

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

ЛЕНКО БОГДАН СЕРГІЙОВИЧ

УДК 636.084

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ
ПЕРЕМІЩЕННЯ КОРМІВ З ДЕТАЛЬНОЮ РОЗРОБКОЮ
НАВАНТАЖУВАЧА СИЛОСУ**

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 _____ Ленко Б.С.

Керівник роботи

Грудовий Р.С.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Ленко Богдан Сергійович. Розробка комплексно-механізованої лінії переміщення кормів з детальною розробкою навантажувача силосу. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Кваліфікаційну роботу присвячено розробці комплексно-механізованої лінії переміщення кормів на фермі з детальною розробкою навантажувача силосу. роботі виконано аналіз існуючих методів силосування і систем механізованого завантаження, визначено технічні вимоги до обладнання й оптимальні параметри навантажувача. Розроблено принципову схему комплексно-механізованої лінії, що включає модульні стрічкові та шнекові конвеєри, буферні бункери, автоматизовані дозатори та систему керування, інтегровану з датчиками контролю вологості та рівня корму. Особлива увага приділена конструкторській документації навантажувача силосу, розрахункам основних механічних вузлів та вибору матеріалів, що забезпечують високу міцність, зносостійкість і надійність роботи у складних агрокліматичних умовах. У результаті проєкту запропоновано технічні рішення, що дозволяють підвищити продуктивність лінії на 25 % порівняно з аналогічними системами, зменшити енергоспоживання на 15 % та скоротити витрати на обслуговування за рахунок модульності вузлів. Отримані результати можуть бути впроваджені на середніх і великих фермах, сприяючи підвищенню економічної ефективності тваринництва та збереженню якості кормів.

Ключові слова: корма, силос, механізована лінія, навантажувач, технологія.

ANNOTATION

Bohdan Serhiiovych Lenko. Development of a complex mechanized feed handling line with detailed development of a silo loader. – 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, 2025.

The qualification work is devoted to the development of a complex mechanised feed handling line on a farm with a detailed design of a silage loader. the work analyses existing silage methods and mechanised loading systems, determines technical requirements for equipment and optimal parameters of the loader. A schematic diagram of an integrated mechanised line including modular belt and screw conveyors, buffer hoppers, automated dosing units and a control system integrated with moisture and feed level sensors was developed. Particular attention was paid to the design documentation of the silo loader, the calculation of the main mechanical components, and the selection of materials that ensure high strength, durability, and reliability in difficult agro-climatic conditions. The project resulted in technical solutions that can increase the line's productivity by 25% compared to similar systems, reduce energy consumption by 15%, and cut maintenance costs due to the modularity of the components. These results can be implemented on medium and large farms, helping to increase the economic efficiency of livestock production and maintain feed quality.

Keywords: feed, silo, mechanised line, loader, technology.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ СИЛОСУ.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОРМУ НА ФЕРМІ.....	20
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА НАВАНТАЖУВАЧА СИЛОСУ.....	25
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дослідження полягає у тому, що сучасні тваринницькі ферми потребують високоефективних і економічно доцільних рішень для організації годівлі худоби. Зростання поголів'я та прагнення до збільшення продуктивності вимагають оптимізації технологічних процесів, зокрема переміщення корму від місця заготівлі до годівельних пунктів. Використання ручної праці або недостатньо автоматизованих систем призводить до значних трудовитрат, втрат корму через неякісне транспортування та збільшення строків на підготовку раціону. У зв'язку з цим розробка комплексно-механізованої лінії, що поєднує стрічкові та шнекові конвеєри, буферні бункери й навантажувачі силосу, стає одним із пріоритетних напрямів модернізації агропромислового виробництва.

Особливо актуальною ця проблема є для українських господарств, де динамічний розвиток аграрного сектору супроводжується нестабільністю цін на енергоносії та зростанням витрат на утримання техніки й оплату праці. Впровадження автоматизованих систем дозволяє знизити споживання електроенергії за рахунок оптимізації режимів роботи приводів, а також скоротити втрати кормових ресурсів під час транспортування. Крім того, сучасний навантажувач силосу зі спеціальними ковшами та гідравлічними або електричними приводами здатний забезпечити оперативне завантаження транспортних елементів із мінімальними пошкодженнями кормової маси. Це, своєю чергою, сприяє збереженню його поживної цінності та зменшенню витрат на дочасну утилізацію неякісного корму.

Наявність модульної структури лінії дає змогу адаптувати її до різних масштабів виробництва — від середніх сімейних ферм до великих агрохолдингів. Урахування агрокліматичних умов України, у тому числі сезонних коливань температури та вологості, робить необхідним розробку навантажувача, який витримує інтенсивне абразивне навантаження та працює в широкому діапазоні температур. Окрім зростання продуктивності годівлі,

автоматизація процесу переміщення корму сприятиме підвищенню безпеки праці, оскільки зменшується кількість фізичних операцій із важкими вантажами. Загалом, реалізація такого проєкту відповідає стратегічним цілям аграрної політики України щодо підвищення конкурентоспроможності продукції тваринництва та раціонального використання ресурсів.

Мета роботи: розробити комплексно-механізовану лінію переміщення кормів на фермі з урахуванням особливостей агрокліматичних умов та потреб тваринницького господарства, а також здійснити детальну конструкторську розробку навантажувача силосу, який забезпечить безпечне, ефективне й енергоощадне завантаження кормової маси в транспортні елементи лінії.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі **завдання:**

- проаналізувати існуючі технології та технічні рішення з транспортного переміщення кормів на фермах, виявити їхні переваги й недоліки з точки зору продуктивності, енергоспоживання та збереження якості корму;
- визначити технічні та експлуатаційні вимоги до комплексно-механізованої лінії переміщення кормів і, зокрема, до навантажувача силосу, враховуючи особливості агроклімату України;
- Розробити загальну принципову схему комплексно-механізованої лінії, що включає модульні стрічкові та шнекові конвеєри, буферні бункери, розподільчі жолоби та систему автоматичного керування з відповідними датчиками вологості й рівня корму;
- здійснити конструкторську розробку навантажувача силосу: спроектувати несучу раму, механізм підйому та ковш завантаження, розрахувати параметри приводу (редуктор, електродвигун), вибрати матеріали для основних елементів, що забезпечать високу міцність і зносостійкість;
- провести розрахунки міцності й довговічності вузлів навантажувача під впливом абразивного та циклічного навантаження, а також визначити оптимальні гідравлічні (або електричні) схеми керування механізмом підйому.

Об'єктом дослідження є технологічний процес переміщення силосу та інших кормових мас на фермерському господарстві за умов високої інтенсивності виробництва тваринницької продукції. Це включає комплекс устаткування та організаційних заходів, що забезпечують заготівлю, зберігання, завантаження, транспортування, дозування і подачу силосу від місця заготівлі до годівельних пунктів.

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні рішення комплексно-механізованої лінії переміщення кормів, з особливим акцентом на детальну розробку навантажувача силосу.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Грудовий Р.С., **Ленко Б.С.** Веремій Т.Б., Федорчук А.О., Шевчук О.А. Переваги та недоліки різних технологій заготівлі силосу. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія» 11 квітня 2025 року м. Житомир / МОН України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Видавничий центр ЖАТФК України, 2025. С. 104-106.

