споруд та обладнання тощо;

H_a – норма річних амортизаційних відрахувань для основних фондів групи 1, до складу якої входять будівлі та споруди ($H_a = 5 \%$); для технологічного обладнання ($H_a = 20 \%$).

$$А_{обл.} = 143825,8 / 1,2 \times 0,2 = 23971 \text{ (тис. грн)}$$

$$A_{\text{буд.}} = 127008 / 1,2 \times 0,05 = 5292 \text{ (тис. грн)}$$

$$A_{\text{заг}} = 23971 + 5292 = 29263 \text{ (тис. грн)}$$

Відрахування на ремонт будівель, споруд ($PM_{\text{буд}}$) та обладнання ($PM_{\text{обл}}$) необхідно визначити у розмірі 30 % від амортизаційних відрахувань будівель, споруд та обладнання відповідно:

$$\Delta PM_{\text{буд(обл)}} = 0,3 \times \Delta A_{\text{буд(обл)}}, \quad (6.6)$$

$$PM_{\text{обл.}} = 23971 \times 0,3 = 7191,3 \text{ (тис. грн)}$$

$$PM_{\text{буд}} = 5292 \times 0,3 = 1587,6 \text{ (тис. грн)}$$

$$PM_{\text{заг}} = 7191,3 + 1587,6 = 8778,9 \text{ (тис. грн)}$$

Загальні витрати за статтею «Амортизація» складають:

$$A = 29263 + 8778,9 = 38041,9 \text{ (тис. грн)}$$

Додаткові інші витрати

Інші витрати можна прийняти на рівні 1 % від матеріальних витрат підприємства

$$B_{\text{інші}} = 3626014,2 \times 0,01 = 36260,1 \text{ (тис. грн)}$$

Всі статті собівартості продукції нового комбикормового заводу необхідно показати в табл. 6.12.

Таблиця 6.12 – Розрахунок виробничих витрат підприємства

Елементи економічних витрат	Сума витрат, тис. грн	
	всього, тис. грн	на 1 т, грн
1. Матеріальні витрати	3626014,2	11445,8
у тому числі: сировина та матеріали	3482003	10991,2
паливо та енергія	144008,2	454,6
2. Витрати на оплату праці	5945,6	316,8
3. Відрахування на соціальні заходи	1308,03	4,13
4. Амортизація основних фондів	38041,9	120,1
5. Інші витрати	36260,1	144,5
Собівартість виробленої продукції	3707569,7	11703,2

Загальна величина виробничих витрат (окрім витрат на сировину) складає 225566,7 тис. грн.

Розрахуємо повну собівартість окремих видів продукції (табл. 6.13).

Таблиця 6.13 – Розрахунок собівартості окремих видів продукції

Вид продукції	Обсяг виробництва, т	Витрати на сировину на 1 т, грн	Загальні витрати на сировину, тис.грн	Інші витрати всього на виробництво, тис грн	Інші витрати на виробництво 1 т, грн	Собівартість 1 т, грн
1	2	3	4	5	6	7
№ПК-52-1	79200	12497,6	989810	64120,6	809,6	13307,2

Продовження табл. 6.13

1	2	3	4	5	6	7
№ПК-53-2	79200	10492,6	831014	53833,6	679,7	11172,3
№ПК-54-3	63360	10490,8	664697,1	43059,5	679,6	11170,4
№ ПК-57-4	47520	9682,8	460126,7	29807,3	627,3	10310,1
№ ПК-58-5	47520	11287,0	536358,2	34754,6	731,2	12018,2
Всього	316800		3482006,0	225566,7		

6.4 Оцінка економічної ефективності інвестицій

Розрахунок річного обсягу виробництва та суми прибутку проведемо в табл. 6.14 [78].

