

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту

“__” _____ 2026р.

Зав. кафедри Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)

В.В. Дідур
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього ступеня)

тема проекту: «Удосконалення технологічної лінії видалення гною на фермі великої рогатої худоби з розробкою системи гідровидалення»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31-к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Шелемба Максим Васильович
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії, доцент Шевчук М.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2026 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ГНОЄВИДАЛЕННЯ	7
1.1. Особливості організації виробничих процесів тваринництва.....	7
1.2. Аналіз діючих технологій видалення та обробки гною	10
1.3. Висновки за розділом.....	13
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ГІДРАВЛІЧНОГО ГНОЄВИДАЛЕННЯ	14
2.1. Специфікація архітектурно-планувальних рішень ферми	14
2.2. Порівняльний аналіз сучасних систем видалення гною	18
2.3. Обґрунтування вибору технології	22
2.4. Конструктивна схема транспортування гнойових стоків	25
2.5. Оцінка розрахункової потужності за навантаженням.....	27
2.6. Висновки за розділом.....	29
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ГІДРАВЛІЧНОГО ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ.....	31
3.1. Технічне завдання та умови проектування.....	31
3.2. Обчислення параметрів потоку та продуктивності системи.....	33
3.3. Енергетична оцінка засобів механізації видалення гною	34
3.4. Висновки за розділом.....	36
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	38
4.1. Заходи пожежної безпеки на тваринницькому комплексі	38
4.2. Заходи безпеки при експлуатації установки	40
4.3. Висновки за розділом	42
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПРОЄКТУ	43
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	47

ВСТУП

Оптимізація управління системами обробки та утилізації органічних відходів у тваринницьких комплексах, спеціалізованих на великій рогатій худобі, становить фундаментальний аспект для забезпечення належних санітарно-епідеміологічних умов та максимізації виробничої ефективності в умовах інтенсивного тваринництва. Неефективна організація цих процесів призводить до серйозних екологічних викликів: забруднення ґрунтових вод, ерозії ґрунтів, поширення інфекційних захворювань та погіршення мікроклімату у приміщеннях для утримання тварин. Удосконалення технологічних ліній гноєвидалення є критично необхідним для підвищення екологічної безпеки та загальної рентабельності господарств.

Особливо значущим вектором розвитку в даній сфері є інтеграція гідравлічних систем видалення. Використання води як транспортного середовища дозволяє оперативно видаляти рідкі відходи за межі ферми, забезпечуючи високий рівень автоматизації та мінімізацію ручної праці. Застосування гідравлічних систем сприяє суттєвому покращенню санітарного стану ферми, зниженню концентрації шкідливих газів (аміаку, сірководню) та створенню оптимальних умов для здоров'я поголів'я.

Метою роботи є удосконалення технологічної лінії видалення гною на фермі ВРХ шляхом розробки та обґрунтування параметрів системи гідровидалення.

Для досягнення поставленої мети у проєкті вирішуються наступні **завдання**:

- провести аналіз існуючих методів та технічних засобів видалення гною;
- визначити технологічні та зоотехнічні вимоги до систем гідровидалення;
- розробити конструкцію спеціалізованого насосного агрегату для перекачування стоків;
- обґрунтувати економічну ефективність запропонованих рішень.

Об’єкт дослідження — технологічний процес видалення гною у тваринницькому приміщенні ферми ВРХ.

Предмет дослідження — параметри та конструктивні особливості системи гідровидалення гною та насосного обладнання.

Впровадження розроблених інноваційних рішень сприятиме покращенню екологічного стану довкілля, зменшенню експлуатаційних витрат підприємства та підвищенню загальної культури виробництва у тваринницькій галузі.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ГНОЄВИДАЛЕННЯ

1.1. Особливості організації виробничих процесів тваринництва

Виробничий процес на фермі являє собою комплексну, взаємопов'язану систему, що охоплює повний технологічний цикл виробництва молочної продукції. Він включає всі етапи — від забезпечення кормової бази та вирощування тварин до отримання готової продукції, її переробки та утилізації відходів. Уся виробнича діяльність базується на принципах інтенсивного тваринництва, застосуванні сучасних технологій автоматизації та дотриманні високих стандартів біологічної безпеки й екологічної відповідальності.

Основою ефективного функціонування підприємства є власна кормова база, яка забезпечує стабільне та збалансоване живлення тварин протягом року. Для цього ферма використовує значні площі сільськогосподарських угідь, на яких вирощуються зернові культури, кукурудза на силос, соя, багаторічні трави та інші кормові культури. Організація рослинництва базується на сучасних агротехнологіях, що включають застосування високопродуктивної техніки для обробітку ґрунту, посіву та збирання врожаю. Важливе значення має дотримання науково обґрунтованої сівозміни, що дозволяє підтримувати баланс поживних речовин у ґрунті та запобігати його виснаженню. Додатково підприємство активно використовує органічні добрива, отримані в результаті переробки тваринницьких відходів. Це не лише знижує витрати на мінеральні добрива, але й сприяє екологізації виробництва та підвищенню родючості ґрунтів.

Кормовиробництво є одним із ключових факторів, що визначає продуктивність тварин. На фермі функціонують спеціалізовані кормоцехи, оснащені сучасним автоматизованим обладнанням для подрібнення, змішування та дозування кормових компонентів. Раціони годівлі формуються за принципом повнораціонного змішаного годування (TMR), що забезпечує

рівномірне споживання поживних речовин кожною твариною. До складу раціонів входять грубі, соковиті та концентровані корми, а також вітамінно-мінеральні добавки та пробіотики, які підбираються відповідно до фізіологічного стану тварин і рівня їх продуктивності. Завдяки автоматизації процесів забезпечується стабільна якість кормів, зменшуються втрати та підвищується ефективність їх використання.

На фермі великої рогатої худоби високопродуктивних порід, серед яких голштинська, айрширська та швіцька. Організація утримання тварин спрямована на створення максимально комфортних умов, що безпосередньо впливають на їх здоров'я та продуктивність. Приміщення обладнані сучасними системами вентиляції, автоматичного регулювання температури та вологості, що дозволяє підтримувати стабільний мікроклімат у різні пори року. Особлива увага приділяється чистоті підлоги, годівниць та лежаків, оскільки це є важливим фактором профілактики інфекційних захворювань. Ветеринарна служба підприємства здійснює постійний моніторинг стану здоров'я тварин. Проводяться регулярні огляди, вакцинації, лабораторні дослідження та профілактичні заходи. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти захворювання та запобігати їх поширенню.

Процес отримання молока на підприємстві повністю автоматизований. Використовуються сучасні доїльні установки, які забезпечують швидке та безпечне доїння з мінімальним стресом для тварин. Системи доїння дозволяють контролювати вакуумний тиск, тривалість процесу та індивідуальні параметри кожної корови. Одразу після доїння молоко охолоджується до температури близько $+4^{\circ}\text{C}$, що запобігає розвитку мікроорганізмів і зберігає його якість. Доїльне обладнання проходить автоматизовану санітарну обробку після кожного циклу роботи, що гарантує високий рівень гігієни та безпеки молочної сировини. Отримане молоко транспортується на власний переробний завод, де проходить низку технологічних операцій: пастеризацію, гомогенізацію та ферментацію. У результаті виготовляється широкий асортимент молочної продукції, зокрема йогурти, сири, сметана та вершкове масло. Усі виробничі

процеси контролюються автоматизованими системами управління, що дозволяє забезпечити стабільність технологічних параметрів. Крім того, на кожному етапі проводиться лабораторний контроль якості — від перевірки сировини до аналізу готової продукції та її пакування.

Дане підприємство успішно інтегрує прогресивні принципи циркулярної економіки, що лежать в основі сталого розвитку та передбачають максимальне, системне повторне залучення всіх цінних ресурсів у виробничий цикл. Зокрема, органічні побічні продукти тваринництва на підприємстві перестали бути проблемою утилізації, адже вони не просто ліквідуються, а цілеспрямовано трансформуються у високовартісні та незамінні ресурси. Значна частка цих органічних субстратів цілеспрямовано надходить до інноваційних біогазових комплексів. Там, у безкисневих умовах анаеробного зброджування, відбувається ефективна конверсія, результатом якої є продукування біогазу — цінного джерела енергії для когенерації електричної та теплової енергії. Такий стратегічний крок не тільки забезпечує значне зниження енергетичної залежності підприємства, а й суттєво мінімізує обсяги викидів парникових газів в атмосферу, сприяючи протидії зміні клімату. Водночас, решта органічних матеріалів підлягає ретельному процесу компостування, результатом якого стає отримання високоякісних органічних добрив, збагачених поживними елементами. Ці високоякісні добрива стратегічно застосовуються для збагачення ґрунтів на власних сільськогосподарських угіддях, що дозволяє не лише покращити родючість, а й забезпечити формування повноцінного, замкнутого екологічного циклу виробництва, де кожен компонент знаходить своє повторне цінне застосування.

Таким чином, виробничий процес є високотехнологічною, екологічно збалансованою системою, що поєднує сучасні методи тваринництва, автоматизацію технологічних процесів та раціональне використання ресурсів. Комплексний підхід до організації виробництва дозволяє забезпечувати стабільно високу продуктивність, якість молочної продукції та сталий розвиток підприємства в умовах сучасного аграрного ринку.

1.2. Аналіз діючих технологій видалення та обробки гною

Функціонує комплексна система поводження з відходами тваринництва, яка є важливою складовою загальної технології виробництва. Вона побудована на поєднанні механічних, гідравлічних та автоматизованих рішень, що забезпечує безперервне та ефективне видалення гною з тваринницьких приміщень. Основна мета впровадження такої системи полягає не лише у підтриманні належного санітарно-гігієнічного стану в корівниках, а й у формуванні замкненого циклу використання органічних відходів, коли вони перетворюються на корисні ресурси — біогаз і органічні добрива.

