

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Удосконалення процесу приготування та роздавання рідких
кормів на свинофермі з розробкою змішувача**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу, групи АІ-1-21
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Семенов Максим Петрович

Керівник: _____ Івлєв Віталій Володимирович

Рецензент: _____ Садченко Роман Вікторович

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем
Рівень вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
інжинірингу технічних систем
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
Дудін В.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«07» травня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Семенов Максим Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення процесу приготування та роздавання рідких кормів на свинофермі з розробкою змішувача

керівник проєкту Івлєв Віталій Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«07» травня 2025 року № 964

2. Строк подання здобувачем проєкту 07.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз стану питання процесів та обладнання для приготування та роздавання кормів на свинофермах. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання. 2. Удосконалення процесу приготування та роздавання кормів на свинофермі. 3. Розробка змішувача рідких кормів. 4. Охорона праці. 5. Економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема лінії. 2. Змішувач. 3. Мішалка. 4. Вал. 5. Ребро. 6. Виток. 7. Косинка. 8. Муфта. 9. Цапфа. 10. Економічні показники

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Івлєв В.В., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 07.05.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2025 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2025 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2025 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2025 р.	
5	Економічний	до 22.05.2025р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2025 р.	

Здобувач

(підпис)

Семенов М. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Івлєв В.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Семенов М. П. Удосконалення процесу приготування та роздавання рідких кормів на свинофермі з розробкою змішувача / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У дипломному проєкті наведено вступ і характеристику технологічних рішень приготування рідких кормів, обґрунтовано необхідність вдосконалення механізації лінії приготування та роздавання кормів на відгодівельній свинофермі. На базі аналізу сучасних тенденцій спроектовано технологічну лінію, запропоновано модернізацію змішувача кормів і розроблено заходи для покращення умов охорони праці під час їх роздачі. Проведено техніко-економічне обґрунтування проєкту, сформульовано висновки, наведено перелік використаних джерел і оформлено додатки.

Ключові слова: свинарство, комбикорм, рецепт, комбикормовий завод, подрібнення, молоток, експлуатаційні витрати, енергоємність.

ЗМІСТ

Вступ		8
1	Стан питання	9
1.1	Аналіз технологій годівлі свиней	9
1.2	Огляд систем рідкої годівлі свиней	12
1.3	Висновки	20
2	Удосконалення процесу приготування та роздавання кормів на свинофермі	22
2.1	Обґрунтування важливості питання	22
2.2	Вихідні дані до проектування	24
2.3	Технологічна схема процесу	26
2.4	Визначення продуктивності процесу	26
2.5	Вибір засобів механізації технологічного процесу	28
2.6	Висновки	30
3	Розробка змішувача рідких кормів	31
3.1	Обґрунтування важливості питання	31
3.2	Вихідні дані	33
3.3	Стан питання і постановка завдання	33
	3.3.1 Змішувачі-зволожувачі закордонного виробництва	33
	3.3.2 Патентний аналіз	35
3.4	Розробка варіанту удосконалення	39
3.5	Конструктивні розрахунки	40
	3.5.1 Розрахунки привода мішалки	40
	3.5.2 Міцністний розрахунок вала	44
3.6	Висновки	47
4	Охорона праці	48
4.1	Загальні вимоги	48

4.2	Інструкція з охорони праці для оператора системи приготування та роз-давання рідких кормів	50
4.3	Висновки	58
5	Економічна оцінка	59
5.1	Вихідні дані	59
5.2	Розрахунок показників економічної ефективності	60
5.3	Висновки	61
	Висновки та пропозиції	62
	Бібліографія	63
	Додатки	66

ВСТУП

В сучасних умовах інтенсифікації свинарства особливого значення набувають питання оптимізації годівлі тварин, оскільки від неї залежить ефективність виробництва, рівень продуктивності та якість продукції. Рідкі корми, завдяки своїй фізичній формі й змочуваності, сприяють поліпшенню апетиту та кращому засвоєнню поживних речовин у свиней, знижують витрати робочої сили на приготування та роздавання корму, а також дозволяють більш рівномірно розподіляти раціон у різні вікові групи тварин. Однак у багатьох господарствах застосовуються застарілі або напівавтоматичні технології приготування та роздавання рідких кормів, що призводить до нерівномірного змішування компонентів, невідповідності раціону нормативним параметрам і додаткових трудових витрат.

Нерівномірність концентрації сухої речовини, осідання часток у магістралях транспортування, обмежена можливість дезінфекції системи — усе це негативно впливає на здоров'я тварин і економічні показники господарства. Тому створення сучасного змішувача рідких кормів із підвищеною продуктивністю й рівномірністю гомогенізації є важливим напрямом підвищення технологічності процесу годівлі на свинофермах. Удосконалення цього процесу дає змогу зменшити втрати поживних речовин, підвищити конверсію корму, знизити трудомісткість операцій та поліпшити санітарно-гігієнічні умови утримання тварин.

Основною метою дипломного проєкту є розробка й обґрунтування конструкції змішувача для приготування рідких кормів на свинофермі, що забезпечив би рівномірне дозування компонентів, підвищену гомогенність суміші та ефективне транспортування до годівниць.

1 Стан питання

1.2 Аналіз технологій годівлі свиней

Сучасні системи годівлі свиней охоплюють широкий спектр підходів, починаючи від традиційного сухого комбікормового раціону й закінчуючи повністю рідкими сумішами. Підхід до годівлі визначається не лише доступністю кормових компонентів, а й бажаним рівнем інтенсифікації, можливостями господарства в частині технічного оснащення та вимогами до продуктивності. У класичному варіанті сухого годівлі свині отримують гранульовані або мішаний розсипний комбікорм без додавання води. Така технологія проста в організації, адже не потребує спеціального обладнання для змішування: корми зберігаються в силосах або бункерах, а роздача відбувається автоматично чи вручну. Проте навіть при точному дотриманні рецептури сухий корм рідко засвоюється повністю, оскільки свині можуть виділяти з суміші частини, які здаються їм менш смачними – наприклад, пшеничне борошно чи макуха, залишаючи передусім зернові фракції. Крім того, сухий корм створює пил у приміщенні, що негативно впливає на стан дихальної системи тварин і працівників, а для забезпечення достатнього водоспоживання доводиться підтримувати окремі поїлкові системи.

Поступовим кроком вперед у порівнянні з чисто сухою годівлею стало напіввологе годівля, коли перед роздачею до сухого комбікорму додають обмежену кількість води, достатню для утворення консистенції, схожої на густу кашу. У такому випадку дрібнішому зерну й макусі легше набрякнути й розкрити свої поживні властивості, а свині менше розсортують складові. Додана волога зменшує розмір пилових частинок, що позитивно позначається на санітарному стані приміщень і знижує ризик інгаляційних захворювань. Водночас ця технологія потребує щоденного приготування порцій напіввологого корму й оперативної видачі, оскільки така суміш швидко псується. Відповідно, господарству потрібні ємності для змішувача і ретельний контроль строків зберігання, щоб уникнути бродіння й розвитку патогенних бактерій. У результаті, хоча напівволога годівля

покращує апетит і забезпечує кращу перетравлюваність частини компонентів, воно все ж лишається компромісом між простотою сухої системи та продуктивністю вологих раціонів.

Найбільш прогресивним і технологічно складним підходом вважають рідка годівля, коли всі сухі компоненти (зернові, макуха, білкові й мінеральні добавки) спочатку ретельно подрібнюють, а потім розводять водою до показника вологості приблизно 65–75 %. У підсумку утворюється гомогенна рідка суміш, яка через насосно-трубопровідну систему надходить безпосередньо до годівниць у стайнях. Такий формат дозволяє досягти максимальної однорідності кормового середовища: свині одночасно отримують усі необхідні поживні речовини, що суттєво підвищує засвоюваність білків і вуглеводів. Крім того, відпадає потреба в окремому поїлковому обладнанні, оскільки волога, яка міститься в суміші, транспортується разом із кормом. Це неабияким чином економить робочий час персоналу та зменшує витрати на питну воду.

Важливо зазначити, що рідка система годівлі відкриває можливості для використання місцевих побічних продуктів харчової та переробної промисловості, які в іншому разі потребували б утилізації. Наприклад, пивна дробина, сироватка, мелясні залишки чи дрібні фракції зерна можуть стати цінною складовою раціону, суттєво знижуючи вартість готового живильного середовища. Однак водночас така технологія вимагає значних початкових інвестицій: потрібно придбати або сконструювати резервуари з мішалками, насоси відповідної продуктивності, систему трубопроводів і автоматизації для дозування складових. Критичним є також суворий контроль за санітарно-гігієнічними умовами: без регулярного знезараження резервуарів і трубопроводів рідка суміш швидко піддається бродінню, що призводить до загрози захворювань тварин та втрат корму.

Порівнюючи технології, можна сказати, що суха годівля лишається найпростіший у реалізації, проте найменш ефективний з точки зору засвоюваності та економії ресурсів. Напіввологе годування поліпшує деякі характеристики сухої системи, але вимагає додаткових витрат на щоденне приготування. Рідка годівля, хоча потребує суттєвих капіталовкладень та ретельного обслуговування,

забезпечує максимальну однорідність раціону, вищі темпи приросту та кращу конверсію корму. Саме тому для сучасних інтенсивних ферм, де пріоритетом є продуктивність, зниження собівартості та максимальне використання локальних ресурсів, рідка технологія годівлі стає найоптимальнішою. Залежно від масштабів виробництва та фінансових можливостей, господарство може обирати між сухим, напіввологим і рідким годівлею, проте тенденція розвитку свинарства однозначно спрямована на впровадження рідких систем із високим ступенем автоматизації.

Таблиця 1.1 - Порівняння технологій годівлі свиней

Критерій	Суха годівля	Напівволога годівля	Рідка годівля
Засвоюваність корму	Середня (можливе розсортування)	Вища, ніж сухий	Найвища (однорідність)
Трудовитрати	Низькі	Середні	Високі (обслуговування системи)
Інвестиції в обладнання	Мінімальні	Помірні	Високі (резервуари, насоси)
Гігієнічні вимоги	Низькі	Середні	Високі (швидке псування)
Можливість використати побічні продукти	Обмежена	Помірна	Широка (переробка відходів)
Ризик розвитку патогенної мікрофлори	Низький	Середній	Високий (якщо контроль недостатній)

З огляду на аналіз існуючих способів годівлі свиней видно, що сухе й напіввологе годування лишаються простішими у впровадженні, але мають обме-

ження за якістю засвоєння корму та ризиком розсортювання. Рідка система годування, незважаючи на більші капіталовкладення та високі гігієнічні вимоги, дозволяє значно підвищити ефективність перетравлення поживних речовин, знизити витрати води та комбікормів, а також оптимізувати трудові ресурси. Саме тому в сучасних інтенсивних технологіях свиногоголів'я рідка годівля стає все більш поширеною та економічно виправданою.

1.2 Огляд систем рідкої годівлі свиней

У сучасних інтенсивних свинарських комплексах переходять до рідкої годівлі, оскільки вона забезпечує вищу однорідність раціону, покращену засвоюваність поживних речовин та можливість використовувати побічні продукти переробки зерна. Нижче наведено короткий огляд провідних комерційних систем рідкої годівлі свиней із зазначенням виробника, основного принципу роботи, а також ключових переваг і недоліків кожної з них. Такий аналіз допоможе обрати рішення, яке найкраще відповідатиме масштабам господарства, технічному оснащенню та фінансовим можливостям.

C-Los (SKOV, Данія), забезпечує точне дозування сухих компонентів (зерно, макуха, комбікорм), які подаються до змішувальної ємності за допомогою вагових дозаторів. Одночасно з цим у резервуар надходить вода до заданої кількості сухих речовин (вологість суміші ~65–70 %). Після ретельного перемішування рідкий корм через насосно-трубопровідну мережу доставляється безпосередньо до годівниць у свинарнику.

Переваги:

Дуже висока точність дозування сухих інгредієнтів (похибка ≤ 1 %).

Інтеграція з автоматизованою системою управління кліматом і контролем годівлі.

Мінімальні втрати корму та неможливість розсортювання тваринами (однорідна консистенція).

Можливість гнучкої регулювання складу суміші й швидкого коригування рецептури в режимі реального часу.

Недоліки:

Значні капіталовкладення в закупівлю вагових дозаторів, насосів і резервуарів із мішалками.

Складність у обслуговуванні: необхідне регулярне чищення змішувальної ємності і трубопроводу, інакше можливе бродіння або заселення бактеріями.

Високі вимоги до якості питної води (відхилення в показниках жорсткості або мінералізації впливають на консистенцію та довговічність обладнання).



Рисунок 1.1 - Загальний вигляд модульного обладнання для рідкої годівлі C-Los від SKOV

ProfiMix Liquid Feeding System (Big Dutchman, Німеччина) автоматизовано зважує сухі складові (зерно, комбікормові гранули чи гранульовані відходи) на дозувальних вагах, одразу додає воду за лічильником і забезпечує інтенсивне змішування всередині герметичного резервуара. Після приготування готової суміші насосною лінією рідкий корм надходить до групових або індивідуальних годівниць. Паралельно система налаштовується через комп'ютерну станцію управління, яка контролює температуру, густину (Dry Matter), кількість порцій та інтервали годівлі.