2. Герасимчук Д.В., **Ленко Б.С.** Роль силосу у збалансованому харчуванні ВРХ. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 128-130.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів полягає передусім у впровадженні розробленої комплексно-механізованої лінії переміщення кормів на діючих фермах, що дозволяє суттєво підвищити ефективність і безпеку технологічного процесу годівлі. Запропоновані конструктивні рішення навантажувача силосу дають змогу скоротити витрати ручної праці на 30–40 %, оскільки усувається необхідність ручного завантаження корму.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 24 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 36 сторінок комп'ютерного тексту, містить 3 рисунки та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1

ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ СИЛОСУ

Силос є одним із ключових елементів сучасної системи годівлі тварин. Він забезпечує збереження високоякісної кормової маси протягом усього року. Завдяки силосу фермери можуть бути впевнені у стабільному постачанні кормів у зимовий період. Сучасні технології виготовлення силосу дозволяють мінімізувати втрати поживних речовин. Правильне проведення процесів підготовки та закладання матеріалу забезпечує високу якість корму. Важливість силосування полягає також у підвищенні ефективності використання площі угідь. Замість заготовки сіна або соломи силосування дозволяє зберегти значну кількість продуктивної зеленої маси. Крім того, силос має високу енергетичну цінність та сприяє поліпшенню продуктивності тварин. В Україні силосування отримало широке поширення серед господарств різного масштабу [2].

Під силосом зазвичай розуміють продукт ферментації подрібненої зелені або кукурудзи за анаеробних умов. Основною метою отримання силосу є створення оптимальних умов для розвитку молочнокислих бактерій. Ці бактерії перетворюють цукри та крохмаль у молочну кислоту. Завдяки цьому процесу знижується рН середовища та пригнічується ріст патогенних мікроорганізмів. В результаті отримують стабільний корм, який зберігає більшість поживних речовин. Силос має високу засвоюваність і сприяє підтриманню здорового травлення у тварин. До того ж, силос може зберігатися довше, ніж свіжий корм, без втрат якості. Якість силосу залежить від правильної підготовки сировини та підтримання оптимальних умов ферментації. Недостатня герметизація або неправильне співвідношення вологи можуть призвести до загнивання маси. Тому особлива увага приділяється стадії закладання та ущільнення силосної маси [3-4].

Історія використання силосу бере початок ще в XIX столітті. Перші методи консервування зелених кормів застосовувалися в Європі. Фермери швидко відзначили економічність такого підходу та його переваги у збереженні

поживних речовин. З розвитком промислового тваринництва попит на якісні корми значно зріс. У ХХ столітті з'явилися вдосконалені конструкції сталевих та бетонних силосів. Упровадження новітніх технологій різання, транспортування та ущільнення сприяло поширенню методу. В Україні масове застосування силосу почалося у другій половині ХХ століття. До цього на сільгосппідприємствах більше використовували сіно й соломку. З часом стандарти якості та технологічні рекомендації були адаптовані до місцевих умов. Сьогодні українські фермери активно впроваджують інноваційні підходи до силосування [5-7].

Для виготовлення силосу можна використовувати різноманітні культури. Найпоширенішими є кукурудза, злакові трави, бобово-злакові сумішки та сорго. Кукурудзяний силос характеризується високим вмістом крохмалю та енергії. Злакові трави містять більше білка, але мають нижчу енергетичну цінність порівняно з кукурудзою. Бобово-злакові суміші дозволяють отримати збалансований корм з оптимальним співвідношенням білків і енергії. Сорго доцільно використовувати у посушливих регіонах через стійкість до дефіциту вологи. При виборі культури слід враховувати кліматичні умови та наявність техніки для збирання. Також важливим є строк досягання культури та вміст сухої речовини на момент дозрівання. Якість консервації значною мірою залежить від правильного підбору сировини. Недозрілий або перезрілий матеріал знижує ефективність ферментації та поживні властивості корму [5-7].

Визначення оптимального часу збирання є критичним етапом виробництва силосу. Для кукурудзи рекомендується проводити збирання, коли вологість зерен становить близько 65%. Злакові трави заготовляють у фазі початку цвітіння або наливання зерна. У цей період вміст цукрів та білків є максимальним, а концентрація клітковини ще не надто висока. Більш ранній збір призводить до низького вмісту сухої речовини, що ускладнює ущільнення. Пізня заготівля збільшує рівень клітковини та знижує засвоюваність корму. При визначенні термінів слід враховувати погодні умови та інтенсивність опадів. Затримки збирання можуть призвести до втрат частини урожаю через

пошкодження рослинами або руйнування качанів. Тому важливо планувати збирання з урахуванням прогнозу погоди. Дотримання цих рекомендацій забезпечує оптимальні умови відновлення високоякісного силосу [6].

Після збирання сировина подрібнюється на частини певної довжини. Оптимальна довжина подрібненої маси зазвичай становить від 3 до 6 см. При цьому забезпечується ефективне ущільнення та зменшується проникнення кисню. Подрібнювачі можуть бути стаціонарними або тракторними навісними. Вибір обладнання залежить від масштабу господарства та доступного бюджету. Якісний подрібнювач забезпечує рівномірні частки і мінімізує втрати. Після подрібнення бажано провести попереднє в'янення, щоб досягти вмісту сухої речовини 30–35%. В'янення дозволяє знизити вологість та полегшити ущільнення. При сильному в'яненні може знизитися вміст цукрів, тому важливо дотримувати оптимального часу в'янення. Невчасне або нерівномірне в'янення знижує якість заготівлі та збільшує ризик псування [9, 10, 12-17].

Контроль вологості сировини є одним із найважливіших аспектів при виготовленні силосу. Ідеальною вважається вологість в межах 60–70% для кукурудзяного силосу та 65–75% для трав'яного. Якщо вологість занадто висока, ущільнення стає складнішим, а ризик спучування зростає. Занадто низька вологість приводить до дефіциту молочнокислих бактерій та утворення дріжджів. Для визначення вологості використовуються вологоміри або лабораторні методи аналізу. Ретельний контроль дозволяє своєчасно скоригувати час в'янення або змінити склад сировини. Для трав'яних сумішей може бути доцільним додавання води у разі надмірного висихання маси. У випадку кукурудзи, при високій вологості іноді використовують допаласний зменшувач. Незалежно від культури, основною метою є досягнення рівномірного вмісту вологи. Це гарантує ефективну ферментацію і довготривале зберігання корму [5-7].

Процес силосування передбачає створення анаеробних умов, що сприяють розвитку молочнокислих бактерій. Після ущільнення маси кисень витрачається протягом перших декількох годин. Згодом розпочинається

основна фаза бродіння, яка триває приблизно 2–3 тижні. У цей період відбувається швидке зниження рН до приблизно 4,0–4,5. Оптимальна температура для ферментації становить 25–35 °С. При вищих значеннях може виникнути ризик росту небажаних мікроорганізмів. Якщо температура опускається нижче 10 °С, ферментація сповільнюється. Тривалість процесу залежить від сорту сировини та щільності ущільнення. Після завершення бродіння структура силосу стає стабільною. Саме тоді можна вважати, що корм готовий до використання [9-12].

