

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

БЕНДЮГ ДМИТРО МИХАЙЛОВИЧ

УДК 631.22

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЗАЦІЇ ФЕРМИ
ВРХ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ВИВАНТАЖУВАЛЬНОГО
ТРАНСПОРТЕРА РОЗДАВАЧА**

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

_____ Бендюг Д.М.

Керівник роботи

Медведський О.В.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Бендюг Дмитро Михайлович. Підвищення ефективності механізації ферми ВРХ з модернізацією вивантажувального транспортера роздавача. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В кваліфікаційній роботі проведено аналіз сучасного стану механізації на фермах ВРХ, розглянуто існуючі технології та обладнання для вивантаження та роздачі кормів. Визначено основні проблеми та недоліки існуючих систем, а також розроблено рекомендації щодо їх вдосконалення.

Запропоновані конструкторські рішення щодо модернізації вивантажувального транспортера роздавача включають впровадження нових технічних засобів та автоматизованих систем управління, що забезпечують високу точність дозування, рівномірність роздачі корму та мінімізацію втрат. Проведено технічні розрахунки та оцінку економічної доцільності впровадження модернізованого обладнання.

Результати дослідження мають практичне значення для фермерських господарств, що займаються вирощуванням великої рогатої худоби. Впровадження запропонованих рішень дозволить підвищити ефективність механізації процесів на фермі, зменшити витрати на обслуговування та ремонт обладнання, а також забезпечити сталий розвиток фермерського господарства.

Проект підтверджує важливість інновацій та технологічного розвитку в галузі тваринництва, що сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності фермерських господарств.

Ключові слова: роздача, механізація, корма, ферма, модернізація, конструкція.

ANNOTATION

Dmitry Mikhailovich Bendyug. Increasing the efficiency of mechanization of the cattle farm with the modernization of the dispenser discharge conveyor. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work analyzes the current state of mechanization on cattle farms, examines existing technologies and equipment for unloading and distributing feed. The main problems and shortcomings of existing systems were identified, and recommendations for their improvement were developed.

The proposed design solutions for the modernization of the unloading conveyor of the dispenser include the introduction of new technical means and automated control systems that ensure high dosing accuracy, uniformity of feed distribution and minimization of losses. Technical calculations and an assessment of the economic feasibility of the modernized equipment were carried out.

The results of the study are of practical importance for farms engaged in cattle breeding. The implementation of the proposed solutions will increase the efficiency of mechanization of processes on the farm, reduce the cost of maintenance and repair of equipment, and ensure the sustainable development of the farm.

The project confirms the importance of innovation and technological development in the livestock industry, which contributes to the efficiency and competitiveness of farms.

Keywords: distribution, mechanization, feed, farm, modernization, design.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ НА ФЕРМАХ ВРХ.....	8
РОЗДІЛ 2. ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗДАЧІ КОРМІВ НА ФЕРМІ ВРХ.....	15
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА.....	20
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах розвитку сільського господарства підвищення ефективності механізації ферм великої рогатої худоби (ВРХ) є одним з пріоритетних напрямів. Високий рівень механізації сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню витрат та покращенню якості продукції. Однак, існуючі технології та обладнання не завжди забезпечують необхідну ефективність і потребують вдосконалення. Одним з ключових елементів технологічного процесу на фермах ВРХ є вивантажувальний транспортер роздавача кормів, модернізація якого може значно підвищити ефективність ферми.

Ефективна механізація процесу роздачі кормів безпосередньо впливає на продуктивність та якість продукції ферми ВРХ. Забезпечення тварин збалансованим та своєчасним харчуванням сприяє підвищенню їхньої продуктивності, покращенню якості молока та м'яса. Крім того, автоматизація процесу дозволяє більш точно контролювати кількість та якість корму, що позитивно впливає на здоров'я тварин та їхню продуктивність.

Розвиток технологій та впровадження інноваційних рішень у галузі тваринництва є важливим аспектом забезпечення конкурентоспроможності фермерських господарств.

Модернізація вивантажувального транспортера роздавача кормів є важливим кроком на шляху до підвищення ефективності механізації ферми ВРХ. Впровадження сучасних технологій та автоматизованих систем управління дозволить значно покращити процеси управління фермою, підвищити продуктивність та рентабельність господарства, а також забезпечити високу якість продукції. Актуальність цієї теми обумовлена необхідністю підвищення конкурентоспроможності фермерських господарств та забезпечення сталого розвитку сільського господарства в умовах сучасного ринку.

Метою дипломного проекту є підвищення ефективності механізації ферми великої рогатої худоби (ВРХ) через модернізацію вивантажувального транспортера роздавача кормів. Це передбачає вдосконалення технологічного процесу роздачі кормів з метою зменшення втрат, підвищення точності дозування, покращення рівномірності розподілу корму, а також зниження витрат на обслуговування та ремонт обладнання.

Тому, виходячи з поставленої мети, було сформульовано такі завдання досліджень:

- дослідити існуючі технології та обладнання для роздачі кормів на фермах ВРХ;
- проаналізувати передові рішення та інновації в галузі механізації процесу роздачі кормів;
- визначити перспективні напрями розвитку технологій для роздачі кормів на фермах ВРХ;
- запропонувати конструкторські рішення щодо модернізації вивантажувального транспортера роздавача для підвищення його ефективності та надійності.

Об'єкт дослідження: ферма великої рогатої худоби з її технологічними процесами, обладнанням та системами механізації, зокрема процеси роздачі кормів та відповідне обладнання.