Рисунок 1.2 - Ємнісний міксер ProfiMix (Big Dutchman)

Переваги:

Масштабованість: легко розширювати як для невеликих свинарників (100–200 голів), так і для промислових комплексів (понад 5 000 голів).

Інтеграція з ERP-модулями Big Dutchman: можна аналізувати виробничі показники, коригувати раціони залежно від росту тварин.

Можливість використання низькоякісної сировини (відходи переробки зерна, ферментаційні залишки), що знижує собівартість.

Недоліки:

Висока вартість монтажу та налагодження: окрім змішувальної ємності й насосів, потрібен імпульсний трубопровід, компресор для пневматичних клапанів, а також ліцензія на програмне забезпечення.

Чутливість до перебоїв у подачі електроенергії: без резервних джерел живлення годівля припиняється.

Потребує регулярного технічного обслуговування насоса та контролю гідروفільності компонентів (зміна вологості зерна призводить до корекції рецептури).

LiquidFeed Pro (Schauer Agrotronic, Австрія) за допомогою комп'ютерного блока контролю Schauer визначає добову норму сухих інгредієнтів, які надходять із силосів і дозуються у дозувальні мішалки. Потім у змішувальний бак через автоматичний клапан додається вода до встановленого рівня вологи (60–75 % залежно від рецептури). Змішування відбувається пневматично-гідралічним методом. Готова рідина перекачується до накопичувального буферного бака, звідки насосами подається до годівниць у заданий час.



Рисунок 1.3 - вузол змішування та роздачі Liquidmix (Schauer Agrotronic)

Переваги:

Застосування програмованих логіки дозування дозволяє легко змінювати раціон залежно від віку тварин, породи та їхньої фізіологічної групи.

Внутрішня система самоочищення змішувальної камери скорочує час на щоденне обслуговування.

Можливість реєстрації та архівації даних про точне споживання корму кожною секцією чи групою.

Недоліки:

Складність програмування: персонал потребує навчання для коректного налаштування всіх параметрів.

Висока вартість запасних частин (зокрема, датчиків рівня води, пневмоклапанів, високоточного дозатора).

При недостатній ізоляції трубопроводів узимку є ризик обмерзання, що потребує додаткових витрат на енергозабезпечення та утеплення.

Sus-Feed (Skals Agro, Данія) - це переважно механічна система, у якій основний вузол - змішувач із горизонтально встановленими лопатевими мішалками. Сухі компоненти завантажують вручну або через вертикальні баки. Після цього за допомогою дозувального насоса вода автоматично подається в змішувач, де відбувається інтенсивне перемішування до отримання рідкої консистенції (68–72 % вологи). Потім рідкий корм гравітаційно чи насосом подається до буферної ємності, звідки розливається у годівниці.

Переваги:

Простота конструкції: відсутність дорогих вагових дозаторів, достатньо точного насосного дозатора води, тому нижчі інвестиційні витрати.

Невеликі енергозатрати на обертання лопатевого змішувача та роботу стандартного насоса.

Можливість швидко змінювати рецептуру без переналаштування складних вагових модулів — оператор регулює кількість сухих інгредієнтів вручну.

Недоліки:

Менша точність дозування сухих компонентів ($\pm 3-5\%$), оскільки вони зазвичай завантажуються вручну або за допомогою менш точних шнекових дозаторів.

Потрібне значно більше годин робочих на те, щоб завантажити і перевірити обсяги сухої сировини, ніж у вагових автоматичних систем.

Консистенція рідкого корму може бути нерівною, якщо оператор неправильно розподілить суху масу в змішувачі, і це впливає на однорідність готової суміші.

MicroFeed (DLG – Deutscher Landwirtschafts-Gesellschaft, Німеччина) складається з модульних блоків: бункери для різних сухих складових (зерно, бобові, макуха), кожен із яких обладнаний поодинокими шнековими дозувальними пристроями. Далі через лінію сухі компоненти надходять до центрального мішевого змішувача, де за допомогою датчиків вологості й тиску вода додається до отримання потрібного Dry Matter. Після короткого циклу інтенсивного перемішування готовий рідкий корм насосом транспортується до buffer-баків, розташованих на всіх секціях свинарника. Відстань між змішувачем і годівницями може досягати кількох сотень метрів завдяки герметичному трубопроводу зі сталі та ПВХ.

Переваги:

Висока точність водного обліку ($\pm 0,5$ л) і можливість встановлення дозувальних ваг на кожному шнековому дозаторі (похибка $< 2\%$).

Чітка логіка управління: кожний модуль (бункер, насос, датчик) під'єднано до централізованого контролера, що дозволяє відстежувати стан системи в реальному часі.

Добре зарекомендував себе на великих комплексах (5000+ голів), де критичним є мінімізація втрат і точне планування раціону.

Недоліки:

Значні експлуатаційні витрати на підтримку чистоти трубопроводів і фільтрів, а також на заміну зношених шнеків і прокладок.

Велика площа, яку займає модульний комплекс: потрібне окреме приміщення чи капітальна огорожа для змішувача й буферних баків.

Складність інтеграції з менш потужними або застарілими системами годівлі та клімат-контролю (наприклад, якщо у свинарника немає сучасного вентиляційного обладнання, доводиться все переобладнувати “під ключ”).

WEDA Dammann & Westerkamp GmbH (Німеччина) складається з модульного змішувача, дозувальних шнеків для сухих компонентів та насосного вузла для подачі води. Сухі складові (зернові, макуха, комбікормові гранули) подаються в міксер через точні шнекові дозатори. Водночас у змішувальну ємність автоматично надходить вода до встановленої вологості (зазвичай 65–75 %). Після інтенсивного перемішування однорідної рідкої суміші насос перекачує її через герметичний трубопровід у буферні баки або безпосередньо у годівниці в приміщенні. Управління процесом здійснюється через центральний контролер: задаються рецептура, час і об’єм порцій, а також відстежується температура та густина (Dry Matter) готового корму.

Основні переваги

Висока точність дозування: шнекові дозатори дозволяють підтримувати похибку зважування сухих інгредієнтів у межах 1–2 %, що забезпечує стабільність складу суміші.

Однорідна консистенція корму: відсутність розсортування компонентів свинями, оскільки вся суміш іде у вигляді рідини з однаковим вмістом сухих речовин.

Модульність та масштабованість: систему можна легко розширювати (додавати додаткові бункери для компонентів, збільшувати кількість насосів або буферних баків) залежно від поголів’я.

Автоматизація та інтеграція: контроль температури та вологості, програмування різних рецептів для груп тварин (від поросят до відгодівельних груп), збирання статистики споживання корму у реальному часі.

Використання побічних продуктів: можливість включення у рецептуру відходів харчової промисловості (пивна дробина, сироватка) або зернових залишків, що знижує собівартість годівлі.



Рисунок 1.4 - Вузол змішування та роздачі WEDA

Основні недоліки

Суттєві інвестиції: висока початкова вартість обладнання (шнекові дозатори, міксер, насоси, трубопровід, буферні баки, контрольний блок).

Підвищені вимоги до обслуговування: необхідне щоденне чищення змішувача, трубопроводів та годівниць, інакше рідка суміш швидко бродить і викликає розвиток патогенних мікроорганізмів.

Складність налаштування: для точного регулювання рецептури та коректного програмування контролера персонал потребує спеціального навчання.

Ризик простою через відмову насоса або електрики: без резервних джерел живлення система не зможе подавати корм, що може призвести до перерви в годівлі.

Чутливість до якості води: мінералізація або зайва жорсткість можуть впливати на інтенсивність змішування та зношуваність обладнання (насоси, шланги).

Загалом усі перелічені системи мають спільну мету - максимально однорідно подавати рідкий корм і водночас скорочувати витрати на сухі комбікорми та воду. Вибір конкретної моделі залежить від розмірів господарства, наявного бюджету, готовності інвестувати в обслуговування та бажання використовувати додаткові відходи (наприклад, пивну дробину, сироватку). У найпростіших системах (Sus-Feed) заощаджують на обладнанні, але жертвують точністю дозування; у найдорожчих (C-Los, ProfiMix, MicroFeed) отримують максимальну автоматизацію та мінімальні людські втрати, але змушені витратити більше на технічне обслуговування та фахівців для налаштування.

1.3 Висновки

У результаті аналізу технологій та систем годівлі свиней можна зробити такі висновки:

1. Рідка годівля забезпечує максимальну однорідність раціону й високу засвоюваність, адже всі інгредієнти (зерно, макуха, відходи, премікси) подрібнюються й розчиняються у воді, після чого готова суміш автоматично подається до годівниць. Така система дозволяє використовувати побічні продукти переробки, економити воду та трудові ресурси, але потребує значних капіталовкладень, регулярного очищення обладнання й контролю за якістю суміші.

2. Системи типу WEDA, C-Los, ProfiMix і MicroFeed відрізняються високою точністю дозування інгредієнтів, програмною гнучкістю рецептур, можливістю масштабування та інтеграції з системами обліку.

Таким чином, вибір технології годівлі й конкретної системи рідкої годівлі має базуватися на розмірі господарства, наявному бюджеті, ресурсах персоналу та потребах у гнучкому формуванні раціону. У інтенсивних умовах перевагу слід надавати рідкій годівлі з автоматизацією процесу, оскільки вона забезпечує найкращі результати за продуктивністю та якістю раціону.

2 Удосконалення процесу приготування та роздавання кормів на свинофермі

2.1 Обґрунтування важливості питання

Свинарство є однією з традиційних та найважливіших галузей аграрного виробництва України, що володіє суттєвим економічним та експортним потенціалом. Наявність приблизно чверті всесвітніх чорноземів на площі близько 34 млн гектарів орної землі створює в наших умовах сприятливі ґрунтові й кліматичні передумови не лише для повного забезпечення внутрішнього попиту на м'ясо свинини та продукти його переробки, а й для сталого експорту, що є одним із важелів економічної стабільності держави.

Останні роки динаміка світового попиту на свинину, а також внутрішня потреба у доступному та якісному білку показують, що без активного інтенсифікування свинарського сектору неможливо досягти бажаних обсягів виробництва. Це стосується як великих агрохолдингів, так і дрібних фермерських та особистих підсобних господарств.

У структурі технологічних процесів свиноферм вирізняється процес приготування та роздавання кормів, який і визначає ефективність відгодівлі тварин. Застосування застарілих або нераціональних методів годівлі безпосередньо впливає на показники продуктивності, стан здоров'я тварин і собівартість вирощування одиниці продукції. Зокрема, на сьогодні переважна більшість українських господарств (особливо малих і середніх) використовують сухий комбікорм, здебільшого імпортного походження, що часто має сумнівну якість. Такий підхід призводить до двох основних проблем:

Низька засвоюваність корму та проблеми зі здоров'ям молодняку. Сухі комбікорми, завдяки високому вмісту пилу й нерівномірній структурі, погано ро-

зщеплюються у шлунково-кишковому тракті молодих тварин. У результаті частина корму не перетравлюється (ступінь засвоєння не перевищує 60 %), що негативно позначається на інтенсивності росту та викликає порушення функцій органів дихання і травлення.

Підвищений екологічний і економічний тиск. Застосування дорогих концентрованих компонентів (часто імпортованих) та додаткова витрата води на окреме поїння збільшують загальні витрати виробництва. Крім того, викиди аміаку та пилу з приміщень із сухим кормом створюють додаткові екологічні ризики.

У низці провідних країн світу (Канада, Німеччина, Китай) науково-технічний прогрес сприяв поступовому переходу на комбінований спосіб годівлі великої рогатої худоби та свиней із використанням технологій вологої (напіввологого чи рідкого) годівлі. Дослідження зарубіжних фахівців показали, що при впровадженні таких технологій рівень засвоюваності поживних речовин підвищується до 70–80 %, що суттєво покращує як продуктивні, так і екологічні показники тваринництва.

В Україні ж ситуація залишається переважно інтенсивно-екстенсивною: понад 70 % свинарських потужностей функціонують за класичною схемою сухої годівлі та утримання (згідно з даними [5]). Багато виробників, особливо у приватному секторі, годують свиней простими зерновими сумішами (кукурудза, пшениця, ячмінь) або нерегламентованими комбікормами без урахування необхідного балансу поживних речовин і вітамінно-мінеральних компонентів. Через це відгодівля проходить менш рентабельно, знижується якість м'яса, зростає захворюваність тварин та збільшуються витрати на лікування й утримання окремих груп поголів'я.

Отже, удосконалення технологічних процесів годівлі свиней та їх технічного забезпечення є нагальною задачею для вітчизняного свинарства. Впрова-

дження напіввологих і рідких систем годівлі сприятиме підвищенню продуктивності, зменшенню собівартості одиниці продукції та зниженню негативного впливу на довкілля. Для реалізації цієї мети необхідно розробити й запровадити сучасні інженерно-технічні рішення, здатні забезпечити високий рівень однорідності кормових сумішей, автоматизацію процесів дозування й роздавання, а також ефективний контроль санітарно-гігієнічних умов у годівничих блоках.