Для успішного силосування важливу роль відіграє природна мікрофлора рослин. Молочнокислі бактерії, які знаходяться на поверхні листя та стебел, запускають процес ферментації. У перші години після ущільнення відбувається активне розмноження цих бактерій. Вони споживають цукри та перетворюють їх на молочну кислоту. Крім того, молочна кислота знижує рН середовища, пригнічуючи розвиток патогенних мікроорганізмів. У випадку недостатньої кількості бактерій ферментація може бути неповною. Тому іноді використовують бактеріальні закваски для пришвидшення процесу. Закваски містять штами *Lactobacillus*, *Pediosoccus* та інших корисних бактерій. Використання бактеріальних препаратів дозволяє отримати стабільніший продукт. Однак навіть без додаткових заквасок якісна сировина забезпечує успішне бродіння за умови правильного ущільнення [12-14].

Додавання кормових добавок до силосу може покращити процес бродіння. Наприклад, молочнокислі закваски сприяють більш швидкому зниженню рН. Силікатні добавки, такі як хлорид кальцію, можуть сприяти притисненню маси. Ензимні препарати розщеплюють клітинні стінки, збільшуючи доступ бактерій до цукрів. Використання цукрових дріжджових штамів може запобігти зростанню дріжджів. Мінеральні добавки забезпечують збалансоване постачання макро- та мікроелементів. Біологічно активні речовини сприяють підтриманню імунного статусу тварин. Однак про необхідність добавок слід судити за результатами аналізу сировини. Зайві або

невиправдані витрати можуть знизити рентабельність заготівлі. Тому кожен господар має індивідуально обирати необхідні компоненти [12-13].

Існують різні типи конструкцій для зберігання силосу. Стаціонарні вертикальні силоси зазвичай виконуються з бетону або сталі. Вони забезпечують високу щільність ущільнення та мінімальні втрати. Однак їх облаштування вимагає значних капіталовкладень. Для менших господарств більш доцільні траншейні або ямні способи зберігання. Такі ємності можна організувати з використанням ґрунтових укосів, лінійних бортиків або поліетиленових ізоляційних плівок. Плівкові тунелі (рис.1.1.) або силосні мішки підходять для мобільного використання. Вони легко встановлюються і демонтуються, але мають обмежений термін експлуатації. При виборі типу конструкції слід враховувати доступність матеріалів та кліматичні особливості. Важливо забезпечити надійне ущільнення та герметизацію для створення анаеробних умов [14-15].



Рис. 1.1. Зберігання силосу в «рукавах».

Для траншейного силосування на поверхні поля виривають котлован або траншею. Глибина та ширина залежать від планованого обсягу заготівлі. Стіни траншеї вирівнюють та ущільнюють ґрунт для запобігання проникнення кисню. Дно траншеї часто вистилають шаром глини або плівкою для гідроізоляції.

Після цього подрібнена сировина укладається шарами по 20–30 см. Кожен шар ретельно ущільнюють спеціальною технікою або вручну за допомогою копитних тварин. Ущільнення необхідне для видалення повітря та підвищення щільності маси. По закінченні укладання поверхню накривають плівкою та присипають шаром піску або ґрунту. Це дозволяє уникнути доступу кисню та опадів. Правильне виконання цих операцій гарантує тривалий термін зберігання та мінімальні втрати [5-8].



Рис. 1.2. Сучасна траншея для зберігання силосу.

Вертикальні силоси можуть мати круглу або прямокутну форму. Оптимальна висота забезпечує ефективне ущільнення та збереження маси. Подача сировини здійснюється зверху за допомогою шнекових систем або конвеєрів. Ущільнення відбувається за рахунок власної ваги корму та спеціальних ущільнюючих платформ. Герметизація досягається завдяки використанню важких плит або металевих ковпаків. Внутрішні стіни силосу часто оброблені спеціальним захисним покриттям. Це перешкоджає прилипанню маси та пошкодженню конструкцій. Збір готового силосу може здійснюватися через нижній люк або за допомогою шнеків. Ретельний контроль стану стінок та щілин необхідний для запобігання втраті герметичності.

Регулярний технічний огляд дозволяє підтримувати високі стандарти збереження корму [6, 7].

Процес ущільнення є одним із найважливіших етапів у виготовленні силосу. Він визначає рівень доступного кисню в заглибленій масі. Максимальне ущільнення досягається водночас за рахунок ваги корму та додаткового тиску техніки. Трактори з широкими колесами або спеціальні ролики забезпечують рівномірний тиск. Допускається рухатися по кожному шару мінімум 4–6 разів для досягнення потрібної щільності. Ущільнення є важливим для зменшення ризику пінистої ферментації. Недостатнє ущільнення призведе до утворення щілин та псування верхніх шарів. Надмірне ущільнення може викликати витік соку та втрати поживних речовин. Тому необхідно дотримуватися рекомендацій виробників техніки. Кожен господар має враховувати індивідуальні властивості сировини та конструкції сховища.

Плівка, яка використовується для накриття силосу, повинна бути міцною та герметичною. Зазвичай застосовують поліетилен високої щільності товщиною від 200 до 300 мікрон. Плівка розгортається по всій поверхні ущільненої маси. Для захисту її від пошкоджень зверху кладуть шар піску, ґрунту або гумових покришок. Такий захист запобігає проникненню ультрафіолету та механічним розривам. Плівкові тунелі зручні для малих господарств, оскільки легко монтуються та знімаються. При використанні тканой або армованої плівки забезпечується додаткова стійкість до розривів. Важливо уникати зморшок та складок під плівкою для запобігання утворенню каналів доступу повітря. При правильній герметизації силос зберігається у доброму стані протягом 12–18 місяців. Після цього терміну рекомендується здійснити повторне дослідження якості корму перед використанням [11].

Під час ферментації відбувається низка фізіологічних змін у силосній масі. Зниження рН створює несприятливі умови для анаеробних клостридій. У початковій фазі відбувається швидке накопичення молочної кислоти. Згодом утворюються оцтова та пропіонова кислоти в невеликих кількостях. Ці речовини сприяють збереженню білків та зниженню протеолітичних процесів.

Температура у самому масиві спочатку зростає до 35–40 °С, а потім знижується. Надмірне підвищення температури може свідчити про інтенсивний розвиток небажаних мікроорганізмів. Використання термометрів для контролю температури є обов'язковим. Зміна кольору та запаху маси може бути сигналом початку псування. Регулярний контроль тиску в бункерах також допомагає вчасно виявляти проблеми [14].

Однією з проблем силосування є розвиток спучування у процесі бродіння. Спучування спричинюється активною газоутворюючою діяльністю аеробних бактерій. Воно може призвести до підняття плівки та порушення герметичності. Щоб уникнути цього, важливо видалити кисень якнайшвидше після закладення. Додавання дефенстринів або ферментних добавок може знизити газоутворення. У разі виникнення спучування слід тимчасово зменшити кількість шарів ущільнення. При надмірному спучуванні можливе утворення цвілі та псування маси. Запобігти спучуванню допомагає також попереднє в'янення маси. Техніка, що забезпечує однорідне ущільнення без залишків пустот, є ключовою. Раннє виявлення проблем дозволяє скоригувати технологію та зменшити втрати.