Ключовим елементом технологічного комплексу є механізована система утилізації екскрементів, що реалізується за допомогою спеціалізованих скреперних агрегатів. Принцип дії цього обладнання полягає у тому, що робочі елементи (скрепери) здійснюють ритмічний поступальний рух уздовж гноєвидаляючих трактів та ефективно переміщують накопичені органічні відходи до централізованих збірних каналів або накопичувальних резервуарів. Завдяки безперервному автоматизованому очищенню, що може виконуватися з підвищеною періодичністю, до кількох разів протягом доби, у тваринницьких приміщеннях істотно мінімізується обсяг органічних відкладень. Це, своєю чергою, забезпечує зниження концентрації потенційно шкідливих газоподібних сполук, значне покращення внутрішнього мікроклімату та, як наслідок, суттєве зменшення ризику розвитку респіраторних захворювань у тваринницького поголів'я.

Поряд із механічною системою використовується також гідравлічний спосіб очищення, який базується на промиванні поверхонь водяним струменем під тиском. У процесі роботи вода змиває гній із підлоги та каналів і транспортує його до центральних збірних систем. Такий метод забезпечує високий рівень санітарної обробки приміщень і суттєво знижує ризик розвитку інфекцій. Водночас його особливістю є утворення значної кількості рідких стоків, що потребує ефективної системи перекачування та подальшого

транспортування на очисні або біогазові установки. Окремим сучасним напрямом є використання роботизованих систем очищення. Такі автономні пристрої оснащені сенсорами, системами навігації та керування рухом, що дозволяє їм самостійно пересуватися територією тваринницьких приміщень і виконувати прибирання без участі людини. Роботи працюють за заданими маршрутами, збирають або зіштовхують відходи у спеціальні зони накопичення і можуть функціонувати безперервно, забезпечуючи постійний рівень чистоти, особливо в місцях відпочинку тварин.

Після первинного збирання у тваринницьких приміщеннях гній транспортується на дільницю переробки, яка організована за принципом замкненого екологічного циклу. Такий підхід дає змогу перетворити потенційно небезпечні відходи на цінні ресурси — біопаливо та органічні добрива високої якості. Основним етапом переробки є процес метанового бродіння, що здійснюється в біогазових установках. Технологічний процес включає кілька послідовних стадій. Спочатку рідкий гній із вологістю близько 90–92% надходить до приймального резервуара-гомогенізатора, де відбувається його ретельне перемішування та вирівнювання консистенції. За необхідності маса підігрівається до стартових параметрів для забезпечення стабільного процесу бродіння. Далі субстрат потрапляє до герметичних ферментаторів, де підтримується мезофільний температурний режим в межах 37–40°C. У безкисневому середовищі органічні сполуки під дією метаногенних бактерій розкладаються з утворенням біогазу, основну частку якого становить метан (~60%), а також вуглекислий газ і незначні домішки сірководню. Отриманий біогаз проходить очищення та подається до когенераційної установки, де відбувається його енергетичне використання. У результаті генерується електроенергія, що забезпечує роботу насосного обладнання, вентиляційних систем і освітлення, а також тепла енергія, яка використовується для підігріву біореакторів, опалення приміщень і технологічних потреб молочного виробництва.

Після завершення процесу бродіння залишкова маса — дигестат —

направляється на механічне розділення, яке виконується за допомогою шнекових сепараторів. У результаті утворюються дві фракції: тверда та рідка. Тверда фракція має вологість приблизно 65–70% і використовується як основа для компостування. Вона змішується з рослинними рештками або підстилковими матеріалами та закладається у бурти. У процесі аеробного розкладання температура всередині маси підвищується до 60–70°C, що забезпечує знезараження, знищення паразитів і насіння бур'янів. Отриманий компост є стабілізованим органічним добривом із високим вмістом гумусу. Рідка фракція являє собою концентрований розчин поживних елементів (азоту, фосфору, калію), які перебувають у легкодоступній для рослин формі. Вона накопичується у герметичних лагунах, що зменшують втрати аміаку та запобігають забрудненню довкілля. Для її використання застосовується система трубопроводів і насосного обладнання, через що добриво подається до дощувальних систем або транспортується цистернами для внутрішньогрунтового внесення.

Впровадження описаної технології забезпечує комплексний позитивний ефект. З екологічної точки зору досягається суттєве зменшення викидів шкідливих речовин, усуваються неприємні запахи та мінімізується ризик забруднення ґрунтових і підземних вод нітратами. З агрономічного боку використання органічних добрив сприяє підвищенню врожайності кормових культур у середньому на 15–20%, порівняно із застосуванням виключно мінеральних добрив. З енергетичної точки зору підприємство отримує додаткове джерело енергії, що дозволяє зменшити витрати на електроенергію та підвищити загальну економічну ефективність виробництва молока.

Таким чином, система поводження з відходами демонструє сучасний підхід до управління органічними ресурсами, коли відходи тваринництва не утилізуються як проблема, а перетворюються на додаткове джерело енергії та добрив. Водночас значний обсяг рідких фракцій створює додаткове навантаження на насосне обладнання, що потребує подальшої модернізації систем перекачування та підбору більш ефективних технічних рішень

1.3. Висновки за розділом

У результаті проведеного аналізу можна сформулювати ряд узагальнених висновків.

Перш за все, функціонує як цілісна виробнича система із замкненим циклом, у якій усі етапи взаємопов'язані. Початковою ланкою є власне рослинництво та формування кормової бази, що забезпечує виробництво збалансованих високопоживних раціонів. Завдяки цьому створюються стабільні умови для утримання понад 2000 голів великої рогатої худоби та досягнення високої продуктивності на рівні близько 8000 літрів молока від однієї фуражної корови. Важливою особливістю підприємства є високий рівень автоматизації виробничих процесів. Сучасні корівники, обладнані системами регулювання мікроклімату, а також автоматизовані доїльні зали дозволяють мінімізувати вплив людського фактора та забезпечити стабільну якість молочної сировини. Подальша переробка на власному молокозаводі з використанням багаторівневого лабораторного контролю гарантує відповідність готової продукції чинним європейським вимогам безпеки та якості.

Узагальнюючи результати, слід відзначити, що подальший розвиток підприємства потребує вдосконалення гідравлічних систем і насосного обладнання. Це є важливою умовою підвищення енергоефективності виробництва та забезпечення безперебійної роботи біогазового комплексу в умовах зростання обсягів виробництва.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ГІДРАВЛІЧНОГО ГНОЄВИДАЛЕННЯ

2.1. Специфікація архітектурно-планувальних рішень ферми

Тваринницький комплекс, призначений для розміщення та утримання великої рогатої худоби, розроблено з урахуванням сучасних вимог до комфорту експлуатації, санітарних норм і загальної ефективності виробничих процесів. Такий підхід до проектування забезпечує не лише стабільно високі показники надоїв і збереження продуктивного потенціалу стада, а й створює умови для раціонального використання наявних ресурсів із одночасним забезпеченням безпеки та зручності праці персоналу ферми.

Приміщення зведено із залученням передових будівельних технологій та матеріалів, які мають високі показники теплової та акустичної ізоляції. Внутрішнє планування будівлі передбачає наявність просторої зони для утримання худоби, яка поєднана із сучасними системами примусової вентиляції та автоматичного контролю мікроклімату. Завдяки роботі вентиляційної системи постійно підтримується оптимальний мікроклімат шляхом автоматичного регулювання температури та вологості повітря, що має важливе значення для запобігання захворюванням органів дихання та забезпечення нормального стану тварин. Важливою інженерною особливістю будівлі є використання решітчастих або щілинних підлог, які забезпечують ефективне очищення приміщення. Така підлога виготовлена з міцних бетонних плит із рівномірно розташованими щілинами, через які гній та інші органічні відходи потрапляють у спеціальні канали, розташовані під підлогою. Застосування цього рішення дозволяє значно зменшити контакт тварин із відходами, що сприяє підтриманню належного санітарного стану та знижує ризик поширення інфекцій. Під підлогою розміщена система скреперних транспортерів, призначена для автоматичного видалення гною за межі виробничої зони. Ці

механізми являють собою технічні пристрої з рухомими лопатями або скребками, які переміщуються каналами, очищають їх і транспортують відходи до місць збору. Робота системи здійснюється за встановленим графіком, що забезпечує регулярне очищення приміщення без залучення ручної праці. Використання таких автоматизованих рішень дозволяє значно зменшити обсяг ручних робіт і підвищити ефективність очищення приміщення.

Для виготовлення робочих частин скреперів використовуються міцні матеріали, які мають високу стійкість до зношування та дії агресивного середовища органічних відходів. Правильний рух механізмів забезпечується спеціальними направляючими елементами, які встановлені в підпільних каналах. Це дозволяє рівномірно очищати всю площу приміщення без пропусків. Контроль і керування роботою транспортерного обладнання здійснюється за допомогою автоматичних систем. Вони задають напрям руху, час роботи та послідовність циклів. Завдяки цьому відходи своєчасно видаляються, а участь працівників мінімальна. Основним вузлом системи є збірний резервуар, який розташований у кінці каналів. Після збору гній потрапляє в герметичні ємності, де проходить подальшу обробку. Застосовуються сучасні технології переробки, зокрема біогазові установки та системи компостування. Біогазові установки перетворюють гній на біогаз, який використовується для виробництва електроенергії та тепла. Це дозволяє зменшити витрати на енергоресурси та підвищити енергонезалежність ферми.