Таким чином, модернізація годівлі, зокрема через інтеграцію передових рідких технологій, відкриває перед вітчизняними свиногосподарствами можливість не лише задовольнити внутрішній попит на високоякісну свинину, а й значно покращити свої експортні позиції на міжнародному ринку.

2.2 Вихідні дані до проектування

До вихідних даних проектування належать рішення, сформульовані в розділі 1, а також зоотехнічні вимоги, до яких входять:

- фактичне поголів'я свиней на фермі (див. табл. 2.1);
- прийнятий тип та раціон годівлі.

Таблиця 2.1 - Поголів'я свиней на фермі

Технологічна група	Одночасне поголів'я, гол
Холості та поросні свиноматки	288
Підсисні свиноматки з поросятами	80
Дорощування	1296
Відгодівля	2128
Ремонтний молодняк	92

Беручи до уваги вищезгадані переваги вологої годівлі та особливості її застосування, виходимо з того, що основу раціону становитиме повнораціонний комбікорм. Добову потребу в ньому наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Добова потреба в кормах

Технологічна група	Добова потреба, середня за термін утримання, кг/гол
Холості та поросні свиноматки	3,2
Підсисні свиноматки	6,2
Дорощування	1,4
Відгодівля	2,8
Ремонтний молодняк	2,5

Зоотехнічні вимоги до процесу роздавання кормосуміші та до відповідного обладнання такі:

Суміш має подаватися у годівниці рівномірно, із точною дозою, яку можна встановлювати для кожної тварини або групи.

Механізовані засоби (і їхні робочі органи) не повинні погіршувати якість корму (наприклад, зайве подрібнення чи забруднення) і допускати втрати.

Обладнання не має створювати небезпеки для свиней чи персоналу, має бути простим в експлуатації, надійним і довговічним.

Допустимі відхилення від розрахункової норми видачі концентрованого корму не повинні перевищувати $\pm 5\%$, а незворотні втрати корму в процесі роздавання – не більше 1%. Тривалість одного циклу роздавання корму в межах одного приміщення мобільними засобами не має перевищувати 30 хв, стаціонарними – 20 хв.

2.3 Технологічна схема процесу

Загальна технологічна схема лінії приготування та роздавання кормів приведена на рис. 2.2 та аркуші 1 графічної частини.

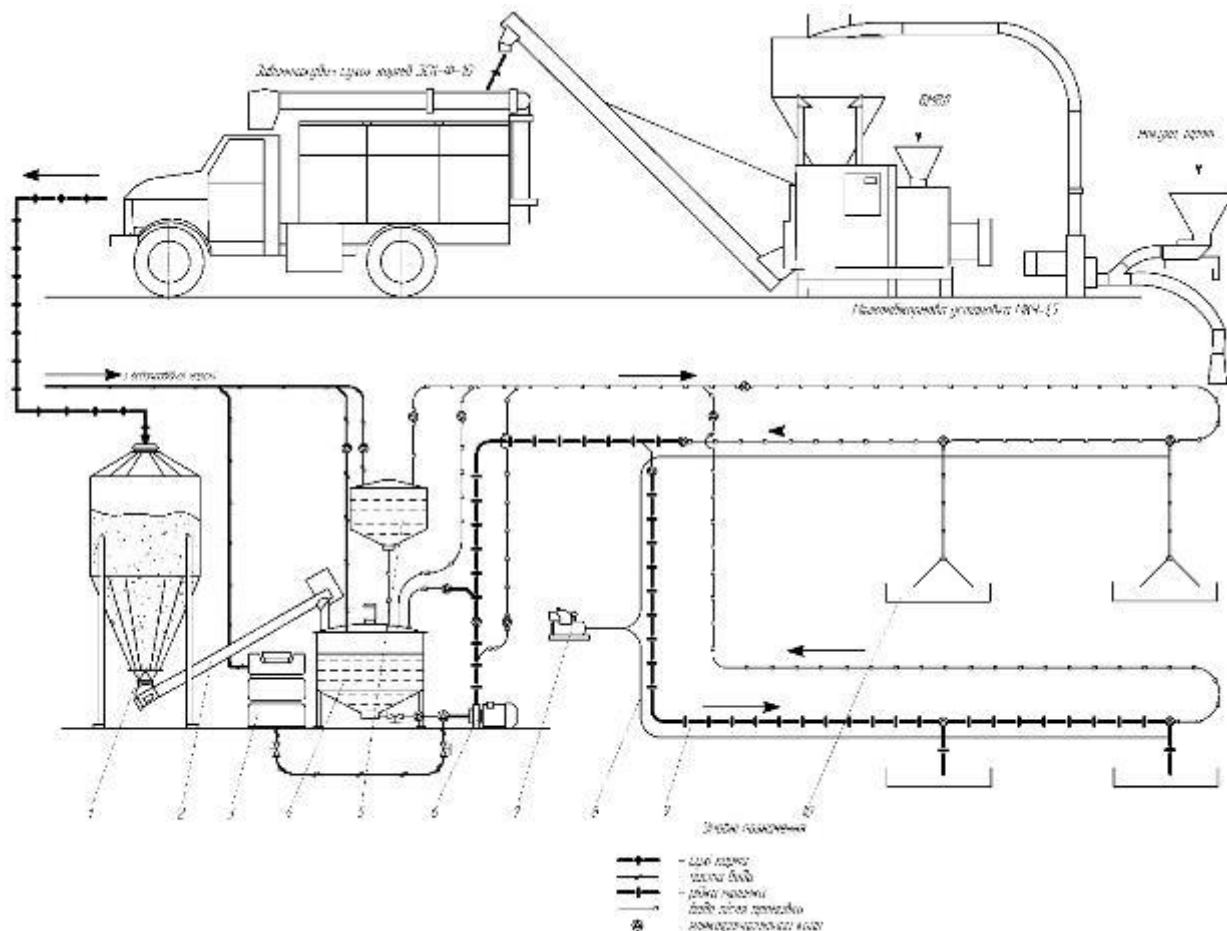


Рисунок 2.2 – Технологічна схема удосконаленої лінії приготування та роздавання кормів: 1 - бункер накопичувач; 2 - завантажувальний шнек; 3 - бак чистої води; 4 - змішувач; 5 - бак технічної (після промивки) води; 6 - кормовий насос; 7 - компресор; 8 - повітропровід; 9 - кормопровід; 10 - групова годівниця

2.4 Визначення продуктивності процесу

Продуктивність лінії роздавання кормів визначається одноразовою потребою наявного поголів'я у кормах. Щоб прокалькулювати необхідний добовий об'єм комбікорму для видачі, використовуємо дані про добову норму його згодовування (табл. 2.2):

$$G_d = 10^{-3} \sum_{i=1}^z q_{ij} m_j, \text{ т}, \quad (2.1)$$

Результати розрахунку заносимо до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Добова потреба в комбікормі

Технологічна група	Поголівя, гол	Добова пот- реба, кг/гол	Добова пот- реба, кг
Холості та поросні свиноматки	288	3,2	921,6
Підсисні свиноматки	80	6,2	496
Дорощування	1296	1,4	1814,4
Відгодівля	2128	2,8	5958,4
Ремонтний молодняк	92	2,5	230
Всього			9420,4

Виходячи часу для роздавання кормів, а він буде рівний часу зміни, необхідна продуктивність лінії доставки і роздавання корму складе

$$Q_n = \frac{G_{доб}}{Tk}, \quad (2.2)$$

де $T = 8$ год. – час зміни, год;

k – коефіцієнт використання часу зміни, приймаємо $k=0,8$.

Тоді по (2.2) маємо

$$Q_n = \frac{9420,4}{8 \cdot 0,8} = 1471,9 \text{ кг/год.}$$

2.5 Вибір засобів механізації технологічного процесу

Враховуючи розраховану продуктивність лінії (п. 2.4) та обраний тип обладнання, на фермі встановлюється малогабаритна комбікормова установка МКУ-1,5 виробництва ВАТ «Хоролський механічний завод». Ця установка забезпечує точне вагове дозування компонентів та дозволяє пневмозавантажувати зернові у радіусі 6–7 м. Технічні характеристики наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічна характеристика комбікормової установки МКУ-1,5

Показник	Значення
Дозування	вагове
Продуктивність, т/год.	1,5
Однорідність змішування, %	95-97
Загальна потужність, кВт	15,5
Радіус пневмозабору компонентів, м	до 7
Точність дозування компонентів, кг	1
Кількість компонентів	До 6
Об'єм бункера-змішувача, м ³	2,0
довжина, мм	6000
ширина, мм	2200
висота, мм	4500

Виходячи з прийнятого до використання типу обладнання для роздавання кормів, приймаємо:

- у відгодівельниках, щоб забезпечити проміжне накопичення сухого комбікорму, приготування рідкої мішанки та подальше її роздавання до

годівниць, кожне приміщення має бути оснащено ідентичним комплектом обладнання.

- в інших приміщеннях використовуються роздавачі для сухих сипких комбікормів, які розраховані на обслуговування одного приміщення за умови, що загальна довжина контуру лінії не перевищує 500 м.

Продуктивність лінії роздавання для кожного приміщення можна визначити за формулою:

$$Q_{л}^i = \frac{G^i_{доб}}{1000T_p}, \quad (2.3)$$

Таблиця 2.5 - Розрахункова продуктивність системи роздавання кормів

Призначення приміщення	Місткість, гол	Відстань до приміщення, км.	Добова потреба, кг	Розрахункова продуктивність, т/год.
Холості та поросні	288	3,2	921,6	0,46
Підсисні свиноматки	80	6,2	496	0,25
Дорощування	1296	1,4	1814,4	0,91
Відгодівля	2128	2,8	5958,4	2,97
Ремонтний молодняк	92	2,5	230	0,11

Отже, кожне приміщення повинно бути обладнане такими елементами:

- бункером-накопичувачем (типу БСК) з місткістю, що відповідає триденної добової потреби (рішення використати наявні резервуари);
- змішувачем-зволожувачем із продуктивністю згідно з даними табл. 2.5;
- гідравлічною системою подачі корму, яка включає транспортний насос, мережу гідропроводів із запірною арматурою та кормові клапани.

Враховуючи те, що ми маємо кількість гілок роздавання в яких не більше 2, приймаємо кількість роздавачів сухих кормів Dry Rapid рівну кількості секторів обслуговування (технологічних груп), тобто 3. Роздавання кормів у відділенні для кнурів – вручну.

В секторі відгодівлі необхідно мати 2 комплекти обладнання Liquid Feeding System для роздавання рідких кормів.

2.6 Висновки

У результаті розрахунків у цьому розділі встановлено:

1. Підтверджено переваги годівлі свиней рідкими мішанками.
2. Визначено оптимальну технологічну схему доставки та роздавання корму, яка забезпечує найбільш ефективне й економне постачання раціону до свинарників.
3. Обрано вид і розраховано кількість механізованих засобів, що складають лінію роздавання.

Натомість питання щодо вибору та конструкції змішувача-зволожувача, призначеного для проміжної обробки корму, залишається відкритим і буде розглянуте в наступному розділі.

3 Розробка змішувача рідких кормів

3.1 Обґрунтування важливості питання

При сучасному інтенсивному веденні свинарства в усіх технологічних стадіях відгодівлі та утримання свиней виправданим є використання рідких мішанок (комбікорм із водою). Проте системи рідкої годівлі радянського зразка, встановлені понад два десятиліття тому (із застосуванням, зокрема, селекторних візків КПС та ОСК), за рівнем технічного оснащення значно поступаються сучасним рішенням. Підвищення конкуренції у свинарській галузі ставить нові вимоги до технічних засобів годівлі, зокрема — до швидкості приготування, однорідності складу кормової суміші й ступеня автоматизації процесу.

Упродовж останніх років на окремих українських свинарських комплексах активно запроваджують зарубіжні системи рідкої годівлі, такі як Hydromix від Big Dutchman і Spotmix від Schauer Maschinenfabrik. Ці установки довели свою ефективність як на великих промислових свинокомплексах, де щоденно годують тисячі голів, так і на середніх та невеликих господарствах, а також на сімейних та фермерських свинофермах. Системи Hydromix і Spotmix дозволяють у єдиній технологічній лінії здійснювати точне вагове дозування сухих інгредієнтів, автоматично регулювати надходження води, а потім уніфіковано подавати готовий корм у годівниці. Завдяки цьому продуктивність відгодівлі підвищується, витрати корму знижуються, а здоров'я тварин підтримується на оптимальному рівні.

