МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Литвиненко Вячеслав Юрійович

УДК 631.171:636.084.7

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Комплексна механізація виробничого процесу відгодівельної ферми з детальною розробкою лінії роздачі кормів

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Литвиненко В.Ю.

Керівник роботи
Міненко С.В.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Литвиненко Вячеслав Юрійович. Комплексна механізація виробничого процесу відгодівельної ферми з детальною розробкою лінії роздачі кормів. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання комплексної механізації виробничого процесу малої відгодівельної ферми з детальною розробкою лінії роздачі кормів. Обґрунтовано актуальність удосконалення технологічних операцій, пов'язаних із приготуванням, транспортуванням і рівномірним видаванням кормів тваринам. Проаналізовано особливості функціонування малих відгодівельних ферм та визначено основні напрями підвищення ефективності їх роботи. Розроблено технологічну схему механізованої лінії роздачі кормів, яка забезпечує зменшення трудомісткості виробничого процесу та підвищення якості годівлі. Особливу увагу приділено удосконаленню змішувача-дозатора премісів, що є важливою складовою лінії приготування кормових сумішей. Проведено інженерні розрахунки основних вузлів обладнання, зокрема місткості змішувача, привідного механізму, вала, підшипників і шпонкового з'єднання. Розроблено заходи з охорони праці під час експлуатації машин та обладнання кормороздавальної лінії. Виконано техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень, яке підтверджує доцільність упровадження запропонованої механізованої лінії у виробничих умовах малої відгодівельної ферми.

Ключові слова: мала відгодівельна ферма, комплексна механізація, лінія роздачі кормів, кормова суміш, премікси, змішувач-дозатор.

ANNOTATION

Vyacheslav Yuriyovych Litvinenko. Comprehensive mechanisation of the production process at a fattening farm, including a detailed design of the feed distribution line. *– Qualification work on the rights of the manuscript*.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis examines the comprehensive mechanisation of the production process at a small fattening farm, including a detailed design of a feed distribution line. It justifies the need to improve the technological operations involved in the preparation, transport and uniform distribution of feed to animals. The specific features of small fattening farms' operations are analysed, and the main directions for improving their efficiency are identified. A technological diagram of a mechanised feed distribution line has been developed, which reduces the labour intensity of the production process and improves the quality of feeding. Particular attention has been paid to improving the premix mixer-dispenser, which is a key component of the feed mixture preparation line. Engineering calculations have been carried out for the main equipment components, specifically the mixer capacity, drive mechanism, shaft, bearings and keyed joint. Occupational health and safety measures have been developed for the operation of the machinery and equipment of the feed distribution line. A technical and economic justification of the design solutions has been carried out, confirming the feasibility of implementing the proposed mechanised line in the production conditions of a small fattening farm.

Keywords: small fattening farm, comprehensive mechanisation, feed distribution line, feed mixture, premixes, mixer-dispenser.

ЗМІСТ

ВСТУП……..…8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ МАЛОЇ ВІДГОДІВЕЛЬНОЇ ФЕРМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМУ МЕХАНІЗАЦІЇ……...……..11
1.1. Стан і перспективи розвитку малих відгодівельних ферм в Україні..……..11
1.2. Загальна характеристика виробничого процесу на відгодівельній фермі……...……13
1.3. Технологічні вимоги до утримання та годівлі тварин на відгодівлі…….14
1.4. Аналіз існуючих способів приготування і роздавання кормів……...……17
1.5. Характеристика машин та обладнання для механізації роздавання кормів……..…18
1.6. Обґрунтування необхідності комплексної механізації виробничого процесу малої ферми……....…..21
1.7. Вибір напряму удосконалення лінії роздачі кормів……...…….…22
1.8. Мета, завдання та об’єкт дослідження кваліфікаційної роботи……...…..…24
Висновки по розділу……..25
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ МАЛОЇ ВІДГОДІВЕЛЬНОЇ ФЕРМИ…...…….…26
2.1. Вихідні дані для проєктування малої відгодівельної ферми……...…..26
2.2. Розрахунок поголів’я, структури стада та потреби у кормах……..…….27
2.3. Визначення добової та разової потреби в кормах……..…..…29
2.4. Розробка технологічної схеми приготування і роздавання кормів……...…30
2.5. Обґрунтування вибору машин для механізованої лінії роздачі кормів……31
2.6. Розрахунок продуктивності машин і обладнання кормороздавальної лінії……..…33
2.7. Визначення потреби в енергії та трудових ресурсах……...….34
2.8. Побудова графіка роботи технологічної лінії……..…36

2.9. Розробка загальної схеми комплексної механізації ферми……..…..37
Висновки по розділу…….….39
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ЗМІШУВАЧА-ДОЗАТОРА ПРЕМІКСІВ...…41
3.1 Обґрунтування потреби у дозуванні та змішуванні кормових компонентів у господарстві……...……41
3.2 Аналіз конструкцій змішувачів комбікормів, преміксів і кормових сумішей……...43
3.3 Опис запропонованого змішувача-дозатора преміксів……...….47
3.4 Розрахунок основних параметрів змішувача……...…….48
Висновки по розділу…….….58
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ……..59
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на відгодівельній фермі…….……..60
4.2. Вимоги безпеки під час експлуатації машин для приготування і роздавання кормів……..62
4.3. Заходи безпеки під час роботи зі змішувачем-дозатором преміксів…….…64
4.4. Електробезпека під час експлуатації технологічної лінії……...…..66
4.5. Вимоги виробничої санітарії та гігієни праці……....…67
4.6. Пожежна безпека у приміщеннях ферми та кормоцеху……...…..69
4.7. Засоби індивідуального захисту працівників…….……71
4.8. Заходи безпеки в аварійних та надзвичайних ситуаціях……72
Висновок до розділу 4……..……...…..74
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ……..76
5.1. Вихідні дані для економічного розрахунку…….…...…77
5.2. Визначення капітальних вкладень на впровадження проєктних рішень…..78
5.3. Розрахунок експлуатаційних витрат технологічної лінії……...80
5.4. Розрахунок витрат на оплату праці та енергоносії……...…...…82
5.5. Визначення економії трудових і матеріальних ресурсів……..……..83
5.6. Розрахунок річного економічного ефекту……...……85

5.7. Визначення строку окупності проєктних рішень……...…….86
5.8. Узагальнення техніко-економічних показників проєкту……87
Висновки по розділу…….….89
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...…90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...…….…….93

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасний розвиток тваринництва потребує постійного вдосконалення технологічних процесів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, зниження виробничих витрат і забезпечення стабільної якості продукції. Особливе значення це має для малих відгодівельних ферм, де обмежені трудові, енергетичні та фінансові ресурси вимагають раціонального підбору машин і обладнання. За таких умов комплексна механізація виробничих процесів є одним із найважливіших напрямів підвищення ефективності роботи господарства.

Одним із найбільш трудомістких процесів на відгодівельній фермі є приготування, транспортування та роздавання кормів. Від своєчасності й рівномірності роздачі кормових сумішей значною мірою залежить інтенсивність росту тварин, використання кормів, рівень продуктивності та загальна економічна ефективність виробництва. Недостатній рівень механізації цих операцій призводить до значних витрат ручної праці, нерівномірного розподілу кормів між тваринами, збільшення втрат кормових матеріалів і погіршення організації виробничого процесу.

У малих господарствах проблема механізації роздавання кормів має свої особливості. Використання потужних високопродуктивних машин не завжди є доцільним через їх значну вартість, великі габарити, підвищену енергоємність і складність обслуговування. Тому для таких ферм важливо застосовувати технічні засоби, які мають просту конструкцію, забезпечують надійну роботу, потребують мінімальних експлуатаційних витрат і можуть бути пристосовані до конкретних умов виробництва.

Особливу роль у технології годівлі тварин відіграє якість підготовки кормової суміші.

Під час відгодівлі необхідно забезпечити не лише потрібну кількість корму, а й рівномірне введення до його складу premіксів, мінеральних добавок та інших біологічно активних компонентів. Нерівномірне змішування таких

речовин знижує ефективність годівлі, може погіршувати засвоюваність поживних речовин і призводити до перевитрати дорогих кормових добавок. Саме тому у складі механізованої лінії роздачі кормів важливим елементом є змішувально-дозувальне обладнання.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності обґрунтування і розробки технічних рішень, які забезпечують комплексну механізацію виробничого процесу малої відгодівельної ферми, підвищують ефективність приготування та роздавання кормів, зменшують трудомісткість робіт і покращують умови праці обслуговуючого персоналу. Вирішення цього завдання дає змогу підвищити технологічну надійність виробництва, зменшити втрати кормів і створити передумови для стабільного отримання продукції тваринництва.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності виробничого процесу малої відгодівельної ферми шляхом комплексної механізації основних технологічних операцій та детальної розробки лінії роздачі кормів з удосконаленням обладнання для змішування і дозування кормових добавок.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– проаналізувати особливості функціонування малих відгодівельних ферм і визначити основні напрями їх механізації;

– розглянути технологічні вимоги до годівлі тварин на відгодівлі;

– проаналізувати існуючі способи приготування, транспортування та роздавання кормів;

– обґрунтувати склад машин і обладнання для механізованої лінії роздачі кормів;

– розробити технологічну схему виробничого процесу малої відгодівельної ферми;

виконати розрахунок основних параметрів лінії приготування та роздавання кормів;

– удосконалити конструкцію змішувача-дозатора premіксів як складової частини кормороздавальної лінії;

– виконати інженерні розрахунки основних вузлів запропонованої конструкції;

– розробити заходи з охорони праці під час експлуатації обладнання ферми;

– виконати техніко-економічне обґрунтування прийнятих проєктних рішень.

Об’єкт дослідження – виробничий процес відгодівельної ферми, зокрема технологічні операції приготування, транспортування та роздачі кормів тваринам.

Предметом дослідження є технологічні, конструктивні та експлуатаційні параметри лінії роздачі кормів, а також технічні засоби комплексної механізації, що забезпечують підвищення продуктивності, рівномірності роздавання кормів і зниження трудомісткості виробничого процесу на відгодівельній фермі.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Грудовий Р.С., Король Д.Р., Литвиненко В.Ю., Семчук Д.Л. Перспективні напрями механізації тваринництва в Україні. Матеріали VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/hrudovyj_26.pdf (дата звернення: 11.06.2020).

2. Міненко С.В., Литвиненко В.Ю., Кравчук М.Р. Роботизація процесу роздавання кормів на відгодівельній фермі як напрям підвищення ефективності виробництва. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 155-157.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих технічних і технологічних рішень для підвищення ефективності виробничого процесу на відгодівельній фермі. Результати роботи

можуть бути застосовані під час удосконалення лінії роздачі кормів, вибору раціонального складу машин і обладнання, а також організації механізованого процесу годівлі тварин.

Запропоновані рішення спрямовані на зменшення витрат ручної праці, скорочення тривалості виконання технологічних операцій, підвищення рівномірності роздавання кормів та покращення умов праці обслуговуючого персоналу. Використання удосконаленої лінії роздачі кормів дає змогу забезпечити своєчасне й якісне надходження кормів до тварин, що позитивно впливає на продуктивність відгодівлі та загальну ефективність роботи ферми.

Матеріали роботи можуть бути використані у практичній діяльності сільськогосподарських підприємств, під час проектування або модернізації відгодівельних ферм, а також у навчальному процесі при підготовці фахівців агроінженерного напряму..

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 26 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 95 сторінок комп’ютерного тексту, містить 8 рисунків, 27 таблиць та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ МАЛОЇ ВІДГОДІВЕЛЬНОЇ ФЕРМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМУ МЕХАНІЗАЦІЇ

1.1. Стан і перспективи розвитку малих відгодівельних ферм в Україні

Виробництво продукції тваринництва є однією з базових складових аграрного сектору, оскільки воно забезпечує населення продуктами харчування, а переробну промисловість - сировиною. У структурі тваринницьких підприємств важливе місце займають відгодівельні ферми, на яких формується кінцева жива маса тварин перед реалізацією. Ефективність роботи таких об’єктів значною мірою залежить не лише від генетичного потенціалу поголів’я і якості кормів, а й від рівня організації технологічних процесів. Особливо це стосується малих ферм, де обмежені фінансові ресурси змушують поєднувати прості технічні рішення з високими вимогами до продуктивності праці.

Малі відгодівельні ферми мають низку переваг порівняно з великими промисловими комплексами. Вони потребують менших початкових інвестицій, можуть швидше пристосовуватися до змін ринку, використовують місцеву кормову базу та краще інтегруються в структуру сімейних і фермерських господарств. Такі ферми доцільно розміщувати поблизу джерел грубих, соковитих і концентрованих кормів, що знижує транспортні витрати та втрати поживних речовин під час зберігання. Водночас невеликі масштаби виробництва не зменшують потреби у дотриманні технологічної дисципліни, адже відхилення у годівлі, напуванні або мікрокліматі швидко позначаються на приростах живої маси.

У сучасних умовах розвиток малих відгодівельних ферм стримується високою трудомісткістю щоденних операцій. Найбільшу частку витрат праці зазвичай становлять заготівля і підготовка кормів, транспортування кормових компонентів, їх змішування та роздавання тваринам. За ручного або частково механізованого виконання цих робіт продуктивність праці залишається

низькою, а якість розподілу кормів між групами тварин є нестабільною. Крім того, ручні операції у кормоцехах та тваринницьких приміщеннях супроводжуються підвищеним запиленням, фізичним навантаженням на працівників і ризиком травмування.

Перспективним напрямом розвитку малих відгодівельних ферм є комплексна механізація, тобто взаємопов’язане застосування машин, механізмів і допоміжного обладнання на всіх основних ділянках виробництва. На відміну від окремої заміни ручної праці однією машиною, комплексна механізація передбачає узгодження продуктивності всіх ланок технологічної лінії. Якщо, наприклад, обладнання для подрібнення кормів працює швидше, ніж засоби дозування або роздавання, виникають простої, перевантаження і додаткові втрати. Тому механізацію слід розглядати як систему, у якій кожна машина виконує чітко визначену функцію і відповідає загальному ритму ферми.

Для малої відгодівельної ферми особливо важливим є вибір такого обладнання, яке має помірну вартість, невелику енергоємність, просту конструкцію та доступне технічне обслуговування. Надмірно складні машини, розраховані на великі комплекси, часто не забезпечують очікуваного економічного ефекту в умовах невеликого поголів’я. Натомість раціональне поєднання простих транспортерів, дозаторів, змішувачів і кормороздавачів дозволяє суттєво зменшити трудомісткість робіт та підвищити стабільність годівлі. Отже, обґрунтування механізованої лінії роздачі кормів є актуальним завданням для кваліфікаційної роботи за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

1.2. Загальна характеристика виробничого процесу на відгодівельній фермі

Виробничий процес на відгодівельній фермі являє собою сукупність технологічних операцій, спрямованих на забезпечення нормальних умов утримання тварин, отримання запланованих приростів живої маси та підготовку поголів’я до реалізації. До основних процесів належать приймання і

розміщення тварин, годівля, напування, видалення гною, підтримання належного мікроклімату, ветеринарно-профілактичні заходи, облік продуктивності та транспортування кормів і матеріалів. Центральне місце серед цих операцій займає годівля, оскільки вона безпосередньо визначає рівень продуктивності, стан здоров’я тварин і собівартість приросту.

На малій відгодівельній фермі технологічний процес повинен бути організований так, щоб забезпечити регулярність виконання щоденних операцій без надмірного залучення ручної праці. Зазвичай основний добовий цикл включає ранковий огляд поголів’я, підготовку кормових компонентів, приготування кормосуміші, роздавання кормів, перевірку системи напування, очищення проходів та контроль стану годівниць. У другій половині дня операції повторюються з урахуванням обраного режиму годівлі. Якщо роздавання кормів виконується несвоєчасно або нерівномірно, між тваринами посилюється конкуренція за корм, що негативно впливає на прирости.

Організація виробничого процесу залежить від способу утримання тварин. У відгодівельних господарствах можуть застосовуватися прив’язна, безприв’язна або групова система утримання. Для малих ферм найбільш поширеним є групове утримання у станках або секціях, оскільки воно спрощує механізоване роздавання кормів і видалення гною. При цьому тварин групують за віком, живою масою та фізіологічним станом. Такий підхід дає змогу точніше нормувати раціон і зменшити нерівномірність споживання кормів.

Важливим елементом технологічної структури ферми є кормова зона. Вона включає місця зберігання кормів, обладнання для їх підготовки, дозування, змішування, транспортування та роздавання. Для малої ферми кормова зона має бути компактною, але функціонально завершеною. Раціональна компоновка обладнання скорочує довжину транспортних шляхів, зменшує кількість перевантажень і полегшує санітарне обслуговування. Особливу увагу слід приділяти розташуванню кормоцеху відносно тваринницького приміщення, оскільки надмірна відстань підвищує витрати часу та енергії на доставку кормів.

Умовно виробничий процес відгодівельної ферми можна поділити на декілька взаємопов’язаних підсистем: кормозабезпечення, утримання тварин, водопостачання, гноєвидалення, енергозабезпечення та технічне обслуговування обладнання. Кожна підсистема впливає на загальну ефективність виробництва. Проте для теми даної роботи найбільше значення має підсистема кормозабезпечення, адже саме вона визначає потребу в механізації лінії приготування і роздавання кормів. Удосконалення цієї лінії має забезпечити не тільки скорочення витрат праці, а й підвищення якості кормової суміші та точності її подачі тваринам.

1.3. Технологічні вимоги до утримання та годівлі тварин на відгодівлі

Технологія відгодівлі тварин передбачає створення таких умов, за яких кормові ресурси максимально перетворюються у приріст живої маси. Для цього потрібно дотримуватися вимог до складу раціону, режиму годівлі, доступу до води, щільності розміщення поголів’я, мікроклімату та санітарного стану приміщень. Недотримання хоча б одного з цих факторів призводить до зниження продуктивності, погіршення конверсії корму та збільшення собівартості продукції. Тому механізація виробничого процесу має бути підпорядкована технологічним вимогам, а не лише зручності експлуатації обладнання.

Годівля тварин на відгодівлі повинна бути нормованою, збалансованою і стабільною за складом. Раціон формується з урахуванням виду тварин, живої маси, віку, запланованих середньодобових приростів і наявної кормової бази господарства. У складі раціону можуть використовуватися грубі, соковиті, концентровані корми, білково-вітамінно-мінеральні добавки та премікси. Особливе значення має рівномірне внесення добавок, оскільки вони вводяться у невеликих кількостях, але суттєво впливають на поживність і біологічну повноцінність корму. Нерівномірний розподіл преміксів у суміші може спричинити недоотримання поживних речовин одними тваринами і перевищення норми іншими.

Режим годівлі має забезпечувати своєчасну подачу корму в однакові години доби. Для відгодівельних ферм важливо уникати тривалих перерв між роздаванням кормів, оскільки це підвищує збудження тварин і спричиняє нерівномірне поїдання. Кількість роздавань залежить від виду корму, технології утримання та організації праці на фермі. За використання повнораціонних кормових сумішей доцільно забезпечити таку кратність роздавання, яка підтримує доступність корму і водночас не призводить до його псування в годівницях. Механізована лінія повинна працювати в заданому ритмі та мати запас продуктивності для обслуговування всього поголів’я.

До кормів, що подаються тваринам, висуваються вимоги щодо чистоти, вологості, розміру часток і однорідності. Надто великі частки погіршують поїдання і засвоєння, а надмірно подрібнені компоненти можуть спричиняти запиленість та втрати. Змішана кормова маса повинна мати рівномірний розподіл усіх компонентів у межах партії, особливо концентрованих добавок. У цьому аспекті велике значення мають дозувальні та змішувальні пристрої, які забезпечують точність подачі компонентів перед роздаванням. Саме тому у складі механізованої лінії доцільно передбачати вузол для підготовки кормової суміші, адаптований до потреб малої ферми.

Технологічні вимоги до утримання тварин також впливають на вибір засобів роздавання кормів. Ширина кормового проходу, висота годівниць, розміщення секцій, наявність поворотів і ухилів визначають тип кормороздавача або транспортера. Для малих ферм бажано застосовувати обладнання, яке може працювати у відносно вузьких проходах, не потребує складної інфраструктури і легко очищується після використання. Усі механізми, що контактують із кормом, повинні бути безпечними для тварин, не допускати потрапляння сторонніх предметів у годівниці та забезпечувати мінімальні втрати корму.