Таблиця 6.14 – Розрахунок річного обсягу реалізованої продукції та прибутку від реалізації продукції

Вид продукції	Обсяг виробництва, т	Собівартість 1 т, грн	Рентабельність, %	Ціна 1 т, грн	Собівартість виробництва продукції, тис грн	Обсяг виробництва, тис. грн	Прибуток, тис. грн
№ПК-52-1	79200	13307,2	12	14904,1	1053930,2	1180404,7	126474,5
№ПК-53-2	79200	11172,3	12	12513,0	884846,2	991029,6	106183,4
№ПК-54-3	63360	11170,4	12	12510,8	707756,5	792684,3	84927,8
№ ПК-57-4	47520	10310,1	12	11547,3	489935,9	548727,7	58791,8
№ ПК-58-5	47520	12018,2	12	13460,4	571104,9	639638,2	68533,3
Всього	316800				3707573,7	4152484,5	444310,8

Рівень рентабельності по кожному виду продукції приймаємо в межах 12 %, щоб забезпечити конкурентоспроможну ціну на даний вид продукції та такий розмір прибутку, який дозволить підприємству окупити інвестовані кошти.

Таким чином, річний обсяг виробленої та реалізованої продукції становитиме 4152484,5 тис. грн, а прибуток – 444310,8 тис. грн на рік.

Вихідними даними для оцінки економічної ефективності інвестицій у реконструкцію заводу є показники, що містяться в табл. 6.15.

Таблиця 6.15 – Вихідні дані для оцінки економічної ефективності інвестицій

Показники	Значення
1. Річний обсяг реалізованої продукції, тис. грн	4152484,5
2. Повна собівартість річного обсягу реалізованої продукції, тис. грн	3707573,7
3. Прибуток від реалізації продукції, тис. грн	444310,8
4. Чистий прибуток підприємства, тис. грн	364334,9
5. Амортизація основних фондів, тис. грн	29263
6. Сума інвестицій у будівництво, тис. грн	789894,4

Оцінку економічної ефективності інвестицій в будівництво комбікормового заводу здійснюють за допомогою показника строку окупності інвестицій (T).

Строк їх окупності можна розрахувати за формулою:

$$T = I / \text{ЧП} \quad (6.7)$$

де ЧП – чистий прибуток заводу;

A – сума амортизаційних відрахувань.

$$\text{ЧП} = 444310,8 \times 0,82 = 364334,9 \text{ (тис. грн)}$$

Власними коштами заводу для інвестування його реконструкції може бути сума чистого прибутку та річної суми амортизації основних фондів.

$$T = 789894,4 / 364334,9 = 2,2 \text{ (років)}$$

Строк окупності менше 3 років, тому проєкт будівництва є доцільним. Розрахунок чистої поточної вартості майбутніх доходів у кожному році наведено у табл. 6.16.

Таблиця 6.16 – Розрахунок чистої поточної вартості майбутніх доходів

Показники	0 рік	1 рік	2 рік	3 рік	4 рік	5 рік	Сума
Інвестиції, тис. грн	789894,4						
ЧП		364334,9	364334,9	364334,9	364334,9	364334,9	
A		29263	29263	29263	29263	29263	
$\text{ЧГП} = \text{ЧП} + A$		393597,9	393597,9	393597,9	393597,9	393597,9	1967989,5
d (15%)		0,8696	0,7561	0,6575	0,5718	0,4972	
ЧПГП		342272,7	297599,4	258790,6	225059,3	195696,9	1319418,9
NPV	529524,5						
ЧПГП накоп. підс.	-789894,4	-447621,7	-150022,3	108768,3	333827,6	529524,5	

Чиста нинішня вартість (NPV) – різниця між поточною вартістю результатів і поточною вартістю витрат за проєктом. Якщо $\text{NPV} > 0$, то проєкт можна рекомендувати до реалізації, якщо $\text{NPV} < 0$ – проєкт збитковий.

$$\text{NPV} = \sum \text{ЧПД} - I \quad (6.8)$$

$$\text{NPV} = 1319418,9 - 789894,4 = 529524,5 \text{ (тис. грн)}$$

$$\text{Ток д} = 2 + 150022,3 / 258790,6 = 2,6 \text{ (років)}$$

Дисконтований строк окупності складає 2,6 років, тому проєкт будівництва є доцільним. Основні техніко-економічні показники будівництва нового заводу відображено в табл. 6.17.