Предмет дослідження є вивантажувальний транспортер роздавача кормів на фермі ВРХ, його технічні характеристики, ефективність та можливості модернізації для підвищення загальної продуктивності ферми, точності дозування, рівномірності розподілу корму та зниження витрат на обслуговування та ремонт обладнання.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Медведський О. В., Бендюг Д. М., Білоцький О. В., Пархомчук М. П., Прокопенко А. О., Шагов Д. О. Автоматизація та роботизація молочно-товарних ферм. Підвищення ефективності машинного доїння корів

шляхом розроблення та оптимізації доїльного обладнання. Сучасна концепція освітлення в птахівництві. Збірник тез X-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 20 квітня 2024 року. Житомир : ЖАТФК. С. 52-54.

2. Медведський О.В., Бендюг Д. М., Білоцький О. В., Шагов Д. О. Технічний сервіс технологічного обладнання тваринницьких ферм. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют. 2024 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2024. С. 283-286.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє модернізований вивантажувальний транспортера роздавача.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 20 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 35 сторінок комп'ютерного тексту, містить 9 рисунків та 1 таблиця.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ НА ФЕРМАХ ВРХ

Механізація сільського господарства набула широкого розвитку в ХХ столітті. Спочатку механізація на фермах ВРХ полягала у використанні простих механізмів і пристроїв для полегшення ручної праці. З часом розвиток технологій дозволив впровадити більш складні та ефективні механізовані системи, що значно підвищило продуктивність і зменшило фізичні зусилля працівників.

Перші механізовані системи на фермах ВРХ включали використання простих механічних пристроїв для роздачі кормів та доїння. З розвитком технологій та збільшенням масштабів виробництва почали з'являтися більш складні та автоматизовані системи, такі як конвеєри, автоматизовані доїльні системи, системи зберігання та транспортування кормів, а також системи моніторингу стану тварин.

На сьогоднішній день механізація на фермах ВРХ включає широкий спектр технологій та обладнання. Серед основних сучасних технологій можна виділити:

Автоматизовані доїльні системи: сучасні доїльні системи використовують автоматизацію для підвищення ефективності процесу доїння. Вони включають роботизовані доїльні установки, які дозволяють автоматично доїти корів, зменшуючи потребу в ручній праці.

Системи управління годівлею: автоматизовані системи годівлі дозволяють точно дозувати та роздавати корм тваринам відповідно до їх потреб. Вони включають конвеєри, кормозмішувачі та роздавачі, які забезпечують рівномірне та своєчасне постачання корму.

Системи зберігання та транспортування кормів: сучасні ферми використовують спеціалізовані системи для зберігання та транспортування

кормів, включаючи силоси, шнеки та конвеєри. Це дозволяє зменшити втрати корму та забезпечити його якість.

Системи моніторингу та управління стадом: сучасні системи моніторингу дозволяють відстежувати стан здоров'я тварин, їхню продуктивність та поведінку. Вони включають RFID-мітки, сенсори, системи відеоспостереження та програмне забезпечення для аналізу даних.

Технології для управління навколишнім середовищем: включають системи вентиляції, обігріву, охолодження та управління освітленням у приміщеннях для утримання тварин, що забезпечує оптимальні умови для їхнього здоров'я та продуктивності.

Механізація на фермах ВРХ передбачає використання різноманітних технічних засобів, зокрема:

Трактори та причепи: використовуються для транспортування кормів, добрив, та інших матеріалів по фермі.

Кормозмішувачі та роздавачі: призначені для приготування та роздачі кормових сумішей. Вони дозволяють забезпечити тварин збалансованим харчуванням та зменшити втрати корму.

Автоматизовані доїльні установки: забезпечують автоматичне доїння корів, що підвищує продуктивність праці та зменшує ризик захворювань вимені.

Конвеєри та транспортні системи: використовуються для транспортування кормів, гною та інших матеріалів по фермі. Вони забезпечують ефективність та зручність у роботі.

Системи вентиляції та обігріву: забезпечують оптимальні умови мікроклімату у приміщеннях для утримання тварин, що сприяє їхньому здоров'ю та продуктивності.

Механізація на фермах ВРХ має значний вплив на продуктивність та економічні показники господарства. Основні переваги механізації включають:

- підвищення продуктивності праці (механізовані системи дозволяють зменшити ручну працю та підвищити продуктивність робітників);
- зменшення витрат на обслуговування (сучасні технології дозволяють зменшити витрати на обслуговування та ремонт обладнання);
- покращення якості продукції (автоматизовані системи забезпечують більш точне та рівномірне дозування кормів, що сприяє підвищенню якості молока та м'яса);
- підвищення ефективності використання ресурсів (системи моніторингу дозволяють ефективніше використовувати корми, воду та інші ресурси);
- зменшення втрат продукції (механізовані системи зберігання та транспортування кормів зменшують втрати продукції під час її зберігання та транспортування).

Незважаючи на численні переваги, сучасні системи механізації на фермах ВРХ мають також певні проблеми та недоліки:

- Висока вартість обладнання: Впровадження сучасних технологій потребує значних фінансових витрат, що може бути непосильним для невеликих господарств.

- Складність в обслуговуванні: Сучасне обладнання вимагає високого рівня кваліфікації персоналу для його обслуговування та ремонту.

- Залежність від енергоресурсів: Більшість механізованих систем потребують електроенергії для своєї роботи, що збільшує витрати на енергоресурси.

- Зносу та вихід з ладу: Механічні системи підлягають зносу та можуть виходити з ладу, що потребує регулярного технічного обслуговування та заміни деталей.