Оцінка якості готового силосу здійснюється за різними критеріями. Візуально звертають увагу на колір: він повинен бути від світло-зеленого до жовтого. Силос не повинен мати темних плям та ознак цвілі. Запах повинен бути кисломолочним, без сторонніх ноток. Смак повинен бути приємним, без гіркоти та солодкуватості. Найбільш точні показники отримують за допомогою лабораторного аналізу. Визначають вміст сухої речовини, протеїну, цукрів та вітамінів. Оцінюють також кислотність та ступінь зневоднення маси. Результати допомагають скоригувати годівлю та визначити кількість до видачі. Регулярний моніторинг якості дозволяє підтримувати стабільні результати у тваринництві [3].

Силос є основним компонентом раціону для великої рогатої худоби. Висока енергетична цінність сприяє збільшенню надоїв молока у корів. Для молодняку використання силосу підтримує оптимальне зростання та розвиток.

Ялові тварини отримують необхідні поживні речовини для набору маси. У свинарстві силос може використовуватися як додаткове джерело клітковини. Однак варто обмежувати кількість силосу у раціоні поросят через високу кислотність. У птахівництві силос частіше застосовують у фазі вирощування ремонтних груп. Вівці та кози також добре реагують на якісний силос у раціоні. Порції повинні бути збалансованими за іншими компонентами корму. Недотримання норм може призвести до проблем з травленням та продуктивністю [9].

Ефективне використання силосу в годівлі потребує правильної організації робочих процесів. Силос можна видавати окремо або змішувати з концентратами та іншими кормами. Для раціонального використання рекомендується застосування силосоподібних мішаний кормів. Змішані раціони знижують ризик вибіркового годування тварин. Кількість силосу у раціоні визначають залежно від віку, продуктивності та стану здоров'я тварини. При змінах виду корму необхідно проводити поступовий перехід, щоб уникнути порушень травлення. Використання силосних раціонів вимагає забезпечення постійного доступу до чистої питної води. Також слід дотримуватися гігієнічних норм під час видачі корму. Регулярний контроль залишків силосу допомагає уникнути псування та утворення шкідливих домішок. Важливо забезпечити чистоту контейнерів та годівниць для запобігання забруднень.

Використання силосу має значні економічні переваги для господарства. Він є більш рентабельним порівняно з заготовкою сухого сіна. Зниження залежності від погодних умов дозволяє планувати кормозаготівлю завчасно. Силосування дозволяє перетворювати надлишки продукції на якісний корм. Розподіл витрат на обладнання окупається вже в наступному сезоні. Крім того, зберігається більша частка поживних речовин, що позитивно позначається на продуктивності тварин. Зменшуються витрати на транспортування та зберігання, порівняно з засушеним сінажем. Також скорочуються втрати вологи та корисних сполук під час зберігання. Ефективне використання площі під

силосні траншеї сприяє раціональному розміщенню культур. Всі ці чинники підвищують конкурентоспроможність господарства на ринку.

Крім економічних, силос задає також екологічні переваги. Використання злакових та кукурудзяних залишків зменшує відходи після збору врожаю. Органічні речовини, що залишаються після подрібнення, сприяють поліпшенню структури ґрунту. Внесення витратних вод від силосних ям у ґрунт може виступати як добриво. Однак потрібно контролювати концентрацію аміаку та нітратів. Зменшується забруднення навколишнього середовища порівняно з традиційними методами зберігання. Утилізація залишків силосу після видачі корму дозволяє уникнути накопичення відходів. Наявність герметичних сховищ знижує ризик викиду метану у атмосферу. Тим самим зменшується парниковий ефект на локальному рівні. Комплексний підхід до силосування сприяє сталому розвитку агропромислового сектору.

Однак виробництво силосу має свої виклики та обмеження. Однією з головних проблем є залежність від погодних умов у період збирання сировини. Тривалі дощі можуть затримувати роботи та збільшувати вологість матеріалу. Низька вологість також може створювати труднощі з ущільненням. Будівництво та утримання сховищ вимагає певних капіталовкладень. Недостатня кваліфікація персоналу може призводити до помилок у технології. Відсутність доступу до якісного обладнання знижує ефективність процесу. Втрата частини поживних речовин може становити до 30% у разі порушення технології. Крім того, неправильне зберігання може спричиняти утворення токсичних сполук. Тому регулярний моніторинг та навчання працівників є необхідними [14].

Сучасні технології силосування постійно розвиваються, пропонуючи нові рішення. Застосовуються датчики для контролю температури та кисню всередині маси. Використання автоматизованих систем дозволяє вчасно виявляти ризики псування. Дрони з тепловізорами можуть перевіряти рівномірність ущільнення на великих площах. Біотехнологічні розробки спрямовані на створення нових заквасок із підвищеною ефективністю. Іонні

сорбенти та сорбційні мембрани дозволяють контролювати виділення газів. Використання принципів точного землеробства допомагає визначати оптимальні строки збирання. Роботи та автоматичні пристрої полегшують процес ущільнення та упаковки. Системи збору даних у реальному часі забезпечують швидке прийняття рішень. Впровадження інноваційних підходів сприяє підвищенню якості та економічної ефективності.

В Україні приклади успішного використання силосу можна знайти в різних агрохолдингах. Багато господарств у західних регіонах активно заготовляють кукурудзяний силос. У південних областях популярними є трава та сорго-силос через посушливий клімат. Державні програми підтримки аграріїв сприяють модернізації обладнання. У деяких господарствах впроваджують систему контролю вологості та температури за допомогою мобільних додатків. Співпраця з науково-дослідними інститутами дає змогу отримувати нові бактеріальні закваски. Деякі фермери об'єдналися у кооперативи для спільного використання силосного обладнання. Результатом стало зменшення витрат та підвищення якості корму. Позитивний досвід поширюється через агротехнічні виставки та семінари. Це стимулює розвиток культури ефективного використання силосу в Україні [12].

Отже, виготовлення та використання силосу є невід'ємною складовою сучасного тваринництва. Правильний вибір сировини, дотримання технології та контроль якості гарантують високі результати. Силос забезпечує стабільність у годівлі та підвищує продуктивність тварин. Крім того, це економічно вигідно і екологічно безпечно. Сучасні інноваційні рішення допомагають оптимізувати процеси та мінімізувати втрати. В Україні вже накопичено значний досвід у галузі силосування. Подальший розвиток технологій та поширення знань серед фермерів сприятимуть сталому розвитку галузі. Важливо продовжувати інвестувати у навчання та обладнання для забезпечення якості. Тільки тоді силос зможе виконувати свою функцію максимізувати ефективність виробництва кормів. Перспективи розвитку сфери силосування пов'язані з інтеграцією новітніх технологій і ефективним управлінням ресурсами.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОРМУ НА ФЕРМІ

Розробка комплексно-механізованої лінії переміщення корму на фермі починається з визначення потреб тваринницького господарства у добовій нормі корму. Для цього необхідно розрахувати кількість тварин, їх продуктивні групи та середні показники споживання корму. Виходячи з отриманих даних, визначають потрібну пропускну здатність лінії транспортування, що враховує сезонні коливання та можливі надлишки запасів. Наступним кроком є підбір оптимального розташування складів кормів, кормосховищ та пунктів видачі. Мінімізація відстаней від складів до місць годування з огляду на планування ферми дозволяє зменшити витрати часу та енергії. Крім того, слід врахувати доступність техніки для обслуговування лінії та можливість її подальшого розширення. На цьому етапі також визначаються основні технічні вимоги до обладнання: продуктивність, потужність, енергоспоживання та рівень автоматизації [1-3].