Таблиця 6.17 – Основні техніко-економічні показники роботи комбікормового заводу

Показники	Значення
1. Річний обсяг виробництва комбікормів у натуральному виразі, тис. т	316,8
2. Реалізована (вироблена) продукція, тис. грн	4152484,5
3. Повна собівартість продукції, тис. грн	3707573,7
4. Прибуток від реалізації продукції, тис. грн	444310,8
5. Витрати на 1 грн виробленої продукції, грн	0,89
6. Середньооблікова чисельність персоналу за основною діяльністю, ос.	24
7. Продуктивність праці, тис. грн/особу	173020,2
8. Річна виробнича потужність, тис. т	396
9. Коефіцієнт використання виробничої потужності	0,8
10. Середня оптова ціна за 1 тону комбікорму (без ПДВ), грн	11703,2
11. Строк окупності будівництва, років	2,2
12. NPV, тис. грн	529524,5
13. Строк окупності дисконтований, років	2,6

Висновок: реалізація комплексного проєкту з розробки та впровадження інноваційної технології виробництва комбікормової продукції на базі ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області потребує капітальних інвестицій у загальному розмірі 789 894,4 тис. грн. Інвестиції будуть окуплені через 2,6 років з урахуванням дисконтування. Такий динамічний період повернення капіталовкладень для об'єктів промислового будівництва подібного масштабу є вагомим підтвердженням його високої інвестиційної привабливості. Короткий термін окупності детермінований наявністю гарантованого внутрішнього ринку споживання (власного поголів'я свиней холдингу), мінімізацією комерційних витрат на збут та суттєвим синергетичним ефектом від глибокої переробки власної рослинної сировини в готову продукцію з високою доданою вартістю.

Висновки та технічні пропозиції

При виконанні кваліфікаційної роботи запропоновано будівництво комбікормового заводу продуктивністю 1200 т/добу (50 т/год) на ПАП «Агропродсервіс» в Тернопільській області. Основна економічна мета будівництва комбікормового заводу полягає у вертикальній інтеграції виробництва для зниження собівартості кінцевої продукції тваринництва (м'яса свинини) та отриманні доданої вартості на власній сировинній базі.

При розробці схеми технологічного процесу на комбікормовому заводі передбачено наступні технологічні лінії: лінія екструдуювання сої, лінія підготовки порції зернової, мучнистої та кускової сировини, лінія підготовки порції білкової та мінеральної сировини, лінія підготовки порції мікрокомпонентів, лінія змішування, лінія гранулювання, лінія напилення БАР. Технологічною схемою передбачено можливість виготовлення гранульованих комбікормів. Відвантаження готової продукції здійснюється у розсипному вигляді на автотранспорт.

Для забезпечення чистоти повітря, протипожежних та противибухових заходів встановлено локальні фільтри марки ZEO-FC-1000, ZEO-FC-2000.

Впроваджені заходи до компенсації реактивної потужності, зниження номінальної потужності силових трансформаторів та відключення одного з них в години зниження споживання електроенергії на підприємстві, вибору раціонального перерізу жил кабельних ліній живлення та встановлення люмінесцентних енергозберігаючих ламп. Ці заходи дають щорічну економію електроенергії на суму $\Delta S_0 = 3434053$ грн/рік, що складає $\Delta S\% = 5,5\%$ від річної вартості споживаної електроенергії.

На комбікормовому заводі виконуються усі вимоги з охорони праці відповідно законодавству України.

Реалізація комплексного проєкту з розробки та впровадження інноваційної технології виробництва комбікормової продукції на базі ПАП «Агропродсервіс» у Тернопільській області потребує капітальних інвестицій у загальному розмірі 789 894,4 тис. грн. Інвестиції будуть окуплені через 2,6 років з урахуванням дисконтування.