- Екологічний вплив: Деякі механізовані системи можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище через викиди забруднюючих речовин та використання хімічних речовин.

Для подолання зазначених проблем та підвищення ефективності механізації на фермах ВРХ активно розробляються та впроваджуються передові рішення та інновації:

Інтелектуальні системи управління: Використання сучасних інформаційних технологій для автоматизації процесів управління фермою. Це включає системи обробки даних, прогнозування та прийняття рішень на основі аналізу великих даних.

Роботизовані системи: Впровадження роботів для виконання різноманітних завдань на фермі, таких як доїння, роздача кормів, прибирання гною та інші. Це дозволяє зменшити залежність від ручної праці та підвищити точність виконання завдань.

Системи автоматизованого моніторингу: Використання сенсорів та інших пристроїв для постійного моніторингу стану тварин, умов утримання, якості кормів та інших параметрів. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни та підвищувати ефективність управління фермою.

Енергоефективні технології: Використання технологій, що дозволяють зменшити споживання енергоресурсів, зокрема, сонячних батарей, вітрогенераторів, систем утилізації тепла та інше.

Екологічно чисті технології: Впровадження технологій, що зменшують негативний вплив на навколишнє середовище, таких як системи очищення стічних вод, технології компостування гною, біогазові установки та інші.

Інтегровані системи управління фермою: Використання комплексних систем, що об'єднують різні аспекти управління фермою, від моніторингу стану тварин до управління ресурсами та аналізу економічної ефективності.

Аналіз сучасного стану механізації на фермах ВРХ показує, що механізація є ключовим фактором для підвищення продуктивності, зниження витрат та покращення якості продукції. Сучасні технології та обладнання дозволяють значно підвищити ефективність управління фермою та зменшити фізичні зусилля працівників.

Незважаючи на значні досягнення, існує низка проблем та недоліків, що потребують вирішення. Впровадження передових рішень та інновацій дозволить подолати ці проблеми та забезпечити подальший розвиток механізації на фермах ВРХ.

Перспективи розвитку механізації пов'язані з подальшою автоматизацією, використанням робототехніки, впровадженням нових матеріалів та технологій, а також інтеграцією з інформаційними технологіями. Це дозволить забезпечити сталий розвиток сільського господарства та підвищити його ефективність.

На сьогоднішній день технології та обладнання для вивантаження та роздачі кормів на фермах ВРХ (велика рогата худоба) є критично важливими компонентами сучасного тваринництва. Вони відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного, рівномірного та своєчасного постачання кормів тваринам, що, у свою чергу, сприяє підвищенню продуктивності ферми, покращенню здоров'я тварин та оптимізації витрат на корм.

Історія розвитку технологій для вивантаження та роздачі кормів починається з простих ручних методів, коли корм роздавався вручну працівниками ферм. Згодом, з розвитком сільського господарства, з'явилися перші механічні пристрої, які полегшували роздачу кормів та зменшували фізичні зусилля працівників. Винаходи таких пристроїв значно підвищили ефективність і точність роздачі кормів, що сприяло покращенню здоров'я та продуктивності тварин.

Сучасні технології для вивантаження та роздачі кормів на фермах ВРХ включають в себе автоматизовані системи, що забезпечують високу точність, надійність та ефективність. Основні види обладнання включають:

Сучасні технології для вивантаження та роздачі кормів на фермах ВРХ включають в себе автоматизовані системи, що забезпечують високу точність, надійність та ефективність. Основні види обладнання включають:

Кормозмішувачі та роздавачі. (Стаціонарні кормозмішувачі: використовуються для приготування та змішування кормових сумішей. Вони

можуть бути обладнані автоматичними системами дозування інгредієнтів, що забезпечує точність приготування корму. Мобільні кормозмішувачі: ці пристрої дозволяють змішувати та роздавати корм безпосередньо на фермі. Вони часто обладнані колесами або гусеницями для легкого переміщення між різними ділянками ферми).

Автоматизовані кормороздавачі. (Конвеєрні системи: використовуються для транспортування та роздачі корму по всій фермі. Вони можуть бути інтегровані з системами автоматичного зважування та дозування, що забезпечує рівномірне постачання корму. Роботизовані системи: використовуються для точного та ефективного розподілу корму. Роботи можуть бути запрограмовані для виконання конкретних завдань та маршрутів, що забезпечує високий рівень автоматизації процесу).

Системи зберігання та транспортування кормів. (Силоси для зберігання кормів: використовуються для зберігання великих об'ємів корму. Силоси можуть бути обладнані автоматичними системами завантаження та вивантаження, що полегшує процеси обробки корму. Транспортери та шнеки: використовуються для транспортування корму з місць зберігання до роздавальних пристроїв. Вони забезпечують швидке та ефективно переміщення корму по фермі).

Системи моніторингу та управління. (Системи управління годівлею: Використовують сенсори та програмне забезпечення для моніторингу стану корму, рівня споживання та інших параметрів. Це дозволяє оптимізувати процеси годівлі та зменшити втрати корму).

Інтегровані системи управління фермою. (Забезпечують комплексний підхід до управління всіма аспектами годівлі тварин, включаючи планування, моніторинг та аналіз даних).

Аналіз існуючих технологій та обладнання для вивантаження та роздачі кормів на фермах ВРХ показує, що сучасні системи забезпечують високу ефективність, точність та надійність. Вони дозволяють значно підвищити

продуктивність ферми, зменшити витрати на годівлю та покращити здоров'я тварин.