Процес компостування органічної маси є ще одним важливим етапом у загальному циклі переробки відходів господарства. На цьому етапі гній змішується з іншими органічними рештками та проходить природне розкладання у спеціальних контейнерах або на підготовлених відкритих майданчиках. У результаті утворюється стабільне органічне добриво, яке використовується на полях підприємства для відновлення та покращення родючості ґрунтів. Це дозволяє значно зменшити використання мінеральних добрив, що позитивно впливає на екологічний стан аграрного виробництва та знижує витрати на вирощування продукції. Використання сучасних методів

збору та переробки гною дає можливість підтримувати високий рівень чистоти у тваринницьких приміщеннях. Такий підхід безпосередньо сприяє збереженню здоров'я тварин, підвищенню їх продуктивності та забезпеченню екологічної безпеки підприємства. Крім того, перехід до автоматизованих систем очищення зменшує залежність від ручної праці, спрощує виробничі процеси та полегшує роботу персоналу.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що архітектурно-технологічна організація ферми є репрезентативним прикладом інноваційного підходу до тваринництва. Синхронізована робота решітчастих підлог та скреперних механізмів гарантує оперативне видалення забруднень, що є фундаментом для профілактики захворювань і зростання надоїв. У свою чергу, комплексна інтеграція систем переробки відходів трансформує ферму на енергонезалежний та екологічно відповідальний об'єкт, що є ключовим пріоритетом для сталого розвитку сучасного сільськогосподарського сектору.

Подальший аналіз інженерно-технічної складової передбачає детальне вивчення комплексних рішень, що формують загальну ефективність експлуатації об'єкта та створюють сприятливий мікрокліматичний фон. Окрім механізованих ліній очищення, особливе значення надається впровадженню інтелектуальних систем, які безпосередньо корелюють із біологічним потенціалом та ветеринарним благополуччям великої рогатої худоби. Центральною ланкою в цій структурі виступає автоматизований комплекс кормороздачі. Дана технологія дозволяє здійснювати прецизійне дозування поживних сумішей для кожної особини, реалізуючи принцип персоніфікованого підходу до формування раціону. Підготовка кормової бази відбувається в спеціалізованих цехах на базі високотехнологічних потокових ліній складу, до яких входять дробильні установки, змішувальні агрегати та гранулятори. Такий формат організації харчування гарантує надходження збалансованого обсягу нутрієнтів, що є фундаментом для стабільного зростання надоїв та зміцнення резистентності організму тварин.

Паралельно з цим, для досягнення максимального комфорту, будівля

оснащена інтегрованими мережами клімат-контролю. До їхнього складу включені потужні вентиляційні блоки, системи опалення та модулі охолодження. Постійна циркуляція повітряних мас, забезпечена роботою вентиляції, дозволяє утримувати параметри температури та вологості в межах встановлених зоотехнічних норм. Це стає вирішальним чинником у літній сезон, запобігаючи виникненню теплового стресу, який критично знижує ефективність лактації. В холодну пору року прають теплові установки, що нівелюють ризики простудних захворювань через переохолодження. Вагомим елементом інженерного облаштування є також система освітлення. Застосування сучасних енергозберігаючих світильників забезпечує необхідний рівень інсоляції, що безпосередньо модулює поведінкові реакції та фізіологічну активність поголів'я. Грамотно спроектований світловий режим активізує метаболічні процеси, що, зрештою, позитивно позначається на динаміці молочної продуктивності.

Належний санітарний стан виступає критичним фактором, що визначає загальний рівень благополуччя стада та якісні показники отриманої сировини. Застосовуються передові дезінфекційні препарати, які гарантують результативну протидію поширенню патогенної мікрофлори. Процедури системного очищення та знезараження тваринницьких приміщень, доїльних установок і ліній кормороздачі є фундаментальними складовими щоденного регламенту, що дозволяє мінімізувати інфекційні загрози та підтримувати зразкову культуру виробництва. Пріоритетним напрямком діяльності також є комплексний менеджмент здоров'я поголів'я. Кожна одиниця худоби підлягає систематичному ветеринарному моніторингу, плановим вакцинаціям та іншим профілактичним маніпуляціям. Функціонування власної ветеринарної служби, яка укомплектована новітнім діагностичним інструментарієм, дозволяє оперативно ідентифікувати потенційні патології на ранніх стадіях і проводити їхнє ефективне лікування. Це забезпечує високі показники збереженості поголів'я та стабільну інтенсивність виробництва.

Вагомим складником сучасної стратегії розвитку ферми є масштабна

цифровізація управлінських функцій. Впровадження спеціалізованих ІТ-рішень дає можливість здійснювати наскрізний контроль за всіма виробничими ланками — від процесу приготування раціонів до фінального етапу зберігання готової продукції. Аналітичні можливості інформаційних систем сприяють глибокому опрацюванню зібраних даних, що стає підґрунтям для оптимізації робочих процесів, скорочення фінансових витрат та зростання загальної рентабельності. Такий інтегрований підхід відповідає принципам сталого агровиробництва та забезпечує довгострокову екологічну та економічну стабільність підприємства.

2.2. Порівняльний аналіз сучасних систем видалення гною

Детальний аналіз патентної документації, присвяченої інженерним рішенням для ефективної утилізації гною з-під щілинних підлог у сучасних тваринницьких комплексах великої рогатої худоби, дозволяє виявити низку ключових методологічних підходів. Ці підходи істотно розрізняються за своїми базовими принципами функціонування, ступенем інтеграції автоматизованих систем та загальною фінансовою доцільністю їхнього впровадження.

Інженерні досягнення та запатентовані рішення від компанії Lind Jensen Maskinfabrik A/S зосереджені на впровадженні вискоєфективних скребкових комплексів. Ці системи функціонують за допомогою механізмів дротяної тяги або потужного гідравлічного приводу, забезпечуючи надійне видалення відходів. Відмінною рисою конструкції є її виняткова універсальність, що відкриває широкі можливості для застосування — як при будівництві новітніх тваринницьких комплексів, так і при ефективній модернізації та адаптації вже діючих споруд. Контроль та керування всіма робочими процесами реалізуються через високоточні програмовані логічні контролери (PLC), які не тільки визначають оптимальні режими функціонування, а й гарантують максимальну безпеку та надійність експлуатації всього обладнання. Важливою перевагою цих систем є їхня помірна енергоефективність, що проявляється у відносно

низькому рівні споживання електроенергії. Деталізований вигляд насоса, що є ключовим елементом інтегрованої системи утилізації, представлено на рисунку 2.1.

Проте, попри численні переваги, слід відзначити й певні обмеження: до них належить порівняно висока початкова вартість обладнання, а також необхідність у системному та кваліфікованому технічному обслуговуванні для забезпечення безперебійної та ефективної роботи.



Рис. 2.1. Насосне обладнання, призначене для перекачування рідких відходів тваринництва, виробництва компанії Lind Jensen Maskinfabrik A/S

Розглянемо функціональні особливості та принцип дії канатних скреперних систем, що є одним із розповсюджених підходів до механізованого видалення відходів. Приклад системи наведено на рисунку 2.2. Основа роботи цих систем полягає у застосуванні міцних тягових елементів, а саме – канатів або тросів, які слугують для приведення в рух спеціальних очисних пристроїв, відомих як скребки. Ці робочі органи переміщуються вздовж спеціально облаштованих лотків чи каналів, призначених для збору та відведення гною або інших органічних відходів. Під час свого циклічного руху скребки ефективно зчищають накопичені забруднення з поверхні каналів та транспортують їх до централізованого пункту збору або накопичувального резерву для подальшої переробки чи утилізації. Незважаючи на ефективність, канатні скреперні

системи мають певні експлуатаційні недоліки. До них належить інтенсивний знос як самих тягових канатів, які постійно зазнають тертя та навантажень, так і інших рухомих механічних компонентів системи. Крім того, при використанні таких комплексів у просторах приміщеннях чи на об'єктах зі значною довжиною гноївкових каналів спостерігається помітне зниження загальної продуктивності та ефективності процесу очищення.

Рис. 2.2. Системи що базуються на принципі функціонування канатних



скребкових механізмів

Системи промивки Hydromix Flush Systems являють собою сучасні гідравлічні рішення, що функціонують за принципом інтенсивного використання водних потоків для ефективної санації підпільних каналів. Загальний вигляд системи наведено на рисунку 2.2. Основний механізм дії полягає в активному змиванні органічних відходів, зокрема гною, за допомогою потужних струменів рідини, що забезпечує їхнє швидке переміщення та транспортування до спеціалізованих накопичувальних ємностей. Цей прогресивний підхід до гігієни приміщень гарантує досягнення оптимального рівня чистоти та санітарії, водночас суттєво мінімізуючи ризик розповсюдження патогенних мікроорганізмів у робочому середовищі. Таким



Рис. 2.3. Принципова схема гідродинамічної системи промивання

чином, системи Hydromix Flush сприяють створенню більш здорових та безпечних умов експлуатації.

Проте, варто зазначити і певні ключові обмеження, пов'язані з впровадженням та експлуатацією даного типу систем. До них належить значне споживання водних ресурсів, що є важливим фактором, який потребує ретельного економічного та екологічного аналізу. Крім того, повноцінне функціонування цих систем вимагає інтеграції та будівництва додаткових інфраструктур для ефективної переробки та очищення великих обсягів забруднених стоків.