Список літератури

1. Mottet A., de Haan C., Falcucci A., Tempio G., Opio C., Gerber P. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*. 2017. Vol. 14. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.gfs.2017.01.001.
2. United States Department of Agriculture. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Quarterly Report. 2023. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade> (дата звернення: 23.03.2026).
3. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. Paris: OECD Publishing, 2023. 340 p. URL: <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en> (дата звернення: 24.03.2026).
4. Світовий ринок свинини у 2026 році: зростання виробництва попри тиск АЧС в ЄС – прогноз USDA. *PigUA.info*. URL: <https://pigua.info/uk/post/news-of-ukraine-and-world/svitovij-rinok-svinini-u-2026-roci-zrostanna-virobnictva-popri-tisk-acs-v-es-prognoz-usda> (дата звернення: 25.03.2026).
5. У 2026 році світове виробництво свинини зростає незначно, – USDA. *AgroTimes*. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/u-2026-roci-svitove-vyrobnytvo-svynyny-zrostatyme-pomirno-%E2%80%92-usda/> (дата звернення: 25.03.2026).
6. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г., Флока Л. В., Горячова О. О., Рачинська З. П., Гнітій Н. В. Свиначство: монографія. Полтава, 2021. 168 с.
7. Агроекономіка України: тенденції та виклики воєнного часу. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2023. 245 с.
8. Гриценко В. І. Економічна оцінка ефективності виробництва свинини. Київ: КНЕУ, 2019. 188 с.
9. Лихач В. Я., Луговий С. І., Топіха В. С., Калиниченко Г. І., Трибрат Р.О. Технологія виробництва продукції свиначства. Миколаїв, 2018. 103 с.
10. Тваринництво України 2023: статистичний збірник / Державна служба статистики України. Київ, 2024. 142 с. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 23.03.2026).
11. Стан галузі свиначства у воєнний час: аналітичний огляд за 2022-2023 роки / Асоціація «Свинарі України». URL: <https://pigua.info/> (дата звернення: 24.03.2026).
12. Українські свинарі опинилися на межі окупності через здорожчання кормів та падіння цін. *Landlord*. URL:

<https://landlord.ua/news/tvarinnitstvo/ukrayinski-svynari-opynylysya-na-mezhi-okupnosti-cherez-zdorozhchannya-kormiv-ta-padinnya-czin> (дата звернення: 24.03.2026).

13. Оцінка стану свинарства України (2022-2024). *Artmash*. URL: <https://artmash.ua/article/otsenka-sostoyaniya-svinovodstva-ukrainy-20222024#> (дата звернення: 24.03.2026).

14. Макадзьоба В. В., Каратєєва О. В. Вплив війни на стан галузі свинарства в Україні // *Modern Science: Research, Economy and Innovation. Section: Agricultural Sciences : Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference (Zagreb, Croatia, 22–24 October 2025)*. Zagreb: International Science Unity, 2025. С. 13–17. DOI: 10.70286/ISU-22.10.2025.001.

15. 2026 Alltech Agri-Food Outlook shares global feed production survey data. *Alltech Press Release*. URL: <https://www.alltech.com/press-release/2026-alltech-agri-food-outlook-shares-global-feed-production-survey-data> (дата звернення: 24.03.2026).

16. Global Feed Survey 2024: Full Report. Lexington, KY : Alltech Inc., 2024. 85 p. URL: <https://www.alltech.com/feed-survey> (дата звернення: 25.03.2026).

17. World livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. Rome: FAO, 2023. 222 p. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/c1f3e566-9c9a-4314-a1d9-621b0adb3589> (дата звернення: 25.03.2026).

18. Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. Brussels: European Commission, 2023. URL: https://ec.europa.eu/food/farm2fork_en (дата звернення: 25.03.2026).

19. ПАП «Агропродсервіс»: свинарство. URL: <https://aps.ua/pig-farming> (дата звернення: 25.03.2026).