Санітарно-гігієнічні вимоги передбачають регулярне очищення кормового обладнання, недопущення накопичення залишків корму, захист кормів від зволоження, гризунів і забруднення. У зоні приготування кормів

необхідно передбачити зручний доступ до вузлів очищення, огляду та ремонту. Конструкція лінії повинна зменшувати утворення пилу, особливо під час роботи з концентратами та преміксами. Таким чином, технологічні вимоги до годівлі і утримання тварин формують основу для подальшого вибору машин та обґрунтування напрямів удосконалення лінії роздачі кормів.

Таблиця 1.1 – Основні технологічні операції виробничого процесу малої відгодівельної ферми

Технологічна операція	Мета виконання	Основні засоби механізації	Очікуваний результат
Підготовка кормів	Надання кормам придатного для згодовування стану	Подрібнювачі, дробарки, змішувачі, дозатори	Підвищення поїдання і засвоєння кормів
Дозування компонентів	Забезпечення відповідності раціону нормам годівлі	Вагові або об’ємні дозатори, бункери-живильники	Стабільний склад кормової суміші
Змішування кормів	Рівномірний розподіл компонентів, добавок і преміксів	Горизонтальні, вертикальні, шнекові або вібраційні змішувачі	Підвищення однорідності корму
Роздавання кормів	Доставка корму до годівниць у заданій кількості	Мобільні кормороздавачі, стрічкові, скребкові, шнекові транспортери	Зменшення витрат праці і втрат корму
Напування	Безперервне забезпечення тварин водою	Автонапувалки, водопровідні лінії, фільтри	Підтримання фізіологічних потреб тварин
Видалення гною	Підтримання санітарного стану приміщення	Скребкові транспортери, гнойові канали, навантажувачі	Поліпшення умов утримання і праці

1.4. Аналіз існуючих способів приготування і роздавання кормів

Способи приготування і роздавання кормів на відгодівельних фермах можна поділити на ручні, частково механізовані та комплексно механізовані. Ручний спосіб передбачає завантаження, перенесення, змішування і розподіл корму працівниками за допомогою лопат, тачок або невеликих візків. Його перевагою є простота організації та відсутність потреби у складному обладнанні. Однак такий спосіб є малопродуктивним, фізично важким і не забезпечує належної точності дозування. На сучасній фермі він може застосовуватися лише як допоміжний або резервний варіант.

Частково механізований спосіб передбачає використання окремих машин для найбільш трудомістких операцій. Наприклад, корм може подрібнюватися дробаркою, змішуватися у простому бункері, а до годівниць доставлятися вручну або мобільним візком. Така схема знижує навантаження на працівників, але не усуває розривів між окремими ланками технологічного процесу. Якщо одна операція механізована, а наступна виконується вручну, загальна продуктивність лінії обмежується найповільнішою ділянкою. Крім того, збільшується кількість перевантажень корму, що призводить до втрат і забруднення.

Комплексно механізований спосіб передбачає узгоджену роботу обладнання від моменту надходження кормових компонентів до їх подачі у годівниці. У такій схемі використовують бункери для зберігання компонентів, дозувальні пристрої, змішувачі, транспортери та кормороздавачі. Перевагою комплексної механізації є стабільний ритм роботи, зниження витрат ручної праці, підвищення точності годівлі та можливість оперативного контролю технологічних параметрів. Для малої ферми комплексна механізація не обов’язково має бути надмірно складною; вона повинна бути компактною, економічною та пристосованою до фактичного поголів’я.

За характером переміщення корму засоби роздавання поділяють на мобільні та стаціонарні. Мобільні кормороздавачі переміщуються вздовж кормового проходу і подають корм у годівниці з бункера. Вони є універсальними, можуть обслуговувати декілька приміщень і не потребують складного монтажу всередині корівника або відгодівельника. Проте їх застосування потребує достатньої ширини проходів, рівної підлоги, місця для маневрування і наявності тягового засобу або власного приводу.

Стаціонарні системи роздавання кормів встановлюються безпосередньо у тваринницькому приміщенні. До них належать стрічкові, ланцюгово-скребкові, шнекові та інші транспортери. Їх перевагою є можливість автоматизації подачі корму за часом і кількістю, а також зручність використання в обмежених просторах. Недоліками можуть бути більша складність монтажу, залежність від

планувальних рішень приміщення та необхідність регулярного очищення транспортних органів. На малих фермах стаціонарні лінії доцільні тоді, коли тварини утримуються у постійних секціях, а кормовий фронт має стабільну конфігурацію.

За способом формування кормової суміші виділяють роздільне та сумісне згодовування компонентів. За роздільного способу кожний компонент подається окремо, що спрощує обладнання, але ускладнює контроль фактичного споживання раціону. За сумісного способу компоненти попередньо змішуються у кормосуміш, після чого подаються до годівниць. Саме цей варіант краще відповідає вимогам відгодівлі, оскільки забезпечує рівномірніше споживання поживних речовин. Тому при розробці лінії роздачі кормів доцільно передбачати вузол підготовки однорідної суміші.

1.5. Характеристика машин та обладнання для механізації роздавання кормів

Обладнання для механізації кормороздавальних процесів охоплює широку групу машин, які виконують операції з приймання, зберігання, підготовки, дозування, змішування, транспортування і розподілу кормів. Для малої відгодівельної ферми важливо не просто вибрати окрему машину, а сформувати технологічну лінію з узгодженими параметрами. Продуктивність кожного елемента має відповідати добовій потребі в кормах та прийнятому графіку годівлі. Надмірна продуктивність призводить до невиправданих капітальних витрат, а недостатня - до затримок у роботі і порушення режиму годівлі.

На етапі підготовки кормів можуть застосовуватися подрібнювачі грубих кормів, дробарки зерна, коренерізки, мийні пристрої та допоміжні транспортери. Їхнє завдання полягає в наданні компонентам необхідного фізичного стану. Для концентрованих кормів важливим є забезпечення рівномірного помелу, для грубих кормів - оптимальна довжина часток, а для соковитих - чистота і придатність до змішування. У невеликих господарствах

доцільно використовувати універсальні машини або агрегати з простим переналагодженням, оскільки кількість видів кормів може змінюватися залежно від сезону.

Дозувальне обладнання забезпечує подачу компонентів у заданому співвідношенні. Дозатори можуть бути об’ємними, ваговими або комбінованими. Об’ємні дозатори простіші за конструкцією, однак їх точність залежить від сипкості, вологості та щільності корму. Вагові дозатори точніші, але дорожчі й потребують більш ретельного технічного обслуговування. Для малої ферми доцільно використовувати такі дозувальні пристрої, які забезпечують достатню точність без ускладнення технологічної лінії. Особливо це важливо при введенні премікс та мінеральних добавок, кількість яких у раціоні є невеликою.

Змішувачі кормів застосовують для отримання однорідної кормової маси. Вони можуть бути горизонтальними, вертикальними, барабанними, шнековими, лопатевими або вібраційними. Горизонтальні змішувачі забезпечують високу якість перемішування, але часто мають значну металомісткість і потребують потужнішого приводу. Вертикальні шнекові змішувачі простіші й компактніші, проте не завжди забезпечують достатню рівномірність при введенні малих доз добавок. Вібраційні змішувачі є перспективними для роботи з премісами і сипучими компонентами, оскільки інтенсифікують взаємне переміщення часток і можуть мати меншу енергоємність.

Кормороздавачі та транспортери є кінцевою ланкою лінії, від якої залежить рівномірність подачі корму по фронту годівлі. Мобільні роздавачі з бункером можуть бути причіпними, навісними або самохідними. Вони часто поєднують функції транспортування, перемішування і роздавання. Стаціонарні транспортери використовують у приміщеннях із постійним розташуванням годівниць. Стрічкові транспортери забезпечують м’яке переміщення корму, скребкові краще працюють з вологими сумішами, а шнекові компактні та зручні для подачі сипучих матеріалів на невеликі відстані.

Під час вибору обладнання для малої відгодівельної ферми необхідно враховувати такі показники: продуктивність, енергоємність, габарити, надійність, ремонтопридатність, вартість, безпечність і можливість роботи з кормами різної вологості. Важливим є також забезпечення повного вивантаження корму з бункерів і змішувачів, оскільки залишки можуть псуватися та забруднювати наступні партії. Конструкція робочих органів має запобігати розшаруванню суміші, додатковому подрібненню компонентів і надмірному нагріванню корму. Таким чином, вибір машин для лінії роздачі кормів повинен базуватися на поєднанні технологічних, технічних і економічних критеріїв.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика засобів роздавання кормів

Тип засобу	Сфера застосування	Переваги	Недоліки	Доцільність для малої ферми
Ручне роздавання	Невеликі обсяги, допоміжні роботи	Мінімальні капітальні витрати, простота	Висока трудомісткість, низька точність, значні втрати часу	Можливе лише як резервний спосіб
Мобільний кормороздавач	Ферми з достатніми кормовими проходами	Універсальність, можливість обслуговування кількох приміщень	Потребує місця для руху і тягового засобу	Доцільний за наявності відповідного планування
Стрічковий транспортер	Стаціонарні лінії у приміщеннях	Рівномірна подача, можливість автоматизації	Потребує монтажу і регулярного очищення	Доцільний для стабільного кормового фронту
Скребковий транспортер	Вологі та сипучі кормові суміші	Надійне переміщення корму, проста конструкція	Можливе травмування корму та зношування ланцюга	Може використовуватися у компактних лініях
Шнековий транспортер	Сипучі компоненти, концентрати, премікси	Компактність, герметичність, зручність дозованої подачі	Не завжди придатний для довговолокнистих кормів	Доцільний у вузлах дозування і змішування

1.6. Обґрунтування необхідності комплексної механізації виробничого процесу малої ферми

Необхідність комплексної механізації малої відгодівельної ферми зумовлена високою повторюваністю технологічних операцій і значною часткою ручної праці у структурі виробничих витрат. Годівля, напування, видалення гною та обслуговування приміщень виконуються щоденно, тому навіть незначне скорочення тривалості окремих операцій дає відчутний річний ефект. Найбільші резерви підвищення ефективності зосереджені у кормовій лінії,

оскільки саме вона поєднує велику масу матеріалу, необхідність точного дозування і потребу у своєчасній подачі корму до тварин.

За недостатнього рівня механізації працівники виконують багато однотипних фізичних операцій: завантажують кормові компоненти, переміщують їх до місця змішування, вручну розподіляють корм по годівницях і очищують залишки. Це призводить до швидкого стомлення, зниження якості роботи і збільшення ймовірності помилок. У результаті окремі групи тварин можуть отримувати різну кількість корму, а фактичний склад раціону відхиляється від розрахункового. Комплексна механізація дозволяє зменшити залежність якості годівлі від людського фактора.

Механізація лінії роздачі кормів має також економічне значення. Вона скорочує витрати на оплату ручної праці, зменшує втрати кормів під час транспортування і роздавання, підвищує продуктивність одного працівника та створює умови для обслуговування більшого поголів’я без пропорційного збільшення штату. Крім того, стабільне приготування кормової суміші позитивно впливає на прирости живої маси. Навіть невелике покращення конверсії корму може забезпечити помітний економічний результат, оскільки кормові витрати становлять значну частину собівартості продукції відгодівлі.

Комплексний підхід до механізації передбачає не тільки вибір машин, а й раціональну організацію їх взаємодії. Лінія повинна мати логічну послідовність: приймання кормових компонентів, підготовка, дозування, змішування, транспортування і роздавання. Якщо ці операції виконуються в одній узгодженій системі, зменшується кількість проміжних перевантажень, скорочується час циклу і полегшується контроль за якістю корму. Для малої ферми така система може бути побудована на базі нескладних машин, але з обов’язковим узгодженням їх продуктивності.

Особливу увагу при комплексній механізації слід приділяти безпечності робіт. Кормопідготовче обладнання має рухомі робочі органи, приводи, ремінні передачі, шнеки, транспортери та електрообладнання. За ручного виконання операцій працівники частіше перебувають у небезпечній зоні машин.

Механізація, доповнена огородженнями, блокуваннями, зручними органами керування і регламентованими прийомами роботи, зменшує ризик травмування. Отже, технічні рішення у кормовій лінії повинні одночасно підвищувати продуктивність і забезпечувати належні умови охорони праці.

Комплексна механізація є доцільною також з організаційної точки зору. Вона створює передумови для чіткого планування робочого дня, нормування витрат корму, контролю технічного стану машин і впровадження елементів автоматизації. У перспективі механізована лінія може бути доповнена ваговим контролем, таймерами, датчиками рівня корму або простими системами обліку. Таким чином, удосконалення лінії роздачі кормів є не окремим технічним заходом, а важливою складовою підвищення ефективності всієї малої відгодівельної ферми.

1.7. Вибір напряму удосконалення лінії роздачі кормів

Проведений аналіз показує, що для малої відгодівельної ферми найбільш доцільним є удосконалення саме лінії приготування і роздавання кормів. Ця лінія має забезпечити подачу тваринам кормової суміші у заданій кількості, у встановлений час і з необхідною однорідністю. Вибір напряму удосконалення повинен враховувати обмеженість площі ферми, потребу в невисокій енергоємності, простоту технічного обслуговування та можливість використання наявних у господарстві кормових ресурсів. Тому перевагу слід надавати не дорогим високопродуктивним комплексам, а адаптованій механізованій лінії з раціонально підібраними вузлами.

У складі лінії роздачі кормів доцільно передбачити такі основні елементи: бункери або місткості для тимчасового зберігання компонентів, пристрої для дозування, змішувач кормів або добавок, транспортні засоби для переміщення суміші та механізм рівномірного розподілу корму по годівницях. При цьому окремі елементи можуть виконувати кілька функцій. Наприклад, змішувальний бункер може бути обладнаний дозувальним вивантажувальним пристроєм, а

транспортер може одночасно переміщувати корм і подавати його вздовж кормового фронту. Таке поєднання функцій зменшує габарити та вартість лінії.

Одним із важливих напрямів удосконалення є підвищення якості змішування малих доз кормових добавок і premіксів. У раціонах тварин на відгодівлі премікси застосовуються у незначній кількості, однак їх рівномірний розподіл має істотне значення для повноцінності годівлі. Традиційні змішувачі великої місткості не завжди економічно виправдані для малої ферми, а ручне введення добавок не гарантує однорідності. Тому застосування компактного змішувача-дозатора premіксів у складі кормової лінії є обґрунтованим технічним рішенням.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи передбачено детальну розробку вузла змішування і дозування premіксів. Такий вузол повинен забезпечувати рівномірне розподілення добавок у носії, можливість дозованого вивантаження, простоту очищення та невелику споживану потужність. Його впровадження в лінію роздачі кормів дає змогу підвищити якість підготовки кормової суміші без придбання дорогого промислового змішувального обладнання. Крім того, компактність такого пристрою відповідає умовам малої ферми, де площа кормоцеху та енергетичні можливості часто обмежені.

Раціональний напрям удосконалення лінії роздачі кормів полягає у поєднанні попереднього дозування компонентів, якісного змішування добавок і механізованої подачі готового корму до годівниць. Це дозволяє зменшити кількість ручних операцій, підвищити точність годівлі та скоротити втрати. Під час подальшого проєктування необхідно визначити добову потребу ферми у кормах, розрахувати продуктивність обладнання, підібрати тип транспортерів і встановити раціональний режим роботи лінії. Вибраний напрям є технічно реалістичним, економічно доцільним і відповідає темі кваліфікаційної роботи.

1.8. Мета, завдання та об’єкт дослідження кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності виробничого процесу малої відгодівельної ферми шляхом обґрунтування комплексної

механізації та детальної розробки лінії роздачі кормів з удосконаленням вузла змішування і дозування кормових добавок.

Об’єктом дослідження є виробничий процес малої відгодівельної ферми, зокрема технологічні операції підготовки, транспортування і роздавання кормів тваринам. Предметом дослідження є параметри, режими роботи та конструктивні рішення механізованої лінії роздачі кормів, які впливають на продуктивність, трудомісткість і якість годівлі.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв’язати такі завдання:

– проаналізувати особливості виробничого процесу малої відгодівельної ферми та визначити найбільш трудомісткі операції;

– охарактеризувати технологічні вимоги до утримання і годівлі тварин на відгодівлі;

– розглянути існуючі способи приготування та роздавання кормів і визначити їх переваги та недоліки;

– обґрунтувати доцільність комплексної механізації кормороздавального процесу;

– розробити технологічну схему механізованої лінії роздачі кормів;

– виконати розрахунки основних параметрів обладнання лінії;

– обґрунтувати конструктивне удосконалення змішувача-дозатора premіксів;

– розробити заходи з охорони праці під час експлуатації механізованої лінії;

– визначити техніко-економічну ефективність запропонованих проєктних рішень.

Методичною основою роботи є аналіз технологічних процесів у тваринництві, порівняння існуючих технічних рішень, розрахунок продуктивності машин, визначення параметрів робочих органів і оцінка економічної ефективності впровадження запропонованої лінії. Під час виконання роботи враховуються вимоги спеціальності 208 «Агроінженерія», а також практична спрямованість бакалаврського проєктування, що передбачає

поєднання технологічного, конструктивного, охоронного та економічного розділів.

Очікуваним результатом виконання кваліфікаційної роботи є обґрунтована схема комплексної механізації виробничого процесу малої відгодівельної ферми, яка забезпечує зниження трудомісткості робіт, підвищення якості підготовки кормової суміші та стабільність роздавання кормів. Детальна розробка лінії роздачі кормів має створити технічні передумови для раціонального використання кормів, поліпшення умов праці та підвищення економічної ефективності функціонування ферми.

Висновки по розділу

У першому розділі встановлено, що мала відгодівельна ферма є перспективною організаційною формою виробництва продукції тваринництва, однак її ефективність значною мірою залежить від рівня механізації щоденних технологічних операцій. Найбільш трудомісткою і відповідальною ділянкою є кормозабезпечення, оскільки воно охоплює підготовку компонентів, дозування, змішування, транспортування та роздавання кормів.

Аналіз технологічних вимог показав, що лінія роздачі кормів повинна забезпечувати своєчасну подачу корму, точність дозування, однорідність кормової суміші, мінімальні втрати та безпечні умови праці. Розглянуті способи роздавання кормів свідчать, що ручні та частково механізовані рішення не повною мірою відповідають потребам сучасної ферми. Найбільш доцільним є комплексний підхід, за якого всі операції кормової лінії узгоджені за продуктивністю і технологічною послідовністю.

Подальше проєктування доцільно спрямувати на розробку механізованої лінії роздачі кормів із включенням вузла змішування і дозування преміксів. Такий напрям дозволяє підвищити якість годівлі, зменшити витрати праці, скоротити втрати кормів і створити основу для техніко-економічного обґрунтування запропонованих проєктних рішень.

РОЗДІЛ 2
ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ МАЛОЇ ВІДГОДІВЕЛЬНОЇ ФЕРМИ

2.1. Вихідні дані для проєктування малої відгодівельної ферми

Метою проєктування другого розділу є розроблення раціональної механізованої технології виробничого процесу малої відгодівельної ферми з детальним обґрунтуванням лінії роздачі кормів. У подальших розрахунках прийнято, що ферма спеціалізується на відгодівлі молодняку великої рогатої худоби з безприв'язним утриманням у групових секціях. Така організація утримання є доцільною для невеликого господарства, оскільки вона дає змогу спростити догляд за тваринами, зменшити витрати праці на переміщення кормів і забезпечити зручне використання мобільних або напівстаціонарних засобів механізації.

За основу приймаємо ферму на 100 голів відгодівельного поголів'я. Тварини розміщуються у двох технологічних групах по 50 голів, що дає можливість вирівнювати раціони за живою масою та періодом відгодівлі. Роздавання кормів передбачається здійснювати двічі на добу за допомогою механізованої кормороздавальної лінії. Центральним елементом цієї лінії є засіб підготовки, перемішування та видачі кормової суміші до годівниць, а допоміжною ланкою - обладнання для дозування концентратів і premіксів, що забезпечує точність введення малих компонентів раціону.

Для проєктування прийнято виробничу схему, за якою основні корми зберігаються поблизу тваринницького приміщення або кормового майданчика, концентровані корми та премікси - у сухому приміщенні кормоцеху, а остаточне змішування компонентів виконується безпосередньо перед їх роздаванням.

Такий підхід дає змогу зменшити втрати поживних речовин, уникнути тривалого зберігання готової суміші та підвищити рівномірність надходження корму до кожної технологічної групи.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для проєктування виробничого процесу ферми

Показник	Прийняте значення
Напрям виробництва	Відгодівля молодняку ВРХ
Поголів’я тварин, гол.	100
Кількість технологічних груп	2
Кількість тварин у групі, гол.	50
Спосіб утримання	Безприв’язний у групових секціях
Кратність роздавання кормів	2 рази на добу
Тривалість однієї роздачі кормів, год	0,75
Система роздавання	Механізована, з використанням кормозмішувально-роздавального агрегату
Наявність премікcів у раціоні	Передбачено дозоване введення

Виробничий процес малої ферми доцільно будувати за принципом безперервності виконання основних операцій у межах однієї зміни. Найбільш трудомісткою операцією є годівля, оскільки вона повторюється щоденно, потребує значних витрат часу та безпосередньо впливає на продуктивність тварин. Тому механізація саме лінії роздачі кормів є головним резервом підвищення ефективності ферми.