Комплексні системи для виробництва біогазу являють собою інтегровані технологічні рішення, що поєднують ефективний процес утилізації органічних відходів, зокрема гною, з його наступною біологічною трансформацією у спеціалізованих анаеробних реакторах (ферментерах). Схема установки наведена на рисунку 2.4. Внаслідок цього біологічного процесу без доступу кисню — анаеробного зброджування — відбувається інтенсивне продукування біогазу. Цей цінний газ надалі використовується як джерело енергії для когенерації, тобто одночасного виробництва теплової та електричної енергії, що сприяє підвищенню енергетичної автономії та сталості господарств.

Проте, слід відзначити й низку суттєвих викликів, пов'язаних із впровадженням та експлуатацією таких комплексів. До основних недоліків можна віднести значні капіталовкладення на початковому етапі, високу технологічну складність обслуговування, яка вимагає кваліфікованого персоналу, а також критичну залежність від стабільного та достатнього обсягу органічної сировини для забезпечення безперервної роботи.

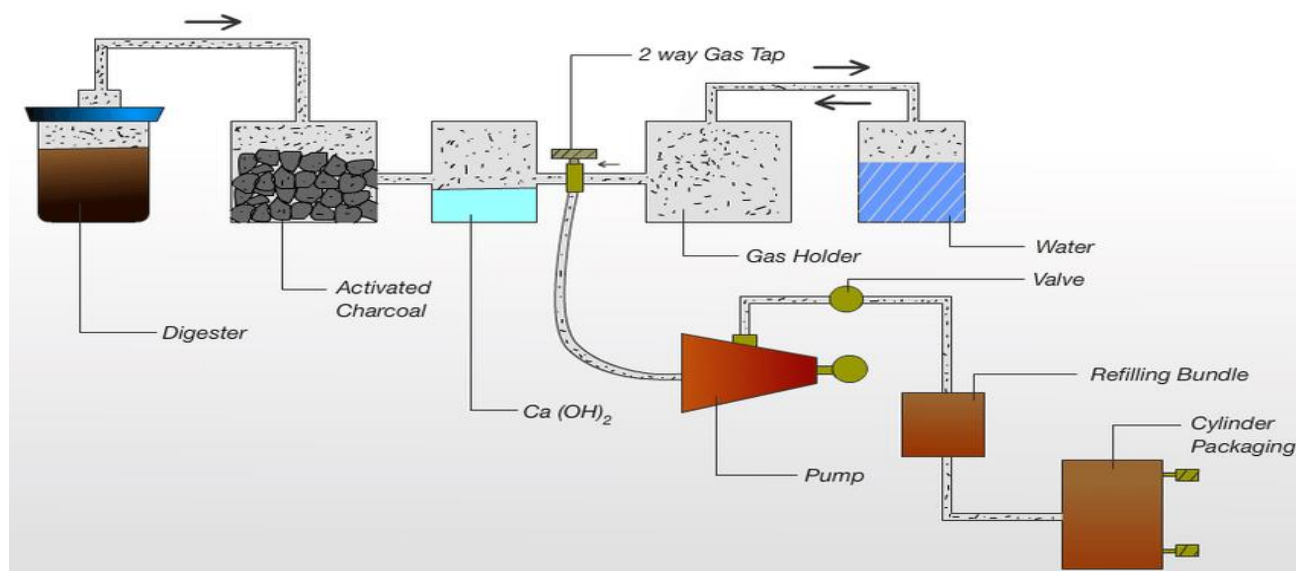


Рис. 2.4. Комплекс генерації біогазу

Підсумовуючи, необхідно підкреслити, що кожна з доступних технологій характеризується власним набором переваг та певних експлуатаційних обмежень. Ці фактори є ключовими для ретельного розгляду при виборі оптимального технологічного рішення, що відповідатиме специфічним потребам та можливостям конкретного агропромислового підприємства. Головними стримуючими чинниками для широкого розгортання цих сучасних систем залишаються значна вартість інвестицій в обладнання та поточні експлуатаційні витрати, що безумовно вимагає глибокого та всебічного техніко-економічного обґрунтування будь-якого подібного проєкту.

2.3. Обґрунтування вибору технології

При проєктуванні системи гідравлічного видалення гною через щільну підлогу необхідно враховувати сукупність технічних, експлуатаційних та

зоотехнічних чинників, які безпосередньо впливають на ефективність функціонування всього тваринницького комплексу. Передусім важливим є правильний вибір конструкції підлоги: розміри, форма та розташування щілин повинні забезпечувати безперешкодне потрапляння гною у підпільні канали, водночас залишаючись безпечними для тварин. Надто широкі отвори можуть призводити до травмування копит, тоді як занадто вузькі — знижують ефективність очищення. Матеріали, з яких виготовляється підлога, повинні поєднувати високу міцність, зносостійкість та стійкість до впливу агресивного середовища, зокрема вологи та органічних сполук. Додатково важливо забезпечити оптимальну шорсткість поверхні для запобігання ковзанню тварин, що є суттєвим фактором профілактики травматизму.

Система видалення гною є складовою єдиної інженерної інфраструктури ферми, тому її проєктування має здійснюватися з урахуванням взаємодії з іншими системами, такими як вентиляція, водопостачання та опалення. Узгоджена робота цих елементів забезпечує підтримання стабільного мікроклімату в приміщенні, що безпосередньо впливає на фізіологічний стан тварин, їхню продуктивність та рівень захворюваності. Особливу увагу слід приділяти врахуванню вікових і технологічних груп поголів'я, оскільки умови утримання молодняку, сухостійних корів і тварин у період лактації можуть суттєво відрізнятися. Це вимагає адаптації параметрів роботи системи очищення та мікроклімату до конкретних умов утримання.

Одним із визначальних критеріїв вибору технології є її гнучкість та можливість адаптації до змін виробничих умов. Проєкт має передбачати потенціал для подальшого розширення або модернізації у разі збільшення поголів'я чи зміни технології виробництва. Сучасні інженерні рішення дозволяють інтегрувати системи гідравлічного видалення гною з установками для виробництва біогазу, що забезпечує комплексний підхід до утилізації відходів. У такому випадку гній виступає не лише відходом, а й цінною сировиною для отримання енергії, що сприяє зниженню витрат на електро- та теплопостачання і підвищує енергонезалежність господарства.

Не менш важливим фактором є рівень автоматизації системи. Використання сучасних датчиків, програмованих контролерів і спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє значно підвищити точність управління технологічними процесами, зменшити вплив людського фактора та забезпечити стабільність роботи обладнання. Автоматизовані системи дають можливість у реальному часі контролювати стан обладнання, оперативно реагувати на відхилення від заданих параметрів і своєчасно проводити технічне обслуговування. Це, у свою чергу, знижує ризик аварійних ситуацій і сприяє оптимізації експлуатаційних витрат.

Ефективність функціонування системи значною мірою залежить від рівня підготовки обслуговуючого персоналу. Працівники повинні володіти знаннями щодо принципів роботи гідравлічних систем, мати навички технічного обслуговування та дотримуватися встановлених правил експлуатації. Крім того, важливо забезпечити належний рівень обізнаності персоналу щодо екологічних вимог і норм поведінки з відходами, що сприяє підвищенню загальної культури виробництва та мінімізації негативного впливу на довкілля. Окрему увагу необхідно приділяти відповідності обраної технології чинним екологічним стандартам і нормативно-правовим вимогам. Дотримання встановлених норм забезпечує безпечне функціонування підприємства, зменшує ризик забруднення навколишнього середовища та дозволяє уникнути штрафних санкцій. Врахування екологічного аспекту є особливо актуальним в умовах сучасного розвитку аграрного сектору, де питання сталого виробництва та раціонального використання ресурсів набувають першочергового значення.

Узагальнюючи викладене, можна зробити висновок, що вибір системи гідравлічного видалення гною через щілинну підлогу є комплексним завданням, яке потребує врахування технічних, економічних, екологічних та зоотехнічних факторів. Раціонально спроектована та впроваджена система дозволяє забезпечити високий рівень санітарії, покращити умови утримання тварин, підвищити ефективність виробництва та сприяти сталому розвитку

підприємства в довгостроковій перспективі.

2.4. Конструктивна схема транспортування гнойових стоків

Технологічний процес транспортування органічних відходів на тваринницькому підприємстві базується на узгодженій роботі комплексу інженерних елементів, які формують безперервний і логічно пов'язаний цикл видалення гнойових стоків із виробничих приміщень до зон їх накопичення, зберігання та подальшої переробки. Така система охоплює всі стадії руху відходів — від моменту їх утворення безпосередньо в зоні утримання тварин до транспортування у спеціалізовані резервуари або переробні установки. Узгодженість роботи окремих вузлів забезпечує стабільність технологічного процесу, запобігає утворенню застійних зон і сприяє безперебійному функціонуванню всього виробничого комплексу.

Рационально організований процес транспортування відходів дозволяє підтримувати високий рівень санітарно-гігієнічного стану в приміщеннях, істотно зменшувати контакт тварин із продуктами їх життєдіяльності та, відповідно, знижувати ризик виникнення інфекційних і паразитарних захворювань. Одночасно це створює сприятливі умови для утримання поголів'я, що позитивно впливає на їх фізіологічний стан, продуктивність і загальний рівень благополуччя. Крім того, впровадження механізованих і автоматизованих рішень у процес транспортування гнойових стоків дозволяє суттєво скоротити обсяг ручної праці, оптимізувати використання трудових ресурсів та підвищити ефективність функціонування ферми в цілому. Важливим аспектом є також екологічна складова, оскільки організований збір і контрольоване переміщення відходів мінімізують негативний вплив на навколишнє середовище та створюють передумови для їх подальшого раціонального використання як вторинного ресурсу.