Незважаючи на значні досягнення, існує низка проблем та недоліків, що потребують вирішення. Впровадження передових рішень та інновацій дозволить подолати ці проблеми та забезпечити подальший розвиток технологій для роздачі кормів на фермах ВРХ.

Перспективи розвитку включають подальшу автоматизацію процесів, розвиток робототехніки, впровадження нових матеріалів та технологій, а також інтеграцію з інформаційними технологіями. Це дозволить забезпечити сталий розвиток сільського господарства та підвищити його ефективність.

РОЗДІЛ 2

ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗДАЧІ КОРМІВ НА ФЕРМІ ВРХ

Процес роздачі кормів на фермі ВРХ є одним із найважливіших компонентів технології утримання тварин. Він безпосередньо впливає на продуктивність худоби, якість отриманої продукції та економічну ефективність ферми. Основні вимоги до цього процесу включають забезпечення рівномірності роздачі корму, точність дозування, мінімізацію втрат корму та дотримання гігієнічних норм.

Для забезпечення ефективного процесу роздачі кормів на фермі ВРХ необхідно використовувати сучасне обладнання, яке відповідає таким вимогам:

Надійність та довговічність: Обладнання повинно бути виготовлене з якісних матеріалів, що забезпечують його тривалу експлуатацію без частих поломок та зносу.

Продуктивність: Обладнання повинно мати високу продуктивність, що дозволяє швидко та ефективно роздавати корм великій кількості тварин.

Точність дозування: Системи дозування повинні забезпечувати точне відмірювання кількості корму відповідно до потреб кожної тварини або групи тварин.

Легкість обслуговування: Обладнання повинно бути зручним в обслуговуванні та ремонті, що дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування.

Гігієнічність: Обладнання повинно легко очищуватися та дезінфікуватися, що забезпечує високий рівень гігієни та знижує ризик поширення захворювань.

Процес роздавання кормів великій рогатій худобі складається з кількох взаємопов'язаних операцій, основними з яких є: завантаження кормів, у деяких випадках різних кормів у різних місцях, транспортування до місця роздавання - корівника, у деяких варіантах застосовуваних технологій - змішування,

установлення роздавальника у визначене положення відносно годівниць і на завершальному етапі - дозування та видавання в годівниці або на кормовий стіл. З огляду на те, що в технологічному відношенні останні операції є найбільш важливими, проаналізуємо їх з погляду машин, що застосовуються, будівельних рішень, різних технологій годівлі та інших чинників.

Найбільш відома і традиційна технологія роздачі - з використанням тракторного кормороздавача типу КТУ-10 (РКТ-10 та інші подальші позначення) у варіанті двосторонньої роздачі (рис. 2.1). Максимальна ширина кормового проїзду в цьому разі становить приблизно $A = 2,5$ м.

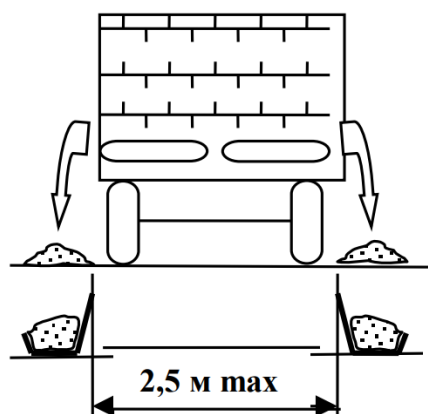


Рис. 2.1 Традиційна технологія роздачі кормів

У сучасних будівлях, побудованих під безприв'язну технологію, ширина проїзду може бути значно більшою. У цьому разі роздавальник переобладнують під односторонню роздачу (рис.. 2.2), що, однак, збільшує трудомісткість годівлі тварин більш ніж у 2 рази.

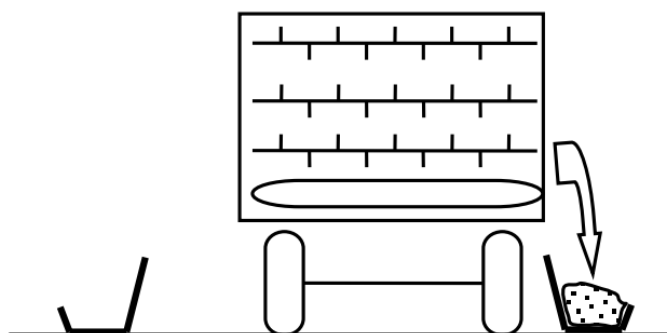


Рис. 2.2. Одностороння роздача.

Останнім часом для роздачі кормів дедалі ширше застосування знаходять імпортовані кормороздавачі-змішувачі з вертикальними шнеками, які часто називають просто «міксерами», і машини з розміщеними по днищу горизонтальними шнеками. Зазвичай міксер має збоку вивантажувальні вікна і може роздавати корм на стіл або в годівниці, рознесені не більше ніж на 2,2 м. (рис. 2.3).

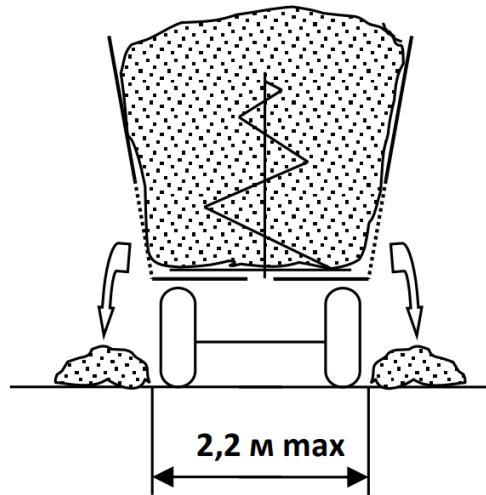


Рис. 2.3. Схема кормороздавача-міксера.