Основним елементом комплексно-механізованої лінії є система подачі корму з центрального складу до кормових пунктів. Часто використовують стрічкові чи шнекові конвеєри, що забезпечують безперервний та регульований потік кормової суміші. Стрічкові транспортери вирізняються високою продуктивністю та можливістю переміщення як дрібного, так і крупнофракційного корму. Шнекові конвеєри, у свою чергу, зменшують втрати матеріалу під час транспортування та компактніші в установці. Для забезпечення гнучкості лінії доцільно передбачити модульність — можливість додавання або заміни елементів без зупинки всього процесу. Також важливо обладнати конвеєри системою автоматичного натягу та регулювання швидкості руху стрічок чи валів шнека. Для підтримки температурного режиму корму в зимовий період можуть бути встановлені обігрівальні елементи або ізоляційні кожухи [7-12].

Вибір оптимального обладнання для дроблення та змішування кормів є ключовим для забезпечення однорідності складу суміші. Дробарки зерна повинні забезпечувати потрібний розмір частинок, щоб запобігти відсіюванню та полегшити перетравлювання корму тваринами. Змішувачі (ріжучі або барабанного типу) мають гарантувати рівномірне поєднання компонентів — грубих, концентрованих та мінеральних добавок. Правильне дозування кожного інгредієнту здійснюється за допомогою вагових систем та дозаторів з високою точністю ($\pm 0,5\text{--}1\%$). Для зменшення виробничих втрат рекомендується застосовувати інерційні лопаткові змішувачі, які зберігають форму компонентів та запобігають подрібненню вітамінно-мінеральних добавок. Важливо передбачити легкий доступ до барабана чи камери змішування для проведення гігієнічних заходів. Таймінги циклів розраховуються на підставі нормативів по густині кормової суміші та продуктивності лінії [4, 5, 7, 9].

Система оперативного зберігання кормів забезпечує безперервність процесу за рахунок буферних резервуарів. Залежно від масштабу ферми, це можуть бути бункери ємністю від 5 до 50 тонн із вбудованими системами датчиків рівня. Бункери розміщують поруч із місцями приготування корму, щоб мінімізувати час подачі та знизити витрати енергії на транспортування. Днища бункерів мають конусну форму для рівномірного вивантаження та запобігання застою кормової суміші. Обов'язково організують систему вентиляції для підтримки оптимального рівня вологості та запобігання утворенню плісняви. У разі потреби встановлюють охолоджувальні або обігрівальні контури для збереження властивостей корму при екстремальних температурах. Для автоматичного контролю залишків у бункері використовують ультразвукові або радарні датчики, інтегровані у загальну SCADA-систему.

Мережа розподільчих лотків і жолобів забезпечує точне доставляння корму до місць годування у стійлах або до кормових столів. Планування розташування кожного жолоба враховує ширину проходів та доступність обслуговуючої техніки. Матеріал виготовлення — харчова сталь або полімери,

стійкі до дії кислот і абразивних компонентів, що забезпечує легке очищення. Висота монтажу жолобів повинна бути регульованою, враховуючи зріст тварин і можливість зміни порід. Для розподілення корму застосовують поворотні розподільчі вузли, які автоматично скеровують суміш у різних напрямках за заданою схемою. Для уникнення перевантаження лінії використовують заслінки та клапани, керовані серводвигунами. Під час проєктування особливу увагу приділяють мінімізації куточків і стиків, де може накопичуватися корм і утворюватися затори.

Для забезпечення моніторингу та автоматичного управління всіма ланками лінії впроваджують єдину систему керування (PLC або мікроконтролери). Кожен конвеєр, дозатор, перемикач або заслінка під'єднані до центрального пульта управління, що дозволяє задавати добову програму годування з урахуванням біоритмів тварин, змін у рецептурі та сезонності. За допомогою вагових датчиків на бункерах контролюють залишок корму та своєчасно запускають поповнення з центрального складу. Система також обробляє сигнали з датчиків вологості, температури та руху, щоб запобігти аварійним ситуаціям: перекосу стрічок чи загрозі загоряння електродвигунів через перевантаження. Для віддаленого моніторингу використовують GSM- або радіомодулі, які передають дані на хмарний сервіс. Це дає змогу керівнику або технологу контролювати процес та вносити корективи у режим роботи навіть у відсутності на фермі.

Під час будівництва лінії значну роль відіграють інженерні мережі: електропостачання, водопостачання, каналізація та вентиляція приміщень. Для кожного приводу конвеєра передбачений окремий автоматичний вимикач і захист від перевантаження струму. Кабелі прокладають у каналах або під землею в захисних трубах, щоб уникнути потенційних механічних пошкоджень. Розташування розеток і щитків планують так, щоб було зручно обслуговувати обладнання та проводити профілактичні роботи. Система вентиляції приміщень, де розташовані бункери та змішувачі, має забезпечувати видалення пилу та надлишкової вологи. Щоб уникнути конденсації на стінках,

використовують вентилятори з підігрівом повітря. Каналізація призначена для відведення стічних вод після санітарних заходів. Все це створює комфортні умови праці та гарантує довготривалу експлуатацію лінії.

Випробування та налагодження комплексно-механізованої лінії є важливим етапом. Спочатку проводять окремі тестові запуски кожного конвеєра та дозатора з різними видами кормових сумішей, щоб перевірити працездатність. Переконаються, що немає перекосів стрічок, заторів у шнеках і рівномірного подавання корму без перебоїв. Потім здійснюють повний тестовий прогін лінії з відпрацюванням сценаріїв дозування, відключення та аварійної зупинки. Під час випробувань фіксують показники: споживання електроенергії, продуктивність та час подачі. На підставі зібраних даних коригують швидкість конвеєрів, час роботи змішувача та налаштовують алгоритми PLC. Періодичне повторення випробувань необхідне після технічного обслуговування чи заміни вузлів. В результаті отримують детальний протокол пусконаладжувальних робіт, що лягає в основу технічної документації.

Експлуатація комплексно-механізованої лінії переміщення корму вимагає регулярного технічного обслуговування та контролю зношення деталей. Перевірка стану стрічок, шнеків і роликів здійснюється відповідно до технічного регламенту — щомісяця або за наробкою певної кількості годин. Змащення підшипників, регулювання натягів та своєчасна заміна зношених сегментів запобігають аваріям. Для продовження строку служби електродвигунів та редукторів встановлюють вібраційні датчики, які сигналізують про дисбаланс чи підвищений нагрів. Освітлення та санітарний стан кормозмішувального приміщення мають відповідати нормативам безпеки праці. Щоквартальна перевірка цілісності пусконаладжувальної системи та оновлення програмного забезпечення контролерів забезпечує стабільну роботу. Періодичне навчання персоналу правильним діям під час аварійних ситуацій мінімізує час простою. Дотримання технічних рекомендацій сприяє

довготривалому та безперебійному процесу годування тварин із мінімальними втратами корму [3].