На початковому етапі збір гнойових мас здійснюється через щільну підлогу, яка встановлюється в зонах утримання худоби. Вона виготовляється з

бетону або полімерних матеріалів і має спеціальні прорізи, через які відходи під дією власної ваги потрапляють у підпільний простір. Це забезпечує постійну чистоту поверхні та покращує умови утримання тварин. Далі гнойові стоки надходять в систему підземних каналів, виконаних із матеріалів, стійких до агресивного середовища. Канали мають певний ухил, що дозволяє стокам рухатися самотією у напрямку центрального колектора без додаткових витрат енергії. У кінцевій частині підпільної системи розташований основний колектор, який виконує функцію накопичення відходів. Для забезпечення однорідності маси та запобігання осіданню твердих частинок він оснащується механічними мішалками. Після цього гнойова суміш подається до шнекового насоса, який є ключовим елементом усієї системи транспортування. Завдяки гвинтовому механізму насос здатний ефективно переміщувати густі та в'язкі стоки навіть за наявності твердих включень. Прикладом такого обладнання є насос НЖН-200 (рис. 2.5), який широко використовується у тваринницьких господарствах.

Після перекачування насосом відходи транспортуються через трубопровідну мережу до місць зберігання або переробки. Трубопроводи виготовляються з полімерних матеріалів, що мають високу стійкість до корозії, а їх конфігурація проєктується таким чином, щоб мінімізувати втрати тиску та забезпечити ефективний рух потоку. Завершальним етапом є надходження гнойових стоків у спеціальні резервуари, де вони накопичуються та проходять подальшу обробку.

Залежно від прийнятої технології, відходи можуть використовуватися для компостування, перероблятися в біогазових установках або застосовуватися як органічне добриво. Важливою складовою функціонування системи є її автоматизація. Використання датчиків рівня, систем керування та програмованих контролерів дозволяє забезпечити автономну роботу обладнання, своєчасне включення насосів і контроль за технічним станом усіх елементів. Це значно підвищує надійність системи та знижує потребу в постійному втручанні персоналу.

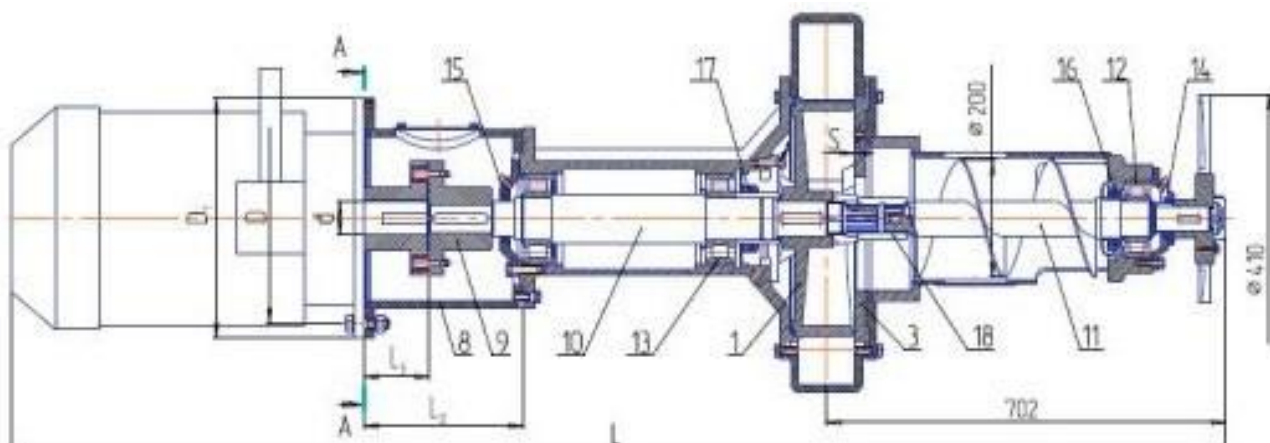


Рис. 2.5. Принципова схема будови шнекового насоса моделі НЖН-200, призначеного для перекачування рідких органічних субстратів:

1 - рушійний обертовий елемент; 2 - вихідний канал; 3 - диск; 4 - оболонка опорного вузла; 5 - лопатевий перемішувальний пристрій; 6 - корпус шнека; 7 - сполучний канал; 8 - корпус муфти; 9 - з'єднувальний елемент передачі; 10 - приводний обертовий вал; 11- шнек; 12, 13 - опорні елемент; 14, 15, 16, 17 - муфти; 18-втулка з профільним з'єднанням; 19 - запобіжник

Упровадження такої конструктивної схеми дає змогу автоматизувати найбільш трудомісткі процеси, забезпечити стабільну чистоту у тваринницьких приміщеннях і організувати екологічно безпечну систему поводження з відходами відповідно до сучасних вимог.

2.5. Оцінка розрахункової потужності за навантаженням

Для оптимального вибору шнекового насоса, ключовим є визначення його продуктивних характеристик. Його ефективність безпосередньо обумовлена кількістю тварин на фермі та об'ємом гною, що утворюється протягом доби. Це дає змогу забезпечити стабільну роботу системи з виведення гною, запобігаючи її перевантаженням та простоїв у функціонуванні.

Серед базових вихідних даних для подальших розрахунків зазначено: чисельність поголів'я складає $N = 2000$ голів; середньодобова норма утворення органічних відходів на одну тварину становить $G = 60$ кг/добу; густина гнойової

маси приблизно дорівнює густині води і становить $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$:

Першим кроком визначається загальна маса гною, що утворюється на фермі за одну добу. Вона обчислюється як добуток кількості тварин на середню норму виділення відходів і записується у вигляді формули:

$$M_{\text{добу}} = N \cdot G = 2000 \cdot 60 = 120000 \text{ кг/добу}. \quad (2.1)$$

Отримане значення показує загальне навантаження на систему видалення гною протягом доби.

Наступним етапом виконується перерахунок маси у об'єм, оскільки саме об'єм є визначальним параметром для насосного обладнання. Переведення здійснюється через густину за формулою:

$$V_{\text{добу}} = M_{\text{добу}} / \rho = 120000 / 1000 = 120 \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.2)$$

Таким чином, встановлено, що за добу утворюється приблизно 120 кубічних метрів гнойових стоків.

Далі визначається необхідна годинна продуктивність насоса, яка показує, який об'єм відходів система повинна перекачувати за одну годину роботи. Якщо прийняти, що насос працює рівномірно протягом доби, то формула має вигляд:

$$Q = V_{\text{добу}} / t, \quad (2.3)$$

Де t — час роботи насоса на добу (год).

За умови безперервної роботи обладнання протягом 24 годин на добу ($t = 24 \text{ год}$).

Мінімальна продуктивність складе:

$$Q = V_{\text{добу}} / t = 120 / 24 = 5 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отримане значення продуктивності є мінімально необхідним для безперервного режиму роботи. Однак у реальних умовах ферми робота обладнання не є ідеально рівномірною, тому доцільно передбачати запас продуктивності або скорочений режим відкачування, наприклад за 4–6 годин, що потребуватиме значно вищої номінальної потужності насоса.

У підсумку проведений розрахунок дозволяє обґрунтувати базові технічні параметри системи та є основою для подальшого вибору конкретного насосного

обладнання з урахуванням експлуатаційних умов.

2.6. Висновки за розділом

У даному розділі розглянуто принципи побудови та виконано основні розрахунки системи гідравлічного видалення гною через щілинну підлогу, що застосовується на тваринницькому комплексі. Проведений аналіз дозволяє зробити узагальнений висновок про доцільність використання такої технології в умовах сучасного виробництва, оскільки вона поєднує автоматизацію процесів, покращення санітарного стану приміщень і підвищення загальної ефективності утримання худоби.

Використання щілинної підлоги разом із підземними каналами забезпечує безперервне та автоматичне видалення відходів із зони перебування тварин, що дозволяє значно знизити рівень забруднення приміщень. Це, у свою чергу, сприяє покращенню умов утримання, зменшенню ризику виникнення та поширення захворювань, а також зниженню негативного впливу виробничого процесу на навколишнє середовище. Ключовим елементом системи є шнековий насос, який забезпечує стабільне транспортування густих і в'язких гнойових мас до місць їх накопичення або подальшої переробки. Його конструкція дозволяє ефективно працювати навіть із неоднорідними середовищами, а застосування автоматизованих систем керування та датчиків контролю рівня забезпечує безперервність процесу, зменшує потребу в ручній праці та підвищує надійність усієї інженерної мережі. Розрахункові дані показали, що для ферми з поголів'ям 2000 голів великої рогатої худоби добовий обсяг утворення гною становить 120 м^3 , а мінімальна продуктивність насосного обладнання для його своєчасного видалення повинна складати $5 \text{ м}^3/\text{год}$. Отримані значення є базовими для підбору обладнання та можуть уточнюватися залежно від режиму експлуатації системи та організації технологічного процесу. Водночас ефективне функціонування системи неможливе без комплексного підходу, який передбачає не лише правильний

вибір технічного обладнання та матеріалів, але й належну організацію обслуговування, підготовку персоналу та дотримання екологічних вимог щодо поводження з відходами. Це забезпечує стабільну та безпечну роботу ферми в довгостроковій перспективі.

Таким чином, впровадження системи гідравлічного видалення гною із застосуванням шнекових насосів є технічно обґрунтованим та економічно доцільним рішенням, яке підвищує ефективність тваринницького виробництва, покращує санітарно-гігієнічні умови та сприяє сталому розвитку аграрного підприємства.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ГІДРАВЛІЧНОГО ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ

3.1. Технічне завдання та умови проєктування

Розробка системи передбачає повну механізацію та автоматизацію процесу видалення відходів тваринництва. Технічне завдання орієнтоване на використання матеріалів, стійких до агресивного середовища, а також обладнання, здатного працювати в безперервному режимі з мінімальними витратами на обслуговування. Щілинна підлога виготовляється з високоміцного бетону або спеціалізованого пластику. Її конструкція повинна забезпечувати вільне проходження гною у підпідлогові канали та водночас гарантувати безпеку тварин і виключати ризик травмування копит.