Для роздачі в ширших кормових проїздах необхідно, так само як і у варіанті з КТУ-10, двічі роздавати корм на один бік, або докупувувати до роздавальника поперечний транспортер, що підвищує вартість і без того дорогого, в 3-5 разів дорожчого за КТУ-10, роздавальника.

Імпортні кормороздавачі-змішувачі з горизонтальними валами, як правило, виготовляють у варіанті односторонньої роздачі, з усіма притаманними цьому недоліками.

Прагнення однозначно розв'язати ці питання може бути реалізовано при створенні нової машини - багатоцільового подрібнювача-роздавальника типу МИР [1]. Особливість його роздавального органа – фронтальний ротор з горизонтальною віссю обертання, розміщений у кожусі з вивантажувальними вікнами (рис. 2.4).

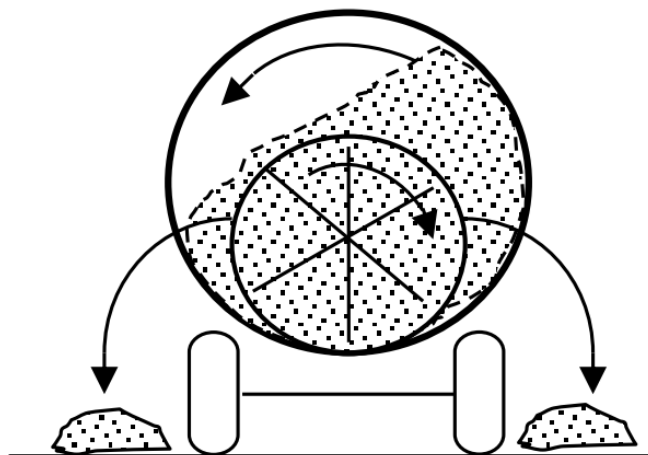


Рис. 2.4. Схема роботи МИР.

Корм у торець ротора подається з бункера-дозатора у вигляді горизонтального обертового барабана, підхоплюється лопатями ротора і викидається назовні. Надаючи ротору різну швидкість обертання, інакше кажучи, задаючи різну лінійну швидкість кінцю лопаті, можна в дуже широких межах регулювати швидкість виходу потоку корму з такого дозатора, і, відповідно, подавати його на різну відстань. Крім того, відносну видачу корму з різних вікон також можна регулювати, змінюючи довжину або ширину вікон, а також розміщення їх по колу кожуха ротора. Не становить проблеми, незалежно від актуальності цього питання, задавати різні норми видачі корму на лівий і правий боки. А найголовніше, можливість отримати більшу швидкість виходу потоку матеріалу з машини, близько 50 і більше м/с, дає змогу використовувати цю машину для виконання додатково нових операцій, пов'язаних уже не з роздачею кормів, а з внесенням підстилки.

Розвиток технологій роздачі кормів на фермах ВРХ має значний потенціал для подальшого вдосконалення. Основні напрямки включають:

- Розвиток робототехніки: Впровадження роботів для виконання різноманітних завдань, пов'язаних з роздачею кормів, що дозволяє зменшити витрати на ручну працю та підвищити точність процесу;

- Використання інтелектуальних систем: Розвиток інтелектуальних систем управління, що використовують штучний інтелект та аналіз великих даних для оптимізації процесу роздачі кормів;
- Впровадження нових матеріалів: Використання нових, більш міцних та легких матеріалів для виготовлення обладнання, що забезпечує його надійність та довговічність;
- Збільшення рівня автоматизації: Подальше впровадження автоматизованих систем для забезпечення високої ефективності та точності процесу роздачі кормів;
- Зростання уваги до екологічних аспектів: Впровадження технологій, що зменшують негативний вплив на навколишнє середовище та сприяють сталому розвитку сільського господарства.

Висновки по розділу

Вимоги до технологічного процесу роздачі кормів на фермі ВРХ є ключовим аспектом ефективного управління тваринництвом. Вони включають забезпечення рівномірності роздачі корму, точності дозування, своєчасності роздачі, мінімізації втрат корму та дотримання гігієнічних норм. Використання сучасного обладнання, автоматизація процесів та впровадження інноваційних технологій дозволяють значно підвищити ефективність процесу роздачі кормів та забезпечити високу продуктивність ферми.

Перспективи розвитку включають подальшу автоматизацію процесів, розвиток робототехніки, впровадження інтелектуальних систем управління та нових матеріалів. Це дозволить забезпечити сталий розвиток сільського господарства та підвищити його ефективність.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

3.1 Обґрунтування необхідності вдосконалення процесу роздавання кормів

Застосування кормороздавача КУТ-3А пов'язане з деякими труднощами: нерівномірність роздачі кормів, великі витрати часу, великі габаритні розміри для нашого приміщення.

Решта наявних кормороздавачів мають спільний недолік: вони можуть видавати корм тільки в суцільну годівницю. Їх майже неможливо автоматизувати. Для використання даних кормороздавачів необхідно встановлювати рейкові шляхи, підводити живлення до рухомої машини.

Виходячи з цих міркувань і реально існуючих можливостей, у господарстві пропонується причіпний роздавальник кормів, призначений для забезпечення технологічного процесу приймання, транспортування та роздавання вологих кормових сумішей у свинарниках. Проектований кормороздавач за своєю конструкцією відрізняється від вище описаних тим, що він забезпечує автономне включення в роботу кожного шнека за допомогою гідроциліндрів від гідросистеми трактора.