Сьогодні в Європі, за даними галузевих обстежень, експлуатується близько 4 000 таких систем рідкої годівлі на свинарських підприємствах різної потужності. Найбільша їх концентрація спостерігається в Німеччині, Данії, Нідерландах, Швейцарії, Франції, Фінляндії та Швеції, де вже понад 20 років закладено стандарти високої якості й автоматизації годівлі. Аналогічні рішення набувають популярності в Російській Федерації, де впровадження інноваційних ліній

дозволяє істотно знизити собівартість виробництва і підвищити конкурентоспроможність м'ясної продукції.

Однак вітчизняні виробники сільгосптехніки та оператори дрібних і середніх свинокомплексів нерідко стикаються з обмеженнями через високу вартість імпортного обладнання, складні процедури його монтажу й технічного обслуговування, а також необхідність регулярного ввезення запчастин і сервісної підтримки. У зв'язку з цим виникає гостра потреба у створенні власних, доступних за ціною та адаптованих до умов українських ферм рішень.

На підставі аналізу світового досвіду та з урахуванням наявної вузької номенклатури вітчизняних кормороздавачів було ухвалено рішення розробити власний змішувач-зволожувач для приготування рідких мішанок. Основними цілями цієї розробки є:

- забезпечення високої точності дозування сухих компонентів із урахуванням варіацій у якості вітчизняної сировини;
- інтеграція з інженерними мережами ферми (наявними бункерами, насосними станціями та трубопроводами) з мінімальними втратами енергії;
- спрощення обслуговування та зменшення потреби в імпортних запасних частинах;
- оптимізація витрат на встановлення та експлуатацію за рахунок використання компонентів, які вже широко застосовуються в Україні.

Нова конструкція змішувача-зволожувача повинна відповідати вимогам точності ($\pm 1 \dots 2$ % у дозуванні сухих інгредієнтів), мати достатню продуктивність для обслуговування кількох технологічних груп свиней одночасно, а також забезпечувати легкий доступ до робочих вузлів для їх очищення й профілактичного технічного обслуговування. У наступному розділі буде представлено технічне рішення, що включає конструкцію, принцип роботи й розрахунки основних параметрів змішувача-зволожувача, адаптованого до умов відгодівельної свиноферми в Україні.

3.2 Вихідні дані

В основі розробки лежать такі вихідні дані:

- результати аналізу сучасного стану питання (див. п. 3.3);
- розрахована продуктивність машини (див. п. 2.4);
- діючі зоотехнічні вимоги до рідких мішанок (наявність сторонніх домішок, оптимальна крупність кормових частинок, вологість, однорідність суміші та допустимі відхилення у дозуванні інгредієнтів);
- рівень уніфікації нової конструкції з вже існуючими машинами та обладнанням.

Урахування цих вимог дає змогу заощадити на купівлі додаткових деталей, вузлів і механізмів, адже під час проектування визначаються можливості використання наявних елементів.

3.3 Стан питання і постановка завдання

3.3.1 Змішувачі-зволожувачі закордонного виробництва

У системі рідкої годівлі Spotmix від Schauer Maschinenfabrik використовується порційний змішувач із точністю 1:10000, що дозволяє готувати кормову суміш для кожного кормомісця точно за графіком.

На рисунку 3.1 зображено загальний вигляд системи Spotmix від Schauer Maschinenfabrik. Кормоприготувальний бункер встановлено на тензодатчиках, що дає змогу виконувати заміс одразу для всієї групи тварин. Це забезпечує економію робочого часу та зменшує витрати на одне кормове місце до 30 %. Завдяки точності вагового модуля ± 10 г можна зважувати навіть мінімальні дози компонентів. Роздача корму здійснюється швидко та синхронно за допомогою подачі стисненого повітря.

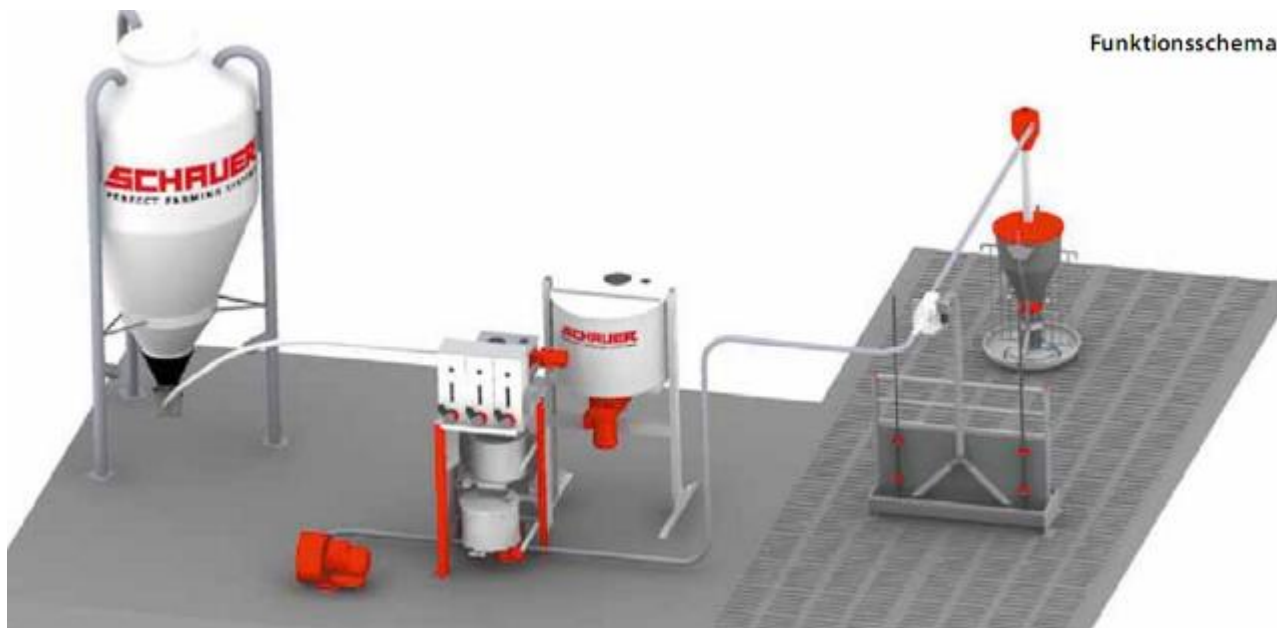


Рисунок 3.1 - Загальний вигляд системи рідкої годівлі Spotmix фірми Schauer Maschinenfabrik

Система Асо Funki розроблена як для малих, так і для великих ферм і може працювати в різних умовах. Змішувач у цій системі виконаний у вигляді пластикової ємності, устаткованої пропелерною мішалкою та насосом для подачі готової суміші до годівниць (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 - Змішувачі системи Асо Funki.

На рис. 3.3 показано змішувач системи Hydromix від Big Dutchman та його пропелерний мішалковий вузол. Корпус цього змішувача виготовлено з оцинкованої сталі й має форму паралелепіпеда. Дозування сухих компонентів і води здійснюється завдяки тому, що змішувач спирається на тензометричну вагову платформу.



Рисунок 3.3 – Змішувач системи Hydromix

3.3.2 Патентний аналіз

Деклараційним патентом на корисну модель № 23502 передбачено завдання спростити конструкцію змішувача та підвищити якість процесу приготування кормової суміші. Це досягається таким чином: у силовому корпусі змішувача з циліндричною робочою камерою та одновальною мішалкою (витки якої приварені до стояків і спрямовані від торцевих стінок камери до її центру) замість горизонтального конвеєра встановлено похилий розвантажувальний конвеєр. Його приймальна горловина жорстко прикріплена до днища робочої камери посередині за довжиною, а між камерою та горловиною розташована заслінка (рис. 3.4).

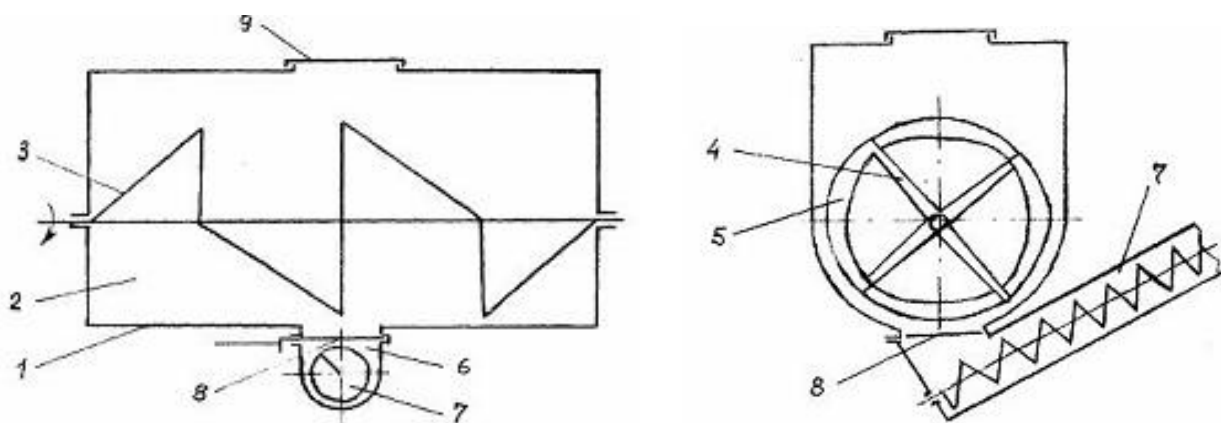


Рисунок 3.5 - Змішувач за патентом № 23502: 1 – корпус; 2 – робоча камера; 3 – одновальна мішалка; 4 – стійки мішалки; 5 – витки мішалки; 6 – приймальна горловина; 7 – похилий розвантажувальний конвеєр; 8 – заслінка; 9 – завантажувальна горловина з кришкою.

За рахунок усунення додаткового горизонтального конвеєра зі своїм приводом конструкція спрощується, знижуються витрати сталі на виготовлення та енерговитрати. Відпадає ризик «застою» корму у лотку горизонтального транспортера, що виключає випадки втрати частини суміші та покращує однорідність готового продукту.

Принцип роботи описаного змішувача такий. Попередньо подрібнені компоненти завантажують через завантажувальну горловину 9 у закриту заслінкою 8 робочу камеру 2. Якщо здійснюється лише перемішування (без запарювання), мішалку 3 увімкнюють під час завантаження. Рівень завантаження не повинен перевищувати 70–75 % об'єму камери. Коли суміш готова, запускають консоль похилого конвеєра 7, після чого відкривають заслінку 8: готова маса під дією лопатей мішалки скочується до десент подачі й надходить у конвеєр.

У патенті на корисну модель № 49275 оптимізацію якості змішування досягли інакшим способом: лопаті мішалки виконано плоскими або гвинтовими і змонтовано на горизонтальних чи гвинтових трубах уздовж периферії мішальної конструкції. Лопаті сусідніх рядів мають різний кут нахилу відносно осі валу та відповідний крок розташування. Додатково по протилежній поверхні цих труб

розміщені радіальні пальці. У результаті створюється кращий потік матеріалу усередині камери, що значно підвищує інтенсивність та однорідність перемішування (рис. 3.5).

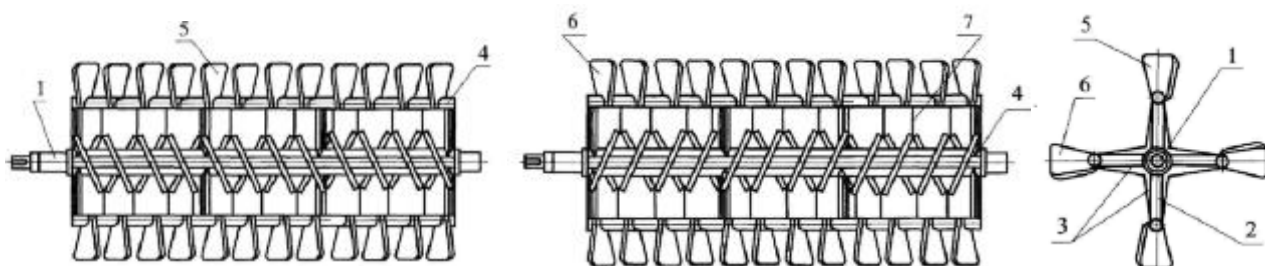


Рисунок 3.5 - Мішалка за патентом № 49273.

Мішалка складається з приводного вала 1, на якому встановлені опорні стійки 2 із косинками 3. До цих стійок прикріплені горизонтальні або гвинтові труби 4, на периферії кожної з яких жорстко змонтовано пакети лопатей 5 і 6. Лопаті можуть бути плоскими або гвинтовими, причому їхній кут нахилу відносно осі мішалки варіюється в парних (сусідніх) рядах із визначеним кроком уздовж вала. Для додаткової інтенсифікації змішування і покращення однорідності суміші на зовнішній поверхні кожної труби розташовані радіальні пальці 7.