Таблиця 3.1

Основоположні дані для проєктування комплексу утилізації гною

Вимірювання	Характеристика	Позначення	Величина
год	Добова тривалість функціонування насосного агрегату	T	24
кг/доб	Середньодобовий обсяг утворення гною на 1 гол.	G	60
м ³ /год	Об'ємна продуктивність шнекового насосного обладнання	Q	5
кг/м ³	Питома щільність гнойової маси	ρ	1000
гол.	Загальна чисельність поголів'я тварин	N	2000
кг/доб	Сукупний добовий обсяг генерації гною	V _{доб}	120

Підземні канали та колектори проєктуються з монолітного бетону з гідрофобними добавками, що підвищує їх стійкість до вологи та агресивного середовища. Трубопровідна мережа виконується з ПВХ або поліетилену високої щільності, що забезпечує довговічність та захист від корозії під дією аміаку. Механізація процесу передбачає використання шнекового насоса гвинтової конструкції з прямим електроприводом, який забезпечує стабільне

транспортування в'язких гнойових мас.

З метою кардинального зниження операційних витрат система інтегрує сучасні високотехнологічні засоби автоматизації, що дозволяють значно підвищити стабільність та ефективність усього технологічного процесу. Функціонування системи ґрунтується на використанні інтелектуальних засобів моніторингу та програмованих логічних контролерів (ПЛК), які забезпечують безперервний контроль рівня заповнення резервуарів, а також точне та своєчасне керування роботою насосних агрегатів відповідно до заданих алгоритмів і режимів експлуатації. Завдяки цьому досягається повна автоматизація основних операцій, що мінімізує вплив людського фактора, зменшує ризик помилок і підвищує загальну надійність роботи системи. Особливу увагу при проектуванні приділено питанням екологічної безпеки та принципам сталого розвитку, що є невід'ємною складовою сучасних аграрних технологій. Реалізація цих вимог забезпечується за рахунок повної герметичності всіх елементів системи, включаючи трубопроводи, резервуари та з'єднувальні вузли. Таке конструктивне рішення дозволяє повністю виключити можливість витоку органічних відходів у навколишнє середовище, запобігає забрудненню ґрунтових вод та істотно знижує рівень емісії шкідливих газів і запахів. Крім того, це сприяє підтриманню стабільних санітарно-гігієнічних умов на території ферми та в прилеглих зонах.

Впровадження даної автоматизованої та екологічно безпечної системи на підприємстві «Агромех плюс» забезпечує формування повноцінного замкненого рециркуляційного циклу управління органічними відходами. У результаті гній не лише ефективно видаляється з виробничих приміщень, але й надалі використовується як вторинний ресурс, що підвищує загальну ефективність господарства. Такий підхід повністю відповідає сучасним стандартам ведення тваринницької діяльності, сприяє підвищенню екологічної відповідальності виробництва та забезпечує оптимальні, безпечні й гігієнічні умови як для працівників підприємства, так і для навколишньої екосистеми в цілому.

3.2. Обчислення параметрів потоку та продуктивності системи

Для забезпечення стабільної роботи системи видалення гною на фермі виконано гідравлічний розрахунок, який базується на обсягах утворення відходів та пропускній здатності каналів. Розрахунок дозволяє визначити необхідну продуктивність насосного обладнання та обґрунтувати геометричні параметри транспортної мережі.

Визначення добового обсягу гною здійснюється для поголів'я $N = 2000$ голів при середньодобовій нормі утворення відходів $G = 14$ кг/добу. Загальна маса гною за добу визначається як добуток кількості тварин на норму утворення відходів і становить:

$$V_{\text{доб}} = N * G, \quad (3.1)$$

$$V_{\text{доб}} = 2000 * 14 = 28,000 \text{ кг/добу.}$$

Задля переходу від масових до об'ємних показників виконується розрахунок об'єму гною, при цьому приймається густина гнойової маси $\rho = 1000$ кг/м³. Об'єм визначається за формулою:

$$V_{\text{доб, м}^3} = V_{\text{доб}} * \rho, \quad (3.2)$$

$$V_{\text{доб, м}^3} = 28,000 * 1000 = 28 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

На основі отриманого об'єму визначається необхідна продуктивність насосного обладнання, яка забезпечує видалення всього добового обсягу протягом 24 годин ($T = 24$ год). Розрахунок виконується за формулою:

$$Q = V_{\text{доб, м}^3} * T, \quad (3.3)$$

звідки

$$Q = 28/24 \approx 1,17 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отримане значення є мінімально необхідним для забезпечення рівномірного режиму роботи системи.

Далі виконується визначення геометричних параметрів каналів, необхідних для самопливного руху стоків до колектора. Площа поперечного перерізу каналу розраховується при рекомендованій швидкості руху рідини $v = 0,75$ м/с за формулою:

$$A = Q / v, \quad (3.4)$$

що дає

$$A = 1,17 / (3600 * 0,75) \approx 0,00043 \text{ м}^2.$$

На основі отриманої площі визначається теоретична глибина каналу при заданій ширині $b = 0,5$ м за формулою:

$$h = A/b, \quad (3.5)$$

тобто

$$h = 0,00043 / 0,5 \approx 0,0008 \text{ м або } 0,86 \text{ мм}.$$

Отримане значення глибини є суто розрахунковим і відображає лише ідеалізовані умови руху рідини. У реальних умовах експлуатації такі параметри не застосовуються, оскільки система повинна враховувати наявність твердих включень у гної, нерівномірність надходження стоків та необхідність створення резервного об'єму. У зв'язку з цим конструктивна глибина каналів приймається значно більшою — зазвичай в межах 0,4–0,6 м, що забезпечує стабільну роботу системи та запобігає її засміченню.

Таким чином встановлено, що мінімальна продуктивність насоса становить 1,17 м³/год, ширина каналу приймається 0,5 м, а остаточні конструктивні параметри уточнюються відповідно до будівельних норм і фактичних умов експлуатації, що гарантує надійну та безперебійну роботу системи.

3.3. Енергетична оцінка засобів механізації видалення гною

Для обґрунтування вибору силового обладнання та оцінки експлуатаційних витрат виконується енергетичний розрахунок установки, який дозволяє визначити необхідну потужність шнекового насоса та очікувані витрати електроенергії під час його роботи. Такий підхід дає змогу оцінити доцільність використання обладнання та його вплив на загальні витрати підприємства.

Вихідними даними для розрахунку є продуктивність насоса $Q = 1,17$

м³/год, густина гною $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, висота підйому (геометричний напір) $H = 5 \text{ м}$, а також коефіцієнт корисної дії установки $0,7$. На першому етапі визначається гідравлічна потужність насоса за формулою:

$$P_{\text{гідр}} = \rho * g * Q * H \quad (3.6)$$

Попередньо продуктивність переводиться у системні одиниці:

$$Q = 1,17/3600 \approx 0,000325 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.7)$$

Після підстановки значень отримуємо:

$$P_{\text{гідр}} = 1000 * 9,81 * 0,000325 * 5 \approx 15,92 \text{ Вт}.$$

На наступному етапі визначається електрична потужність двигуна з урахуванням втрат енергії в системі, що розраховується за формулою:

$$P_{\text{ел}} = P_{\text{гідр}}/\eta. \quad (3.8)$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$P_{\text{ел}} = 15,92/0,7 \approx 22,74 \text{ Вт}.$$

Це значення характеризує фактичну потужність, яку має забезпечити електродвигун для стабільної роботи насоса.

Для оцінки експлуатаційних витрат визначаються витрати електроенергії. Добові витрати енергії становлять:

$$E_{\text{доб}} = P_{\text{ел}} * T = 22,74 * 24 = 545,76 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

Відповідно річне енергоспоживання визначається як

$$E_{\text{рік}} = E_{\text{доб}}/365 = 545,76 / 365 = 199,202 \text{ Вт} \cdot \text{год}, \text{ або приблизно } 199,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Результати проведених розрахунків дозволяють сформулювати цілісне уявлення про технічну та енергетичну спроможність запропонованої системи. Незважаючи на те, що теоретично розрахована площа перерізу каналів виявилася мінімальною, практична реалізація проекту вимагає врахування конструктивних особливостей будівництва та експлуатаційних ризиків. Збільшення глибини каналів до нормативних значень дозволить створити необхідний гідравлічний тиск для самоочищення системи та забезпечить буферний об'єм у разі нерівномірного виходу стоків протягом доби.

Розрахована електрична потужність насоса на рівні $22,74 \text{ Вт}$ є теоретичним показником, що базується на безперервному режимі роботи при

сталому навантаженні. Для реальних умов експлуатації доцільно використовувати електродвигун із певним запасом потужності, що дозволить системі справлятися з можливими змінами в'язкості гною або механічними перешкодами в магістралі. Такий підхід гарантує надійність приводу та запобігає його передчасному зносу через перевантаження.

Аналіз енергетичних витрат демонструє, що впровадження шнекової технології видалення відходів є одним із найбільш економних рішень для тваринницьких комплексів такого масштабу. Річне споживання електроенергії в обсязі 199,2 кВт·год є незначним порівняно із загальними енерговитратами підприємства, що позитивно впливає на собівартість утримання однієї голови худоби. Це підтверджує доцільність використання обраного обладнання не лише з технічної, а й з економічної точки зору, забезпечуючи швидку окупність інвестицій у модернізацію ферми.