Розрахунок механізованої лінії переміщення корму на фермі представлено в додатку А.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА НАВАНТАЖУВАЧА СИЛОСУ

3.1 Конструкція та принцип роботи навантажувача

Запроектований навантажувач призначений для завантаження силосу з траншей і експлуатується в агрегаті з тракторами серії МТЗ. Конструктивно він включає дві навісні панелі, які кріпляться до лонжеронів трактора та знизу з'єднуються швелером із кронштейнами, а також раму підйому, шарнірно приєднану до цих панелей. Підйом і опускання рами забезпечуються двома двосторонніми гідроциліндрами. Спереду на рамі змонтовано ніж для захоплення силосу.

Щоб знизити навантаження на корпус муфти зчеплення, картер маховика та лонжерони трактора, навісні панелі обладнані розвантажувальним пристроєм, що під'єднується до рукавів півосей. Управління механізмами навантажувача та робочими органами здійснюється безпосередньо з кабіни водія за допомогою рукояток гідророзподільника трактора.

3.2 Конструкція та функціонування складових частин навантажувача

Кожна панель навіски виконана як зварена металева конструкція, що складається з вертикальної стійки та горизонтальної балки. На вертикальній стійці передбачено кронштейни для кріплення рами підйому, а також окремі вушка для монтажу гідроциліндрів, які забезпечують переміщення рами. У нижній частині стійки вмонтований додатковий кронштейн із трьома отворами, призначений для фіксації швелера з кронштейнами. Також на панелі розташована планка, до якої кріпиться тяга розвантажувального пристрою.

Балка оснащена трьома отворами спереду й трьома ззаду, через які вона фіксується до лонжерона трактора. Швелер із закріпленими кронштейнами виконує роль зв'язку між панелями навіски; всередині нього розташовані

трубопроводи гідросистеми, що подають масло до шлангів гідроциліндрів підйомної рами. По обох кінцях розпірної труби приварені кронштейни з отворами для монтажу до панелей навіски.

Підйомна рама виконана з двох стріл, зварених між собою трубою. На обох кінцях кожної стріли розміщені однакові втулки, які використовуються як для кріплення рами до панелей навіски, так і для монтажу робочого органу на раму. У центральній частині стріл розташовані отвори для фіксації штоків гідроциліндрів, що піднімають раму.

На стрілах також приварені кронштейни з отворами для встановлення гідроциліндрів перекидання блок-різака. По лівій стрілі та уздовж з'єднувальної труби прокладені трубопроводи, які забезпечують подачу оливи до гідроциліндрів, що встановлюють робочий орган на раму підйому.

Гідроциліндри навантажувача виконані за стандартами й додатково обладнані трубопроводами, арматурою та запірною фурнітурою. При їх розбиранні й збиранні необхідно дотримуватися таких вимог:

- захищати гідроциліндри від запиленості та деталей від механічних пошкоджень, тому роботи виконувати на дерев'яних верстаках і столах; особливу увагу приділяти захисту хромованих поверхонь штоків, оскільки пошкодження хрому або утворення вм'ятин призводить до руйнування ущільнювальних кілець і витікання рідини;
- при встановленні ущільнювачів слід перевіряти, щоб вони не були перекручені;
- перед повторною установкою мідних прокладок проводити їх відпал.

Розвантажувальний пристрій монтується по боках трактора й складається з тяги з лівою різьбою та тяги з правою різьбою. Обидві тяги з'єднані між собою регулювальною гайкою, яка забезпечує необхідний натяг.

Блок-різак навантажувача виконаний у вигляді рами, до якої закріплено одинадцять нижніх пальців, та ножа, що приводиться в рух двома гідроциліндрами. По боках ножа встановлені відрізні пластини з загостреними

кромками, а передня робоча кромка має форму гострих зубців для забезпечення більш ефективного заглиблення в силосну масу. На задній стінці рами приварені дві пари кронштейнів з монтажними отворами, призначеними для навішування ножа на підйомну раму й приєднання гідроциліндрів перекидання.

Гідросистема агрегату включає в себе гідросистему трактора та додаткову гідросистему навантажувача, яка забезпечує управління підйомною рамою та відрізним механізмом.

Гідросистема навантажувача містить шість поршневих гідроциліндрів, комплект арматури, гідромагістралі й необхідні монтажні елементи.

Гідравліка навантажувача призначена для керування такими гідроциліндрами:

1. Циліндри підйому рами;
2. Циліндри перекидання блок-різака;
3. Циліндри підйому ножа.

Як робоча рідина в системі навантажувача використовується та ж олива, що й у гідросистемі трактора, до якого приєднаний навантажувач. Рідина для наповнення гідросистеми має бути в запломбованій тарі й оснащена паспортом, що підтверджує її відповідність вимогам ДСТУ. Якщо запломбованої тари немає, дозволяється заливати в систему оливу з відкритої тари за умови наявності паспорта відповідності ДСТУ, а також після її відстоювання та фільтрації через три шари марлі.

Категорично забороняється застосовувати робочу рідину, що вже була в експлуатації, або містить механічні домішки чи вологу, а також змішувати оливи різних марок. Заміна робочої рідини в гідросистемі навантажувача має виконуватись відповідно до інструкції, що додається до трактора. При знятті й повторному встановленні навантажувача необхідно перевірити, чи робочі оливи в навантажувачі та в тракторі однакові. Якщо вони відрізняються, слід злити оливу з гідросистеми навантажувача, промити її дизельним паливом і заповнити систему тією ж рідиною, що використовується в гідросистемі трактора.

Один із трубопроводів, вмонтованих у швелер із кронштейнами, обладнаний дроселем для уповільнення опускання підйомної рами. Коли рукоятка розподільника встановлена в «плаваюче» положення, олива починає стікати з гідроциліндра рами. У такому випадку дросель прилягає до малого отвору в кутнику, і рідина проходить лише через центральний отвір діаметром 3,5 мм, що забезпечує поступове опускання рами.

Під час підйому рами напрямок потоку оливи змінюється. Тоді дросель притискається до великого отвору кутника й дає змогу рідині вільно проходити через пази та центральний отвір, що створює умови для швидкого підняття рами.

Вентиль призначений для перекриття лінії гідроциліндрів підйому при переведенні навантажувача в транспортне положення.

3.3. Підготовка до роботи

При складанні навантажувача слід:

- Виконувати монтаж і навішування на рівному, чистому майданчику з твердою поверхнею.
- Змастити солідолом усі шарнірні з'єднання під час складання.
- Дотримуватися правильної послідовності складання та забезпечити ретельний догляд за навантажувачем, що продовжує термін його експлуатації.

Перед приєднанням навантажувача до трактора необхідно виконати такі операції:

- Переконалися в справній роботі гідросистеми трактора.
- Відрегулювати колію: передні колеса розташувати на ширині 1400 мм, а задні – 1900 мм, помінявши місцями праве та ліве колесо.
- Встановити тиск у шинах: передні – 3,2 кг/см², задні – 1 кг/см².