Під час роботи лопаті верхнього ряду з правим нахилом захоплюють порцію кормосуміші й переміщують її в радіальному та осьовому напрямках до правого кінця камери змішувача, тоді як лопаті другого ряду з лівим нахилом рухають суміш до лівого кінця. Завдяки такій організації кромці лопатей «зрізують» шари кормової маси по ширині й перемішують їх у протитечієвій циркуляції, що запобігає застоюванню матеріалу. Одночасно радіальні пальці 7 розрихлюють компоненти в суміжних шарах, переносять групи часток у мікрооб'ємах, змінюють їхній розподіл у масі та забезпечують більш рівномірне розсіювання складових у кормосуміші. У результаті досягається високий ступінь розпушення та інтенсивне переміщення часток, що підвищує якість і однорідність підсумкової суміші.

Задання корисної моделі (АС № 60687) — підвищити ефективність змішування при одночасному зниженні енерговитрат. Основним робочим органом є пакет мішалок, який складається з несиметричних лопатей, шарнірно закріплених на приводному валу. Конструкція змішувача включає корпус-ємність, привідний вал із лопатями, привод шнека, електродвигун, а також лоток і вікна для вивантаження (рис. 3.7).

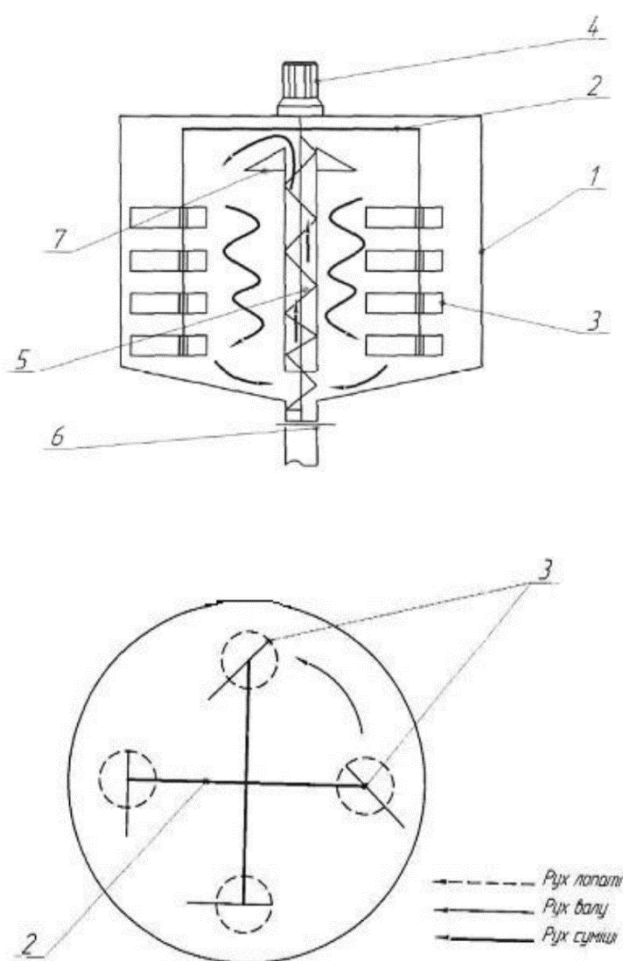


Рисунок 3.7 - Змішувач за патентом № 60687: 1 – корпус-ємність; 2 – вал мішалок; 3 – несиметричні лопаті; 4 – електродвигун; 5 – вал шнека; 6 – вікна вивантаження; 7 – лоток.

У процесі роботи, обертаючись разом із валом мішалок 2, несиметричні лопаті 3 відхиляються під тиском кормової суміші залежно від їхньої різної

площе-вої проєкції. Різниця у площах лопатей спричиняє їх стійкий рух в однорідному середовищі, що значно прискорює процес перемішування. Для ще ефективнішої роботи в центрі камери розміщений шнек, привод якого 5 допомагає піднімати масу до верху. Коли суміш досягає вершини шнека, вона потрапляє на лоток 7, який спрямовує її назад до активної зони лопатей.

Така комбінація несиметричних лопатей і центрального шнека забезпечує значне підвищення однорідності кормової маси та збільшення продуктивності змішування водночас зі зменшенням енергоспоживання.

Як видно з проведеного аналізу, удосконалення пристроїв для приготування рідких кормів відбувається у двох ключових напрямках: розробка та модернізація змішувачів попереднього приготування та створення нових робочих органів. У якості прототипу для майбутньої розробки обрано змішувач за АС № 60687, з урахуванням досвіду зарубіжних виробників.

3.4 Розробка варіанту удосконалення

Ураховуючи, що ключовим елементом запропонованої в розділі 2 системи роздавання кормів є змішувач і що вітчизняна промисловість поки не виготовляє аналогів, його обрано для подальшої розробки.

Новий змішувач має забезпечувати:

- дозовану подачу сухого комбікорму й води;
- якісне перемішування компонентів;
- можливість автоматичного обмивання після завершення змішування.

Для реалізації цих завдань пропонується така схема компоновки (див. аркуш 2 графічної частини).

Корпус змішувача виконано у вигляді бункера необхідної місткості, розрахованої відповідно до заданої продуктивності. Всередині бункера встановлено лопатево-стрічкову мішалку, яка приводиться в дію електродвигуном через мотор-редуктор. Автоматичне промивання реалізується за допомогою форсунок, розташованих усередині бункера.

3.5 Конструктивні розрахунки

3.5.1 Розрахунки привода мішалки

Потужність N_l для привода змішувача з урахуванням діючих на лопаті опорів

$$N_l = (P_p v_p + P_o v_o) \cdot Z_l / 100 \quad (3.1)$$

Розглянемо сили (рис. 3.1), що діють у площині перпендикулярній до осі вала мішалки. На лопать діє рівнодіюча R усіх опорів, відхилена кормами від N на кут φ тертя.

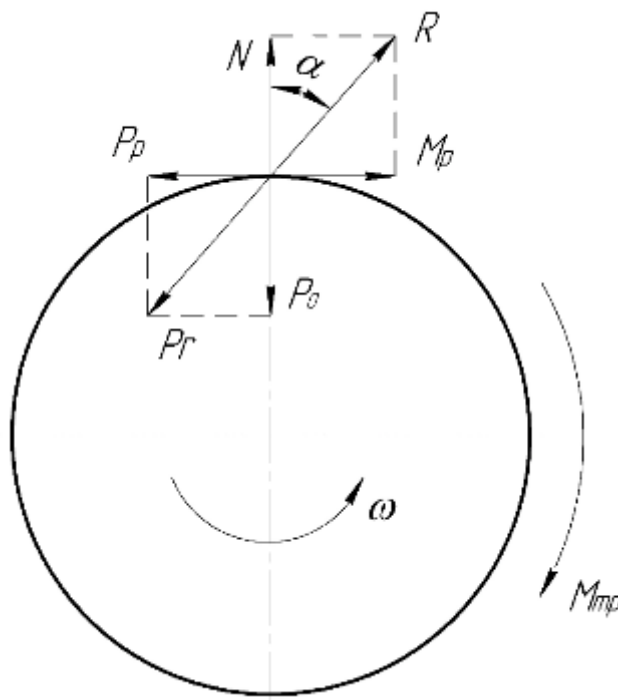


Рисунок 3.1 – схема прикладення сил на валу мішалки

Для подолання цієї діючої необхідно прикласти з боку лопаті зусиллям P , рівне R . Нормальну складову P_p цього зусилля розташуємо по напрямку колової швидкості, у результаті одержимо зусилля P_p , яке надає часткам обертний рух, і P_o , яка переміщує ці частки в осьовому напрямку. При цьому

$$P_p = P_r = \cos\alpha \text{ та } P_o = P_r \sin\alpha, H, \quad (3.2)$$

де P_r – нормальна складова, Н;

α – кут нахилу лопат до осі обертання вала мішалки, град.;

Також під дією нормальної складової R у площині переміщення часток уздовж лопаті виникає тертя $F_{mp} = f_p n$, яке спрямоване проти відносного руху часток по поверхні лопаті. Розкладемо цю силу тертя F_{mp} на колову та осьову складові.

$$F_{mp} = F_{mp} \cdot \sin\alpha = fP_n \cdot \sin\alpha; \quad (3.3)$$

$$F_{mp.o.} = F_{mp} \cdot \cos\alpha = fP_n \cdot \cos\alpha. \quad (3.4)$$

Підсумовуючи отримані вектори по напрямках одержимо значення:
колового зусилля

$$P_p = P_p + F_{mp.p} = P_n (\cos\alpha + \sin\alpha); \quad (3.5)$$

осьового зусилля

$$P_o = P_o - F_{mp.o.} = P_r (\sin\alpha - \cos\alpha). \quad (3.6)$$

При русі зануреної в матеріал мішалки опір уздовж неї поширюються за законом трикутника, або на відстані Γ_{cp} дві третьої довжини лопаті від осі обертання.

При не повністю заповненій ємності і при обертанні лопаті, глибина її занурення є величиною змінної.

З урахуванням зазначеного, нормальна складова P_n сил опору визначається по формулі

$$P_n = 9,81 \cdot p h_{cp} F_l K_s t g^2 [45 + (\varphi/2)], \text{ кН} \quad (3.7)$$

де K_s – коефіцієнт, що враховує опір при перемішуванні шарів;
 h_{cp} – глибина, рівна половині глибини занурення мішалки, м;
 F_l – проекція площі лопаті, зануреної в матеріал, м²;
 φ – кут внутрішнього тертя, град.

$$P_n = 9,81 \cdot 700 \cdot 0,867 \cdot 0,45 \cdot 2,2 \cdot t g^2 [45 + (20/2)] = 11473,3 \text{ Н},$$

Тоді

$$P_p = 11473,3 (\cos 45^\circ + \sin 45^\circ) = 10555,6 \text{ Н},$$

$$P_o = 11473,3 (\sin 45^\circ - \cos 45^\circ) = 5622,1 \text{ Н}.$$

Значення колової швидкості можна визначити по формулі

$$V_p = W \cdot r_{cp} \quad (3.8)$$

де W – кутова швидкість обертання вала, хв⁻¹

$$W = 3,14 \cdot n / 30, \quad (3.9)$$

де n – частота обертання вала, рад/сек.;

$$W = 3,14 \cdot 45 / 30 = 4,71 \text{ рад/сек.},$$

$$V_p = 4,71 \cdot 0,755 = 3,62 \text{ м/с}.$$

Осьова швидкість рівна

$$V_o = V_p \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \quad (3.10)$$

$$V_o = 3,65 \cdot \cos 45^\circ \cdot \sin 45^\circ = 1,83 \text{ м/с.}$$

Тоді потужність на привід мішалки буде рівна:

$$N_m = (10555,6 \cdot 3,65 + 5622,1 \cdot 1,83) \cdot 8/100 = 3,9 \text{ кВт}$$

Відповідно до розрахунків обрано трифазний електродвигун із короткозамкненим ротором моделі 4А112М4Р3, із номінальною частотою обертання 1000 об/хв та потужністю 4,2 кВт, який буде інтегровано в склад мотор-редуктора.

Розраховуємо крутний момент на валу мішалки

$$T = 9,55 \cdot 10^6 N/n \text{ Н} \cdot \text{мм}; \quad (3.11)$$

де N – потужність електродвигуна, кВт

$$T = 9,55 \cdot 10^6 \cdot 4,2/45 = 1167222,22 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 1167,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо передаточне число редуктора

$$I = n_{дв}/n_n \quad (3.12)$$

де $n_{дв}$ – частота обертання двигуна, об/хв;

n_n – частота обертання мішалки, об/хв.

$$I = 1000/45 = 22,22.$$

Відповідно до [14] вибираємо мотор-редуктор Мпз2-63. Оскільки на вал мішалки діють одночасно крутний та згинальний моменти, неправильно визначати його діаметр лише за умовами міцності чи твердості при крученні. Тому спочатку необхідно обчислити еквівалентний момент, що враховує обидва види навантаження. Конструктивно встановлюємо діаметр вала мішалки рівним 83 мм. Вал виконано трубчастим: труба при меншій металоємності забезпечує вищу міцність і жорсткість порівняно з суцільним валом.