20. «Агропродсервіс» планує збудувати сучасний комбікормовий завод. *AgroTimes*. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/agroprodservis-planuye-zbuduvaty-suchasnyj-kombikormovyj-zavod/> (дата звернення: 25.03.2026).

21. Yang Y., Wandee J., Zhang Y., Yang X., Liu D. Effects of Pelleting and Long-Term High-Temperature Stabilization on Vitamin Retention in Swine Feed. *Animals*. 2022. Vol. 12, № 9. P. 1124. DOI: 10.3390/ani12091124. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9099963/> (дата звернення: 26.03.2026).

22. Spring P., Newman K. E., Wenk C. Evaluation of Extrusion Temperatures,

Pelleting Parameters, and Vitamin Forms on Vitamin Stability in Feed. *Animals*. 2020. Vol. 10, № 5. P. 894. DOI: 10.3390/ani10050894. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7278472/> (дата звернення: 26.03.2026).

23. Souza R. T., Silva W. C., Almeida F. N. Environmental impacts of phytase use in swine and poultry production: a systematic review. *Editora Científica Digital*. 2025. DOI: 10.37885/250419281. URL: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/250419281.pdf> (дата звернення: 26.03.2026).

24. FEFAC Feed Sustainability Charter 2030 / European Feed Manufacturers' Federation. Brussels: FEFAC, 2020. 24 p. URL: <https://fefac.eu/wp-content/uploads/2020/09/FEFAC-Feed-Sustainability-Charter-2030.pdf> (дата звернення: 26.03.2026).

25. European Livestock Voice: Sustainable Animal Feeding Strategies. *FEFAC*. URL: <https://fefac.eu/newsroom/news/european-livestock-voice-sustainable-animal-feeding-strategies/> (дата звернення: 26.03.2026).

26. Enhancing Feed mill Efficiency with Precision Post-Pelleting Liquid Application (PPLA) Systems for Spraying Heat-Sensitive Additives. *Poultry Punch*. 2025. URL: <https://thepoultrypunch.com/2025/03/enhancing-feed-mill-efficiency-with-precision-post-pelleting-liquid-application-ppla-systems-for-spraying-heat-sensitive-additives/> (дата звернення: 26.03.2026).

27. Enzymes in Farm Animal Nutrition / eds. M. R. Bedford, G. G. Partridge. 3rd ed. Wallingford : CABI Publishing, 2022. 432 p.

28. Factors influencing feed-enzyme stability for poultry. *Modern Poultry*. 2025. URL: <https://modernpoultry.media/factors-influencing-feed-enzyme-stability-for-poultry/> (дата звернення: 26.03.2026).

29. Turning up the heat with enzyme technology. *All About Feed*. 2021. URL: <https://www.allaboutfeed.net/animal-feed/feed-additives/turning-up-the-heat-with-enzyme-technology/> (дата звернення: 27.03.2026).

30. Yang P., Wang H. K., Zhu M., Ma Y. X. Effects of Sources or Formulations of Vitamin K3 on Its Stability during Extrusion or Pelleting in Swine Feed. *Animals*. 2021. Vol. 11, № 4. P. 935. DOI: 10.3390/ani11040935. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7997351/> (дата звернення: 27.03.2026).

31. Nutrient Stability and Degradation in Food Processing. *Lab Manager*. 2025. URL: <https://www.labmanager.com/nutrient-stability-and-degradation-in-food-processing-34284> (дата звернення: 27.03.2026).

32. Slominski B. A., Davie T., Nyachoti M. C., Jones O. Heat stability of endogenous and microbial phytase during feed pelleting. *Livestock Science*. 2007. Vol. 109, № 1–3. P. 244–246. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.01.124. URL: https://www.researchgate.net/publication/248565626_Heat_stability_of_endogenous_and_microbial_phytase_during_feed_pelleting (дата звернення: 27.03.2026).