2.2. Розрахунок поголів’я, структури стада та потреби у кормах

Поголів’я ферми визначає продуктивність лінії приготування і роздавання кормів, розміри фронту годівлі, місткість машин та потребу в робочій силі. Для прийнятої ферми на 100 голів доцільно передбачити рівномірне групування тварин. Це спрощує дозування кормів, дає змогу зменшити нерівномірність споживання та полегшує контроль за станом тварин.

У структурі стада приймаємо дві групи відгодівельного молодняку. Перша група охоплює тварин початкового та середнього періоду відгодівлі, друга - тварин завершального періоду. За потреби в господарстві може застосовуватися й більша кількість груп, однак для малої ферми поділ на дві групи є достатнім з погляду організації виробничого процесу та не ускладнює технологічну схему роздавання кормів.

Добова потреба у кормах розраховується за прийнятим раціоном. У кваліфікаційній роботі приймаємо раціон, що складається з кукурудзяного

силосу, сінажу, подрібненого сіна, подрібненої соломи, концентрованих кормів і мінерально-вітамінного преміксу. Уточнення складу раціону може здійснюватися відповідно до живої маси, віку тварин, фактичної поживності кормів та запланованих приростів.

$$Gд = q \times N, кг, \quad (2.1)$$

де Gд – добова потреба в певному виді корму, кг; q - добова норма видачі корму одній тварині, кг; N – кількість тварин, гол.

Таблиця 2.2 – Розрахунок добової потреби у кормах для ферми на 100 голів

Вид корму	Норма на 1 голову, кг/добу	Потреба на ферму, кг/добу	Об'ємна маса, кг/м³	Орієнтовний об'єм, м³/добу
Кукурудзяний силос	18.0	1800	650	2.77
Сінаж	8.0	800	500	1.60
Сіно подрібнене	2.0	200	120	1.67
Солома подрібнена	1.0	100	90	1.11
Концентровані корми	3.5	350	600	0.58
Мінерально-вітамінний премікс	0.1	10	600	0.02

Загальна добова маса кормів за прийнятим раціоном становить 3260 кг. З урахуванням технологічного запасу на можливі втрати під час транспортування, завантаження, перемішування та роздавання приймаємо коефіцієнт запасу 1,05. Тоді розрахункова добова потреба у кормовій суміші дорівнює:

$$G_{доб.розр} = 3260 \cdot 1{,}05 = 3423 \text{ кг/добу}.$$

Оскільки роздавання кормів виконується двічі на добу, маса суміші, яку необхідно підготувати та роздати за один цикл годівлі, становить:

$$G_{раз} = 3423 / 2 = 1712 \text{ кг}.$$

Орієнтовний добовий об'єм кормових компонентів становить 7.75 м³. З урахуванням коефіцієнта розпушення і неповного використання об'єму змішувальної камери разовий об'єм кормової суміші приймаємо близько 4.26

м³. Це значення є основою для вибору місткості кормозмішувально-роздавального агрегату.

2.3. Визначення добової та разової потреби в кормах

Під час вибору машин для механізованої лінії важливо враховувати не тільки загальну добову потребу в кормах, а й разову потребу за одне роздавання. Саме разова маса суміші визначає місткість змішувача, тривалість завантаження, продуктивність транспортних засобів і тривалість роботи кормороздавального обладнання.

Розрахункова разова потреба кормів на ферму становить близько 1,71 т. Для забезпечення стабільної роботи лінії доцільно приймати місткість змішувально-роздавального агрегату такою, щоб він міг підготувати разову порцію за один технологічний цикл або максимум за два короткі цикли. Для малої ферми найбільш раціональною є машина з корисним об’ємом змішувальної камери 5 м³. За середньої об’ємної маси готової суміші 420...450 кг/м³ така машина здатна прийняти разову порцію кормів без перевантаження приводу та робочих органів.

$$V_{зм} = G_{раз} / \rho_{сум}, \text{ м}^3, \quad (2.2)$$

де $V_{зм}$ – потрібний об’єм камери для разової порції, м³; $G_{раз}$ – маса разової порції кормової суміші, кг; $\rho_{сум}$ – середня об’ємна маса суміші, кг/м³.

$$V_{зм} = 1712 / 430 = 3.98 \text{ м}^3.$$

Отримане значення показує, що для прийнятої ферми придатним є змішувач-роздавач місткістю не менше 4,0 м³. З урахуванням нерівномірності завантаження, потреби у вільному просторі для якісного перемішування та можливого збільшення поголів’я приймаємо місткість 5 м³. Це забезпечує технологічний запас і дає можливість виконувати роздавання без надмірного подрібнення кормів.

Найбільшу частку в суміші становлять соковиті корми, тому робочі органи лінії мають забезпечувати переміщення маси з підвищеною вологістю. Концентровані корми та премікси вносяться у меншій кількості, однак саме

вони потребують найбільш точного дозування. Нерівномірний розподіл цих компонентів може призвести до зниження ефективності годівлі, тому у складі лінії передбачається використання дозувального обладнання і змішувача-дозатора premіксів, детальна конструктивна розробка якого виконується у третьому розділі роботи.

Таблиця 2.3 – Разова потреба в основних компонентах кормової суміші

Вид корму	Маса за одне роздавання, кг	Частка у суміші, %
Кукурудзяний силос	945	55.2
Сінаж	420	24.5
Сіно подрібнене	105	6.1
Солома подрібнена	52	3.1
Концентровані корми	184	10.7
Мінерально-вітамінний premікс	5	0.3

2.4. Розробка технологічної схеми приготування і роздавання кормів

Технологічна схема приготування і роздавання кормів повинна забезпечувати послідовне виконання всіх операцій: підвезення кормів зі сховищ, дозування компонентів, їх подрібнення за потреби, змішування, транспортування готової суміші до кормового проходу та рівномірну видачу в годівниці. Для малої ферми доцільно застосовувати спрощену, але повністю механізовану схему, яка не потребує складного стаціонарного кормоцеху.

Пропонована технологічна схема має такий вигляд: сховище силосу і сінажу -> майданчик підготовки грубих кормів -> бункер концентрованих кормів -> змішувач-дозатор premіксів -> кормозмішувально-роздавальний агрегат -> кормовий проїзд -> годівниці для двох груп тварин. За такої схеми кожний компонент надходить у змішувальну камеру у заданій послідовності, а готова суміш одразу розподіляється між годівницями.

Соковиті корми завантажуються в агрегат фронтальним навантажувачем або малогабаритним тракторним навантажувачем. Подрібнене сіно та солома подаються після основної маси соковитих кормів, що покращує їх розподіл у суміші. Концентровані корми та premікси вводяться після попереднього

перемішування основної маси, що зменшує ризик утворення локальних зон з підвищеною концентрацією добавок.

Для забезпечення стабільної якості кормової суміші послідовність технологічних операцій приймаємо такою:

1) перевірка справності обладнання та очищення робочої зони; 2) завантаження силосу і сінажу; 3) завантаження грубих кормів; 4) подавання концентрованих кормів; 5) дозоване введення преміксів; 6) перемішування кормової маси; 7) транспортування агрегату до кормового проходу; 8) рівномірне вивантаження суміші у годівниці; 9) контроль залишків корму після споживання.

Принципова схема лінії наведена у вигляді технологічного ланцюга:

Сховища кормів -> підготовка компонентів -> дозування -> змішування -> транспортування -> роздавання -> контроль споживання.

Запропонована схема має перевагу для малих господарств, оскільки поєднує операції перемішування, транспортування та роздавання в одному агрегаті. Це зменшує кількість перевалочних операцій, скорочує простої техніки, знижує втрати кормів і спрощує обслуговування обладнання.

2.5. Обґрунтування вибору машин для механізованої лінії роздачі кормів

Вибір машин для лінії роздачі кормів виконується з урахуванням поголів’я, добової потреби у кормах, фізико-механічних властивостей компонентів, ширини кормового проходу, наявного енергетичного засобу та економічних можливостей господарства. Для малої ферми недоцільно застосовувати високопродуктивні стаціонарні комплекси, розраховані на великі тваринницькі підприємства, оскільки вони мають значну вартість і часто працюють з низьким коефіцієнтом завантаження.

Основним агрегатом лінії пропонується прийняти мобільний кормозмішувач-роздавач з об’ємом бункера 5 м³ і вивантажувальним транспортером. Він забезпечує завантаження різних компонентів, їх

перемішування, транспортування та рівномірну видачу вздовж годівниць. Як енергетичний засіб доцільно використовувати трактор класу 0,9...1,4, який уже може бути наявним у господарстві та застосовуватися на інших роботах.

Для підготовки концентрованих кормів і премікcів передбачається використання невеликого дозувального вузла. У його складі можуть бути бункер для концентратів, шнековий або вібраційний дозатор, ваговий контроль і змішувач-дозатор премікcів. Такий вузол дає змогу вводити до раціону мінеральні, вітамінні та білкові добавки безпосередньо перед приготуванням суміші, що підвищує точність годівлі.

Таблиця 2.4 – Склад машин і обладнання механізованої лінії роздачі кормів

Операція	Рекомендоване обладнання	Основне призначення
Завантаження силосу та сінажу	Фронтальний або тракторний навантажувач	Подача соковитих кормів у змішувач
Підготовка грубих кормів	Подрібнювач сіна та соломи	Зменшення довжини часток і покращення змішування
Зберігання концентратів	Бункер або засік для сипких кормів	Оперативний запас концентрованих кормів
Дозування премікcів	Змішувач-дозатор премікcів	Точне введення мікродобавок у суміш
Змішування кормів	Кормозмішувально-роздавальний агрегат 5 м³	Отримання однорідної кормової суміші
Роздавання кормів	Вивантажувальний транспортер агрегату	Рівномірна видача корму в годівниці
Контроль процесу	Ваговий або об’ємний контроль	Дотримання заданої рецептури

У складі лінії доцільно передбачити мінімальну кількість машин, які забезпечують повний цикл роботи. Це підвищує надійність виробничого процесу та спрощує технічне обслуговування. Застосування мобільного змішувача-роздавача також дає можливість обслуговувати не лише основне приміщення, а й додаткові майданчики утримання або карантинні секції.

2.6. Розрахунок продуктивності машин і обладнання кормороздавальної лінії

Продуктивність лінії повинна забезпечувати роздавання разової порції кормів у встановлений технологічний час. Для прийнятої ферми тривалість одного циклу годівлі не повинна перевищувати 0,75 год, оскільки надмірне розтягування процесу призводить до нерівномірного доступу тварин до корму, порушення режиму годівлі та збільшення витрат праці.

$$Q_{потр} = G_{раз} / t_р, \text{ т/год}, \quad (2.3)$$

де $Q_{потр}$ – потрібна продуктивність лінії, т/год; Gраз - разова маса кормової суміші, т; $t_р$ – допустима тривалість роздавання, год.

$$Q_{потр} = 1.71 / 0,75 = 2.28 \text{ т/год}.$$

Для врахування організаційних простоїв, нерівномірності подачі кормів і можливих коливань маси разової порції приймаємо коефіцієнт запасу продуктивності 1,2:

$$Q_{розр} = 2.28 \cdot 1,2 = 2.74 \text{ т/год}.$$

Отже, обладнання лінії має забезпечувати продуктивність не менше 2,74 т/год. Перевіримо можливість виконання цієї умови для прийнятого кормозмішувально-роздавального агрегату. Тривалість одного технологічного циклу приймаємо: завантаження компонентів – 10 хв, змішування - 8 хв, рух до кормового проходу – 4 хв, роздавання – 10 хв, повернення та підготовка до наступної роботи – 3 хв. Загальна тривалість циклу становить 35 хв, або 0,58 год.

$$Q_{експ} = G_{раз} / t_ц, \text{ т/год}, \quad (2.4)$$

$$Q_{експ} = 1.71 / 0.58 = 2.93 \text{ т/год}.$$

Розрахункова експлуатаційна продуктивність становить 2.93 т/год, що перевищує потрібну продуктивність з урахуванням запасу. Отже, прийнятий агрегат може забезпечити своєчасне роздавання кормів для ферми на 100 голів.

Таблиця 2.5 – Баланс часу одного циклу роботи кормороздавальної лінії

Операція	Тривалість, хв	Пояснення
Підготовка агрегату до роботи	2	Огляд, запуск, перевірка вивантажувального механізму
Завантаження соковитих кормів	5	Подача силосу та сінажу
Завантаження грубих і концентрованих кормів	5	Подача сіна, соломи, концентратів і преміксів
Перемішування компонентів	8	Формування однорідної кормової суміші
Під’їзд до кормового проходу	4	Переміщення агрегату до місця роздавання
Роздавання суміші	10	Рівномірне вивантаження вздовж годівниць
Повернення та завершення циклу	1	Огляд залишків, підготовка до зберігання
Разом	35	Тривалість одного повного циклу

Для забезпечення стабільної роботи лінії важливо, щоб продуктивність допоміжного обладнання не була нижчою за продуктивність основного агрегату. Тому подрібнювач грубих кормів, дозатор концентратів і змішувач-дозатор преміксів повинні працювати в режимі попередньої підготовки або паралельно із завантаженням основної маси кормів. Це дає змогу уникнути простою кормозмішувально-роздавального агрегату.

2.7. Визначення потреби в енергії та трудових ресурсах

Потреба в енергії для механізованої лінії залежить від складу обладнання, кількості циклів роботи, тривалості змішування та способу переміщення кормів. На малій фермі основна частина енергетичних витрат припадає на роботу трактора з кормозмішувачем-роздавачем, а електрична енергія використовується для приводу допоміжних механізмів: дозатора преміксів, шнекового транспортера, подрібнювача грубих кормів або невеликого змішувального вузла.

Орієнтовні витрати електроенергії для допоміжного обладнання визначаються за формулою:

$$E = \Sigma(P_i \cdot t_i),\ кВт{\cdot}год, \qquad (2.5)$$

де P_i – встановлена потужність окремого електропривода, кВт; t_i – тривалість його роботи протягом доби, год.

Таблиця 2.6 – Орієнтовна потреба в електроенергії для допоміжного обладнання

Обладнання	Потужність, кВт	Тривалість роботи, год/добу	Витрати енергії, кВт·год/добу
Змішувач-дозатор преміксів	0,55	0,50	0,28
Шнековий транспортер концентратів	0,75	0,35	0,26
Подрібнювач грубих кормів	3,00	0,70	2,10
Допоміжне освітлення та керування	0,30	1,00	0,30
Разом	-	-	2,94

Орієнтовна добова потреба в електроенергії для допоміжних операцій становить близько 3 кВт·год. Витрати палива на роботу тракторного агрегату залежать від марки трактора, режиму роботи і тривалості циклу. Для двох циклів годівлі на добу загальна тривалість роботи трактора становить близько 1,2 год. За питомої витрати палива 3,0...4,0 л/год добова витрата палива становитиме орієнтовно 3,6...4,8 л.

Механізація кормороздавальної лінії істотно зменшує потребу в ручній праці. За ручного або частково механізованого роздавання на підготовку, перенесення і видачу кормів потрібно кілька працівників, особливо під час роботи з об’ємними грубими кормами. Запропонована схема дає змогу виконувати основні операції одним оператором тракторного агрегату та одним допоміжним працівником під час завантаження і контролю дозування.

Таким чином, запропонована механізована технологія дає змогу зменшити трудомісткість годівлі, підвищити точність виконання раціону та забезпечити стабільний режим роботи ферми. Додатковою перевагою є можливість швидкої зміни рецептури кормової суміші для різних технологічних груп.

Таблиця 2.7 – Порівняльна оцінка трудових витрат на годівлю

Показник	Частково ручна технологія	Запропонована механізована технологія
Кількість працівників на операції	3	1-2
Тривалість однієї годівлі, год	1,5-2,0	0,6-0,75
Орієнтовні трудові витрати, люд.-год/добу	6,0-8,0	1,6-2,4
Рівномірність роздавання	Нестабільна	Вища, за рахунок дозованого вивантаження
Точність введення премісів	Низька або середня	Підвищена за рахунок дозатора

2.8. Побудова графіка роботи технологічної лінії

Графік роботи лінії роздачі кормів повинен відповідати біологічним потребам тварин і загальному режиму роботи ферми. Для відгодівельного поголів'я доцільно застосовувати дворазове роздавання кормів: вранці та в другій половині дня. Між годівлями необхідно забезпечити контроль залишків корму, доступ до води та очищення кормового проходу від забруднень.

У запропонованому графіку ранкове роздавання виконується з 6:30 до 7:15, а вечірнє - з 16:30 до 17:15. Підготовчі операції починаються за 20...30 хв до початку роздавання. Такий режим забезпечує рівномірний розподіл добового раціону, зменшує стрес у тварин і полегшує організацію праці персоналу.

Таблиця 2.8 – Орієнтовний добовий графік роботи лінії роздачі кормів

Час	Операція	Виконавець
6:00-6:10	Огляд агрегату, підготовка кормового проходу	Оператор, працівник ферми
6:10-6:25	Завантаження компонентів ранкової порції	Оператор агрегату
6:25-6:33	Перемішування кормової суміші	Оператор агрегату
6:33-6:45	Роздавання кормів першій і другій групам	Оператор агрегату
6:45-7:00	Контроль якості роздавання та залишків	Працівник ферми
12:00-12:20	Огляд годівниць, контроль водопостачання	Працівник ферми

Продовження таблиці 2.1

16:00-16:25	Підготовка і завантаження вечірньої порції	Оператор агрегату
16:25-16:33	Перемішування кормової суміші	Оператор агрегату
16:33-16:45	Вечірнє роздавання кормів	Оператор агрегату
16:45-17:10	Очищення робочої зони, завершальний огляд	Працівник ферми

Графік може коригуватися залежно від сезону, фактичного режиму роботи господарства, наявності персоналу та технічного стану обладнання. У зимовий період слід передбачати додатковий час на підготовку техніки до запуску, очищення проїздів від снігу та контроль стану кормів. У літній період особливу увагу потрібно приділяти недопущенню тривалого перебування готової суміші у змішувачі, оскільки це може погіршувати її якість.

2.9. Розробка загальної схеми комплексної механізації ферми

Комплексна механізація малої відгодівельної ферми передбачає узгоджене використання машин і обладнання для виконання основних виробничих операцій: годівлі, напування, прибирання гною, створення належного мікроклімату, транспортування кормів і обслуговування тварин. Найбільший вплив на щоденні витрати праці має лінія приготування та роздавання кормів, тому її проєктування є центральною частиною механізованої технології.

Загальна схема комплексної механізації ферми включає такі функціональні блоки: блок зберігання кормів, блок підготовки кормів, блок дозування мікродобавок, блок змішування, блок роздавання, блок контролю споживання, блок водопостачання і блок видалення гною. Усі блоки повинні бути технологічно пов’язаними, щоб забезпечити ритмічну роботу ферми протягом доби.

Таблиця 2.9 – Загальна схема комплексної механізації малої відгодівельної ферми

Виробнича операція	Засіб механізації	Очікуваний результат	
Приймання і зберігання соковитих кормів	Силосна траншея, майданчик для сінажу	Зменшення втрат і забезпечення запасу кормів	
Зберігання грубих кормів	Навіс або склад сіна і соломи	Захист кормів від зволоження	
Подрібнення грубих кормів	Подрібнювач сіна і соломи	Поліпшення змішування і поїдання корму	
Дозування концентратів і премікслів	Бункер, шнековий дозатор, змішувач-дозатор	Точне введення малих компонентів	
Змішування та роздавання	Мобільний кормозмішувач-роздавач	Одержання однорідної суміші та її рівномірна видача	
Напування тварин	Автонапувалки або групові поїлки	Постійний доступ тварин до води	
Прибирання гною	Скреперна установка або тракторний скрепер	Зменшення ручної праці та покращення санітарного стану	
Контроль технологічного процесу	Журнал обліку, ваговий контроль, огляд залишків	Дотримання режиму годівлі та планових показників	

Для забезпечення одночасного доступу тварин до корму визначимо потрібний фронт годівлі. За прийнятої норми 0,55 м на одну голову та двостороннього розміщення тварин уздовж центрального кормового проходу довжина годівниці з одного боку становитиме:

$$L_г = N \cdot f / z = 100 \cdot 0{,}55 / 2 = 27.5 \text{ м}, \quad (2.6)$$

де $L_г$ – потрібна довжина фронту годівлі з одного боку, м; f – норма фронту годівлі на одну голову, м; z – кількість сторін годівлі. Приймаємо довжину годівниці з одного боку 28 м. Центральний кормовий проїзд слід виконати шириною не менше 3,0 м, щоб забезпечити безпечний рух кормороздавального агрегату та достатній простір для маневрування.