Завершення проектування енергетичної частини дозволяє перейти до формування загальних висновків, які підсумовують ефективність розроблених рішень. Враховуючи автоматизацію процесів та мінімальні витрати ресурсів, запропонована система гідравлічного видалення гною через щільну підлогу є оптимальним варіантом для забезпечення сталого функціонування у довгостроковій перспективі.

3.4. Висновки за розділом

На основі проведених досліджень та інженерних розрахунків можна сформулювати наступні висновки. Запропонована система гідравлічного видалення гною для поголів'я у 2000 голів базується на використанні сучасних корозійностійких матеріалів, таких як бетон із гідрофобними добавками, ПВХ та поліетилен. Це забезпечує довговічність конструкцій в агресивному аміачному середовищі та повну герметичність системи, що мінімізує екологічні ризики та запобігає забрудненню водних ресурсів.

Технологічні розрахунки показали, що при середньодобовому виході відходів 14 кг на голову, загальний обсяг становить 28 кубічних метрів на добу. Для ефективного відведення такої маси встановлено, що мінімальна продуктивність шнекового насоса повинна складати не менше 1,17 кубічних метрів за годину при безперервній роботі. Проте, з метою створення експлуатаційного резерву та врахування нерівномірності стоків, рекомендовано використовувати насосну установку продуктивністю 5 кубічних метрів за годину. Гідравлічний аналіз виявив, що хоча теоретична площа перетину каналів для заданої швидкості потоку 0,75 м/с є незначною, для практичної реалізації необхідно збільшувати глибину каналів. Це дозволить уникнути замулювання, забезпечити достатню ємність для накопичення маси при пікових навантаженнях та нівелювати варіації щільності гною.

Енергетична оцінка підтвердила високу економічну ефективність розробленого рішення. Сумарна електрична потужність привода складає 22,74 Вт, що при цілодобовій експлуатації призводить до річних витрат енергії на рівні 199,2 кВт·год. Такі показники свідчать про мінімальний вплив системи на собівартість продукції тваринництва при забезпеченні повної автоматизації процесів.

Впровадження автоматизованої системи управління з сенсорами рівня та контролерами дозволить оптимізувати роботу обладнання, знизити витрати на сервісне обслуговування та забезпечити безперебійне функціонування ферми відповідно до сучасних регуляторних вимог.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

4.1. Заходи пожежної безпеки на тваринницькому комплексі

Експлуатація гноєприбиральних установок на тваринницьких підприємствах супроводжується підвищеними вимогами до пожежної безпеки, оскільки технологічний процес поводження з органічними відходами пов'язаний з утворенням і накопиченням горючих газів, насамперед метану та сірководню. У поєднанні з роботою електродвигунів, насосного обладнання та розподільчих електромереж це створює потенційно небезпечні умови, які потребують системного контролю та запобіжних заходів.

Основою забезпечення пожежної безпеки є комплекс організаційних і технічних рішень, спрямованих на мінімізацію ймовірності займання та швидке реагування у разі виникнення аварійної ситуації. Насамперед важливе значення має підтримання належного санітарно-технічного стану виробничих приміщень. Гноєприбиральне обладнання повинно регулярно очищуватися від залишків органічних відходів, які за певних умов можуть стати джерелом самозігрівання або вторинного загоряння. У зоні розміщення насосних станцій, електрощитів та керуючої апаратури необхідно повністю виключити зберігання будь-яких горючих матеріалів, таких як сіно, солома, деревна підстилка чи мастильні речовини, оскільки це значно підвищує пожежне навантаження на приміщення. Особлива увага приділяється електротехнічній частині системи. Усі електричні мережі та підключення повинні бути виконані з урахуванням умов підвищеної вологості та агресивного середовища, характерного для тваринницьких комплексів. Силові кабелі прокладаються у захисних кожухах або металевих лотках, що запобігає механічним пошкодженням та впливу вологи. З'єднувальні вузли обладнання виконуються у герметичних та, за необхідності, вибухозахищених корпусах. Обов'язковим елементом системи електроживлення є автоматичні вимикачі та пристрої захисного відключення,

які забезпечують оперативне знеструмлення у разі перевантаження або короткого замикання.

Не менш важливим фактором пожежної безпеки є організація ефективної вентиляції виробничих приміщень. Постійний повітрообмін дозволяє запобігти накопиченню вибухонебезпечних концентрацій газів, що виділяються в процесі зберігання та транспортування гною. Система вентиляції повинна працювати безперервно, а її технічний стан регулярно перевірятися в межах планового обслуговування, оскільки навіть незначні порушення в її роботі можуть призвести до створення небезпечних умов. Для оперативного реагування на можливі пожежі виробничі приміщення оснащуються первинними засобами пожежогасіння. До них належать порошкові та вуглекислотні вогнегасники, які розміщуються у легкодоступних місцях поблизу виходів, електрощитових та зон розташування основного обладнання. Додатково передбачаються пожежні щити, укомплектовані базовим інвентарем для гасіння пожежі на початковій стадії, а також ємності з піском та ізолюючі покривала. У сучасних умовах доцільним є також впровадження автоматизованих систем пожежної сигналізації, зокрема встановлення теплових та димових датчиків в зонах підвищеного ризику, таких як насосні станції та електротехнічні приміщення.

У разі виникнення пожежі персонал зобов'язаний діяти відповідно до затверджених інструкцій. Першочерговим заходом є негайне знеструмлення обладнання шляхом відключення головного живильного рубильника або автоматичного вимикача, що дозволяє запобігти подальшому розвитку аварійної ситуації. Після цього необхідно повідомити пожежну охорону та керівництво підприємства, а також організувати евакуацію працівників і, за можливості, тварин відповідно до розроблених планів евакуації. Усі дії повинні здійснюватися без паніки, з дотриманням встановленого порядку та з урахуванням результатів регулярних навчань і тренувань з пожежної безпеки.

Таким чином, комплексне дотримання організаційних, технічних та експлуатаційних заходів пожежної безпеки дозволяє суттєво знизити ризики

виникнення пожеж, забезпечити захист персоналу, тварин та матеріально-технічної бази підприємства, а також гарантувати стабільну та безпечну роботу гноєприбиральних систем.

4.2. Заходи безпеки при експлуатації установки

Експлуатація систем видалення гною на великих тваринницьких комплексах, зокрема вимагає не лише належного технічного обслуговування обладнання, але й високого рівня підготовки персоналу до дій у випадку виникнення надзвичайних ситуацій. Основною метою таких заходів є забезпечення безпеки життя і здоров'я працівників, збереження поголів'я тварин, а також оперативна локалізація можливих аварій і мінімізація їх наслідків.

Важливою складовою системи безпеки є організаційна підготовка персоналу. Вона передбачає регулярне проведення інструктажів, навчань та практичних тренувань, під час яких працівники отримують необхідні знання щодо експлуатації обладнання та дій у критичних ситуаціях. Кожен співробітник повинен чітко орієнтуватися у розташуванні аварійних вимикачів насосних установок, засобів пожежогасіння, медичних аптечок, а також знати найбільш безпечні та короткі шляхи евакуації з виробничих приміщень. Така підготовка дозволяє значно скоротити час реагування у разі виникнення аварії. У випадку технічних несправностей, таких як поломка шнекового насоса, блокування робочих органів або розрив трубопроводу, дії персоналу повинні бути чіткими та послідовними. Першочерговим заходом є повне знеструмлення обладнання, що дозволяє зупинити рух механізмів і запобігти подальшому пошкодженню системи або виникненню короткого замикання. Після цього необхідно оперативно оцінити масштаби аварії та визначити потенційні небезпеки, зокрема витік гнойових мас або накопичення шкідливих газів у робочій зоні. У разі виявлення підвищеної небезпеки здійснюється негайна евакуація персоналу в безпечну зону.

Доступ до місця аварії повинен бути обмежений до усунення небезпеки, при цьому зона інциденту позначається попереджувальними знаками або сигнальними стрічками. Ліквідація наслідків аварії дозволяється лише у засобах індивідуального захисту, які включають захисні рукавиці, окуляри, спецодяг та респіратори, що забезпечують захист від токсичних випарів та біологічного забруднення. Окрему увагу слід приділяти діям у разі травмування працівників. У таких випадках необхідно негайно надати першу домедичну допомогу та викликати медичних працівників. Важливо підкреслити, що будь-які спроби самостійного ремонту або розбирання пошкодженого обладнання до прибуття фахівців є неприпустимими, оскільки це може створити додаткову загрозу як для потерпілого, так і для інших працівників. У разі виникнення пожежі або появи ознак задимлення, таких як запах горіння, іскріння або виділення диму, персонал зобов'язаний негайно повідомити пожежну службу за номером 101, організувати евакуацію людей, а за можливості — і тварин, відповідно до затверджених планів евакуації. Якщо це не становить загрози життю, допускається використання первинних засобів пожежогасіння, таких як порошкові або вуглекислотні вогнегасники. При цьому слід враховувати, що в умовах накопичення органічних газів існує ризик вибухонебезпечних ситуацій, тому будь-які дії повинні бути максимально обережними.

Підвищення рівня безпеки значною мірою залежить від профілактичних заходів, серед яких ключове місце займає регулярне технічне обслуговування обладнання. Своєчасна діагностика шнекових насосів, перевірка стану електроізоляції, контроль герметичності трубопроводів і каналів дозволяють виявляти потенційні несправності на ранніх стадіях і запобігати розвитку аварійних ситуацій. Загальну відповідальність за організацію безпечних умов праці, а також за систематичне підвищення рівня знань персоналу несе керівництво підприємства, що є ключовим фактором стабільної та безпечної роботи всього комплексу.