33. The Revolution of On-Site Liquid Enzyme Production. *Huvepharma*. URL: <https://www.huvepharma.com/news/article/the-revolution-of-on-site-liquid-enzyme-production/> (дата звернення: 27.03.2026).

34. Changing pelleting conditions and challenges in the xylanase application. *The Poultry Site*. 2024. URL: <https://www.thepoultrysite.com/articles/changing-pelleting-conditions-and-challenges-in-the-xylanase-application> (дата звернення: 27.03.2026).

35. Simon O. Micro-Organisms as Feed Additives - Probiotics. *Banff Pork Seminar*. 2005. URL: <https://www.thepigsite.com/articles/microorganisms-as-feed-additives-probiotics> (дата звернення: 27.03.2026).

36. Securing a safe and stable probiotic strain. *All About Feed*. 2020. URL: <https://www.allaboutfeed.net/animal-feed/feed-additives/securing-a-safe-and-stable-probiotic-strain/> (дата звернення: 27.03.2026).

37. Self-cleaning spray chamber for livestock and poultry feed pellet processing system. US Patent 6,475,560. 2002. URL: <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/6475560> (дата звернення: 28.03.2026).

38. Pelleting Process / Bühler Group. URL: https://annualreport.buhlergroup.com/Language_masters/en_us/process-technologies/Pelleting.html (дата звернення: 28.03.2026).

39. Pellet Mills Pelleting Machines / Bühler Group. URL: <https://www.buhlergroup.com/global/en/product-families/Pellet-mills.html> (дата звернення: 03.05.2026).

40. Cowieson A. J., Roos F. F., Ruckebusch J.-P., Wilson J. W., Guggenbuhl P., Lu H., Ajuwon K. M., Adeola O. Time-series responses of swine plasma metabolites to ingestion of diets containing myo-inositol or phytase. *British Journal of Nutrition*. 2017. Vol. 118, № 11. P. 897–905. DOI: 10.1017/S0007114517003026.

41. Briggs J. L., Maier D. E., Watkins B. A., Behnke K. C. Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality. *Poultry Science*. 1999. Vol. 78, № 10. P. 1464–1471. DOI: 10.1093/ps/78.10.1464.

42. Liu Y., Zeng Z., Cheng Z., Wang J. Prediction of Pellet Durability Index in a commercial feed mill using multiple linear regression with variable selection and dimensionality reduction. *Translational Animal Science*. 2024. Vol. 8. DOI: 10.1093/tas/txae038. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11914881/> (дата звернення: 28.03.2026).

43. Measuring Pellet Quality - Pellet Durability Index (PDI) Test Device. *Milling and Grain*. 2024. URL: <https://millingandgrain.com/measuring-pellet-quality-pellet-durability-index-p-d-i-test-device/> (дата звернення: 28.03.2026).

44. Pope T. Methods to measure PDI – Pellet Durability Index. *The Feed Miller*. URL: <https://thefeedmiller.com/methods-to-measure-pdi-pellet-durability-index/> (дата звернення: 28.03.2026).

45. Mohammadi Ghasem Abadi M. H., Moravej H., Shivazad M., Karimi Torshizi M. A., Kim W. K. Effect of different types and levels of fat addition and pellet binders on physical pellet quality of broiler feeds. *Poultry Science*. 2019. Vol. 98, № 10. P. 4745–4754. DOI: 10.3382/ps/pez233. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6748744/> (дата звернення: 28.03.2026).

46. Post pelleting application of liquid enzymes. *All About Feed*. 2020. URL: <https://www.allaboutfeed.net/animal-feed/feed-additives/post-pelleting-application-of-liquid-enzymes/> (дата звернення: 03.05.2026).

47. Heat-stable enzyme compositions. US Patent 8,399,230. 2013. URL: <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/8399230> (дата звернення: 28.03.2026).