3.5.2 Міцнісний розрахунок вала

На вал будуть діяти вище розраховані зусилля P_n і P_o , а також вага мішалки F_M

$$F_M = (M_{mp} + M_{cm} + M_B) \cdot g, \text{ Н}; \quad (3.13)$$

де M_{mp} – маса труби, кг;

M_{cm} – маса стійок, кг;

M_B – маса витка, кг;

$$M_{mp} = 3,14 \cdot \rho \cdot l (R^2 - r^2)/4, \text{ кг}; \quad (3.14)$$

де ρ – щільність металу, кг/м³;

l – довжина труби, м;

R^2, r^2 – зовнішній і внутрішній радіуси відповідно, м

$$M_{mp} = 3,14 \cdot 7500 \cdot 1,632(0,0415^2 - 0,0275^2)/4 = 37 \text{ кг.}$$

Маса стійки

$$M_{cm} = 4,5 \cdot 9 = 40,5 \text{ кг.}$$

Маса витка

$$M_6 = 5,2 \cdot 8 = 41,6 \text{ кг.}$$

Тоді

$$F_M = (37 + 40,5 + 41,6) \cdot 9,81 = 1168,3 \text{ Н}$$

Складемо розрахункову схему навантажень вала

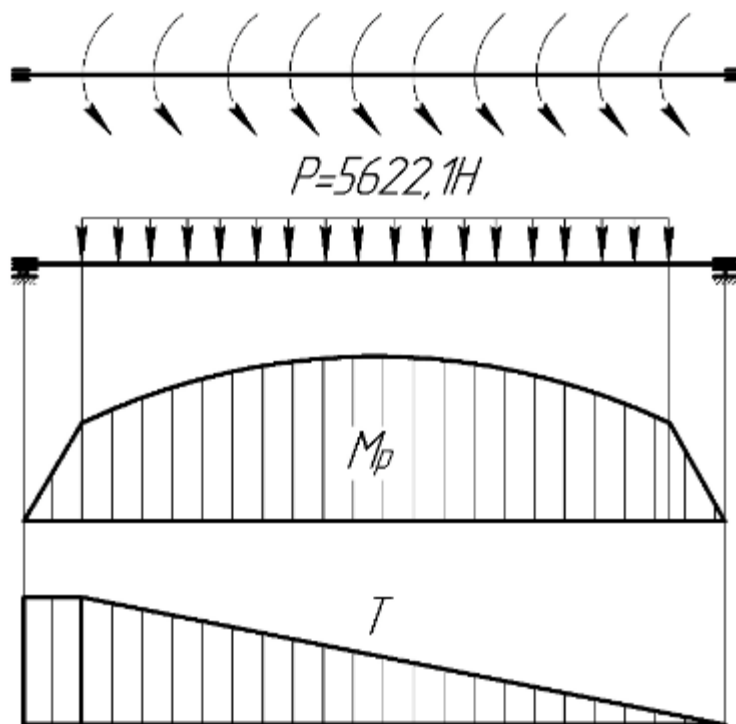


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема навантажень вала

Визначимо напруження, що утворюється від вигину і крутіння.

$$G = M_{\text{экв}}/W_n \leq [G-I]; \quad (3.15)$$

де $M_{\text{экв}}$ – еквівалентний момент, Н·м;

W_n – момент опору вала;

$[G-I]$ – границя витривалості змінного циклу, приймаємо $[G-1] = 60$ МПа.

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_H^2 + T^2} \quad (3.15)$$

де M_H – згинаючий момент, Н·м

$$M_H = F_M \cdot l_M/2 + P_n \cdot l_M/2 + P_o \cdot D/2 \cdot K \quad (3.16)$$

Де l_M – довжина мішалки, м;

K – коефіцієнт заповнення змішувача.

$$M_H = 1168,3 \cdot 1,875/2 + 11473,3 \cdot 1,875/2 + 5622,1 \cdot 1,55/2 \cdot 0,8 = 17298 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{17298^2 + 1167,2^2} = 172985 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$W = 0,1 dh (1-a^4),$$

Знайдемо найменший припустимий діаметр вала

$$d_H = M_{\text{экв}} \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot (1 - a^4) / [G^{-1}] \quad (3.17)$$

$$d_H = 17298 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,8^4) \cdot / [60 \cdot 10^6] = 18 \text{ мм}$$

Обраний діаметр вала забезпечує необхідну міцність. Відповідно до ДСТ 8732-78 підбираємо трубу зі сталі марки В20 (категорія 1) з зовнішнім діаметром 83 мм.

Позначення: труба $\frac{83 \times 14 \text{ ГОСТ } 8732-78}{\text{В20 ГОСТ } 8731-74}$

3.6 Висновки

У цьому розділі проведено аналіз існуючих типів змішувачів для приготування рідких мішанок і розроблено власну конструкцію, зокрема:

- розглянули різні конструктивні рішення і ключові особливості їхньої будови;
- оцінили практичне застосування кожного виду змішувача;
- обрали ту схему, яка найкраще відповідає вимогам нашої системи;
- розрахували основні розміри та характеристики лопатево-стрічкового змішувача;
- визначили діаметр трубчастого вала для гвинтової мішалки і виконали розрахунки елементів цього вала на міцність.

4 Охорона праці

4.1 Загальні вимоги

При приготуванні та роздаванні рідких кормів на свинофермах необхідно дотримуватись вимог безпеки праці, передбачених Законом України «Про охорону праці» (1992) та підзаконними актами (постанова Кабінету Міністрів України № 442 від 24.04.1998), а також директивами Європейського Союзу з охорони праці та безпеки машин. Відповідно до Закону України «Про охорону праці», усі виробничі приміщення, обладнання та технологічні процеси мають бути спроектовані і експлуатуватись таким чином, щоб запобігати травмам і професійним захворюванням. Зокрема, змішувачі, насосні станції й трубопроводи для підготовки та подачі рідких сумішей повинні відповідати вимогам ДСТУ, мати узгоджені з Державним центром зайнятості засоби захисту від електричного ураження (постанова КМУ № 997 від 08.08.1995) та бути забезпечені аварійними вимикачами відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів.

Під час підготовки кормів слід враховувати санітарно-гігієнічні норми, встановлені в Україні наказом МОЗ № 173 від 28.05.2007 (затвердження санітарних правил у тваринницьких комплексах) і в ЄС Регламентом (ЄС) № 852/2004 щодо гігієни харчових продуктів. Працівники, які безпосередньо контактують із живильними сумішами, мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту (запобіжні рукавиці, водонепроникні фартухи, захисне взуття з нековзною підошвою); всі робочі майданчики повинні мати підлогу з ненакопичувальним покриттям, обладнану водовідведенням і зливними каналами для профілактики залишків кормової вологи, що зменшує ризик ковзання.

У відповідності до Директиви Ради ЄС 2006/42/ЄС стосовно машин та устаткування, всі пристрої для приготування рідких кормів (мішалки, дозатори,

насоси) повинні мати захисні кожухи, щити та огорожі, які виключають доступ рук до рухомих деталей, а також бути обладнані блокувальними пристроями, що автоматично зупиняють обладнання у разі відкриття захисного огороження. Відповідно до Директиви 2009/104/ЄС щодо використання робочого обладнання працівники зобов'язані проходити інструктаж та атестацію з експлуатації змішувачів і насосів; робота із переносними насосами має здійснюватись із дотриманням вимог безпеки за виконання робіт у замкнених просторах (Директива 89/655/ЄЕС).

При транспортуванні рідкої суміші до годівниць корми роздають за допомогою герметичних трубопроводів, обладнаних зворотними клапанами й манометрами, що забезпечує контроль тиску й виключає протікання. Згідно з вимогами ДСТУ 3976-2001, продуктивність насосних агрегатів повинна відповідати розрахунковому об'єму сумішей, а електричні кабелі та апаратура – мати клас захисту не нижче IP 54, що відповідає стандартам ІЕС для роботи в умовах підвищеної вологості.

Усі працівники зобов'язані проходити медичний огляд перед початком роботи з рідкими кормами (Наказ МОЗ № 246 від 04.07.2019) та навчатися діям у разі аварійних ситуацій, пов'язаних із розливом кормової рідини чи витоком газів (наприклад, метану із свинарських гноєзбірників). Організація робочих місць повинна враховувати ергономічні вимоги ДСТУ 2991-94, а також вимоги Директиви 90/269/ЄЕС щодо підйомно-транспортних операцій: при перенесенні ємностей із сухими компонентами слід використовувати механізовані візки чи підйомники, щоб не перевищувати допустиме навантаження на опорно-руховий апарат працівника.

При роздаванні корму у годівниці необхідно контролювати рівень залишків у кожній годівниці, щоб виключити повторну заливку старої суміші, та забезпечувати своєчасне очищення годівниць від залишків корму згідно з вимогами

Директиви 93/94/ЕС (гігієна обладнання для харчової промисловості). Усунення залишків проводять із застосуванням мийних засобів, дозволених до використання у тваринницьких приміщеннях (Наказ Мінагрополітики № 12 від 15.01.2013).

У разі проведення профілактичних ремонтних робіт насоси й електродвигуни повинні бути знеструмлені й заземлені, а області біля рухомих частин обладнання позначені попереджувальними знаками (постанова КМУ № 68 від 12.01.2011). Для запобігання ураження електрострумом всі металеві частини змішувача й насосів обов'язково мають бути заземлені згідно з Правилами монтажу та експлуатації електроустановок (Наказ Міненергетики № 49 від 03.04.2000).

Таким чином, виконання наведених норм та стандартів, що їх регламентують законодавчі акти України й директиви ЄС, дозволяє забезпечити безпечні умови праці на всіх етапах приготування та роздавання рідких кормів на свинофермах.

4.2 Інструкція з охорони праці для оператора системи приготування та роздавання рідких кормів

1. Загальні положення

Оператор системи приготування та роздавання рідких кормів (далі – оператор) призначений для забезпечення безперебійного функціонування обладнання, технологічного процесу приготування й подачі кормової суміші в годівниці. Інструкція розроблена відповідно до Закону України «Про охорону праці» (1992), Постанови КМУ № 442 від 24.04.1998, а також норм Директиви ЄС 2006/42/ЕС щодо машин та устаткування.

Оператор зобов'язаний:

– уміти самостійно запускати, зупиняти та регулювати обладнання системи;

- контролювати дотримання температурного, тискового і санітарного режимів;
- вчасно виявляти та усувати незначні несправності, а у випадку складних аварій своєчасно повідомляти відповідальних осіб;
- дотримуватися вимог безпеки під час регламентних оглядів, проведення гігієнічних процедур і технічного обслуговування.

До роботи допускаються особи не молодші 18 років після проходження вступного, первинного та повторного інструктажів, які пройшли навчання з охорони праці, мають відомості про безпечні методи виконання технологічних операцій та засоби індивідуального захисту.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком зміни оператор повинен отримати від попередньої змінної особи усну й письмову інформацію про стан технологічного процесу, можливі несправності обладнання та вжиті профілактичні заходи.

Оператор зобов'язаний перевірити:

- цілісність та справність електричних кабелів, заземлення всіх металевих частин змішувача та насосів згідно з Правилами монтажу та експлуатації електроустановок (Наказ Міненергетики № 49 від 03.04.2000);
- наявність сертифікованих засобів індивідуального захисту: захисного взуття з нековзкою підошвою, гумових рукавиць, водонепроникного фартуха й окулярів, а також респіратору у разі високого рівня пильної аерозолі;
- чистоту й наявність вільного доступу до аварійних вимикачів, блокувальних пристроїв, запірної арматури та пожежного обладнання;
- відсутність залишків кормової рідини на підлозі, що може призвести до ковзання (підлога має бути обладнана водовідведенням і зливною канавкою відповідно до санітарних правил МОЗ № 173 від 28.05.2007);

- герметичність трубопроводів, справність манометрів і зворотних клапанів для запобігання протіканню кормової суміші (згідно з ДСТУ 3976-2001);
- наявність у бункері очищеної від залишків кормової маси поверхні для запобігання бродінню або розвитку патогенних бактерій;
- справність системи автоматичного промивання: форсунок та подачі води високої якості (відповідно до Директиви (ЄС) № 852/2004 щодо гігієни харчових продуктів).

Якщо виявлено несправність будь-якого елемента – електродвигуна, насосного агрегату, системи вимірювання густини, механічних заслінок або запірної арматури, – оператор зобов'язаний негайно доповісти безпосередньому керівникові змін та призупинити роботу до усунення дефекту.

3. Вимоги безпеки під час роботи

Після перевірки обладнання оператор виконує запуск у такій послідовності:

- відмикає автоматичний вимикач електроживлення та перевіряє заземлення;
- подає живлення на систему керування та впевнюється в працездатності блоку контролю температури й вологості;
- активує дозатори сухих компонентів, після чого натискає кнопку «Пуск» на панелі керування мотор-редуктором, що приводить у дію лопатево-стрічкову мішалку;
- запускає насос для подачі води в бункер до встановленої вологості (з урахуванням даних рецептури та показників Dry Matter з датчика вологості).

Під час безпосереднього приготування кормової суміші оператор повинен:

- стежити за рівномірністю подачі зернових компонентів, не допускати зупинки шнекових дозаторів;
- контролювати показники вагової системи із точністю не менш ніж ± 10 г для мінімальних доз (згідно з вимогами [14]);

- слідкувати за рівнем заповнення робочої камери, не перевищуючи максимально допустиму позначку (70 % об'єму бункера);
- переконатися, що заслінка між робочою камерою й розвантажувальним конвеєром повністю закрити під час змішування;
- періодично перевіряти відсутність надмірного нагріву мотор-редуктора, особливо в точках змащення підшипників (температура не має перевищувати 70 °С);
- запобігати потраплянню шкідливих домішок (камінців, металевих фрагментів тощо) у робочу камеру, за необхідності здійснювати візуальну перевірку завантажених компонентів.

разі якісного зважування та перемішування оператор переходить до роздавання корму:

- перед відкриттям заслінки оператор упевнюється, що лопаті мішалки зупинено й перебувають у неробочому положенні;
- подає команду розвантаження: після відкриття заслінки готова суміш рухається по похилому конвеєру до буферного бака або безпосередньо до годівниць;
- контролює рівень корми в кожній груповій годівниці, уникаючи переливів чи застою рідини в годівниці;
- у разі виникнення зворотного тиску або заїдань заслінки негайно зупиняє насос і заслінку, усуває перешкоду та перезапускає процес згідно з інструкцією з експлуатації обладнання.