4.3. Висновки за розділом

Проведений аналіз підтверджує, що створення безпечного робочого середовища є результатом поєднання технічної досконалості обладнання та суворого дотримання нормативних вимог. Впровадження автоматизованої системи гідравлічного видалення гною дозволяє не лише оптимізувати технологічний процес, а й мінімізувати вплив небезпечних виробничих факторів на персонал. Використання сучасних стандартів безпеки та вологозахищеного електрообладнання створює надійний фундамент для безаварійної роботи комплексу в умовах агресивного середовища.

Важливою складовою успішної експлуатації є постійна готовність команди до дій у позаштатних ситуаціях. Чіткі алгоритми реагування на технічні несправності, витoki або задимлення дозволяють локалізувати ризики на початковому етапі, запобігаючи травматизму та значним матеріальним збиткам. Регулярне навчання працівників та практичні тренування перетворюють теоретичні правила охорони праці на дієву систему захисту, що забезпечує злагоджену роботу всіх ланок підприємства.

У підсумку, інтегрований підхід до охорони праці та пожежної безпеки гарантує сталий розвиток господарства. Завдяки належному контролю за станом повітряного середовища, справністю вентиляції та технічним обслуговуванням шнекових насосів, демонструє високий рівень культури виробництва. Це забезпечує не лише економічну ефективність модернізації ферми на 2000 голів, а й безпечні, гідні умови праці для кожного співробітника.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПРОЄКТУ

Економічна доцільність впровадження розроблених інженерних рішень є вирішальним фактором при модернізації тваринницьких комплексів. У даному розділі проведено оцінку економічної ефективності застосування розробленої насосної установки у порівнянні з базовим варіантом — серійною установкою НЖН-200.

Оскільки основні конструктивні зміни в проєкті стосуються модернізації насосного агрегату, а інші елементи системи видалення гною залишилися стандартними, порівняльний аналіз проведено за характеристиками насосного обладнання. Експлуатаційні витрати визначалися за наведеною нижче методикою.

Витрати на заробітну плату персоналу, задіяного в обслуговуванні установки, розраховуються за формулою:

$$З = n \cdot t \cdot f \cdot \delta \cdot D, \text{ грн.}, \quad (5.1)$$

Де δ – розрахунковий коефіцієнт.

n – загальна чисельність персоналу (кількість осіб);

D – кількість робочих днів протягом річного періоду;

t – тривалість виконання робіт за одну зміну (годин);

f – погодинна тарифна ставка (гривень за годину).

Амортизаційні відрахування, що відображають поступове перенесення вартості обладнання на собівартість продукції, визначаються як:

$$A = \frac{B \cdot \alpha}{100}, \text{ грн.}, \quad (5.2)$$

Де α – показник амортизаційних відрахувань, виражений у відсотковому співвідношенні;

B – облікова вартість активу, представлена у грошовому еквіваленті.

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування (ТО)

розраховуються на основі балансової вартості:

$$P = \frac{B \cdot \beta}{100}, \text{ грн.}, \quad (5.3)$$

Де β – нормативний коефіцієнт відрахувань на ремонтні потреби, виражений у відсотках.

Сукупні річні операційні витрати формуються з наступних основних компонентів: витрат на оплату праці персоналу, амортизаційних відрахувань, витрат на технічне обслуговування та ремонт, а також витрат на спожиту електричну енергію:

$$EB = Z + A + P + E, \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Економія операційних витрат при переході на нову установку визначається як різниця витрат базового та проєктованого варіантів:

$$EEB = EB1 - EB2, \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Період окупності інвестицій в основні засоби обчислюється за наступним співвідношенням:

$$P = \frac{B_2}{EEB}, \text{ грн.}, \quad (5.6)$$

Де B_2 – означає облікову вартість інвестиційного об'єкта, грн.

Порівняння фінансово-економічних показників двох варіантів утилізації гною показує високу ефективність запропонованого проєкту. Впровадження цієї технології має суттєві переваги над традиційним обладнанням за основними категоріями експлуатаційних витрат.

Незважаючи на можливе збільшення початкових капіталовкладень, оновлена система забезпечує значне зниження споживання енергії та витрат на обслуговування. За розрахунками, деталі яких наведено у додатках, річний економічний ефект від впровадження становить 63081 грн. Отримані дані підтверджують фінансову стійкість проєкту та дозволяють рекомендувати його для реалізації на сучасних тваринницьких фермах.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проєкту було розроблено та технічно обґрунтовано комплексну систему механізації тваринницького комплексу на 2000 голів, із акцентом на автоматизацію технологічних процесів, зокрема переробку продукції та ефективне поводження з органічними відходами. На основі проведених досліджень, інженерних та енергетичних розрахунків сформульовано такі основні висновки.

Встановлено, що виробничий потенціал дозволяє організувати замкнений технологічний цикл переробки молочної сировини з отриманням конкурентоспроможної продукції (молочні напівфабрикати, йогурти, сири, сметана, масло). Впровадження автоматизованих систем керування технологічними процесами забезпечує стабільність виробництва, підвищення якості продукції та відповідність вимогам чинних стандартів безпеки харчових продуктів.

Обґрунтовано екологічну доцільність використання відходів тваринництва як вторинного енергетичного ресурсу. Запропонована система біогазової утилізації дозволяє частково забезпечити енергетичну автономність господарства, а технологія компостування гною створює можливість отримання органічних добрив для потреб рослинництва. Це сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та підвищує ресурсну ефективність виробництва. В межах розділу з технології гноєвидалення обґрунтовано застосування комбінованої системи видалення відходів (механічно-гідравлічного типу). Розраховано, що загальний обсяг утворення гною становить близько 28 м³ на добу, що відповідає навантаженню для поголів'я 2000 голів при прийнятих вихідних даних. Запропонована система забезпечує стабільне та безперервне транспортування відходів до місць накопичення та подальшої утилізації.

Проведено енергетичну оцінку роботи насосного обладнання. Встановлено, що для забезпечення функціонування системи гідравлічного

видалення гною необхідні такі параметри: гідравлічна потужність становить 15,92 Вт, електрична потужність — 22,74 Вт, а річне енергоспоживання — близько 199,2 кВт·год. Отримані показники свідчать про низьку енергоємність системи та її високу енергоефективність. Економічний аналіз підтвердив доцільність впровадження запропонованих технічних рішень. Порівняння з базовим варіантом обладнання показало зменшення експлуатаційних витрат та отримання річного економічного ефекту на рівні 63081 грн. Розрахунковий термін окупності проєкту є прийнятним для аграрного виробництва, що свідчить про його інвестиційну привабливість.

Таким чином, розроблена система механізації та гідравлічного видалення гною є технічно обґрунтованою, енергоефективною та економічно доцільною для впровадження в умовах сучасного тваринницького підприємства, забезпечуючи підвищення рівня автоматизації, зниження витрат праці та покращення екологічної безпеки виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kumar, S., Kumar, N., & Vivekadhish, S. (2016). Millennium development goals (MDGs) to sustainable development goals (SDGs): Addressing unfinished agenda and strengthening sustainable development and partnership. *Indian Journal of Community Medicine*, 41(1), 1-4. <https://doi.org/10.4103/0970-0218.170955>.
2. Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., & Shen, Y. (2012). Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresource Technology*, 112, 171-178.
3. Vlyssides, A.G., Barampouti, E.M., Mai, S., & Stamatoglou, P. (2011). Composting of sewage sludge and agricultural wastes. *Waste Management*, 31(3), 531-537.
4. Kroll, C., Warchold, A., & Pradhan, P. (2019). Sustainable Development Goals (SDGs): Are we successful in turning trade-offs into synergies? *Palgrave Communications*, 5(1), 140.
5. United Nations Development Programme. (2016). Human Development Report 2016: Human Development for Everyone. United Nations Development Programme.
6. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S. III, Lambin, E.F., ... & Foley, J.A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.
7. Boons, F., & Lüdeke-Freund, F. (2013). Business models for sustainable innovation: State-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 45, 9-19.
8. Geels, F.W., Sovacool, B.K., Schwanen, T., & Sorrell, S. (2017). Sociotechnical transitions for deep decarbonization. *Science*, 357(6357), 1242-1244.
9. European Commission. (2019). The European Green Deal. European Commission.
10. Heikkinen, M., & Repo, P. (2018). Understanding and managing radical technological innovations and the “tipping point” of change: Exploring solutions for achieving sustainable development in Horizon 2020. *Journal of Cleaner Production*, 197, 1047-1056.

11. Ekins, P., & Salmons, R. (2003). The role of monetary policy in sustainable development: a case study from Scotland. *Scottish Journal of Political Economy*, 50(4), 492-514.
12. Литвиненко, І.М., Поляков, С.В., Васильченко, В.П., (2015). Сталий розвиток: методологія і практика. Навчальний посібник. 2 вид., 448 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://library.sumdu.edu.ua/books/2015/lytvynenko_stalyj_rozvytok.pdf
13. Чепурний, В.М., Бойко, М.Ф., Бондаренко, Т.В. (2017). Екологічна освіта та сталий розвиток. Науково-методичний посібник для вчителів. 232 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1L7O72x_L6Lz2VJ2rKZ8r3L5TWmRMNTKl/view
14. Програма дій «Порядок денний на ХХІ століття». Ухвалена Конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992 р.): пер. з англ. – К.: Інтелсфера, 2001. – 370 с.
15. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
16. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>
17. Закон України «Про відходи». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187-98-%D0%B2%D1%80#Text>
18. Закон України «Про національну безпеку України». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19>