Розміщення обладнання кормороздавальної лінії повинно забезпечувати найкоротший шлях переміщення кормів від місця зберігання до зони годівлі. Сховища силосу і сінажу доцільно розташовувати з боку в’їзду до кормового проходу, а приміщення для концентратів і премікслів - поблизу майданчика

завантаження. Це зменшує тривалість циклу та запобігає зайвому переміщенню техніки територією ферми.

У результаті проєктування встановлено, що для малої відгодівельної ферми на 100 голів доцільно застосувати механізовану технологію годівлі на базі мобільного кормозмішувально-роздавального агрегату місткістю 5 м³, допоміжного обладнання для підготовки грубих кормів і дозування концентратів та премікcів. Запропонована технологія забезпечує приготування разової порції кормової суміші масою близько 1,71 т і її роздавання протягом нормативного часу. Вона є придатною для умов невеликого господарства, оскільки поєднує простоту обслуговування, достатню продуктивність і можливість подальшого удосконалення за рахунок модернізації вузлів дозування та змішування.

Висновки по розділу

У другому розділі розроблено механізовану технологію виробничого процесу малої відгодівельної ферми з детальним обґрунтуванням лінії роздачі кормів. Для розрахунків прийнято ферму на 100 голів відгодівельного молодняку ВРХ із дворазовим роздаванням кормів. Визначено добову потребу у кормовій суміші, яка з урахуванням технологічного запасу становить близько 3423 кг, а разова порція - близько 1712 кг.

Обґрунтовано доцільність використання мобільного кормозмішувально-роздавального агрегату місткістю 5 м³, який забезпечує підготовку та видачу разової порції за один технологічний цикл. Розрахункова експлуатаційна продуктивність лінії становить близько 2,94 т/год, що відповідає потребам прийнятої ферми. Запропоновано склад машин і обладнання, визначено потребу в енергії, трудових ресурсах, складено добовий графік роботи лінії та розроблено загальну схему комплексної механізації ферми.

Подальша деталізація проєкту пов’язана з удосконаленням обладнання для точного дозування і змішування премікcів у складі кормової лінії, що

забезпечить підвищення рівномірності кормової суміші та покращення технологічної надійності процесу годівлі.

РОЗДІЛ 3
УДОСКОНАЛЕННЯ ЗМІШУВАЧА-ДОЗАТОРА ПРЕМІКСІВ

3.1 Обґрунтування потреби у дозуванні та змішуванні кормових компонентів у господарстві

Підготовка кормових сумішей із введенням премікси може здійснюватися як на спеціалізованих комбікормових підприємствах, так і безпосередньо на базі тваринницького господарства. Для невеликих і середніх виробництв другий варіант часто є раціональнішим, оскільки дозволяє оперативно готувати потрібну кількість корму з урахуванням фактичної потреби поголів'я, наявної сировини та рецептури раціону.

Премікси вводяться у корм у дуже малих кількостях, тому головною технологічною вимогою є рівномірний розподіл мікродобавок у загальній масі. Якщо компонент, який має високу біологічну активність, буде розподілений нерівномірно, окремі тварини отримають недостатню кількість корисних речовин, а інші – надлишкову. Це може негативно позначитися на продуктивності, споживанні корму та стабільності технологічного процесу.

Організація приготування таких сумішей у межах господарства має низку практичних переваг. Насамперед забезпечується можливість попереднього розбавлення концентрованих мікродобавок до такої концентрації, за якої вони швидше та повніше розподіляються в основному кормі. Крім того, одночасне внесення кількох біологічно активних речовин зменшує трудомісткість операцій і спрощує контроль за рецептурою.

Завершальною операцією приготування кормової суміші є змішування. Саме на цьому етапі окремі компоненти повинні перейти в однорідну систему, у якій кожна порція готового корму матиме однаковий склад. Для виконання цієї операції застосовують змішувачі періодичної або безперервної дії. Вибір типу машини залежить від продуктивності, обсягу партії, фізико-механічних властивостей сировини та рівня механізації господарства.

До змішувачів-дозаторів, що працюють з premіксами та іншими мікрокомпонентами, висуваються підвищені вимоги. Машина повинна забезпечувати високу гомогенність навіть за дуже малого співвідношення добавки до основної маси корму, а також стабільно працювати з матеріалами різної крупності, щільності та сипкості. Важливо, щоб процес змішування тривав недовго, не супроводжувався надмірним нагріванням, не призводив до подрібнення частинок і завершувався повним розвантаженням робочої камери.

– одержання рівномірної суміші при внесенні мікродобавок у надзвичайно малих дозах;

– якісне перемішування компонентів із різним гранулометричним складом;

– короткий цикл роботи без зниження ступеня однорідності;

– повне спорожнення робочого об’єму після завершення операції;

– можливість введення рідких компонентів або вологих добавок за потреби;

– мінімальне нагрівання та відсутність небажаного ущільнення матеріалу;

– невисока енергоємність і простота технічного обслуговування.

Змішувач-дозатор premіксів, що наявний у господарстві, не повністю відповідає зазначеним вимогам. Його застосування обмежується недостатньою якістю перемішування, складністю точного дозування та невідповідністю сучасним вимогам до енергоощадності. Тому виникла потреба у технічному вдосконаленні конструкції та обґрунтуванні параметрів модернізованого робочого органа.

3.2 Аналіз конструкцій змішувачів комбікормів, premіксів і кормових сумішей

Під час вибору напряму модернізації доцільно розглянути промислові зразки обладнання, які використовуються для приготування комбікормів, білково-вітамінно-мінеральних добавок, premіксів і сухих кормових сумішей. Аналіз таких машин дає змогу визначити їхні сильні сторони, виявити

конструктивні обмеження та сформувати вимоги до запропонованого технічного рішення.

Горизонтальний порційний змішувач Р6-СГП-700 призначений для перемішування компонентів комбікормів, премісів та інших кормових сумішей. Машина може працювати з матеріалами, що відрізняються об’ємною масою, структурою і розміром частинок. Робочий процес відбувається у камері горизонтального типу, у якій роторні органи забезпечують інтенсивне взаємне переміщення шарів матеріалу.



Рис. 3.1. Горизонтальний порційний змішувач Р6-СГП-700.

За паспортними даними продуктивність змішувача становить близько 4,0 т/год, місткість робочої камери – 0,385 т, тривалість власне змішування – приблизно 2 хв, а повний цикл становить до 5,5 хв. Рівень однорідності суміші досягає 0,95–0,98, що є достатньо високим показником для більшості комбікормових операцій. Потужність привода роторів може становити 7,5 або 11 кВт, живлення електрообладнання здійснюється від мережі 380 В. Габарити машини досить значні: довжина 3056 мм, ширина 1682 мм, висота 4252 мм, маса – близько 1800 кг.

Перевагою такого обладнання є висока продуктивність і швидке формування однорідної суміші. Водночас для умов окремого господарства воно

не завжди є оптимальним через велику масу, значну висоту встановлення, потребу у відповідній виробничій площі та відносно високу вартість придбання й монтажу.

Шнекові змішувачі ССК серії «Доза» застосовують для одержання однорідної суміші з подрібнених зернових компонентів, добавок і премікcів. Таке обладнання дає змогу готувати адресні багатокомпонентні комбікорми для різних груп сільськогосподарських тварин і птиці. У рецептурі може використовуватися до восьми зернових компонентів, що розширює технологічні можливості господарства.

До позитивних ознак змішувачів цієї серії належать достатня швидкість перемішування, відносно висока рівномірність готового продукту, наявність шнека для примусового завантаження добавок у моделях ССК-3,7Ш і ССК-5Ш, а також можливість використання системи аспірації. Частина моделей може встановлюватися на платформні ваги, що полегшує дозування компонентів за масою.



Рис. 3.2. Шнековий змішувач ССК

Таблиця 3.1 – Основні технічні показники змішувачів ССК

Показник	ССК-2,3	ССК-3,7Ш	ССК-5Ш
Місткість	2,3 м³	3,7 м³	5 м³
Потужність привода	2,2 кВт	3,37 кВт	5,87 кВт
Час змішування після завантаження останнього компонента	15 хв	15 хв	15 хв
Однорідність суміші	85–95 %	85–95 %	85–95 %
Частота обертання шнека	320 об/хв	320 об/хв	320 об/хв
Діаметр	147 см	165 см	180 см
Висота без аспірації	250 см	290 см	300 см
Висота з аспірацією	410 см	430 см	440 см
Маса	280 кг	455 кг	510 кг
Обслуговуючий персонал	1 особа	1 особа	1 особа

Наведені параметри свідчать, що змішувачі ССК можуть успішно використовуватися для приготування комбікормів безпосередньо в господарстві. Однак для невеликої установки, орієнтованої насамперед на роботу з premіксами, їх місткість і габарити можуть бути надмірними. Крім того, вертикальна компоновка потребує достатньої висоти приміщення та зручної організації завантаження.

Горизонтальні змішувачі СГ призначені для перемішування компонентів комбікормів, а також для приготування білково-вітамінно-мінеральних добавок із білкової основи та premіксів. Вони можуть працювати із сипучими, порошкоподібними, гранульованими, грудкуватими, сухими, вологими, в’язкими та рідкими компонентами корму. Допустимий розмір частинок може досягати 50 мм, а щільність матеріалу перебуває в межах 0,15–0,8 т/м³.



Рис. 3.3. Горизонтальний шнековий змішувач СГ [3].

Перевагою таких машин є те, що під час роботи суміш не розшаровується за фракціями, а компоненти не зазнають зайвого нагрівання та подрібнення. Це важливо для збереження якості кормової маси і стабільності фізичних властивостей готового продукту. Разом із тим вартість промислових горизонтальних змішувачів, а також витрати на їх встановлення та обслуговування є доволі значними. Тому для конкретного господарства економічно доцільнішим є вдосконалення наявного обладнання або створення компактної установки з простішою конструкцією [3].

Порівняння розглянутих машин показує, що промислові зразки забезпечують прийнятні технологічні результати, проте не завжди відповідають умовам малих виробничих підрозділів. Для господарства важливими є не лише продуктивність і якість суміші, а й доступність виготовлення, ремонтопридатність, невелика маса, простота обслуговування та можливість використання стандартних вузлів [3].

3.3 Опис запропонованого змішувача-дозатора premіксів

Після аналізу наявних конструкцій обрано напрям удосконалення, пов’язаний із використанням вібраційної дії на матеріал. Такий спосіб дає змогу підвищити інтенсивність перемішування без застосування масивних робочих органів. Особливо доцільним він є для невеликих партій premіксів, де вирішальне значення має не стільки висока продуктивність, скільки рівномірність розподілу мікрокомпонентів і точність дозування.

Запропонований змішувач-дозатор має циліндричну камеру з нижньою конічною частиною, у якій розміщується рухома мембрана. Під час роботи мембрана здійснює зворотно-поступальні переміщення. Через це у шарі сипкого матеріалу виникають коливання та змінні повітряні потоки, що сприяють переміщенню частинок у різних напрямах. Унаслідок цього утворюється стан, близький до віброкиплячого шару, де частинки активно циркулюють і швидко перемішуються.

Конструкція включає завантажувальну ємність 1, раму 2, рухому мембрану 3, електродвигун 4, ексцентриковий привід 5 і розвантажувальний патрубок 6. Компоненти суміші подаються у робочу камеру через верхню частину. Електродвигун через ексцентриковий механізм створює періодичні імпульси, які передаються мембрані. Після завершення перемішування готовий матеріал виводиться через патрубок у нижній частині установки.

Застосування такої схеми дозволяє зменшити габарити машини, спростити її обслуговування та забезпечити достатньо інтенсивний вплив на матеріал. Вібраційний принцип роботи зменшує ризик застійних зон у камері, сприяє кращому розподілу добавок і створює передумови для точнішого дозування готової суміші. Додатковою перевагою є можливість виготовлення окремих елементів із доступних матеріалів та використання стандартних деталей привода.

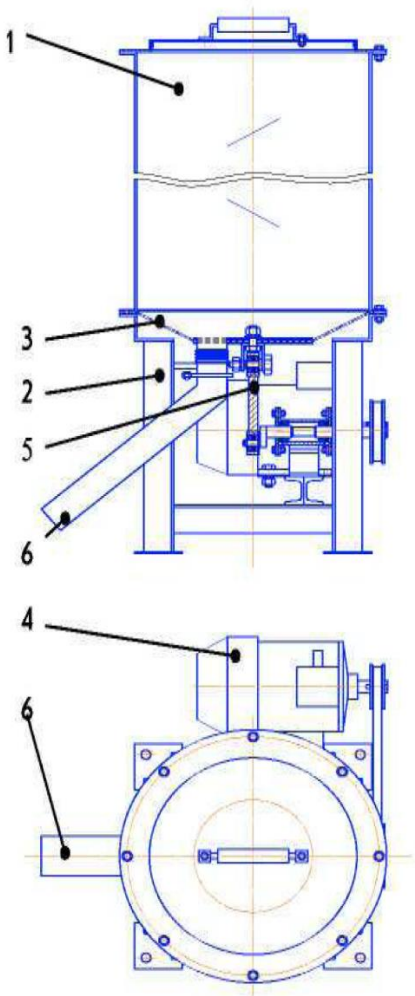


Рис. 3.4. Схема вібраційного змішувача-дозатора.

3.4 Розрахунок основних параметрів змішувача

3.4.1 Визначення місткості робочої камери

Робочу камеру змішувача прийнято циліндричною з конічною нижньою частиною. Така форма спрощує завантаження, забезпечує достатній корисний об’єм і полегшує розвантаження готового продукту. Вихідні геометричні розміри: діаметр циліндричної частини D = 0,4 м; діаметр нижнього отвору d = 0,2 м; висота циліндричної частини H = 0,5 м; висота конічної частини H_1 = 0,05 м.

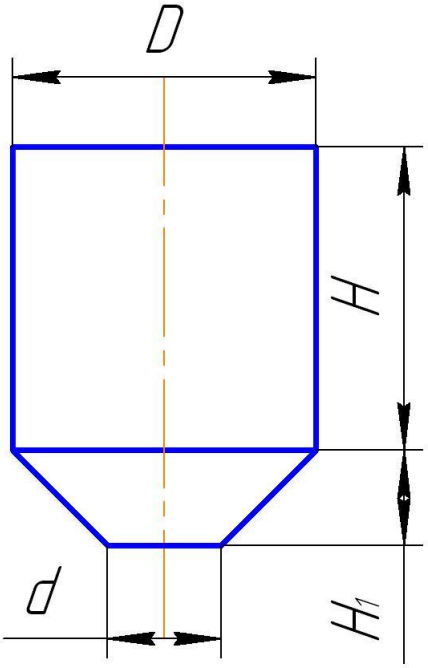


Рис. 3.5. Розрахункова схема для визначення місткості змішувача

Повний об’єм робочої камери визначається як сума об’єму циліндричної частини та об’єму нижнього усіченого конуса:

$$V = V_ц + V_к, м^3. \quad (3.1)$$

Об’єм циліндричної частини можна записати через діаметр і висоту, а об’єм усіченого конуса – через радіуси верхньої та нижньої основ. Розрахункові залежності мають вигляд:

$$V_ц = \pi D^2 H / 4; \quad (3.2)$$

$$V_к = \pi H_1 (R^2 + Rr + r^2) / 3. \quad (3.3)$$

За прийнятими розмірами корисний об’єм змішувача становить V = 0,103 м³. Цього достатньо для приготування невеликих партій преміксів без перевантаження привода та без надмірного збільшення маси установки.

3.4.2 Визначення маси матеріалу та сили ваги у камері

Для подальших силових розрахунків необхідно встановити масу матеріалу, що одночасно перебуває у камері змішування. Густину кормової суміші приймаємо γ = 600 кг/м³. Тоді масу можна визначити за формулою:

$$m = \gamma V. \tag{3.4}$$

Після підстановки числових значень отримуємо m = 61,8 кг. Сила ваги матеріалу визначається за загальною залежністю:

$$G = mg,\ H, \tag{3.5}$$

де g = 9,81 м/с² – прискорення вільного падіння. Розрахунок дає G = 605,64 Н. Отримане значення враховується під час визначення навантаження на мембрану, шатунний механізм і вал привода.

3.4.3 Визначення динамічних навантажень, що діють на шатун

У процесі роботи змішувача мембрана й пов’язані з нею елементи здійснюють зворотно-поступальний рух, тому на шатун діють не лише статичні, а й інерційні навантаження. До основної сили від маси матеріалу додається навантаження від шатуна та інших рухомих деталей. Сумарну силу приймаємо у вигляді:

$$F = G + G_1,\ H. \tag{3.6}$$

$$G_1 = (m_1 + m_2)g,\ H. \tag{3.7}$$

Маса шатуна автомобіля ГАЗ-53 приймається m_1 = 0,91 кг, а маса інших рухомих деталей – m_2 = 4,09 кг. Тоді додаткова сила становить G_1 = 49 Н. Загальне навантаження, яке передається на шатунний вузол, дорівнює F = 654,64 Н. Це значення використовується як базове для подальшої перевірки міцності.

3.4.4 Перевірний розрахунок шатуна

Шатун у запропонованій конструкції працює за умов знакозмінного навантаження. Через коливальний характер руху в окремі моменти можуть

виникати підвищені інерційні зусилля, тому матеріал шатуна повинен мати достатню втомну міцність, в'язкість і опір ударним навантаженням. Для таких деталей зазвичай застосовують леговані або якісні вуглецеві сталі, які після виготовлення проходять термічну обробку та поверхневе зміцнення.

У даній конструкції прийнято використати стандартний шатун автомобіля ГАЗ-53. Таке рішення знижує вартість виготовлення, спрощує ремонт і дає змогу застосувати деталь, яка вже розрахована на роботу за значних динамічних навантажень. Основні вихідні дані для перевірки: максимальна частота обертання n = 1028,1 хв$^{-1}$; хід нижньої основи S = 0,1 м; радіус кривошипа R = 0,05 м; площа нижньої основи $F_п$ = 0,02 м^2; діаметр пальця $d_п$ = 23 мм; довжина поршневої головки $l_ш$ = 31 мм; зовнішній діаметр головки $d_г$ = 33 мм; внутрішній діаметр d = 30 мм.