Під час роботи оператор має суворо дотримуватися вимог Директиви 2009/104/ЕС щодо безпечного використання робочого обладнання: не підходити до рухомих елементів мішалки без спеціального захисного кожуха, не проводити регулювання машини за працюючого двигуна, а також у жодному разі не діставати руками залишки корми під ковпаком мішалки.

4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Оператор зобов'язаний використовувати:

- захисні окуляри або щиток для очей (відповідно до ДСТУ EN 166:2005), щоб унеможливити потрапляння в очі бризок кормової суміші та абразивних часток;
- рукавички з водонепроникного матеріалу, стійкого до механічного стирання (ДСТУ EN 388:2017), щоб захистити шкіру рук під час перемішування й обслуговування;
- водонепроникний фартух із пластифікованого матеріалу, що захищає одяг від забруднення й дії агресивних речовин, а також може бути оброблений дезінфікуючим засобом;
- захисне взуття з нековзкою підошвою (клас безпеки S2 згідно з ДСТУ EN ISO 20345:2012), яке захищає від можливого падіння важких предметів і мінімізує ризик ковзання на вологій підлозі;
- респіратор класу не нижче FFP2 у разі роботи з підвищеним рівнем пилу або спорами (згідно з Директивою (ЄС) 2016/425).

ЗІЗ повинні регулярно перевірятися на наявність механічних пошкоджень, зберігатися в чистому сухому місці та змінюватися згідно з регламентом (не рідше ніж раз на шість місяців або за необхідності після механічного пошкодження).

5. Дії в аварійних та небезпечних ситуаціях

У разі виникнення позаштатної ситуації (раптовий пропуск дрібних домішок, сильне нагрівання двигуна, заклинювання заслінки або пошкодження гідропроводів) оператор повинен негайно від'єднати електроживлення, перекрити подачу води й зупинити всі механічні приводи. Про аварію необхідно повідомити технолога або інженера з охорони праці.

Якщо під час експлуатації сталася розгерметизація трубопроводу або прокол шланга, оператор перекриває запірний клапан, щоб уникнути виливання кормової суміші, забирає ЗІЗ і, коли речовина повністю стече, усуває пошкодження із застосуванням спеціального ремкомплекту. Перед запуском необхідно провести пробний пуск із мінімальним навантаженням і переконатися в герметичності.

У разі потрапляння рідкої суміші в зону вільного доступу до рухомих деталей мішалки слід перш за все відключити обладнання від електроживлення, провести очищення та просушування робочої камери, а потім відкрити заслінку для скидання залишків маси.

При виникненні електричної аварії (короткого замикання, спалаху іскри) необхідно працівникам негайно відійти на безпечну відстань, викликати електрика для перевірки заземлення й справності захисних автоматів. Згідно з Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів (Постанова КМУ № 997 від 08.08.1995), усі роботи з відновлення живлення має виконувати кваліфікований електрик.

У разі попадання кормової рідини на підлогу слід одразу включити систему зливу, обережно видалити залишки за допомогою спеціальних ганчірок або шланга під невисоким тиском та обробити поверхню протиковзкими засобами (або піском).

Якщо на підлозі залишилось більше ніж 1 л води або кормової маси, необхідно встановити попереджувальні знаки «Слизька підлога» та обмежити рух у цій зоні до повного очищення й висихання покриття.

У разі виникнення пожежі оператор зобов'язаний:

- негайно натиснути кнопку «Аварійна зупинка»;
- викликати пожежну службу (номер 101) та повідомити координати господарства;
- застосувати вогнегасники із вогнегасною речовиною класу С (CO₂ або порошкові) за умови, що ймовірним джерелом займання є електроустаткування або масла;
- у разі неможливості загасити вогонь організувати евакуацію персоналу до безпечної зони згідно з планом евакуації (наказ КМУ № 147 від 06.02.2001).

6. Вимоги безпеки при технічному обслуговуванні та чистці

Перед початком будь-яких регламентних робіт оператор зобов'язаний зупинити всі рухомі частини: відключити насос, зупинити мішалку, вийняти ключ із електроцита й повісити замок-попередження «Не вмикати – працюють люди», як того вимагає Директива 89/655/ЕЕС про використання обладнання.

Чистку робочої камери змішувача слід проводити після повного спустошування: оператор зливає залишкову суміш, відкриває заслінку, промиває камеру водою високого тиску, а потім обробляє дезінфікуючим розчином, дозволеним Наказом Мінагрополітики № 12 від 15.01.2013. Після цього оператор переконується, що поверхні повністю очищені та просушені, і закриває заслінку.

Під час заміни чи перевірки лопатей мішалки та шестерень мотор-редуктора слід використовувати спеціалізований інструмент: динамометричний ключ, щоб не завдати деформації різьбових з'єднань. Елементи підшипників потребують регулярного змащення згідно з рекомендаціями завод-у-виробника (ДСТУ EN ISO lubrication).

У разі заміни електродвигуна технічний працівник із відповідною кваліфікацією має виконати перевірку заземлення, герметичність обмоток та справність автоматичного захисту (Постанова КМУ № 68 від 12.01.2011).

Після завершення технічного обслуговування оператор підключає обладнання до електроживлення тільки за умови, що всі задні кришки та люки закриті, захисні кожухи встановлено, а область доступу до рухомих вузлів повністю очищена від сторонніх предметів.

7. Закінчення роботи та передача змінного обслуговування

Після завершення робочого циклу оператор повинен відключити обладнання: зупинити насос і мішалку, відкрити заслінку для спорожнення залишків. Потім включити систему автоматичного промивання, уважно стежачи, щоб усі форсунки були очищені від залишків корму.

Оператор фіксує показники технологічного обладнання в журнали (годину завершення, обсяг приготованої суміші, витрати води, причини зупинок або аварій), виконує візуальний огляд технічного стану й передає всю необхідну інформацію оператору наступної зміни.

Після цього оператор демонтує ЗІЗ, перевіряє їхній стан і передає для прання чи дезінфекції відповідному спеціалісту, зберігає робочий одяг згідно з розпорядком господарства та складає робоче місце, витирає панель керування й місця доступу до обладнання.

8. Навчання та інструктаж

Оператор зобов'язаний проходити:

- початковий інструктаж (при прийнятті на роботу) згідно з Порядком проходження інструктажів (Наказ Мінсоцполітики № 165 від 05.10.2018);
- повторний інструктаж не рідше ніж раз на шість місяців;
- позачерговий інструктаж при зміні технології, обладнання, появі нових небезпечних виробничих факторів;
- цільовий інструктаж перед виконанням разових робіт підвищеної небезпеки (зміна або ремонт електрообладнання, усунення наслідків аварії).

Результати інструктажів фіксуються в Журналі реєстрації інструктажів.

9. Відповідальність

Оператор несе відповідальність за:

- порушення вимог інструкції, що призвело до травм або виходу обладнання з ладу;
- зберігання та своєчасну заміну ЗІЗ;
- вчасне повідомлення керівництва про виникнення аварійних ситуацій та несправностей;
- недотримання гігієнічних норм під час демонтажу та саджання обладнання.

Невиконання чи недбале ставлення до зазначених вимог тягнуть за собою дисциплінарну відповідальність згідно з КЗпП України та внутрішніми правилами підприємства.

4.3 Висновки

Дотримання стандартів України та ЄС щодо безпеки при приготуванні й роздаванні рідких кормів передбачає використання сертифікованих ЗІЗ (взуття, рукавички, фартух, окуляри, респіратор), справність заземлення й герметичність трубопроводів, наявність аварійних вимикачів і блокувань рухомих частин.

Перед початком роботи оператор перевіряє чистоту й відсутність кормових залишків у камері змішувача та годівницях, щоб запобігти ковзанню й забрудненню, а також контролює працездатність датчиків вологості, манометрів і заслінок. Під час техобслуговування обладнання обов'язково знеструмлюється, блокується й очищається згідно з вимогами ДСТУ та наказів МОЗ. Працівники проходять інструктажі, медогляди й навчання з безпечних методів роботи, а в аварійних випадках негайно відключають обладнання та повідомляють відповідальних осіб.

5 Економічна оцінка

5.1 Вихідні дані

Метою цього розділу є розрахунок очікуваного економічного ефекту від У технологічному процесі приготування та роздавання кормів обидва варіанти (базовий і проектний) передбачають такі операції:

- приготування комбікорму на установці МКУ-1,5;
- транспортування комбікорму за допомогою завантажувача ЗСК-Ф-10;
- роздавання корму в свинарниках.

У базовому варіанті сухі комбікорми із бункерів-накопичувачів подаються через тросово-шайбовий кормороздавач до індивідуальних або групових годівниць.

У проектному варіанті для приміщення відгодівлі сухий комбікорм спочатку змішують із водою, а потім у вигляді рідкої суміші подають у годівниці, тоді як для інших технологічних груп залишаються без змін. Оскільки різниця між обома варіантами полягає лише в операції роздавання в приміщенні відгодівлі, порівняння буде між роздаванням сухого корму через тросово-шайбовий роздавач і роздаванням готової рідкої суміші розробленою системою. Розрахунки проведемо на прикладі одного відгодівельного приміщення.

У базову лінію входять:

- бункер-накопичувач БСК-6;
- тросово-шайбовий кормороздавач КШ-0,5 та 67 бункерних самогодівниць;
- автоматизована система контролю процесу роздавання.

У проектну лінію включено:

- бункер-накопичувач БСК-6;
- змішувач для приготування рідкої мішанки;
- відцентровий насос для подачі корму до 67 групових годівниць;
- автоматизовану систему контролю роздавання.

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Для порівняння базової та модернізованої схем приготування й роздавання кормів доцільно звернутися до аналізу питомих експлуатаційних витрат. Цей підхід дозволяє об'єктивно порівняти ефективність обох варіантів і з'ясувати, наскільки вдосконалення виправдовують себе з економічної точки зору.

Аналіз питомих експлуатаційних витрат дає змогу порівняти, скільки ресурсів і фінансових зусиль необхідно для приготування та роздавання 1 тони або 1 кг корму за кожною з технологій. Це допоможе оцінити, наприклад, наскільки збільшаться витрати на електроенергію та технічне обслуговування при впровадженні рідкої системи, а також чи компенсуються вони економією на складуванні, ручній праці та потенційно вищій продуктивності тварин. Показники економічної ефективності процесу приведені на аркуші 5 графічної частини (див. додатки).

Аналіз отриманих даних показує, що проектна схема демонструє суттєве зниження річної потреби в кормах (з 2174,81 т до 2010,67 т), що зумовлено поліпшенням конверсії з 2,12 до 1,96. Це дає економію 164,14 т корму й зменшує витрати на зернові на 525 248 грн щорічно. Водночас операційні витрати за проектом зростають: питомі витрати становлять 253,84 грн/т проти 63,30 грн/т у базовому варіанті. Зокрема, амортизаційні нарахування збільшуються з 21,89 до 116,00 грн/т, а витрати на технічне обслуговування — із 20,06 до 106,34 грн/т. Енерговитрати підвищуються з 3,95 до 14,10 грн/т через більшу потужність (11,4 кВт замість 3,2 кВт).

Незважаючи на вищі операційні витрати, чистий щорічний економічний ефект становить 391 450,82 грн завдяки значній економії кормів. Додаткові капіталовкладення (550 590 грн) окупляться за 1,4 роки. Така модель є виправданою,

оскільки стабільний вихід м'яса залишається незмінним, а зекономлені корми компенсують зростання амортизаційних і ремонтних витрат.

5.3 Висновки

Порівняння економічних показників обох варіантів показує, що впровадження запропонованої системи роздавання кормів дозволяє скоротити витрати на корм, що й дає річний економічний ефект. Водночас експлуатаційні витрати проектного варіанту вищі за базові. Однак проектна лінія забезпечує збільшення виходу м'яса, що позитивно впливає на всі виробничі процеси та фінансові результати ферми в цілому. Строк окупності вкладень у обладнання становить 1,4 року, а річний економічний ефект – 391 450,82 грн.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Під час виконання дипломного проекту досягнуто такі результати:

1. Розроблено детальний проект лінії приготування і роздавання кормів із використанням технології рідкої годівлі для відгодівельних груп свиней. Згідно з обраною схемою, рідку мішанку безпосередньо перед годівлею готують у сви-нарнику шляхом змішування повнораціонного комбікорму з водою, після чого готовий корм підводиться трубопроводами до годівниць. По завершенні процесу система автоматично промивається. Застосування даної схеми дозволяє скоротити витрати корму на 7,5 % завдяки покращенню коефіцієнта конверсії.

2. Запропоновано конструкцію змішувача кормів, котра відрізняється простою будовою та невеликою матеріаломісткістю. У якості робочого органу використано лопатево-стрічкову мішалку, для приводу якої встановлено електродвигун потужністю 4,2 кВт.