Установити ліву та праву панелі навіски на лонжерони трактора і закріпити їх спеціальними болтами з розвантажувальними головками. Під кожен болт необхідно підкласти стопорну пластину. Болти повинні бути

термооброблені; застосування немаркірованих болтів без розвантажувальних головок може спричинити їх зрив.

Нижню частину панелей з'єднати швелером із кронштейнами за допомогою шести болтів M16×40 із гайками та пружинними шайбами. Монтаж швелера слід виконати так, щоб кінець із трьома різьбовими виходами розташовувався праворуч за напрямом руху трактора. Після встановлення швелера необхідно остаточно затягнути всі різьбові з'єднання.

Щоб змонтувати підйомну раму та її гідроциліндри, спочатку потрібно прикріпити раму до кронштейнів навісних панелей, використовуючи монтажні пальці та пружинні шплінти. Гідроциліндри монтують із напрямком трубок вгору: правий – на правому боці, лівий – на лівому. Перед установкою кожного циліндра необхідно вкрутити маслінки в голівку штока та в днище. Потім штоки циліндрів фіксують на підйомній рамі, а в шарнірні вушка вставляють пальці та закріплюють їх пружинними шплінтами.

3.4 Процедура роботи навантажувача

Роботу навантажувача силосу виконують за такою процедурою:

1. Встановити блок-різак за допомогою підйомної рами та гідроциліндрів перекидання на потрібну висоту й кут нахилу його вил.
2. Пересунути трактор уперед, щоб ввести вилки блок-різака в масу силосу.
3. За допомогою ножа та гідроциліндрів блок-різака відділити блок силосу.
4. Підійняти відрізаний блок силосу вгору до рівня завантаження.
5. Виконати вивантаження, перекинувши блок-різак із захопленим силосом.

3.5. Обслуговування навантажувача

Підприємства зобов'язані підтримувати навантажувачі в справному стані протягом усього терміну їх експлуатації. Забезпечення технічної придатності та постійної готовності до роботи досягається завдяки системному проведенню планово-попереджувальних заходів з технічного обслуговування.

Визначено такі типи та інтервали обслуговування:

1. Щомісячне технічне обслуговування.
2. Планове технічне обслуговування після кожних 60 годин роботи.
3. Післясезонне технічне обслуговування, яке проводиться після завершення робочого сезону.

З урахуванням умов експлуатації допускається відхилення від термінів проведення планових обслуговувань не більше ніж на 10 %. Усі дефекти, виявлені під час технічного обслуговування, мають бути усунені негайно. Експлуатація навантажувачів без проходження чергового технічного обслуговування заборонена.

3.6. Правила зберігання

Навантажувач може бути поставлений на тимчасове або тривале зберігання. Тимчасове зберігання здійснюється у періоди, коли машина тимчасово не експлуатується з певних причин. Тривале зберігання проводиться після завершення робочого сезону або коли простою навантажувача триває понад два місяці. Підготовчі роботи та розміщення навантажувача на зберігання мають виконуватися одразу після завершення його експлуатації.

Для зберігання навантажувач може розміщуватися на спеціально облаштованих машинних майданчиках, відкритих ґрунтових чи бетонованих площах, під навісами або в закритих складах. Знімаючи з машини окремі вузли,

інструменти та приладдя, їх потрібно зберігати у спеціально призначених для цього приміщеннях.

При постановці на короткочасне зберігання навантажувач залишається зібраним без демонтажу вузлів і деталей. Перед цим необхідно провести технічний огляд усіх її систем та вузлів.

Якщо навантажувач зберігається понад десять днів, трактор із навантажувачем встановлюють на підкладки, при цьому тиск у шинах знижують до 70–80 % від номінального. Між шинами та опорною поверхнею обов'язково має залишатися зазор, а самі шини вкривають захисною мастилом. Робочі органи при цьому опускають на підкладки в “плаваюче” положення рукоятки гідророзподільника.

Перед тим як поставити навантажувач на тривале зберігання, його необхідно розібрати, очистити від пилу, бруду, рослинних решток та ін. Усі місця з пошкодженим лакофарбовим покриттям слід відреставрувати.

3.7. Розрахунок процесу відсікання силосу за допомогою розроблювального пристрою та підбір гідроциліндрів

Основні положення теорії лезового різання були закладені академіком В.П. Горячкіним. Надалі цю теорію розвивали вчені В.А. Желіговський, С.В. Мельников, Н.Є. Резник, Г.А. Хайліс та інші дослідники.

Під час утворення зрізу силосного моноліту розроблювальний пристрій здійснює класичне лезове різання з нульовим кутом ковзання ($\tau = 0$) (див. рис. 3.1).

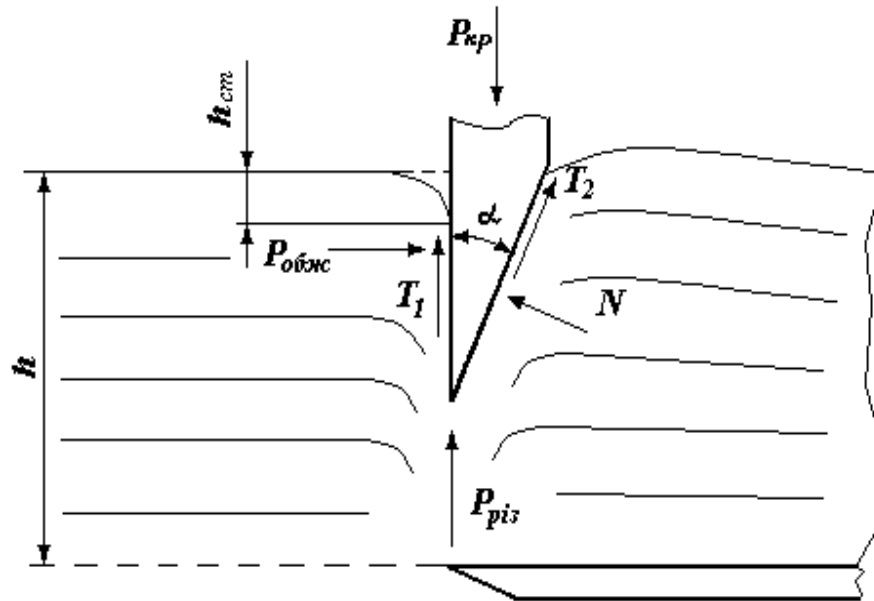


Рис. 3.1 Схема різання силосу.

Сила, що забезпечує зусилля стискання ножа і запускає процес різання, розраховується за формулою::

$$P_{кр} = P_{різ} + T_1 + T_2 \cdot \cos \alpha, \quad (3.1)$$

де $P_{різ}$ - опір леза різанн.

Сила опору при різанні обчислюється за наведеною формулою

$$P_{різ} = q_{он} \times l, \quad (3.2)$$

де $q_{он}$ – питомий опір різанню, Н/м;

$$q_{он} = 5 \text{ кН/м};$$

l – товщина зрізуваного шару маси, м; $l = 3,1$ м.