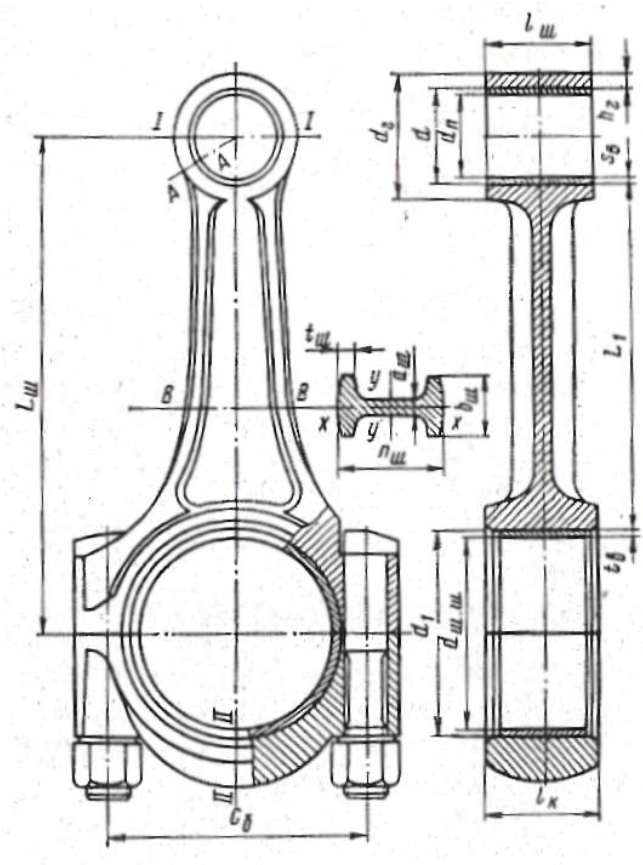


Рис. 3.6. Розрахункова схема шатунної групи

Матеріалом шатуна прийнято сталь 40Х. Для неї межа втоми при згині становить приблизно 350 Н/мм^2, а при розтягу-стиску – 300 Н/мм^2. Модуль пружності сталі $E_ш$ = 2,2·10^5 Н/мм^2. Втулка виконується з бронзи з модулем

пружності $E_в = 1{,}15 \cdot 10^5$ Н/мм². Напруження у поперечному перерізі визначаємо за залежністю:

$$\sigma = F / Fn. \tag{3.8}$$

Під час розрахунку враховуються коефіцієнти концентрації напружень, масштабний коефіцієнт, якість обробки поверхні та характер циклу навантаження. Максимальне напруження пульсуючого циклу у перерізі I–I визначається за формулою:

$$\sigma_{max} = P / A, \; Н/мм^2. \tag{3.9}$$

Кривошипна головка шатуна перевіряється з урахуванням сили інерції, моментів опору та деформації вкладиша. Максимальна інерційна сила визначається за залежністю:

$$P_j = m\Sigma R\omega^2(1 + \lambda cos\varphi), \; Н. \tag{3.10}$$

Момент опору вигину розрахункового перерізу приймається за формулою:

$$W = b\, h^2 / 6, \; м^3. \tag{3.11}$$

Напруження у кришці та вкладиші кривошипної головки з урахуванням деформації визначається за узагальненою залежністю:

$$\sigma = M / W. \tag{3.12}$$

Для стержня шатуна прийняті такі геометричні параметри: довжина $L_ш$ = 160 мм; висота мінімального перерізу $h_{шmin}$ = 20 мм; висота середнього перерізу $h_ш$ = 26 мм; ширина bш = 20 мм; товщина стінки tш = 5 мм. Площа середнього розрахункового перерізу В–В дорівнює:

$$F_{ср} = h_ш b_ш - (b_ш - a_ш)(h_ш - 2t_ш) = 28 \cdot 10^{-5} \; м^2. \tag{3.13}$$

Моменти інерції перерізу відносно головних осей становлять J_x = 24133 мм⁴ та J_y = 12833 мм⁴. З урахуванням поздовжнього вигину коефіцієнти впливу дорівнюють K_x = 1,103 і K_y = 1,02. Максимальні напруження стиску у двох взаємно перпендикулярних площинах становлять відповідно $\sigma_{max\ x}$ = 118,9 Н/мм² і $\sigma_{max\ y}$ = 109,03 Н/мм². Мінімальне напруження від розтягувальної сили приймається σmin = −43 Н/мм².

За отриманими значеннями визначаються середні напруження та амплітуди циклу. Після врахування концентрації напружень, масштабного чинника й технологічного стану поверхні одержано: $\sigma_{акх} = 44{,}12$ Н/мм² та $\sigma_{аку} = 36{,}83$ Н/мм². Запаси міцності за межею втоми дорівнюють:

$$n_{\sigma x} = 5{,}18 > 1{,}5; \qquad n_{\sigma y} = 3{,}34 > 1{,}5. \tag{3.14}$$

Отже, прийнятий шатун має достатній запас міцності для роботи у складі привода вібраційного змішувача-дозатора. Умова міцності виконується як у площині хитання, так і в площині, перпендикулярній до неї.

3.4.5 Розрахунок клинопасової передачі

Передача обертального руху від електродвигуна до вала змішувача виконується клинопасовою передачею. Така схема проста в експлуатації, допускає часткове гасіння ударних навантажень і не потребує складного обслуговування. Вихідні дані для розрахунку: потужність електродвигуна Nдв = 0,55 кВт; діаметр ведучого шківа $D_1 = 96$ мм; діаметр веденого шківа $D_2 = 140$ мм; частота обертання двигуна $n_1 = 1490$ об/хв; частота обертання веденого вала $n_2 = 1028{,}1$ хв$^{-1}$.

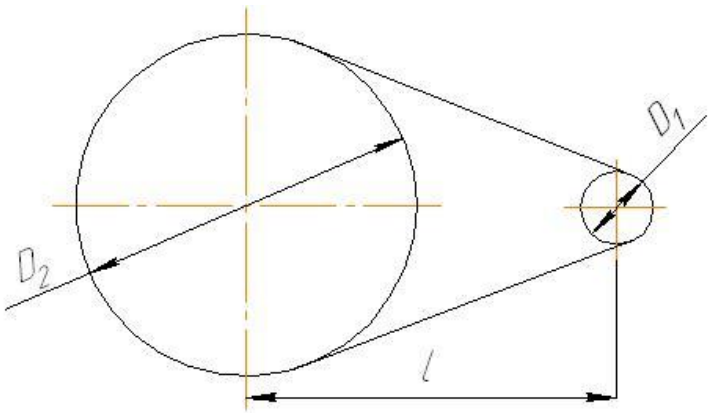


Рис. 3.7. Розрахункова схема клинопасової передачі

Розрахункова довжина паса визначається з урахуванням міжосьової відстані та діаметрів шківів:

$$L = 2a + 1{,}57(D_1 + D_2) + (D_2 - D_1)^2/(4a), \text{ мм}. \tag{3.13}$$

За стандартним рядом приймаємо довжину паса L = 1060 мм. Кут обхвату меншого шківа визначається за формулою:

$$\alpha = 180° - 57(D_2 - D_1)/a. \tag{3.14}$$

Кут між гілками паса становить:

$$\beta = 180° - \alpha. \quad (3.15)$$

Передаточне число передачі визначається відношенням частот або діаметрів шківів:

$$i = n_1/n_2 = D_2/D_1. \quad (3.16)$$

За заданими параметрами отримуємо i = 1,46. Число пробігів паса за одиницю часу визначається як:

$$u = v/L,\ c^{-1}. \quad (3.17)$$

Швидкість паса дорівнює:

$$v = \pi D_1 n_1/60000,\ м/с. \quad (3.18)$$

Після підстановки значень v = 7,49 м/с, а число пробігів u = 3,06 $с^{-1}$. Оскільки 3,06 < 15, пас задовольняє вимогу довговічності за кількістю перегинів. За потужністю та частотою обертання приймаємо клиновий пас перерізу Б з такими параметрами: h = 10,5 мм, b_p = 14 мм, φ = 40°, b = 13 мм, F = 1,38 $см^2$.

$$Z_n = u_m. \quad (3.19)$$

Потужність на веденому валу визначається через коефіцієнт корисної дії передачі:

$$N_2 = \eta N_{дв}. \quad (3.20)$$

За η = 0,9 маємо N_2 = 0,50 кВт. Крутні моменти на валах обчислюються за залежністю:

$$M = 9550N/n,\ Н·м. \quad (3.21)$$

Робоче корисне напруження у пасі з урахуванням кута обхвату, швидкості та режиму роботи визначається так:

$$\sigma_p = \sigma_0 C_1 C_2 C_3,\ Н/м^2. \quad (3.22)$$

$$C_3 = 1 - 0{,}0006v^2. \quad (3.23)$$

Колове зусилля у передачі становить:

$$F_t = 1000N/v,\ Н. \quad (3.24)$$

Робоча потужність, що може передаватися одним пасом, визначається за формулою:

$$N_p = N_0 C_1 C_2 C_3, \text{ кВт.} \quad (3.25)$$

Необхідна кількість пасів визначається співвідношенням:

$$z = N_2/Np. \quad (3.26)$$

Розрахунок показує, що для передачі потрібного крутного моменту достатньо одного клинового паса. Довговічність роботи паса оцінюється за формулою:

$$T = T_0 \xi i \xi H \xi k, \text{ год.} \quad (3.27)$$

Отримане значення ресурсу перевищує прийняту тривалість роботи, тому передача відповідає вимогам працездатності та може бути використана в конструкції змішувача.

3.4.6 Розрахунок вала змішувача

Вал змішувача сприймає навантаження від шатуна, клинопасової передачі та крутного моменту, який передається від електродвигуна. Для оцінювання міцності сили зводяться до осі вала окремо у вертикальній та горизонтальній площинах. Вихідні дані: a = 0,04 м; b = 0,09 м; c = 0,03 м; F = 654,64 Н; Ткр = 40 Н·м.

Сила від клинопасової передачі визначається через попередній натяг паса та кут між його гілками:

$$F_в = 2F_0 \sin(\beta/2), \text{ Н.} \quad (3.28)$$

$$F_0 = \sigma_0 S, \text{ Н.} \quad (3.29)$$

Початкове напруження у пасі приймаємо $\sigma_0 = 1{,}5$ Н/мм², площа перерізу паса $S = 1{,}38$ см². Розрахунок дає $F_0 = 203$ Н. Далі визначаємо реакції опор у вертикальній площині з рівнянь рівноваги:

$$-F_в a + R_в{}^b b - F(b + c) = 0. \quad (3.30)$$

$$-F(a + b) + R_a{}^b b - F_в c = 0. \quad (3.31)$$

За результатами розрахунку реакції опор становлять $R_в{}^b = 1021{,}95$ Н і $R_a{}^b = 625{,}36$ Н. У горизонтальній площині додаткові сили відсутні, тому відповідні реакції приймаються рівними нулю. Сумарний згинальний момент визначається як геометрична сума моментів у двох площинах:

$$M\Sigma = \sqrt{(Mx^2 + My^2)}. \quad (3.32)$$

$$M = M\Sigma. \quad (3.33)$$

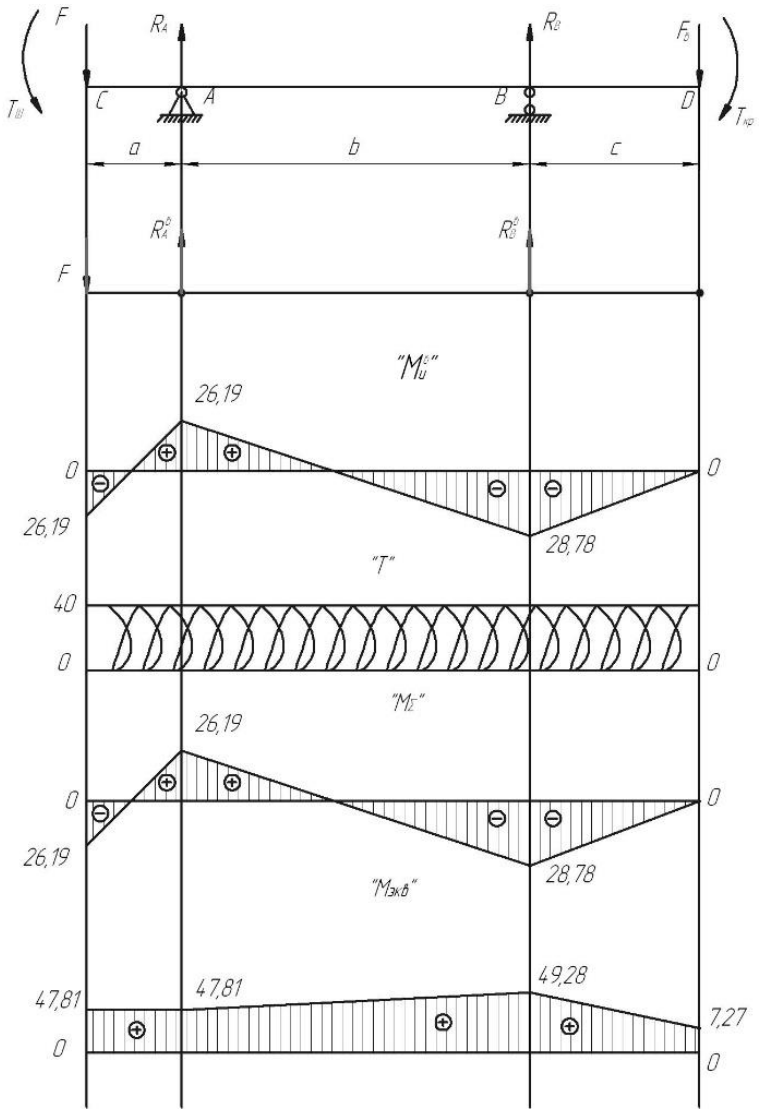


Рис. 3.8. Розрахункова схема вала та епюри навантажень.

З епюр випливає, що небезпечний переріз розташований у точці С, а найбільше навантаження діє у зоні опори В. Конструктивно приймаємо діаметр вала d = 20 мм. Матеріал вала – сталь 45 з межею міцності $\sigma_в$ = 600 Н/мм² і межею текучості σт = 360 Н/мм².

Нормальні напруження від згину визначаються за формулою:

$$\sigma_{max} = M_{max}/W, \ Н/мм^2. \quad (3.32)$$

$$W = \pi d^3/32, \ мм^3. \quad (3.33)$$

Для d = 20 мм момент опору W = 385 мм³, а максимальне нормальне напруження становить σmax = 0,06 Н/мм². Дотичні напруження від кручення визначаються за формулою:

$$\tau max = Мкр/Wp, \ Н/мм^2. \quad (3.34)$$

$$Wp = \pi d^3/16, \text{ мм}^3. \quad (3.35)$$

Полярний момент опору W_p = 1530 мм³, відповідно τ_{max} = 0,03 Н/мм². Для перевірки вала при складному напруженому стані використовується четверта теорія міцності:

$$\sigma екв = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}. \quad (3.36)$$

Розрахункові напруження значно менші за допустимі для сталі 45. Додатково вал перевіряється на втомну міцність. Загальний запас опору втомі визначається за залежністю:

$$S = S_\sigma S_\tau / \sqrt{(S\sigma^2 + S\tau^2)}. \quad (3.37)$$

$$S_\sigma = \sigma{-}1 / [(K_\sigma/(K_d K_f))\sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m]. \quad (3.38)$$

Під час перевірки прийнято: σ_a = 33,8 Н/мм², τ_a = 6,3 Н/мм², ψ_σ = 0,1, ψ_τ = 0,05, σ−1 = 300 Н/мм², τ−1 = 180 Н/мм², K_σ = 1,85, K_τ = 1,4, K_d = 0,98, K_f = 0,93. Отриманий запас міцності перевищує допустиме значення, тому діаметр вала 20 мм є достатнім.

3.4.7 Розрахунок підшипників

Найбільш навантажений підшипник працює під дією радіального навантаження Fr = 1021,95 Н. Частота обертання вала становить n = 1028,1 об/хв, посадковий діаметр – d = 20 мм, потрібний ресурс – L = 500 год. Попередньо обираємо однорядний радіальний кульковий підшипник середньої серії № 204 з параметрами C0 = 6200 Н і граничною частотою обертання 12500 об/хв.

Еквівалентне навантаження визначається за формулою:

$$P = (XVF_r + YFa)K_б K_t. \quad (3.39)$$

Оскільки осьове навантаження відсутнє або є незначним, розрахунок виконується переважно за радіальною складовою. Коефіцієнт обертання V = 1, оскільки обертається внутрішнє кільце. Для помірних поштовхів приймаємо коефіцієнт безпеки $K_б$ = 1,3, а температурний коефіцієнт K_t = 1, оскільки температура роботи не перевищує 100 °C.

Розрахункова довговічність підшипника визначається залежністю:

$$L_h = 10^6/(60n) \cdot (C/P)^m, \text{ год}. \quad (3.40)$$

Для кулькових підшипників показник степеня m = 3. Після підстановки даних отримуємо, що розрахункова довговічність L_h перевищує потрібні 500 год. Отже, підшипник № 204 забезпечує необхідний ресурс і може застосовуватися в опорах вала змішувача.

3.4.8 Розрахунок шпонкового з'єднання

Для передавання крутного моменту від шківа до вала використовується призматична шпонка. Вихідні дані: діаметр вала D = 20 мм, крутний момент T = 40 Н·м. За діаметром вала приймаємо призматичну шпонку за стандартним рядом з розмірами b = 6 мм, h = 6 мм, t = 3,5 мм. Конструктивно довжину шпонки приймаємо l = 32 мм.

Перевірка шпонки на зминання виконується за формулою:

$$\sigma_{см} = 2T / [d \cdot l \cdot (h - t)],\ Н/мм^2. \qquad (3.41)$$

Після підстановки прийнятих розмірів отримане напруження зминання менше за допустиме. Отже, умова σсм < [σ]см виконується, а вибране шпонкове з'єднання забезпечує надійне передавання крутного моменту без руйнування контактних поверхонь.

Висновки по розділу

У розділі обґрунтовано необхідність удосконалення змішувача-дозатора преміксів для умов господарства. Показано, що якість приготування преміксів визначається рівномірністю розподілу мікродобавок, точністю дозування, тривалістю змішування та стабільністю роботи обладнання.

Проведений огляд промислових змішувачів засвідчив, що наявні конструкції здатні забезпечувати високу якість суміші, однак часто мають значні габарити, високу вартість або надмірну продуктивність для конкретних умов експлуатації. Тому для господарства доцільним є застосування компактного вібраційного змішувача-дозатора.

Запропонована конструкція передбачає використання рухомої мембрани, яка створює коливальний вплив на сипкий матеріал і формує інтенсивну циркуляцію частинок у робочій камері. Така схема підвищує якість

перемішування, зменшує ймовірність утворення застійних зон і спрощує конструкцію машини.

Виконані розрахунки місткості, силових навантажень, шатуна, клинопасової передачі, вала, підшипників і шпонкового з’єднання підтвердили працездатність запропонованого технічного рішення. Усі перевірені елементи мають достатній запас міцності та відповідають вимогам надійної експлуатації.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є обов’язковою складовою проєктування комплексної механізації виробничого процесу малої відгодівельної ферми. Запропонована у роботі технологічна лінія приготування і роздавання кормів передбачає використання механізованих засобів завантаження, змішування, дозування, транспортування та видачі кормової суміші тваринам. Застосування машин зменшує важкість ручної праці, однак одночасно створює потребу в чіткому дотриманні вимог безпеки під час роботи з рухомими деталями, електроприводами, сипкими та пилоподібними компонентами, а також під час перебування працівників у приміщеннях для утримання тварин.

Метою даного розділу є розроблення комплексу організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і протипожежних заходів, які забезпечують безпечну експлуатацію відгодівельної ферми та розробленої лінії роздачі кормів. Особлива увага приділяється безпеці роботи з обладнанням кормоцеху, кормозмішувально-роздавальним агрегатом і змішувачем-дозатором premіксів, конструктивна розробка якого наведена у третьому розділі кваліфікаційної роботи.

Нормативну основу розділу становлять вимоги чинного законодавства України з охорони праці, типові вимоги щодо навчання й інструктажів працівників, правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів і правила пожежної безпеки. На рівні господарства ці вимоги повинні бути конкретизовані в інструкціях з охорони праці за професіями та видами робіт, технологічних картах, графіках технічного обслуговування, журналах інструктажів і наказах про відповідальних осіб.

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на відгодівельній фермі

Виробничий процес малої відгодівельної ферми включає приймання та зберігання кормів, підготовку кормових компонентів, дозування premіксів, змішування, транспортування і роздавання кормів, догляд за тваринами, прибирання приміщень та обслуговування обладнання. Усі ці операції виконуються в умовах підвищеної вологості, наявності органічного пилу, можливого забруднення підлоги залишками корму та гноєм, а також за постійної присутності тварин. Тому система охорони праці має враховувати не лише технічні ризики, а й особливості біологічного середовища тваринницького приміщення.

Найбільш небезпечними операціями є завантаження кормів у змішувальну камеру, робота біля рухомих робочих органів, усунення забивань у транспортерах, обслуговування електродвигунів, переміщення техніки кормовим проходом і контакт працівників з тваринами. Небезпека підвищується у разі відсутності захисних кожухів, несправності блокувань, слизької підлоги, недостатнього освітлення, порушення технологічної дисципліни або виконання ремонту без повного знеструмлення обладнання.