3. Розроблено комплекс заходів з охорони праці для безпечної експлуатації технологічної лінії приготування й роздавання кормів.

4. Доведено економічну ефективність проектованої лінії: впровадження системи дозволяє отримати додатковий економічний ефект за рахунок зменшення витрат корму. Крім того, зростає вихід м'яса, що позитивно впливає на всі виробничі процеси та загальні фінансові показники ферми. Строк окупності обладнання становить 1,4 року, а річний економічний ефект – 391 450,82 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ВНТП-АПК-04.05. Підприємства свинарства/ Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України) // К.: 2005. – 74 с.
2. Машины для тваринництва та птахівництва // За редакцією В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, -207 с.
3. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] /І.О. Романюха, В.Ю. Дудін; за ред. І. Романюхи. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. – 418 с.
4. Дудін В.Ю. Дослідження подрібнювача фуражного зерна сколюючої дії / В.Ю. Дудін, О.М. Антіпов // *Materialy XV Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Strategiczne pytania światowej nauki - 2019»*, Volume 10 *Przemysł: Nauka i studia* -33-35 s.
5. Машины для тваринництва та птахівництва // За редакцією В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, -207 с.
6. Романюха І.О., Павленко С.І., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств. Навчальний посібник /За ред. І.О. Романюхи. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2009. – 272 с.
7. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств: Навч. посібник для студентів вищ. агр. закладів освіти 3 - 4 рівнів акредитації за спец. „Механізація сіл. госп – ва” (спеціалізація „Механізація тваринництва”) /І.І. Ревенко, В.Д. Роговий, В.І. Кравчук та ін.; за ред. І.І. Ревенка. – К.: Урожай, 1999, - 199 с.
8. Механізація виробництва продукції тваринництва: Підручник/ І.І.Ревенко, Г.М.Кукта , В.М.Манько та ін.; За ред. І.І.Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 264 с.
9. Мельник В.О. Способи вирощування свиней: вплив на продуктивні показники і фізіологічний стан / В. О. Мельник // *свинарство: Міжвід. темат. наук. зб.* / Інститут птахівництва УААН. –Харків, 2005. – Вип. 57. – С. 337-347.

10. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.

11. Дудін В.Ю. Експериментальні дослідження малогабаритного подрібнювача соковитих кормів/ В.Ю. Дудін, О.С. Гаврильченко, П.С. Височин // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Science and civilization – 2018, Volume 12, January 30 - February 7, 2018.: Sheffield. Science and education LTD – 41-45 p

12. Дудін В.Ю. Формування якості годівлі повнораціонними комбікормами / В.Ю. Дудін, О.С. Гаврильченко, Ю.І. Мудрак, П.І. Черниш // Materiály XIV Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy - 2018», Volume 8 : Praha. Publishing House «Education and Science» - S. 48-53.

13. Дудін В.Ю. Дослідження енергетичних характеристик процесу змішування сипких кормів/ В.Ю. Дудін, Я.О. Муха, О.Ю. Лук'яненко // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Conduct of modern science - 2018, November 30 - December 7, 2018. Construction and architecture. Agriculture. Modern information technology.: Sheffield. Science and education LTD – 41-45 p.

14. Дудін В.Ю. Дослідження процесу різання коренеплодів / В.Ю. Дудін, І.А. Бородавка // Materialy XV Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Strategiczne pytania światowej nauki - 2019», Volume 10 Przemysł: Nauka i studia – 36-39 s.

15. Технологія виробництва продукції свинарства: підручник для студентів вищ. навч. закл. / [В. П. Бородай, М. І. Сахацький, А. І. Вертійчук та ін.]. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 360 с.

16. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва/ І.Г.Бойко, В.І.Гридасов, А.І.Дзюба та ін.; За ред. О.П.Скорика, О.І.Фісяченка. – Харків, 2004. – 272 с.

17. Нова сільськогосподарська техніка/ В.А.Ясенецький, В.С.Куліш, М.П. Мечта та ін.; За ред. В.А. Ясенецького. – К.: Урожай, 1991. – 320 с.

18. Сайт фірми «Big Dutchman» [Електронний ресурс]/ Каталог продукції
Режим доступу: <http://www.bigdutchman.de>, вільний.

19. Сайт фірми «SCHAUER Agrotronic GmbH» [Електронний ресурс]/ Каталог продукції
Режим доступу: <http://www.schauer.co.at>, вільний.

20. НПАОП 01.2-1.12-05. Правила охорони праці у тваринництві. свинарські підприємства.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

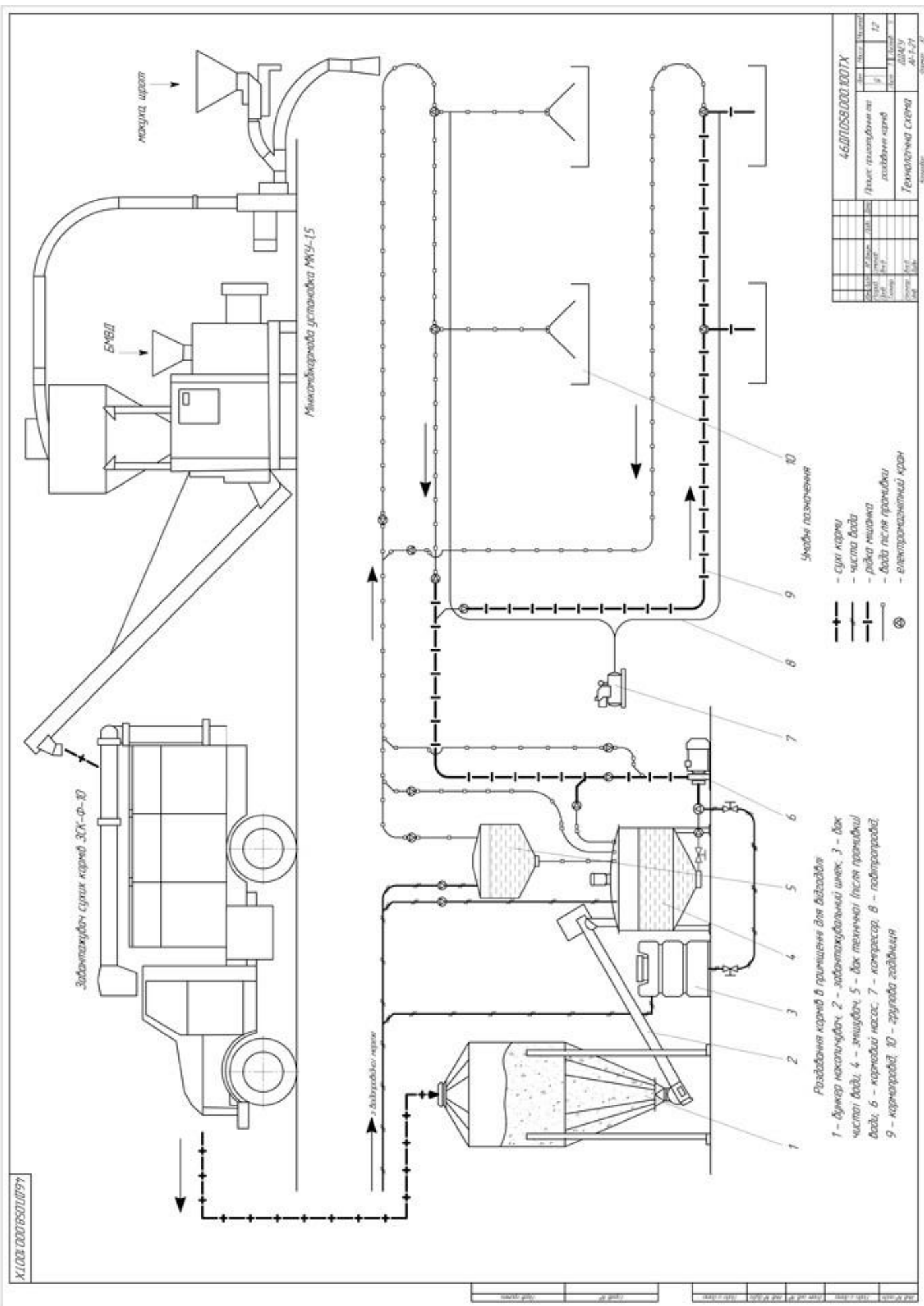
Удосконалення процесу приготування та роздавання рідких кормів на свинофермі з розробкою змішувача

демонстраційний матеріал до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-1-21
Семенов Максим Петрович

Керівник: к. т. н., доцент
Дудін Володимир Юрійович

Дніпро-2025



Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
1	2	3
Поголів'я, що обслуговується, гол.	2128	2128
Конверсія корму на одиницю приросту ваги	2,12	1,96
Додава потреба в кормах кг	5958,4	5508,7
Річна потреба в кормах т	2174,81	2010,67
Вартість комплекту обладнання, грн.	128060	678650
Потужність, кВт	3,2	11,4
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Вихід м'яса, т/рік	702,2	702,2
Питомі експлуатаційні витрати, грн./т	63,30	253,84
в т.ч.: заробітна платня з нарахуваннями	17,40	17,40
витрати на ТО та ремонт	20,06	106,34
амортизаційні відрахування	21,89	116,00
витрати на електроенергію	3,95	14,10
Річна економія експлуатаційних витрат, грн./т	—	-133797,18
Річна економія кормів, т.	—	164,14
Річний економічний ефект від зменшення витрат кормів, грн.	—	525248,00
Загальний річний економічний ефект, грн.	—	391450,82
Додаткові капіталовкладення, грн.	—	550590
Строк окупності капітальних вкладень, роки	—	1,4

440000000650100974

46,01058,000,00000077

Генерально-економічний
кондиційний проект

№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6

№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6

		Формат	Лист	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Лист примеч.						Документация			
Лист №	A1				46КДП.058.001.000СК	Складальне креслення			
						Сборочные единицы			
			1		46КДП.058.001.100	Корпус	1		
	A1		2		46КДП.058.001.200	Мшалка	1		
			3		46КДП.058.001.300	Огорожа	1		
			4		46КДП.058.001.400	Люк	1		
			5		46КДП.058.001.500	Заглушка	1		
		6		46КДП.058.001.600	Привід в сборі	1			
					Детали				
Лист и дата			2		46КДП.058.001.001	Підпятник	3		
			8		46КДП.058.001.002	Провушина	3		
			9		46КДП.058.001.003	Планка	6		
			10		46КДП.058.001.004	Прадка	7		
	Инд. № докум.			11		46КДП.058.001.005	Прокладка	1	
				12		46КДП.058.001.006	Стійка	3	
				13		46КДП.058.001.007	Труба	1	
	Взам. инд. №			14		46КДП.058.001.008	Фланець	1	
				15		46КДП.058.001.009	Відвід	1	
				16		46КДП.058.001.010	Фланець	1	
				17		46КДП.058.001.011	Мудштук	1	
	Лист и дата			18		46КДП.058.001.012	Полумуфта	1	
				19		46КДП.058.001.013	Диск	1	
	Инд. № подл.	46ДП.058.001.000СК							
		Изм	Лист	№ докум.	Лист	Дата			
		Разреш	Семенив						
		Проб	Івлев						
		Нконтр	Івлев						
		Члв	Дудін						
Змішувач						Лист	Лист	Листов	
						4	1	4	
Змішувач						ДДАЕУ, АІ-2-21			

Формат	Лист	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				ДСТУ 1485-84	1	
		49		Гвинт ДСТУ 7473-80		
				ВМ4-6дх20.58.019	3	
		50		ВМ5-6дх50.58.019	2	
		51		Гайка М12-6Н.5.05		
				ДСТУ 3032-76	1	
				Гайка ДСТУ 5915-70		
		53		М5-6Н.5.05	2	
		54		М8-6Н.5.05	1	
		55		М10-6Н.5.05	1	
		56		М12-6Н.5.05	16	
		57		М16-6Н.5.05	14	
				Шайба ДСТУ 6402-70		
		60		12 65Г 019	16	
		61		16 65Г 019	18	
				Шайба ДСТУ 11371-78		
		64		А10.0108 кп 019	2	
		65		А16.0108 кп 019	1	
				Шпінт		
		69		3,2х25,05 ДСТУ 39.7-79	2	

Инд. № подл.	Лист и дата
Всех инд. №	Инд. № дубл.
Лист и дата	Лист и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

46ДП.058.001.000СК

Лист

3

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
		73		Кувька $\phi 25$ ДСТУ 3722-81	1	
		76		Шпонка 16x10x75 ДСТУ 23360-78	2	
		78		Ланцюг 2ПР-31,75-17700 ДСТУ 13568-75	1	11 ланок.
		80		Ланка -С-ПР-31,75-17700 ДСТУ 13568-75	1	
		84		Вимикач ВПК-211042 ТУ 16-526.433-78	1	
		86		Датчик рівня МДУ-2 с	1	

Инд. № лист	Лист и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Лист и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата

46ДП.058.001.000СК

Лист

4