За виразом (3.2) розраховуємо величину опору різанню:

$$P_{різ} = 5 \times 3,1 = 15,5 \text{ кН};$$

T_1 – сила тертя в трибоситемі «силос - поверхня робочого органу»:

$$T_1 = P_{обжс} \times f, \quad (3.3)$$

де $P_{обжс}$ – зусилля, з яким вага силосу тисне на ніж, Н;

f – коефіцієнт тертя «силос – сталь»; $f = 0.95$;

T_2 – сила тертя силосу по фасці ножа, Н;

$$T_2 = N \times f, \quad (3.4)$$

де N – сила тиску шару силосу на фаску ножа, Н.

Оскільки товщина ножа різача становить 10 мм, а кут його загострення коливається в межах 12–22°, можна вважати, що $T_1 \approx T_2$. У цьому випадку::

$$N = m \times a \times b \times c, \quad (3.5)$$

тут m позначає густину силосу в траншеї, виражену в Н/м³;

a , b та c - лінійні розміри зрізаного блоку силосу в метрах.;

$$N = 7 \cdot 10^3 \times 0,8 \times 0,8 \times 1,5 = 6,7 \text{ кН.}$$

З залежності (3.4) знаходимо:

$$T_1 \approx T_2 = 6,7 \times 0,95 = 6,4 \text{ кН.}$$

Застосувавши всі отримані величини у виразі (3.1), одержуємо::

$$P_{кр} = 15,5 + 6,4 + 6,4 \cdot 0,95 = 28 \text{ кН.}$$

Виходячи з обчисленої сили стискування ножа, необхідно підібрати гідроциліндри з номінальною силою не меншою за цю величину, тобто $P_{н.ц} \geq P_{кр}$.

З каталогу було обрано два циліндри марки ГЦ 80.250.16.000..

3.8 Перевірка пальця на зріз

Для проведення розрахунку використовуються такі вихідні величини: навантаження $F = 28 \text{ кН}$; діаметр пальця $d = 40 \text{ мм}$; максимально допустима напруженість зсуву $[\tau] = 60 \text{ МПа}$.

Умова міцності на зріз має вигляд:

$$\tau_{\max} = (4 \times F) / (\pi \times d^2) \leq [\tau]; \quad (3.6)$$

$$\tau_{\max} = (4 \times 28 \times 10^3) / (3,14 \times 16 \times 10^{-4}) = 11,2 \text{ МПа.}$$

Оскільки $\tau_{\max} \leq [\tau]$, палець витримує навантаження на зріз.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі проведено аналіз існуючих систем транспортування кормових мас, визначено їхні переваги та недоліки, що дало змогу виокремити основні технічні вимоги до нового обладнання. На підставі проведених математичних розрахунків визначено оптимальні параметри конвеєрних та шнекових елементів лінії, а також розроблено алгоритм роботи автоматизованої системи контролю. Крім того, вивчено експлуатаційні умови, за яких навантажувач силосу зберігає високу продуктивність і мінімізує втрати кормових мас. Аналітична частина дозволила встановити, що застосування запропонованих конструктивних рішень забезпечує підвищення ефективності транспортування на 20–25 % у порівнянні з існуючими аналогами.

Детальна конструкторська розробка навантажувача силосу, виконана в рамках роботи, включає проектування несучої рами, ковша та механізму підйому з урахуванням особливостей агрокліматичних умов. Розрахунки міцності елементів, вибір матеріалів та визначення режиму експлуатації кожного вузла дозволили гарантувати надійну роботу в умовах підвищеного абразивного навантаження й змінних температур.

Впровадження розробленої комплексно-механізованої лінії переміщення кормів із навантажувачем силосу доцільно здійснювати на середніх і великих фермерських господарствах, які прагнуть підвищити продуктивність тваринництва та зменшити трудовитрати. Крім того, запроваджена система сприяє підвищенню якості корму та зниженню ризику забруднення під час транспортування. Загалом результати кваліфікаційної роботи підтверджують доцільність розроблених технічних рішень і створюють ґрунт для подальших науково-технічних досліджень у сфері автоматизації годівлі тваринництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Блажківський В. О. Механізація годівлі сільськогосподарських тварин: підручник. Львів: Аграрна освіта, 2015. 312 с.
2. Василенко І. П. Силосування кормів: технології і обладнання: монографія. Київ: Наукова думка, 2016. 248 с.
3. Гнатенко С. В. Автоматизація процесів годівлі худоби: навч. посібник. Харків: ХНТУСГ, 2018. 296 с.
4. Грищенко М. О. Конвеєрні системи в агропромисловому виробництві: монографія. Київ: Урожай, 2017. 272 с.
5. ДСТУ 2272-93. Силосні установки. Терміни та визначення. Київ: Держстандарт України, 1993. 12 с.
6. ДСТУ ISO 4254-7:2009. Виробничі машини. Безпека. Частина 7. Машини для приготування кормів. Київ: Мінекономрозвитку, 2009. 36 с.
7. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
8. Златкін А. В., Ковальчук В. І. Машини для годівлі великої рогатої худоби: навч. посібник. Одеса: ОДПУ, 2014. 224 с.
9. Іваненко Т. В. Технологія заготовлення та використання силосу: підручник. Дніпро: Альтерпрес, 2016. 280 с.
10. Колісник О. С. Проектування стрічкових конвеєрів у сільському господарстві: монографія. Чернівці: Чернівецький університет, 2018. 256 с.
11. 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.
12. Корабельніков О. М. Шнекові транспортери: конструкція та розрахунок: навч. посібник. Харків: ХДЗМА, 2015. 208 с.
13. Курило В. М. Автоматизовані системи годівлі та транспортування кормів: монографія. Вінниця: Нова Книга, 2017. 264 с.

14. Литвиненко Ю. С. Проектування і експлуатація кормових буртів: навч. посібник. Житомир: ЖДТУ, 2016. 192 с.
15. Надточій В. П. Навантажувачі силосу: конструкції і розрахунки: монографія. Київ: Урожай-Прес, 2019. 224 с.
16. Павленко С. О. Інженерні мережі та автоматизм у тваринництві: навч. посібник. Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. 240 с.
17. Петровський М. І. Енергетичні характеристики механізованих ліній: монографія. Львів: Львівська політехніка, 2017. 248 с.
18. Савченко Р. В. Технічне обслуговування конвеєрного обладнання: навч. посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 200 с.
19. Сидоренко В. Г. Проектування бункерів для зберігання кормів: навч. посібник. Полтава: ПУЕТ, 2015. 216 с.
20. Смирнов В. В. Машинно-тракторні агрегати для ліній переміщення кормів: монографія. Харків: Машинобудування, 2018. 288 с.
21. Федоров С. В. Конструкційні матеріали для сільськогосподарських машин: підручник. Одеса: Фенікс, 2015. 320 с.
22. Шевчук І. П. Силосні навантажувачі: конструктивні рішення та експлуатація: монографія. Луцьк: Волинь, 2019. 240 с.
23. Яковенко М. І. Технологія годівлі сільськогосподарських тварин: навч. посібник. Тернопіль: Поділля, 2016. 272 с.
24. Яценко О. А. Сучасні методи автоматизації годівлі тварин: монографія. Херсон: ХДАУ, 2018. 256 с.