3.2 Технологічний процес розроблюваної машини

Роздавальник являє собою бункер із ділильною перегородкою, встановлений на одноосьову раму з пневматичними колесами і ресорами (рис. 3.1). У бункері поздовжньо розташовані два горизонтальні шнеки, над якими встановлені вивантажувачі для руйнування під час роздачі зв'язних кормових сумішей. Привід робочих органів здійснюється від валу відбору потужності трактора через редуктор і запобіжну муфту.

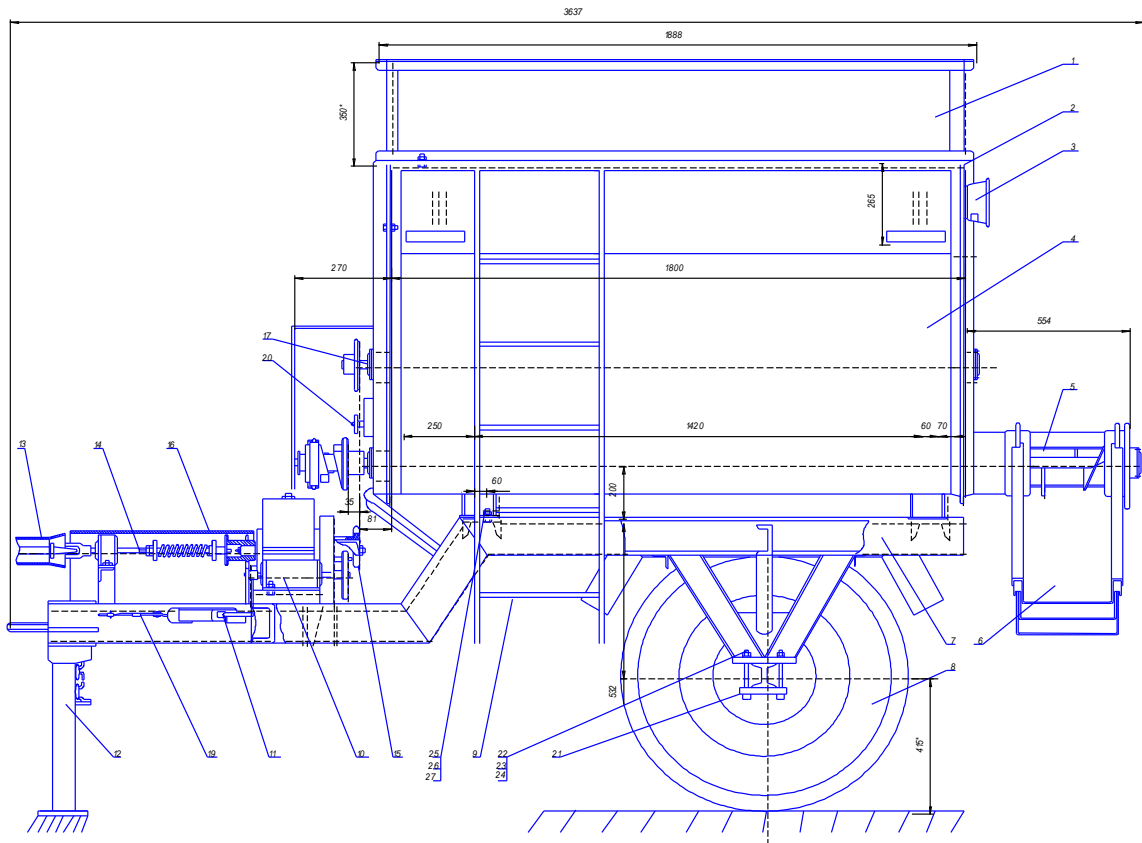


Рис. 3.1. Загальний вигляд кормороздавача

Робочими органами кормороздавача є вивантажувальні шнеки транспортери та ворошители. Перевертач розташований над вивантажувальним шнеком. Конструктивно ворошитель являє собою вал із пальцями і привареною до них по гвинтовій поверхні стрічкою. Вивантажувальний шнек розташований у кожусі, який кріпиться знизу до бункера роздавальника. Трубчастий вал шнека кінцевими цапфами спирається на шарикопідшипники.

Маточина блоку зірочок приводного пристрою має храповий виріз і вільно обертається на валу шнека. Храпова муфта з'єднана з валом шнека за допомогою двох шпонок і має можливість поздовжньо переміщатися вздовж вала. Така конструкція приводного пристрою забезпечує автономне включення в роботу кожного шнека за допомогою гідроциліндра від трактора.

Для підвищеної рівномірності розподілу кормів по фронту годування шнек на виході з бункера має мундштук і дросельну ділянку. Норму видачі корму регулюють швидкістю руху агрегату. Наприкінці кормового проходу привід

робочих органів відключають і роздавальник транспортують до іншого ряду годівниць або в кормоцех.

Технологічний процес роздачі корму при двосторонньому вивантаженні повинен протікати стійко. Можливість регулювання скатних лотків вивантажувальних шнеків унеможлиблює втрати кормів у процесі роздавання. Порівняно з наявним кормороздавачем КУТ-3А проєктований кормороздавач має менші габаритні розміри та масу. Використання пропонованого варіанта причіпного роздавальника забезпечує зниження загальних витрат праці в 1,2 рази.

До переваг проєктованого кормороздавача в процесі роздачі можна віднести такі:

- висока продуктивність і надійність технологічного процесу роздачі кормосумішей;
- універсальність за видами кормів, що роздають;
- забезпечення можливості двостороннього вивантаження кормів у свинарниках.