48. Park C. S., Helmbrecht A., Htoo J. K., Adeola O. Effects of an enzyme complex on in vitro dry matter digestibility of feed ingredients for pigs. *SpringerPlus*. 2015. Vol. 4. P. 308. DOI: 10.1186/s40064-015-1060-1. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4469686/> (дата звернення: 29.03.2026).

49. Adeola O., Cowieson A. J. Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science*. 2011. Vol. 89, № 10. P. 3189–3218. DOI: 10.2527/jas.2010-3715.

50. Lee J. W., Patterson R., Rogiewicz A., Woyengo T. A. Dietary multi-enzyme complex improves In Vitro nutrient digestibility and hind gut microbial fermentation of pigs. *PLoS ONE*. 2019. Vol. 14, № 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0217459. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6538249/> (дата звернення: 29.03.2026).

51. Yi J. Q., Piao X. S., Li Z. C., Zhang H. Y., Chen Y., Li Q. Y., Liu J. D., Zhang Q., Ru Y. J., Dong B. The Effects of Enzyme Complex on Performance,

Intestinal Health and Nutrient Digestibility of Weaned Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2013. Vol. 26, № 8. P. 1181–1188. DOI: 10.5713/ajas.2013.13129. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4093224/> (дата звернення: 29.03.2026).

52. Selle P. H., Ravindran V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livestock Science*. 2008. Vol. 113, № 2–3. P. 99–122. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.05.014.

53. Chen H., Lee S. Y. The Role of Exogenous Non-Starch Polysaccharide Enzymes in Enhancing Digestibility and Performance of Pig. *Animals*. 2025. Vol. 15. DOI: 10.3390/ani15010001. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12784855/> (дата звернення: 29.03.2026).

54. Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Białecka A. Effect of Microbial Phytase on Ileal Digestibility of Minerals, Plasma and Urine Metabolites, and Bone Mineral Concentrations in Growing-Finishing Pigs. *Animals*. 2022. Vol. 12, № 11. DOI: 10.3390/ani12111344. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9137887/> (дата звернення: 29.03.2026).

55. Kiarie E., Romero L. F., Nyachoti C. M. The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. *Nutrition Research Reviews*. 2013. Vol. 26, № 1. P. 71–88. DOI: 10.1017/S0954422413000048.

56. Almeida L. M., Silva W. C., Souza R. T. Growing pigs' diets with increased phytase activity and reduced available phosphorus resulted in similar performance and environmental impacts. *Animal Nutrition*. 2023. Vol. 13. P. 105–112. DOI: 10.1016/j.aninu.2023.01.005. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772694023000171> (дата звернення: 30.03.2026).

57. Kebreab E., Liedke A., Caro D., Deimling S., Binder M., Finkbeiner M. Environmental impact of using specialty feed ingredients in swine and poultry production: A life cycle assessment. *Journal of Animal Science*. 2016. Vol. 94, № 6. P. 2664–2681. DOI: 10.2527/jas.2015-9036.

58. Goihl J. Tackling Pig Manure Challenges with Enzymes. *The Pig Site*. 2013. URL: <https://www.thepigsite.com/articles/tackling-pig-manure-challenges-with-enzymes> (дата звернення: 30.03.2026).

59. Phytase formulation. US Patent 10,518,233. 2019. URL: <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/10518233> (дата звернення: 30.03.2026).

60. Hieu T. Q., Khanh L. T. Q., Nguyen H. T. Spray-coating as a novel strategy to supplement broiler feed pellets with probiotic *Lactobacillus salivarius* NRRL B-30514. *LWT - Food Science and Technology*. 2021. Vol. 135. P. 110005. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110005. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820314079> (дата звернення: 31.03.2026).

61. Бомко В.С., Сиваченко Є.В., Сметаніна О.В. Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин: навч. посібник. Біла Церква, 2023. 225 с.

62. Дяченко Л. С., Бомко В. С., Сивик Т. Л. Основи технології комбікормового виробництва: навч. посібник. Біла Церква, 2015. 306 с.

63. Єгоров Б. В. Технологія виробництва комбікормів. Одеса: Друкарський дім, 2011. 448 с.