До шкідливих виробничих факторів належать пил від комбікормів і мінеральних добавок, підвищена вологість повітря, запахи і гази, що утворюються у приміщеннях утримання тварин, шум і вібрація від роботи електродвигунів, транспортерів та змішувачів. Тривалий вплив цих факторів може погіршувати самопочуття працівників, знижувати уважність і підвищувати ризик помилок під час керування обладнанням.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні та шкідливі фактори під час роботи лінії роздачі кормів

Група факторів	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Основні профілактичні заходи
Механічні	Робочі органи змішувача, транспортери, шківи, пасові передачі, рухома техніка	Травмування під час контакту з рухомими частинами, затягування одягу, удари	Огородження приводів, блокування, заборона очищення під час роботи, справний інструмент
Електричні	Електродвигуни, пускова апаратура, кабелі, освітлення, вологе середовище	Ураження електричним струмом, коротке замикання, загоряння	Заземлення, справні автомати захисту, сухі шафи керування, допуск тільки навченого персоналу
Пилові та хімічні	Комбікорми, премікси, мінеральні добавки, дезінфекційні засоби	Подразнення дихальних шляхів, очей і шкіри	Аспірація, місцева вентиляція, респіратори, окуляри, герметичне зберігання добавок
Біологічні	Контакт з тваринами, підстилкою, гноєм, забрудненими поверхнями	Інфікування, алергічні реакції, погіршення санітарного стану	Спецодяг, рукавиці, миття рук, регулярне прибирання і дезінфекція
Фізичні	Шум, вібрація, мікроклімат, недостатнє освітлення	Втома, зниження уваги, погіршення умов праці	Вентиляція, освітлення, регламентовані перерви, технічне обслуговування машин
Пожежні	Сухі корми, пил, електрообладнання, перегрів підшипників, тертя пасів	Загоряння кормів, пошкодження обладнання, загроза людям і тваринам	Очищення пилу, контроль нагрівання вузлів, вогнегасники, заборона відкритого вогню
Організаційні	Недостатнє навчання, поспіх, відсутність інструкцій, робота несправного обладнання	Порушення технології, аварійні ситуації, травмування	Інструктажі, допуск до роботи, журнали контролю, планове технічне обслуговування

З наведеного аналізу видно, що основна частина ризиків виникає в зоні взаємодії працівника з машиною. Тому першочерговими заходами є недопущення безпосереднього контакту людини з рухомими частинами, надійне огородження приводів, дотримання режимів роботи обладнання та правильна організація робочого місця. Другим важливим напрямом є поліпшення виробничого середовища, тобто зниження запиленості, підтримання чистоти проходів, справної вентиляції та достатнього освітлення.

Для малої ферми особливо важливо, щоб заходи безпеки були простими у виконанні та не вимагали складного додаткового обладнання. Працівники повинні чітко знати послідовність підготовки машин до роботи, правила запуску і зупинки лінії, порядок очищення після завершення зміни, дії у разі аварійної зупинки та порядок повідомлення відповідальної особи про несправності.

4.2. Вимоги безпеки під час експлуатації машин для приготування і роздавання кормів

Машини для приготування і роздавання кормів повинні експлуатуватися відповідно до інструкцій заводів-виробників, технологічної карти годівлі та інструкцій з охорони праці, затверджених у господарстві. До самостійної роботи допускаються працівники, які пройшли медичний огляд у встановлених випадках, вступний і первинний інструктажі, навчання безпечним методам праці та перевірку знань. Працівник повинен знати будову обладнання, призначення органів керування, місця аварійної зупинки, правила безпечного очищення і вимоги до засобів індивідуального захисту.

Перед початком роботи оператор повинен оглянути робоче місце, перевірити стан огороджень, справність пускових пристроїв, відсутність сторонніх предметів у завантажувальній і вивантажувальній зонах, надійність кріплення кожухів та відсутність пошкоджень електричних кабелів. Кормовий прохід необхідно очистити від предметів, які можуть перешкоджати руху агрегату або створювати небезпеку ковзання. Забороняється запускати машину, якщо зняті захисні кожухи, відкриті люки обслуговування, пошкоджені ремені передач або є сторонній шум у підшипникових вузлах.

Під час завантаження кормів слід дотримуватися встановленої послідовності подавання компонентів. Крупні або злежані грудки корму необхідно попередньо подрібнювати, щоб уникнути перевантаження робочих органів. Забороняється проштовхувати корм у завантажувальну горловину руками, ногами або випадковими предметами. Для цього повинні використовуватися тільки штатні пристрої та інструменти, передбачені технологічною картою.

Під час руху кормозмішувально-роздавального агрегату працівники не повинні перебувати між трактором і машиною, на підніжках, бортах або в зоні вивантаження корму. Швидкість руху кормовим проходом має бути такою, щоб забезпечити рівномірну видачу корму та безпечне маневрування. Особливо

обережно слід працювати біля поворотів, воріт, місць перебування тварин і в умовах недостатньої видимості.

Після завершення роздавання кормів обладнання очищають від залишків кормової маси, перевіряють стан приводів, змащувальних точок і кріплень. Очищення, регулювання, ремонт і заміна деталей допускаються тільки після повної зупинки робочих органів, вимкнення живлення та вжиття заходів проти випадкового запуску. У разі виявлення несправностей машина виводиться з роботи до їх усунення.

Таблиця 4.2 – Безпечна послідовність експлуатації кормороздавальної лінії

Етап роботи	Дії оператора	Вимоги безпеки
Підготовка	Огляд обладнання, перевірка огороджень, прибирання проходу, перевірка освітлення	Не запускати машину за наявності пошкоджень, сторонніх предметів або відкритих кожухів
Завантаження	Подача компонентів за технологічною картою, контроль маси і послідовності	Не перебувати в зоні падіння корму, не проштовхувати матеріал руками
Змішування	Контроль рівномірності роботи приводу, шуму, вібрації і часу змішування	Не відкривати люки, не знімати огородження, не торкатися рухомих частин
Роздавання	Рух кормовим проходом з рівномірною швидкістю, контроль вивантаження	Не допускати людей у зону вивантажувального транспортера та руху агрегату
Очищення	Видалення залишків корму, миття або сухе очищення за потреби	Виконувати тільки після повної зупинки і вимкнення живлення
Обслуговування	Перевірка пасів, підшипників, кріплень, змащування вузлів	Використовувати справний інструмент і виконувати роботи за нарядом або дозволом відповідального працівника

Важливим елементом безпечної роботи є справність попереджувальних написів і сигнальних позначень. На обладнанні мають бути позначені напрямки обертання робочих органів, місця змащування, точки небезпеки, кнопки аварійної зупинки та заборонені зони. Якщо на фермі працюють декілька працівників, запуск лінії повинен виконуватися тільки після подання попереджувального сигналу та переконання, що всі люди перебувають поза небезпечними зонами.

4.3. Заходи безпеки під час роботи зі змішувачем-дозатором преміксів

Змішувач-дозатор преміксів є важливим елементом лінії, оскільки забезпечує точне введення мінерально-вітамінних добавок і рівномірне розподілення малих компонентів у загальній кормовій суміші. У розробленій конструкції передбачено завантажувальну ємність, раму, рухому мембрану, електродвигун, ексцентриковий привід і випускний патрубок. Під час роботи мембрана здійснює зворотно-поступальний рух, створюючи інтенсивне переміщення часток. Саме наявність вібраційного та ексцентрикового приводу зумовлює додаткові вимоги до безпеки.

Основними небезпеками під час роботи зі змішувачем-дозатором є контакт з рухомими деталями приводу, защемлення у зоні механізму, запиленість під час завантаження преміксів, підвищена вібрація, можливе самовільне послаблення кріплень, електронебезпека та ризик пересипання концентрованих добавок. Для запобігання цим небезпекам конструкція повинна мати суцільні або сітчасті огородження приводу, надійне кріплення електродвигуна, захищену пускову апаратуру, заземлення та зручний доступ до вузлів обслуговування без потреби перебування працівника в небезпечній зоні.

Завантаження преміксів необхідно виконувати обережно, не допускаючи утворення пилової хмари. Мішки з добавками відкривають без різких рухів, а сипкий матеріал подають у завантажувальну ємність невеликими порціями. Працівник повинен використовувати респіратор, захисні окуляри та рукавиці, оскільки премікси можуть містити дрібнодисперсні мінеральні компоненти, які подразнюють слизові оболонки і шкіру. Зберігати премікси необхідно в сухому приміщенні, в закритій тарі, окремо від вологи, пального, мастильних матеріалів і сторонніх речовин.

Перед запуском змішувача-дозатора оператор перевіряє надійність кріплення ємності до рами, стан мембрани, відсутність тріщин і деформацій, натяг пасової передачі, кріплення ексцентрикового вузла, справність вимикача та цілісність заземлювального провідника. Після запуску необхідно звернути увагу на рівномірність роботи, відсутність різких ударів, стороннього шуму,

надмірного нагрівання підшипників і електродвигуна. У разі появи нестійкої вібрації або запаху перегріву обладнання негайно зупиняють.

Під час роботи змішувача-дозатора забороняється відкривати огородження приводу, торкатися рухомих елементів, нахилятися над завантажувальною горловиною, очищати випускний патрубок під час руху мембрани, залишати обладнання без нагляду та змінювати режим роботи без дозволу відповідальної особи. Усі регулювання ексцентрикового механізму, огляд мембрани і очищення внутрішньої поверхні виконуються лише після повної зупинки, вимкнення електроживлення і вивішування попереджувального напису про заборону запуску.

Таблиця 4.3 – Заходи безпеки для змішувача-дозатора премікс

Небезпечна ситуація	Причина виникнення	Запобіжний захід
Потрапляння руки в зону приводу	Відсутність або зняття кожуха, спроба очищення під час роботи	Суцільне огородження приводу, блокування, очищення тільки після зупинки
Підвищена запиленість	Різке висипання премікс, негерметична тара	Обережне завантаження, місцева вентиляція, респіратор і окуляри
Надмірна вібрація	Послаблення кріплень, дисбаланс ексцентрика, зношення мембрани	Регулярний контроль кріплень, балансування, своєчасна заміна зношених деталей
Перегрів електродвигуна	Перевантаження, забивання патрубка, тривала безперервна робота	Дотримання режиму роботи, контроль струму, очищення після вимкнення
Нерівномірне дозування	Злежування премікс, волога сировина, несправний випускний патрубок	Сухе зберігання добавок, просіювання, контроль витрати та очищення каналу
Ураження струмом	Пошкодження ізоляції, волога пускова апаратура, відсутність заземлення	Захищене електрообладнання, перевірка ізоляції, заземлення, допуск електротехнічного персоналу

Для зниження вібраційного впливу на раму і підлогу змішувач-дозатор необхідно встановлювати на рівній міцній основі. Кріплення до рами повинні мати запас міцності, а різьбові з’єднання - фіксацію від самовідгвинчування. Робоче місце оператора слід розміщувати так, щоб працівник міг контролювати завантаження і вивантаження, але не перебував у зоні можливого викиду матеріалу або контакту з приводом.

4.4. Електробезпека під час експлуатації технологічної лінії

Технологічна лінія роздачі кормів містить електродвигуни, пускорегулювальну апаратуру, освітлювальні прилади, кабельні лінії, можливі електронні вагові пристрої та захисні системи. Умови тваринницьких приміщень характеризуються підвищеною вологістю, наявністю пилу, агресивних газів і забрудненням поверхонь, що підвищує небезпеку ураження електричним струмом. Тому електрообладнання повинно відповідати умовам експлуатації та мати відповідний ступінь захисту оболонок.

Усі металеві неструмовідні частини обладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, повинні бути заземлені або занулені відповідно до прийнятої системи електропостачання. Шафи керування розміщують у місцях, захищених від прямого потрапляння вологи та механічних пошкоджень. Дверцята шаф повинні зачинятися, а всередині має бути чисто, сухо і без сторонніх предметів.

Пускові пристрої машин повинні мати чітке маркування положень «Пуск» і «Стоп». Кнопки аварійної зупинки розміщують у доступних місцях біля обладнання, де можливе виникнення небезпеки. Кабелі прокладають так, щоб вони не перетинали проходи без захисту, не потрапляли під колеса техніки, не торкалися гострих кромок і не контактували з вологими або забрудненими поверхнями. Пошкоджені кабелі, вилки, розетки та вимикачі підлягають негайній заміні.

Ремонт електрообладнання, перевірку ізоляції, підключення електродвигунів і обслуговування шаф керування має виконувати тільки працівник з відповідною групою з електробезпеки. Оператор кормороздавальної лінії не повинен самостійно відкривати електричні шафи, замінювати апарати захисту, під’єднувати тимчасові кабелі або усувати несправності, пов’язані з напругою. У разі аварійної ситуації він повинен зупинити обладнання, відключити живлення доступним штатним вимикачем і повідомити відповідальну особу.

Для захисту від коротких замикань і перевантажень застосовують автоматичні вимикачі та тепловий захист електродвигунів. У місцях підвищеної небезпеки доцільно використовувати пристрої захисного вимкнення. Періодично необхідно перевіряти надійність заземлення, стан ізоляції, справність вимикачів, відсутність перегріву контактів і відповідність запобіжних пристроїв встановленим параметрам.

Таблиця 4.4 – Основні вимоги електробезпеки для лінії роздачі кормів

Елемент системи	Небезпека	Вимога безпеки
Електродвигуни	Перегрів, пошкодження ізоляції, замикання на корпус	Заземлення, тепловий захист, регулярний огляд і очищення від пилу
Пускова апаратура	Випадковий запуск, іскріння контактів, доступ сторонніх осіб	Чітке маркування, закриті шафи, аварійна зупинка, обмеження доступу
Кабельні лінії	Механічне пошкодження, зволоження, перетирання ізоляції	Захищене прокладання, справні вводи, заміна пошкоджених ділянок
Освітлення	Недостатня видимість, пошкодження світильників	Захищені світильники, рівномірне освітлення проходів і зон завантаження
Вагове обладнання	Порушення показів, пошкодження проводів, волога	Сухе встановлення, захист кабелів, калібрування і технічний огляд
Ремонтні роботи	Помилкове подавання напруги	Вимкнення, вивішування попереджувального напису, перевірка відсутності напруги

4.5. Вимоги виробничої санітарії та гігієни праці

Виробнича санітарія на відгодівельній фермі спрямована на підтримання таких умов праці, за яких вплив шкідливих факторів на працівників не перевищує допустимих рівнів, а робоче середовище залишається безпечним для людей і тварин. До основних санітарно-гігієнічних вимог належать підтримання належного мікроклімату, ефективна вентиляція, достатнє освітлення, регулярне прибирання, зниження запиленості, боротьба з шумом і вібрацією, а також забезпечення працівників побутовими приміщеннями та засобами особистої гігієни.

У приміщеннях для утримання тварин необхідно забезпечити своєчасне видалення гною, очищення годівниць, підтримання сухих і неслизьких проходів. Накопичення вологи, залишків корму та органічних забруднень погіршує санітарний стан, підвищує ризик ковзання і створює умови для

розвитку мікроорганізмів. Після завершення годівлі залишки корму, які втратили якість або забруднилися, повинні видалятися згідно з технологічним регламентом.

Під час роботи з сипкими кормами і premіксами особливу увагу приділяють зменшенню запиленості. Для цього необхідно уникати різкого пересипання матеріалів з великої висоти, використовувати закриті бункери та ємності, своєчасно очищати поверхні від пилу, а в місцях інтенсивного пиловиділення застосовувати місцеву вентиляцію або аспірацію. Працівники, які завантажують премікси, мають користуватися респіраторами та захисними окулярами.

Освітлення робочих зон повинно забезпечувати чітке розпізнавання органів керування, шкал вагового обладнання, проходів, вивантажувальних транспортерів і стану кормової маси. Недостатнє освітлення підвищує ризик зіткнення техніки з перешкодами, помилок під час дозування та травмування. Світильники в приміщеннях ферми повинні мати захисні плафони, бути розташованими так, щоб не засліплювати оператора, і регулярно очищатися від пилу.

Шум і вібрація виникають під час роботи електродвигунів, редукторів, пасових передач, транспортерів і вібраційного змішувача. Їх зменшують шляхом своєчасного змащування підшипників, підтягування кріплень, балансування рухомих деталей, заміни зношених пасів і використання пружних прокладок у місцях кріплення. Якщо рівень шуму під час окремих операцій є підвищеним, працівник повинен застосовувати засоби захисту слуху.

Працівники повинні мати доступ до питної води, місця для відпочинку, шафи для роздільного зберігання особистого та робочого одягу. Після роботи з тваринами, premіксами, мийними або дезінфекційними засобами необхідно мити руки. Забороняється зберігати особисті речі у кормоцеху, залишати відкриті ємності з добавками або використовувати тару з-під premіксів для побутових потреб.

Таблиця 4.5 – Санітарно-гігієнічні заходи на відгодівельній фермі

Напрям	Заходи
Мікроклімат	Підтримання справної вентиляції, недопущення надмірної вологості, регулярне провітрювання приміщень без протягів у зоні тварин
Чистота робочих місць	Щоденне прибирання кормових проходів, видалення залишків корму, очищення годівниць і робочих поверхонь
Запиленість	Закриті ємності для premіксів, обережне пересипання, аспірація або місцева вентиляція, використання респіраторів
Освітлення	Рівномірне освітлення проходів, зон завантаження, місць керування та обслуговування обладнання
Шум і вібрація	Своєчасне змащування вузлів, балансування рухомих частин, підтягування кріплень, заміна зношених деталей
Особиста гігієна	Наявність умивальників, мийних засобів, місць для зберігання спецодягу, заборона приймання їжі у виробничих зонах
Профілактика травматизму	Сухі неслизькі проходи, справні ворота, відсутність сторонніх предметів, належне маркування небезпечних зон

4.6. Пожежна безпека у приміщеннях ферми та кормоцеху

Пожежна небезпека відгодівельної ферми пов’язана з наявністю сухих кормів, соломи, пилу, дерев’яних конструкцій, електрообладнання, мастильних матеріалів, а також з можливим перегріванням приводів і підшипників. У кормоцеху додаткову небезпеку створює накопичення органічного пилу, який може швидко поширювати горіння за наявності джерела займання. Тому протипожежний режим має бути організований на всіх ділянках зберігання, підготовки і роздавання кормів.

На території ферми повинні бути визначені місця зберігання кормів, проходи для евакуації людей і тварин, під’їзди для пожежної техніки, місця розміщення первинних засобів пожежогасіння. Захаращення проходів, зберігання соломи біля електрощитів, накопичення пилу на електродвигунах, використання несправних подовжувачів і виконання вогневих робіт без дозволу забороняються.

Електрообладнання необхідно регулярно очищати від пилу і кормових залишків, а підшипники, паси та редуктори контролювати на перегрівання. Пасові передачі повинні мати правильний натяг, оскільки прослизання паса може викликати інтенсивне нагрівання і появу запаху горілого матеріалу. У разі

виявлення перегрівання, іскріння або стороннього запаху обладнання негайно зупиняють і не вмикають до встановлення причини.

Первинні засоби пожежогасіння розміщують у доступних і позначених місцях. Для кормоцеху та приміщень з електрообладнанням доцільно передбачити порошкові або вуглекислотні вогнегасники відповідної місткості. Працівники повинні знати їх розташування, порядок застосування та спосіб виклику пожежно-рятувальної служби. Водночас гасіння пожежі власними силами допускається лише на початковій стадії і тільки за умови, що це не створює загрози життю та здоров’ю людей.

Таблиця 4.6 – Протипожежні заходи для ферми і кормоцеху

Ділянка	Пожежна небезпека	Заходи запобігання
Склад грубих кормів	Загоряння сіна, соломи, пилу	Сухе зберігання, відстань від джерел тепла, заборона куріння і відкритого вогню
Кормоцех	Пил, електродвигуни, пускова апаратура	Регулярне прибирання пилу, справна вентиляція, контроль електрообладнання
Змішувач-дозатор	Перегрів приводу, іскріння, накопичення пилу	Очищення після роботи, контроль підшипників і пасів, справний захист
Кормовий прохід	Захаращення шляхів евакуації, зіткнення техніки	Вільні проходи, позначені маршрути, справне освітлення
Електрощитова	Коротке замикання, перегрів контактів	Обмеження доступу, чистота, наявність вогнегасника для електрообладнання
Ремонтна зона	Вогневі роботи, мастила, займисті матеріали	Дозвіл на вогневі роботи, прибирання горючих матеріалів, чергування з вогнегасником

План евакуації людей і тварин має бути зрозумілим для працівників ферми. Ворота і двері не повинні блокуватися інвентарем, кормами або транспортом. У темну пору доби евакуаційні виходи повинні мати справне освітлення. Під час пожежі першочерговими діями є повідомлення відповідальної особи і пожежно-рятувальної служби, знеструмлення обладнання, виведення людей із небезпечної зони та організація евакуації тварин у безпечному напрямку.

4.7. Засоби індивідуального захисту працівників

Засоби індивідуального захисту є додатковим, але обов’язковим елементом системи охорони праці. Вони не замінюють технічних заходів безпеки, однак зменшують ризик травмування і шкідливого впливу виробничого середовища. На відгодівельній фермі працівники повинні забезпечуватися спецодягом, спецвзуттям, рукавицями, засобами захисту органів дихання, очей і слуху залежно від характеру виконуваних робіт.

Спецодяг має бути зручним, підібраним за розміром, без звисаючих кінців, які можуть потрапити в рухомі частини обладнання. Під час роботи біля пасових передач, транспортерів і змішувачів забороняється носити розстебнутий одяг, довгі шарфи або предмети, що можуть зачепитися за механізм. Спецвзуття повинно мати неслизьку підошву, оскільки підлога у тваринницьких приміщеннях може бути вологою або забрудненою.