Поряд із перевагами можна відзначити такі недоліки:

- частота обертання вивантажувальних шнеків недостатньо узгоджена зі швидкістю руху роздавальника;
- недостатня ємність бункера при обслуговуванні технологічної лінії великою протяжністю.

3.3 Технологічні, енергетичні та міцнісні розрахунки

3.3.1 Технологічні розрахунки

Продуктивність кормороздавачів багато в чому залежить від конструктивних параметрів і продуктивності вивантажувальних шнеків. У сільськогосподарських машинах шнеки застосовуються для переміщення різноманітних матеріалів. До таких матеріалів належать: зерно, продукти його

розмелювання, комбікорм, сухі, вологі та напіврідкі корми, різання трав, сінне борошно тощо.

Під час руху по шнеку переміщуваний матеріал утримується від обертання силою тяжіння, силою тертя і відцентровою силою.

За швидкістю обертання шнеки поділяють на швидкохідні та тихохідні. До тихохідних шнеків належать шнеки, у яких окружна швидкість кромки витка не перевищує 0,8 м/с. Такі шнеки можуть мати зовнішній кожух у вигляді жолоба відкритого зверху.

Гвинтові шнеки, що обертаються з окружною швидкістю понад 0,8 м/с, необхідно поміщати в кожух у вигляді циліндричної труби або в закритий жолоб, щоб унеможливити викидання переміщуваного матеріалу.

До переваг шнеків належить простота конструкції, простота догляду, надійність у роботі, широкий діапазон числа обертів і продуктивності.

Основними недоліками шнеків є:

- стирання і кришіння переміщуваного матеріалу внаслідок тертя його об стінки жолоба і поверхню витка, а також у зазорах між витком і кожухом;
- підвищена на 50...100 % питома витрата енергії порівняно з іншими транспортерами.

Рекомендовані конструктивні параметри шнека для транспортування кормів наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендовані параметри шнеків

Переміщуваний матеріал	Зовнішній діаметр витка D, мм	Число обертів n, хв ⁻¹	Крок витка S, мм	Діаметр вала витка d, мм	Радіальний зазор λ, мм	Товщина витка δ, мм	Коефіцієнт заповнення ψ
Зерно всіх культур	80...250	60...400	0,6...1,0	20...80	8...10	1...3	0,3...0,4
Напіврідкі кормові суміші	160...250	100...300	0,6...1,0	48...80	8...10	2...3	0,9...1,0
Подрібнена зелена маса та силос	200...400	80...200	0,6...1,0	40...80	8...10	3	0,4

Користуючись даними цієї таблиці, приймаємо діаметр витка $D = 0$ мм02, тоді крок витка дорівнюватиме:

$$S = (0,6...1,0) \cdot D = (0,6...1,0) \cdot 200 = 120...200 \text{ мм.} \quad (3.1)$$

Приймаємо крок витка мм130.

Радіальний зазор λ приймаємо рівним 10 мм, товщину витка 3 мм. Знаючи ці параметри, визначимо необхідне число обертів шнека (розрахунок ведемо для вологої кормової суміші):

$$n = \frac{Q}{47,1 \cdot [(D + 2\lambda)^2 - d^2] \cdot S \cdot \psi \cdot \rho \cdot c}, \text{ хв}^{-1} \quad (3.2)$$

де Q – продуктивність шнека, т/год;

D – зовнішній діаметр витка, м;

d – діаметр вала витка, м;

λ – радіальний зазор між зовнішньою кромкою витка і внутрішньою поверхнею кожуха шнека, м;

S – крок витка, м;

ψ – коефіцієнт заповнення;

ρ – об'ємна маса переміщуваного матеріалу, т/м³ ;

c – коефіцієнт зниження продуктивності залежно від нахилу шнека (для горизонтальних шнеків $c = 1$).

Продуктивність шнека визначаємо, виходячи зі швидкості руху кормороздавача ($V_k = 0,5...1,62$ км/год), довжини годівниць і маси корму, що видається за один раз. Знаючи довжину годівниць ($L = 60$ м), максимально допустиму швидкість руху кормороздавача ($V_{k \text{ max}} = 1,2$ км/год), масу корму, що роздається за один проїзд ($m = 0,6$ т), визначаємо час, що витрачається на вивантаження корму:

$$T = \frac{L \cdot 10^{-3}}{V_{k \text{ max}}} = \frac{60 \cdot 10^{-3}}{1,62} = 0,04 \text{ год.} \quad (3.3)$$

Тоді продуктивність кормороздавача становитиме:

$$Q = \frac{m}{T} = \frac{0,6}{0,04} = 15 \text{ т/год}; \quad (3.4)$$

$$n = \frac{15}{47,1 \cdot [(0,2 + 2 \cdot 0,01)^2 - 0,058^2] \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1} = 90 \text{ хв}^{-1}.$$

3.3.2 Енергетичні розрахунки

Потужність N , споживана для приводу шнека в дію, складається з таких складових частин:

- потужності N_1 , необхідної на подолання тертя переміщуваного матеріалу об внутрішню поверхню кожуха;

- потужності N_2 , необхідної на переміщення і дроблення матеріалу (враховується дослідним коефіцієнтом W_o);

- потужності N_3 , необхідної на подолання тертя в передавальному механізмі (враховується коефіцієнтом корисної дії) η .