64. Мікосорб / Alltech. URL: <https://www.alltech.com/uk-ua/mycosorb-ar> (дата звернення: 30.03.2026).

65. Корисність фітази у годівлі свиней – Biochem. *PigUA.info*. URL: <https://pigua.info/uk/post/technologies/korisnist-fitazi-u-godivli-svinej-biochem> (дата звернення: 30.03.2026).

66. Підкислювач Кроноцид Д. *Біовет*. URL: <https://biovet.ua/ru/pidkisluvach-kronotsid-d/> (дата звернення: 30.03.2026).

67. Кормові добавки Біохем. *UkrFeed*. URL: <https://ukrfeed.biz.ua/category/kormovye-dobavki-38532/1/365305/> (дата звернення: 31.03.2026).

68. Ароматична смакова добавка Сукрам-810. *SellBuyZone*. URL: https://ua.sellbuy.zone/physical_product/297908-aromaticheskaya-vkusovaya-dobavka-sukram-810.html (дата звернення: 31.03.2026).

69. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Проектування підприємств галузі з КП» та кваліфікаційних робіт для здобувачів вищої освіти спеціальності 181 «Харчові технології» («Технології зберігання і переробки зерна»), СВО «Бакалавр» денної і заочної форм навчання у 3-х частинах / Б.В. Єгоров, А.В. Макаринська, Т.В. Бордун, О.Г. Цюндик, В.Ю. Луніна; за ред. А.В. Макаринської; Каф. технології зерна і комбікормів. Одеса: ОНТУ, 2022 р. 155 с.

70. Контроль якості та безпека продукції в галузі (комбікормова галузь): Підручник/ [під. заг. ред. проф. Б.В. Єгорова] Б.В. Єгоров, А.О. Кочетова, Т.О.

Величко, Н.В. Хоренжий, В.В. Сусло, В.А. Ісламов, Т.М. Турпунова. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2013. 446 с.

71. Рекомендації щодо компонування та розрахунків аспіраційних установок. URL: <https://www.metallum.com.ua/ua/blog/rekomendaczii-po-raschetu-aspiraczionnyix-ustanovok/rekomendaczii-po-komponovke-i-raschetam-aspiraczion> (дата звернення: 25.03.2025).

72. Правила проектування та налагодження аспіраційних і пневмотранспортних установок підприємств по збереженню та переробці зерна /О.І. Гапонюк, Є.А. Дмитрук, В.І. Квітинський, О.Н. Гоф, Н.М. Опря/ Зернова столиця, Одеса-Київ. 2014р. с. 130.

73. Гапонюк О.І. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту «Вентиляційні установки» при проектуванні або реконструкції підприємств по збереженню і переробці зерна для студ.-дипломників спец. 6.051701 та 7.05170101 ден. та заоч. форм навчання [Електронний ресурс] /О.І. Гапонюк, Г.А. Гончарук, А.В. Ульяницький. О.: ОНАХТ, 2014. 28 с.

74. Монтік П.М. Електротехніка та електромеханіка. Навчальний посібник. Львів: «Новий світ – 2000», 2007. 500 с.

75. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту «Електрозабезпечення та енергозбереження» для студентів професійного напрямку 7.091701 усіх форм навчання / Укладачі: П.М. Монтік, Галіулін А.А., Є.П. Штепа. Одеса: ОНАХТ, 2020. 15 с.

76. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша, 2004. 240 с.

77. Управління охороною праці [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спец. «Цивільна безпека», освіт. програми «Охорона праці» / В. В. Березуцький; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків, 2021. 412 с.

78. Методичні вказівки до виконання і оформлення дипломної роботи – економічної частини міжкафедрального комплексного дипломного проекту студентів напрямку підготовки 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» за освітньою програмою «Економіка підприємства» денної та заочної форми навчання / Укл. Н.Й. Басюркіна, Т.В. Свистун. Одеса: ОНАХТ, 2016. 38 с.