Під час роботи з премісами, пилоподібними добавками та сухими комбікормами необхідно використовувати респіратор і захисні окуляри. Під час очищення обладнання, прибирання кормоцеху, контакту з гноєм або дезінфекційними розчинами застосовують рукавиці. Якщо під час роботи обладнання рівень шуму є відчутно підвищеним, працівник повинен використовувати протишумові вкладиші або навушники.

Засоби індивідуального захисту повинні зберігатися в чистому і сухому місці, регулярно очищатися, ремонтуватися або замінюватися у разі пошкодження. Працівник не повинен передавати особисті засоби захисту іншій особі без санітарної обробки. Відповідальна особа в господарстві має контролювати наявність, справність і фактичне використання засобів захисту під час виконання робіт.

Таблиця 4.7 – Рекомендовані засоби індивідуального захисту

Вид робіт	Необхідні засоби захисту	Призначення
Завантаження силосу, сінажу та грубих кормів	Спецодяг, рукавиці, спецвзуття з неслизькою підошвою	Захист від забруднення, ковзання, механічних пошкоджень
Робота з premіксами і сухими добавками	Респіратор, захисні окуляри, рукавиці, закритий спецодяг	Захист органів дихання, очей і шкіри від пилу
Обслуговування змішувача-дозатора	Спецодяг без звисаючих частин, рукавиці, окуляри за потреби	Захист від пилу і випадкового контакту з деталями під час зупиненого обладнання
Робота в тваринницькому приміщенні	Халат або комбінезон, гумове або полімерне взуття, рукавиці	Захист від вологи, біологічних забруднень і ковзання
Прибирання та санітарна обробка	Вологостійкі рукавиці, фартух, окуляри або щиток за потреби	Захист шкіри та очей від бризок і мийних засобів
Ремонтні роботи	Рукавиці, захисні окуляри, справний інструмент, за потреби каска	Захист від механічних ушкоджень і дрібних часток
Робота в умовах підвищеного шуму	Протишумові вкладиші або навушники	Зменшення впливу шуму на органи слуху

4.8. Заходи безпеки в аварійних та надзвичайних ситуаціях

Аварійні ситуації на малій відгодівельній фермі можуть виникати внаслідок раптової зупинки або заклинювання робочих органів, пошкодження електрообладнання, пожежі, травмування працівника, агресивної поведінки тварин, погіршення вентиляції, витоку води, обвалення кормової маси або дії зовнішніх надзвичайних факторів. Для зменшення наслідків таких ситуацій працівники повинні знати порядок дій, місця аварійного вимкнення, телефони екстрених служб і розташування первинних засобів пожежогасіння.

У разі заклинювання змішувача, транспортера або вивантажувального механізму оператор повинен негайно зупинити обладнання штатною кнопкою «Стоп» або аварійним вимикачем, відключити живлення і повідомити відповідальну особу. Забороняється намагатися витягнути сторонній предмет або проштовхнути корм до повної зупинки робочих органів. Після знеструмлення обладнання причину забивання усувають за допомогою справного інструменту, перебуваючи поза небезпечною зоною.

У разі ураження працівника електричним струмом першочерговим є безпечне припинення дії струму: вимкнення рубильника, автомата або іншого штатного пристрою відключення. Наближатися до потерпілого без усунення електричної небезпеки не можна. Після припинення дії струму необхідно викликати медичну допомогу і надати домедичну допомогу в межах підготовки працівника. Про випадок повідомляють керівника робіт і фіксують обставини згідно з установленим порядком.

У разі пожежі працівник повинен подати сигнал тривоги, повідомити пожежно-рятувальну службу, знеструмити обладнання, організувати виведення людей і, якщо це безпечно, розпочати гасіння первинними засобами. Якщо пожежа поширюється швидко, є сильне задимлення або існує загроза вибуху чи обвалення конструкцій, працівники повинні залишити небезпечну зону. Порятунок матеріальних цінностей не може бути пріоритетом порівняно з безпекою людей.

У разі неспокійної або агресивної поведінки тварин необхідно припинити роботи у відповідній секції, прибрати зайвих людей із проходу, не створювати шуму і не виконувати різких рухів. Роботи відновлюють після заспокоєння тварин і усунення причини неспокою. Якщо тварина травмована або є загроза для працівників, необхідно залучити відповідального працівника ферми або ветеринарного спеціаліста.

В умовах воєнного стану або загрози зовнішніх надзвичайних ситуацій на фермі необхідно мати порядок оповіщення працівників, визначені безпечні місця перебування, запас питної води, аптечку, ліхтарі, засоби зв’язку та мінімальний запас кормів. Під час повітряної тривоги або іншої небезпеки пріоритетом є збереження життя і здоров’я людей. Технологічні операції, які можна безпечно зупинити, припиняються, обладнання вимикається, а працівники діють згідно з інструкціями підприємства та повідомленнями офіційних служб.

Таблиця 4.8 – Дії працівників у типових аварійних ситуаціях

Ситуація	Першочергові дії	Що заборонено робити
Заклинювання робочих органів	Зупинити машину, вимкнути живлення, повідомити відповідального, усунути причину після повної зупинки	Очищати або проштовхувати корм під час роботи механізму
Пошкодження електрообладнання	Вимкнути живлення, обмежити доступ, викликати електротехнічного працівника	Самостійно відкривати шафу керування або ремонтувати під напругою
Пожежа	Подати сигнал, викликати рятувальників, знеструмити обладнання, евакуювати людей	Гасити пожежу при загрозі життю або повертатися у задимлене приміщення
Травмування працівника	Зупинити обладнання, усунути небезпеку, викликати допомогу, повідомити керівника	Переміщувати потерпілого без потреби, якщо це може погіршити стан
Агресивна поведінка тварин	Припинити роботу, вивести людей із небезпечної зони, діяти спокійно, повідомити відповідального	Провокувати тварин шумом, різкими рухами або самостійно заганяти їх у тісному проході
Погіршення вентиляції	Зупинити пилові роботи, провітрити приміщення, перевірити вентиляційні пристрої	Працювати в зоні з різким запахом або поганим самопочуттям працівників
Зовнішня надзвичайна загроза	Вимкнути обладнання за можливості, перейти у визначене безпечне місце, діяти за інструкцією	Продовжувати роботи, якщо оголошено небезпеку для людей

Висновок до розділу 4

У розділі розроблено систему заходів з охорони праці для малої відгодівельної ферми з механізованою лінією роздачі кормів. Встановлено, що основними небезпечними факторами є рухомі частини машин, електрообладнання, пилові компоненти кормів, підвищена вологість, контакт з тваринами, шум, вібрація та пожежна небезпека кормоцеху. Для їх зниження передбачено організаційні заходи, навчання й інструктажі працівників, огородження небезпечних зон, справне заземлення, контроль технічного стану машин, підтримання санітарного стану приміщень, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту і готовність до дій в аварійних ситуаціях.

Особливу увагу приділено безпечній експлуатації змішувача-дозатора premіксів, оскільки цей вузол поєднує дію вібраційного приводу, рухомої

мембрани, електродвигуна та роботи з пилоподібними добавками. Запропоновані заходи дають змогу підвищити рівень безпеки виробничого процесу, зменшити ризик травматизму, поліпшити умови праці персоналу і забезпечити надійну роботу лінії приготування та роздавання кормів у складі комплексної механізації малої відгодівельної ферми.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

Техніко-економічне обґрунтування є завершальним етапом оцінювання проєктних рішень, прийнятих у кваліфікаційній роботі. У попередніх розділах було обґрунтовано доцільність комплексної механізації виробничого процесу малої відгодівельної ферми, розроблено механізовану лінію приготування і роздавання кормів та виконано конструктивну розробку змішувача-дозатора преміксів. Економічний розрахунок дає змогу визначити, чи забезпечує запропонована технологія достатній ефект для господарства, яке працює в умовах обмежених фінансових ресурсів і потребує простих, надійних та швидкоокупних технічних рішень.

Основний економічний результат від упровадження механізованої лінії роздачі кормів полягає у зменшенні витрат ручної праці, скороченні втрат кормів під час підготовки та видачі, підвищенні точності дозування преміксів і стабілізації режиму годівлі тварин. Для малої ферми ці фактори мають особливе значення, оскільки навіть незначне скорочення щоденних витрат у перерахунку на річний період формує відчутний економічний результат. Крім того, механізація поліпшує умови праці, зменшує залежність виробничого процесу від фізичних можливостей працівників і підвищує технологічну дисципліну.

У розрахунках прийнято порівняльний підхід: базовим варіантом вважається частково ручна технологія підготовки і роздавання кормів, а проєктним варіантом – механізована технологія з використанням мобільного кормозмішувально-роздавального агрегату, подрібнювача грубих кормів, шнекового транспортера концентратів та змішувача-дозатора преміксів. Вартісні показники у цьому розділі прийнято як орієнтовні проєктні значення для умов господарства. Перед фактичним упровадженням вони мають бути уточнені за комерційними пропозиціями постачальників обладнання, реальною

тарифною ставкою оплати праці, цінами на енергоносії та фактичною вартістю кормів.

5.1. Вихідні дані для економічного розрахунку

Вихідні дані для техніко-економічного обґрунтування прийнято відповідно до технологічних розрахунків, виконаних у другому розділі кваліфікаційної роботи. Розрахункова мала відгодівельна ферма має 100 голів молодняку великої рогатої худоби, які утримуються у двох технологічних групах. Добова потреба у кормовій суміші з урахуванням технологічного запасу становить 3423 кг, а разова порція за дворазового режиму годівлі - близько 1712 кг. Для забезпечення цього режиму прийнято кормозмішувально-роздавальний агрегат місткістю 5 $м^3$, що дає змогу приготувати разову порцію корму за один технологічний цикл.

У базовому варіанті передбачається, що значна частина операцій з підвезення, ручного дозування, переміщення та роздавання кормів виконується працівниками ферми з використанням простих допоміжних засобів. Така технологія має нижчу потребу у спеціальному обладнанні, але характеризується значною трудомісткістю, нестабільною рівномірністю роздавання і підвищеними втратами корму. У проєктному варіанті більшість операцій виконується механізовано, а працівник переважно контролює завантаження, режим роботи обладнання та якість роздавання.

Для економічного розрахунку приймаємо середню оплату однієї людино-години 80 грн. З урахуванням нарахувань на оплату праці коефіцієнт збільшення витрат приймається 1,22. Середня умовна вартість 1 кг кормової суміші для розрахунку втрат приймається 3,20 грн/кг. Вартість електроенергії приймається 5,50 грн за 1 кВт·год, а дизельного пального – 85 грн/л. Вказані величини використовуються тільки для порівняльної оцінки варіантів.

Порівняльна оцінка виконується за річним періодом, оскільки операції годівлі тварин повторюються щоденно. Це дає можливість об’єктивно врахувати накопичений ефект від скорочення витрат праці та зменшення втрат

корму. Для малої ферми розрахунок річного ефекту є більш показовим, ніж оцінювання одного технологічного циклу, адже добові відмінності між варіантами можуть здаватися незначними, але за рік вони формують суттєву економію.Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Позначення	Одиниця виміру	Прийняте значення
Поголів'я відгодівельного молодняку	N	гол.	100
Добова потреба у кормовій суміші	$G_д$	кг/добу	3423
Разова порція кормової суміші	$G_{раз}$	кг	1712
Кратність роздавання кормів	$n_г$	разів/добу	2
Кількість робочих днів обладнання за рік	D	днів	365
Трудомісткість годівлі у базовому варіанті	$T_б$	люд.-год/добу	7.0
Трудомісткість годівлі у проєктному варіанті	$T_п$	люд.-год/добу	2.0
Оплата однієї людино-години	$C_п$	грн/люд.-год	80
Коефіцієнт нарахувань на оплату праці	$k_н$	-	1.22
Середня вартість кормової суміші	$C_к$	грн/кг	3.20
Вартість електроенергії	$C_е$	грн/кВт·год	5.50
Вартість дизельного пального	$C_{дп}$	грн/л	55

У проєктному варіанті додатковими витратами є амортизація нового обладнання, витрати на технічне обслуговування та ремонт, споживання електроенергії допоміжними механізмами і використання пального трактором під час роботи мобільного кормозмішувально-роздавального агрегату. Разом з тим ці витрати компенсуються скороченням потреби у ручній праці, зменшенням втрат кормів та підвищенням організованості виробничого процесу.

5.2. Визначення капітальних вкладень на впровадження проєктних рішень

Капітальні вкладення включають витрати на придбання або виготовлення обладнання, його доставку, монтаж, підключення, налагодження і підготовку робочого місця. Оскільки проєкт орієнтований на малу відгодівельну ферму, перевагу надано обладнанню простої конструкції з помірною вартістю та можливістю обслуговування силами господарства. Найбільшу частку капітальних вкладень становить мобільний кормозмішувально-роздавальний

агрегат, який виконує одночасно кілька операцій: приймання компонентів, змішування, транспортування і роздавання.

Додатково передбачається придбання або модернізація обладнання для підготовки грубих кормів, шнекового подавання концентратів і точного дозування premіксів. Змішувач-дозатор premіксів є важливим елементом лінії, оскільки забезпечує рівномірне введення малих доз мінерально-вітамінних добавок у кормову суміш. Його модернізація, розглянута у третьому розділі роботи, спрямована на підвищення якості змішування, зменшення енергоємності та пристосування обладнання до умов невеликого господарства.

Загальні капітальні вкладення визначаємо за формулою:

$$К_з = К_{об} + К_м + К_д + К_п, \text{ грн}, \quad (5.1)$$

де $К_з$ – загальні капітальні вкладення, грн; $К_{об}$ – вартість основного обладнання, грн; $К_м$ – витрати на монтаж і налагодження, грн; $К_д$ – витрати на доставку та підготовку місця встановлення, грн; $К_п$ – інші підготовчі витрати, пов’язані із захисними огородженнями, електропідключенням і маркуванням робочих зон.

Таблиця 5.2 – Розрахунок капітальних вкладень на впровадження механізованої лінії

Найменування обладнання або робіт	Кількість	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн
Кормозмішувально-роздавальний агрегат місткістю 5 м3	1	220000	220000
Подрібнювач сіна і соломи	1	45000	45000
Бункер і шнековий транспортер концентрованих кормів	1	32000	32000
Модернізація змішувача-дозатора premіксів	1	18500	18500
Монтаж, налагодження та пробний запуск лінії	1	12000	12000
Електропідключення, захисні кожухи і маркування	1	8000	8000
Разом	-	-	335500

Отже загальна сума капітальних вкладень становить $К_з$ = 335 500 грн.

У структурі капітальних вкладень основний агрегат займає найбільшу частку, проте його використання економічно обґрунтоване тим, що він замінює декілька окремих ручних і транспортних операцій. Подрібнювач грубих кормів підвищує якість кормової суміші та зменшує непродуктивні втрати під час поїдання. Дозувальний вузол для концентратів і premіксів забезпечує стабільність рецептури, що важливо для відгодівлі тварин і збереження планових приростів.

За потреби господарство може зменшити початкові капітальні вкладення шляхом використання наявного трактора, часткового виготовлення бункерів і захисних кожухів у власній ремонтній майстерні або поступового впровадження окремих елементів лінії. Однак у розрахунку прийнято повний варіант капіталовкладень, що дає змогу оцінити ефективність проєкту без заниження витрат.

5.3. Розрахунок експлуатаційних витрат технологічної лінії

Експлуатаційні витрати проєктного варіанта включають витрати на оплату праці оператора, електроенергію, дизельне пальне, технічне обслуговування, ремонт, амортизацію обладнання та втрати кормів під час технологічного процесу. Частина цих витрат зростає порівняно з базовим варіантом, оскільки в роботу вводяться механізовані засоби. Проте загальний результат визначається співвідношенням додаткових витрат і отриманої економії.

Річні витрати на амортизацію обладнання розраховуємо за формулою:

$$А = К_з \times На / 100, \text{ грн}, \quad (5.2)$$

де А - річні амортизаційні відрахування, грн; Кз - капітальні вкладення, грн; На - норма амортизації, %. Для розрахунку приймаємо На = 10 %.

$$А = 335500 \times 10 / 100 = 33\,550 \text{ грн}.$$

Витрати на ремонт і технічне обслуговування визначаємо у відсотках від вартості обладнання:

$$Р_{то} = К_з \cdot Н_р / 100, \text{ грн}, \quad (5.3)$$

де $Р_{то}$ – річні витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн; $Н_р$ - норматив витрат на ремонт, %. Приймаємо $Н_р$ = 6 %.

$$Р_{то} = 335500 \cdot 6 / 100 = 20\ 130 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію враховують роботу змішувача-дозатора преміксів, шнекового транспортера, подрібнювача грубих кормів, допоміжного освітлення та апаратури керування. Добове споживання електроенергії відповідно до технологічного розрахунку становить 2,94 кВт·год. Річні витрати електроенергії визначаємо за формулою:

$$З_е = W_д \cdot D \cdot Се, \text{ грн,} \quad (5.4)$$

$$З_е = 2.94 \cdot 365 \cdot 5.50 = 5\ 902 \text{ грн.}$$

Витрати на дизельне пальне визначаються за прийнятою добовою витратою 4,0 л/добу під час роботи мобільного кормозмішувально-роздавального агрегату. Така витрата враховує коротку тривалість руху агрегату кормовим проходом, перемішування і маневрування на майданчику завантаження.

$$З_{пм} = Q_п \cdot D \cdot С_{дп}, \text{ грн,} \quad (5.5)$$

$$З_{пм} = 4.0 \cdot 365 \cdot 55 = 80\ 300 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3 – Річні експлуатаційні витрати проєктної технологічної лінії

Стаття витрат	Методика визначення	Сума, грн/рік
Оплата праці з нарахуваннями	2,0 люд.-год/добу · 365 · 80 · 1,22	71 248
Втрати кормів у проєктному варіанті	3423 кг/добу · 1 % · 365 · 3,20	39 981
Електроенергія	2,94 кВт·год/добу · 365 · 5,50	5 902
Дизельне пальне	4,0 л/добу · 365 · 55	80 300
Амортизація обладнання	335500 · 10 %	33 550
Технічне обслуговування і ремонт	335500 · 6 %	20 130
Разом	-	251 111

Загальні річні експлуатаційні витрати проєктної технологічної лінії становлять 251 111 грн.

Найбільшою статтею витрат у проєктному варіанті є витрати на дизельне пальне та оплату праці. Водночас витрати на електроенергію допоміжних механізмів є відносно невеликими, оскільки обладнання працює короткий час

протягом доби. Амортизація і ремонт враховані для забезпечення об’єктивної оцінки повної собівартості роботи лінії.

5.4. Розрахунок витрат на оплату праці та енергоносії

Одним із головних резервів економії при комплексній механізації є скорочення трудомісткості годівлі. У базовому варіанті на підготовку, перенесення, часткове змішування і роздавання кормів потрібно близько 7,0 людино-годин на добу. У проєктному варіанті основні операції виконуються механізовано, тому трудомісткість зменшується до 2,0 людино-годин на добу. До цих витрат входить час оператора на підготовку агрегату, контроль завантаження, роздавання кормів, очищення робочої зони та огляд обладнання після роботи.

Річні витрати на оплату праці визначаємо за формулою:

$$З_п = Т_д \cdot D \cdot С_п \cdot k_н, \text{ грн}, \quad (5.6)$$

де $З_п$ – річні витрати на оплату праці з нарахуваннями, грн; $Т_д$ – добова трудомісткість операції, люд.-год/добу; D – кількість робочих днів за рік; $С_п$ – оплата однієї людино-години, грн; kн - коефіцієнт нарахувань на оплату праці.

$$З_{п.б} = 7.0 \cdot 365 \cdot 80 \cdot 1.22 = 249\ 368 \text{ грн.}$$

$$З_{п.п} = 2.0 \cdot 365 \cdot 80 \cdot 1.22 = 71\ 248 \text{ грн.}$$

Річна економія витрат на оплату праці становить 178 120 грн а скорочення трудових витрат дорівнює 1 825 людино-годин на рік.

Крім витрат на оплату праці, необхідно оцінити витрати на енергоносії. У проєктному варіанті використовуються електроприводи допоміжного обладнання та тракторний привід мобільного агрегату. Хоча ці витрати зростають порівняно з частково ручною технологією, вони є платою за механізоване виконання найбільш трудомістких операцій і повинні розглядатися разом із загальним скороченням ручної праці.

За даними розрахунку, механізація різко зменшує потребу у ручній праці, але водночас збільшує витрати на пальне та електроенергію. Це є закономірним для впровадження механізованої технології. Остаточна ефективність

визначається не лише витратами на енергоносії, а й економією заробітної плати, зниженням втрат кормів, підвищенням точності годівлі та покращенням організації праці.

Таблиця 5.4 – Порівняння витрат на оплату праці та енергоносії

Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант	Відхилення
Трудомісткість годівлі, люд.-год/добу	7.0	2.0	-5.0
Трудомісткість за рік, люд.-год/рік	2 555	730	-1 825
Витрати на оплату праці з нарахуваннями, грн/рік	249 368	71 248	-178 120
Електроенергія, грн/рік	2 000	5 902	+3 902
Дизельне пальне, грн/рік	6 030	80 300	+74 270
Разом витрати на працю та енергоносії, грн/рік	257 398	157 450	-99 948

Важливо, що скорочення трудомісткості має не тільки вартісне, а й організаційне значення. Працівники ферми звільняються від важких ручних операцій, зменшується ризик затримок годівлі через нестачу персоналу, підвищується стабільність щоденного режиму. Для малої ферми, де кількість працівників обмежена, цей результат є одним з найбільш важливих.

5.5. Визначення економії трудових і матеріальних ресурсів

Економія трудових ресурсів визначається як різниця між річною трудомісткістю базового і проєктного варіантів. Якщо у базовій технології годівля потребує 7,0 людино-годин на добу, а у проєктній - 2,0 людино-годин на добу, то добова економія становить 5,0 людино-годин. За 365 днів роботи ферми це дає значне скорочення витрат праці.

$$E_т = (T_б - T_п) \cdot D, \text{ люд.-год/рік}, \quad (5.7)$$

$$E_т = (7.0 - 2.0) \cdot 365 = 1\ 825 \text{ люд.-год/рік}.$$

Матеріальна економія формується передусім за рахунок зменшення втрат кормів під час транспортування, завантаження, перемішування і роздавання. У базовому варіанті через ручне переміщення, нерівномірне завантаження, розсипання та залишки у годівницях приймаємо втрати кормів на рівні 3 % від добової маси. У проєктному варіанті завдяки механізованому переміщенню, дозованому вивантаженню та кращому змішуванню втрати зменшуються до 1 %.

Річна економія кормів у натуральному виразі визначається за формулою:

$$Е_{к.н} = G_д \cdot (р_б - р_п) \cdot D, \text{ кг/рік}, \quad (5.8)$$

де $Е_{к.н}$ – річна економія кормів у натуральному виразі, кг/рік; $G_д$ – добова потреба у кормовій суміші, кг/добу; $р_б$ і $р_п$ – частка втрат корму відповідно у базовому та проєктному варіантах; D – кількість днів роботи за рік.

$$Е_{к.н} = 3423 \cdot (0,03 - 0,01) \cdot 365 = 24\,988 \text{ кг/рік}.$$

Вартісна економія кормів становить:

$$Е_{к.в} = Е_{к.н} \cdot С_к, \text{ грн/рік}. \quad (5.9)$$

$$Е_{к.в} = 24\,988 \cdot 3.20 = 79\,961 \text{ грн/рік}.$$

Таблиця 5.5 – Економія трудових і матеріальних ресурсів

Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант	Економія
Трудомісткість, люд.-год/добу	7.0	2.0	5.0
Трудомісткість, люд.-год/рік	2 555	730	1 825
Витрати на оплату праці, грн/рік	249 368	71 248	178 120
Втрати кормів, кг/рік	37 482	12 494	24 988
Втрати кормів, грн/рік	119 942	39 981	79 961

Отримана економія кормів має подвійне значення. По-перше, вона безпосередньо знижує витрати господарства на годівлю. По-друге, більш рівномірне роздавання і якісніше змішування зменшують відхилення фактичного раціону від розрахункового, що позитивно впливає на стабільність продуктивності тварин. У цьому розрахунку додатковий ефект від можливого підвищення середньодобових приростів не монетизується, тому отриманий результат можна вважати достатньо обережним.

До непрямих позитивних результатів належать зменшення фізичного навантаження на працівників, скорочення часу перебування у запиленій зоні, поліпшення санітарного стану кормового проходу, зменшення кількості ручних перевантажень корму та підвищення культури виробництва. Ці фактори складніше виразити у гривнях, однак вони впливають на безперебійність роботи ферми і зменшують ризик простоїв.

5.6. Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект визначається як різниця між річними витратами базового і проєктного варіантів. До базових витрат включаємо оплату праці, втрати кормів, незначні витрати на електроенергію та допоміжне обслуговування наявного обладнання. До проєктних витрат включаємо оплату праці, втрати кормів, електроенергію, дизельне пальне, амортизацію, ремонт і технічне обслуговування нової лінії.

Річні приведені витрати за варіантами визначаємо за формулою:

$$З_р = З_п + З_к + З_е + З_{пм} + А + Р_{то}, \text{ грн/рік.} \quad (5.10)$$

Для базового варіанта амортизаційні відрахування нового обладнання не враховуються, оскільки воно не використовується. Приймаємо витрати на допоміжну енергію і просте обслуговування базової технології у сумі 8030 грн/рік та 6000 грн/рік відповідно.

$$З_б = 249\,368 + 119\,942 + 8\,030 + 6\,000 = 383\,340 \text{ грн/рік.}$$

$$З_п = 71\,248 + 39\,981 + 5\,902 + 80\,300 + 33\,550 + 20\,130 = 251\,111 \text{ грн/рік.}$$

Річний економічний ефект визначаємо за формулою:

$$Е_р = З_б - З_п, \text{ грн/рік.} \quad (5.11)$$

$$Е_р = 383\,340 - 251\,111 = 132\,229 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 5.6 – Порівняння річних витрат за базовим і проєктним варіантами

Стаття витрат	Базовий варіант, грн/рік	Проєктний варіант, грн/рік	Зміна, грн/рік
Оплата праці з нарахуваннями	249 368	71 248	-178 120
Втрати кормів	119 942	39 981	-79 961
Електроенергія та допоміжна енергія	8 030	5 902	-2 128
Дизельне пальне	-	80 300	+80 300
Амортизація обладнання	-	33 550	+33 550
Технічне обслуговування і ремонт	6 000	20 130	+14 130
Разом	383 340	251 111	-132 229

Таким чином річний економічний ефект від упровадження проєктної лінії становить 132 229 грн.

Одержаний результат свідчить про економічну доцільність проєктних рішень. Найбільший позитивний вплив має скорочення трудових витрат і зменшення втрат кормів. Додаткові витрати на пальне, амортизацію та ремонт не перевищують отриману економію, тому загальні витрати проєктного варіанта є нижчими за базові.

Слід враховувати, що фактичний економічний ефект може бути вищим у разі підвищення середньодобових приростів завдяки стабільнішому раціону і точнішому введенню преміксів. У розрахунку цей результат не включався, щоб не завищувати ефективність проєкту. Тому наведене значення річного ефекту є мінімально очікуваним для прийнятих умов.

5.7. Визначення строку окупності проєктних рішень

Строк окупності показує, за який період додаткові капітальні вкладення повертаються за рахунок отриманого річного економічного ефекту. Для малих господарств цей показник має важливе значення, оскільки інвестиційні ресурси обмежені, а обладнання повинно швидко почати давати економічну віддачу.

Строк окупності визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = К_з / Ер, років, \quad (5.12)$$

$$T_{ок} = 335\ 500 / 132\ 229 = 2.54 \text{ року}.$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$Е_к = Е_р / К_з. \quad (5.13)$$

$$Е_к = 132\ 229 / 335\ 500 = 0.39.$$

Отриманий строк окупності становить менше трьох років, що для умов малої відгодівельної ферми можна вважати прийнятним. Проєкт не потребує надмірно складного обладнання, а основний економічний результат формується за рахунок щоденного скорочення трудомісткості та втрат кормів. При збільшенні поголів’я або підвищенні вартості ручної праці окупність може додатково скоротитися.

Для оцінювання стійкості проєкту до зміни вихідних умов доцільно розглянути вплив окремих факторів. Якщо вартість пального збільшиться, річний ефект зменшиться, однак він частково компенсується економією праці та кормів. Якщо зросте оплата праці, навпаки, механізована технологія стане ще вигіднішою. Якщо фактичні втрати кормів у базовому варіанті перевищують прийняті 3 %, економічний ефект від упровадження лінії також збільшиться.

Таблиця 5.7 – Показники окупності проєктних рішень

Показник	Позначення	Значення
Капітальні вкладення	$К_з$	335 500 грн
Річний економічний ефект	$Е_р$	132 229 грн/рік
Строк окупності	$Т_{ок}$	2.54 року
Коефіцієнт економічної ефективності	$Е_к$	0.39
Річна економія праці	$Е_т$	1 825 люд.-год/рік
Річна економія кормів	$Е_{к.н}$	24 988 кг/рік

Наведені показники підтверджують, що проєктні рішення є економічно обґрунтованими. Вони забезпечують не тільки скорочення витрат, а й підвищення рівня механізації виробництва, покращення умов праці та створення передумов для стабільної годівлі тварин. Для малої ферми це має важливе значення, оскільки ефективність виробництва залежить від раціонального використання кожної одиниці техніки та праці.

5.8. Узагальнення техніко-економічних показників проєкту

Узагальнення техніко-економічних показників дає змогу комплексно оцінити результати впровадження запропонованої механізованої лінії роздачі кормів. Порівняно з частково ручною технологією проєктний варіант забезпечує зменшення трудомісткості годівлі з 7,0 до 2,0 людино-годин на добу, тобто на 71,4 %. Річна економія праці становить 1825 людино-годин, що дає можливість ефективніше використовувати персонал на інших виробничих операціях ферми.

Завдяки механізованому перемішуванню, дозованому внесенню premіксів і рівномірному вивантаженню корму втрати кормової суміші зменшуються з 3 % до 1 %. У натуральному виразі це забезпечує економію близько 25 т кормової

суміші на рік. Для ферми на 100 голів така величина є істотною, оскільки корми становлять одну з найбільших статей витрат у тваринництві.

Технологічна перевага запропонованої лінії полягає у поєднанні декількох операцій в одному виробничому циклі. Кормозмішувально-роздавальний агрегат приймає компоненти, змішує їх, транспортує до кормового проходу і видає в годівниці. Змішувач-дозатор преміксів забезпечує точність введення малих компонентів, що особливо важливо для збалансованої годівлі. У результаті зменшується кількість перевантажень, скорочується тривалість циклу та підвищується стабільність раціону.

Таблиця 5.8 – Узагальнені техніко-економічні показники проєкту

Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант
Поголів'я ферми, гол.	100	100
Добова потреба у кормовій суміші, кг	3423	3423
Разова порція кормової суміші, кг	1712	1712
Місткість основного кормозмішувального агрегату, $м^3$	-	5
Трудомісткість годівлі, люд.-год/добу	7.0	2.0
Річна трудомісткість, люд.-год/рік	2 555	730
Втрати кормів, %	3	1
Річні витрати за варіантом, грн/рік	383 340	251 111
Капітальні вкладення, грн	-	335 500
Річний економічний ефект, грн/рік	-	132 229
Строк окупності, років	-	2.54
Коефіцієнт економічної ефективності	-	0.39

Порівняння показників свідчить, що проєктна технологія забезпечує суттєве підвищення організаційно-технічного рівня ферми. У результаті комплексної механізації годівля стає менш залежною від ручної праці, а її якість - більш стабільною. Це створює передумови для підвищення продуктивності тварин, зменшення втрат кормових ресурсів і покращення умов праці.

За прийнятими розрахунковими даними загальні капітальні вкладення становлять 335,5 тис. грн, річний економічний ефект – близько 132,0 тис. грн, а строк окупності - 2,54 року. Отримані значення підтверджують економічну доцільність упровадження механізованої лінії роздачі кормів на малій відгодівельній фермі. Проєктні рішення можуть бути рекомендовані до

впровадження за умови уточнення вартості обладнання, цін на ресурси та фактичних умов господарства.

Таким чином, запропонована комплексна механізація виробничого процесу малої відгодівельної ферми є технічно доцільною та економічно виправданою. Вона забезпечує скорочення трудових витрат, зменшення втрат кормів, підвищення точності дозування преміксів і поліпшення технологічної дисципліни. Найбільш ефективним напрямом реалізації проєкту є впровадження механізованої лінії приготування і роздавання кормів у поєднанні з удосконаленим змішувачем-дозатором преміксів, що відповідає меті кваліфікаційної роботи.

Висновки по розділу

У п’ятому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень щодо комплексної механізації виробничого процесу малої відгодівельної ферми. Визначено капітальні вкладення, річні експлуатаційні витрати, економію праці та кормових ресурсів, річний економічний ефект і строк окупності. Розрахунок показав, що запропонована механізована лінія роздачі кормів потребує 335,5 тис. грн капітальних вкладень, але забезпечує річний економічний ефект близько 132,0 тис. грн.

Встановлено, що основним джерелом економії є скорочення трудомісткості годівлі з 7,0 до 2,0 людино-годин на добу, що за рік дає 1825 людино-годин економії. Додатковий ефект досягається завдяки зменшенню втрат кормової суміші з 3 % до 1 %, що відповідає приблизно 25 т кормів на рік. Строк окупності проєктних рішень становить 2,54 року, що підтверджує доцільність упровадження розробленої технології в умовах малої відгодівельної ферми.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання комплексної механізації виробничого процесу малої відгодівельної ферми з детальною розробкою лінії роздачі кормів. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності виробництва продукції тваринництва, зменшення частки ручної праці, поліпшення якості годівлі тварин та раціонального використання матеріально-технічних і трудових ресурсів господарства.

У першому розділі було проаналізовано стан і особливості функціонування малих відгодівельних ферм, визначено основні технологічні операції, які виконуються у процесі утримання та годівлі тварин. Встановлено, що найбільш трудомісткими процесами на фермі є підготовка, транспортування і роздавання кормів, тому саме ці операції потребують першочергової механізації. Обґрунтовано, що впровадження механізованої лінії роздачі кормів дає змогу підвищити рівномірність видавання кормових сумішей, зменшити втрати кормів і забезпечити стабільність раціону тварин.

У другому розділі розроблено технологічну схему механізованого виробничого процесу малої відгодівельної ферми. Визначено потребу тварин у кормах, обґрунтовано склад машин і обладнання для приготування та роздавання кормових сумішей, а також розглянуто послідовність виконання основних операцій. Запропонована лінія передбачає механізоване завантаження, змішування, дозування, транспортування і роздавання кормів, що дозволяє забезпечити безперервність виробничого процесу та зменшити витрати робочого часу.

У третьому розділі виконано детальну розробку змішувача-дозатора premіксів як важливого елемента лінії приготування кормів. Проведений аналіз існуючих конструкцій змішувачів показав, що серійне обладнання не завжди відповідає умовам малих господарств через значну вартість, великі габарити або підвищену енергоємність. У зв’язку з цим запропоновано удосконалену конструкцію вібраційного змішувача-дозатора, яка забезпечує інтенсивне

перемішування компонентів, рівномірний розподіл премікcів у кормовій суміші та можливість використання безпосередньо в умовах господарства.

Під час конструктивних розрахунків визначено основні параметри змішувача, розраховано місткість робочої камери, силу ваги матеріалу, динамічні навантаження на елементи приводу, а також виконано перевірку шатуна, клинопасової передачі, вала, підшипників і шпонкового з'єднання. Результати розрахунків підтвердили працездатність і достатню міцність запропонованої конструкції. Використання такого змішувача-дозатора у складі кормороздавальної лінії сприяє підвищенню якості приготування кормових сумішей і точності внесення малих доз біологічно активних добавок.

У четвертому розділі розроблено заходи з охорони праці під час експлуатації машин і обладнання малої відгодівельної ферми. Розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати під час роботи кормоцеху, змішувача-дозатора, транспортерів і кормороздавальних машин. Запропоновано організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні заходи, спрямовані на створення безпечних умов праці, зниження ризику травматизму, забезпечення електробезпеки, пожежної безпеки та належного мікроклімату у виробничих приміщеннях.

У п'ятому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованих проєктних рішень. Розраховано капітальні вкладення, експлуатаційні витрати, економію трудових ресурсів, витрати на енергоносії та очікуваний економічний ефект від впровадження механізованої лінії роздачі кормів. Економічні розрахунки показали, що застосування запропонованих технічних рішень дозволяє скоротити витрати ручної праці, підвищити продуктивність обслуговуючого персоналу, зменшити втрати кормів і поліпшити організацію виробничого процесу на фермі.

Запропонована комплексна механізація виробничого процесу малої відгодівельної ферми забезпечує більш раціональне використання кормів, підвищує якість їх підготовки та роздавання, сприяє покращенню умов праці працівників і стабілізації технологічного процесу годівлі тварин. Удосконалена

лінія роздачі кормів є доцільною для впровадження у малих і середніх господарствах, оскільки поєднує технічну простоту, доступність виготовлення, надійність роботи та економічну ефективність.

Отже, мету кваліфікаційної роботи досягнуто. У роботі обґрунтовано необхідність комплексної механізації малої відгодівельної ферми, розроблено технологічну схему лінії роздачі кормів, удосконалено конструкцію змішувача-дозатора premіксів, виконано необхідні інженерні розрахунки, запропоновано заходи з охорони праці та підтверджено економічну доцільність прийнятих проєктних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

2. Братішко В. В., Ткаченко С. І., Шевченко І. А. Машини і обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 550 с.

3. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Заболотько О. О. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : ЦП «Компринт», 2018. 567 с.

4. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Заболотько О. О. Машини та обладнання для тваринництва : посібник-практикум. Київ : Кондор, 2011. 348 с.

5. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва : навчальний посібник. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2015. 300 с.

6. Бусенко О. Т., Скоцик В. Є., Маценко М. І. та ін. Технологія виробництва продукції тваринництва : підручник / за ред. О. Т. Бусенка. Київ : Агроосвіта, 2013. 492 с.

7. Ібатуллін І. І., Мельничук Д. О., Богданов Г. О. Годівля сільськогосподарських тварин : підручник. Вінниця : Нова Книга, 2007. 616 с.

8. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин / І. І. Ібатуллін, Ю. О. Панасенко, В. К. Кононенко та ін. Київ : Вища освіта, 2003. 432 с.

9. Кузьменко В. Ф., Павленко С. І. Механізація виробництва продукції тваринництва : навчальний посібник. Київ : Урожай, 1995. 248 с.

10. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Механізація технологічних процесів у тваринництві : навчальний посібник. Мелітополь : ТДАТУ, 2012. 720 с.

11. Сільськогосподарські машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Агроосвіта, 2015. 679 с.

12. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.

13. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Марченко В. В. Проектування технологічних процесів у тваринництві : навчальний посібник. Київ : Видавничий центр НАУ, 2006. 296 с.

14. Бендера І. М., Рудь А. В., Козій О. І. Проектування технологічних процесів у тваринництві : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011. 564 с.

15. Болтянський Б. В., Болтянська Н. І. Організація технічного сервісу машин та обладнання тваринницьких ферм : навчальний посібник. Мелітополь : ТДАТУ, 2016. 296 с.

16. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Калетнік Г. М. Основи наукових досліджень у механізації сільського господарства : навчальний посібник. Київ : Аграрна наука, 2014. 308 с.

17. Schingoethe D. J. A 100-Year Review: Total Mixed Ration Feeding of Dairy Cows. Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100, No. 12. P. 10143–10150. DOI: 10.3168/jds.2017-12967.

18. Romano E., Brambilla M., Cutini M., Giovinazzo S., Lazzari A., Calcante A., Tangorra F. M., Rossi P., Motta A., Bisaglia C., Bragaglio A. Increased Cattle Feeding Precision from Automatic Feeding Systems: Considerations on Technology Spread and Farm Level Perceived Advantages in Italy. Animals. 2023. Vol. 13, No. 21. Article 3382.

19. Bartali E. H., Jongebreur A., Moffitt D., Wheaton F., eds. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume II: Animal Production and Aquacultural Engineering. St. Joseph, Michigan : American Society of Agricultural Engineers, 1999. 359 p.

20. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підручник. Львів : Афіша, 2003. 560 с.

21. Добровольський В. О., Чернавський С. А., Спиваковський А. О. Деталі машин : підручник. Київ : Вища школа, 1986. 371 с.

22. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : підручник. Київ : Наукова думка, 2002. 660 с.

23. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : Афіша, 2006. 336 с.

24. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В. В. та ін. Основи охорони праці : підручник. Київ : Основа, 2011. 474 с.

25. Покропивний С. Ф. Економіка підприємства : підручник. Київ : КНЕУ, 2006. 528 с.