Потужність для приводу шнека визначається за формулою [2]:

$$N = \frac{(N_1 + N_2) \cdot W_o}{\eta}, \text{ кВт}. \quad (3.5)$$

Потужність, необхідна на подолання шнеком сил тертя, дорівнює:

$$N_1 = \frac{F \cdot v}{75}, \text{ кВт} \quad (3.6)$$

де F – сила тертя матеріалу об кожух, кг;

v – абсолютна швидкість руху матеріалу в кожусі шнека, м/с.

Сила тертя визначається за формулою [2]:

$$F = f \cdot (P_l + G_m \cdot \cos\beta - \cos\varphi), \text{ кН} \quad (3.7)$$

де f – коефіцієнт тертя спокою по листовій сталі, $f = 1,2$;

P_l – відцентрова сила, що притискає матеріал до кожуха, кН;

G_m – вага матеріалу, що перебуває в кожусі, кН.

Кількість матеріалу G_m , що перебуває у шнеку під час руху, визначаємо з виразу:

$$G_m = \frac{\pi \cdot [(D + 2\lambda)^2 - d^2]}{4} \cdot L \cdot \psi_{max} \cdot \rho \cdot 1000. \quad (3.8)$$

Довжину шляху матеріалу в шнеку приймаємо рівною $L = 0,523$ м, тоді:

$$G_m = \frac{3,14 \cdot [(0,2 + 2 \cdot 0,01)^2 - 0,058^2]}{4} \cdot 0,523 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1000 = 11,1 \text{ Н.}$$

Абсолютна швидкість матеріалу всередині кожуха шнека v (м/с) дорівнює:

$$v = \frac{v_1}{\cos \varepsilon}, \quad (3.9)$$

де v_1 – швидкість руху матеріалу вздовж утворюючої кожуха шнека, м/с;

ε – для швидкохідних шнеків $\varepsilon = 70^\circ$.

Швидкість руху матеріалу вздовж утворюючої кожуха шнека дорівнює:

$$v_1 = \frac{Q \cdot L}{G_m \cdot 3600} = \frac{15 \cdot 0,523}{0,011 \cdot 3600} = 0,198 \text{ м/с.} \quad (3.10)$$

$$v = \frac{0,198}{0,34} = 0,5827 \text{ м/с.}$$

Окружна швидкість кромки витка v_2 (м/с) визначається з виразу:

$$v_2 = \frac{\pi \cdot D \cdot 113,2}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,2 \cdot 113,2}{60} = 1,18 \text{ м/с.} \quad (3.11)$$

Окружна швидкість матеріалу по стінках кожуха v_3 (м/с) дорівнює:

$$v_3 = v_1 - \operatorname{tg} \varepsilon = 0,198 - \operatorname{tg} 70^\circ = 0,544 \text{ м/с.} \quad (3.12)$$

Відцентрова сила, що притискає матеріал до кожуха, визначається за формулою:

$$P_1 = \frac{2 \cdot G_m \cdot v_3^2}{D \cdot g} = \frac{2 \cdot 11,1 \cdot 0,544^2}{0,2 \cdot 9,8} = 3,32 \text{ Н.} \quad (3.13)$$

Тоді сила тертя F матеріалу об кожух, що виникає під час його руху, становитиме:

$$F = 1,2 - (3,32 + 11,1 - 0,34 - 1) = 8,472 \text{ Н.}$$

Потужність, необхідна на подолання сил тертя, дорівнює:

$$N_1 = \frac{8,472 \cdot 0,5827}{75} = 0,066 \text{ кВт.}$$

Потужність, необхідна для приводу шнека, дорівнює:

$$N = \frac{0,066 \cdot 1,2}{0,524} = 0,151 \text{ кВт.} \quad (3.14)$$

Витки і спіралі виготовляють зі стрічки за ДСТУ 8970:2019, зі сталі марки МСт-3 штампованої або прокатної на спеціальній машині, в результаті чого отримують готові спіралі, довжина яких дорівнює кільком крокам.

Виходячи з того, що дві шнекові ворушилки і два вивантажувальні шнеки витрачають рівну потужність, то загальна потужність, необхідна для приводу кормороздавача, становитиме 0,604 кВт.

3.3.3 Розрахунки на міцність

3.3.3.1 Розрахунок вала вивантажувального шнека кормороздавача на міцність

Розраховуємо потужність, що передається на вал:

$$D = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \quad (3.15)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність приводу шнека, $N_{\text{дв}} = 0,604$ кВт;

$\eta = 0,524$.

$$P = 0,604 \cdot 0,524 = 0,32 \text{ кВт.}$$

Визначаємо крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = 9,55 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{n} = 9,55 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,32}{90} = 34 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм.} \quad (3.16)$$

Матеріал вала сталь 45:

$$\sigma_{\sigma} = 570 \text{ Н / мм}^2,$$

$$\sigma_m = 290 \text{ Н / мм}^2,$$

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_{\sigma} = 0,43 \cdot 570 = 245 \text{ Н / мм}^2,$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 245 = 142 \text{ Н / мм}^2.$$

Сила, що навантажує вал з боку ланцюгової передачі:

$$Q = 2 \cdot G_o, \quad (3.17)$$

де G_o – постійна величина напруги від натягу ланцюгів, $G_o = 220,4 \text{ Н}$.

$$Q = 2 \cdot 220,4 = 440,8 \text{ м.}$$

Орієнтовний розрахунок вала.

Визначаємо діаметр тонкої частини вала (рис.3.2):

$$d_0 = \sqrt{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau]}}, \text{ мм} \quad (3.18)$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{16 \cdot 34 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 200}} = 29,4 \text{ мм.}$$

Перевірочний розрахунок вала.

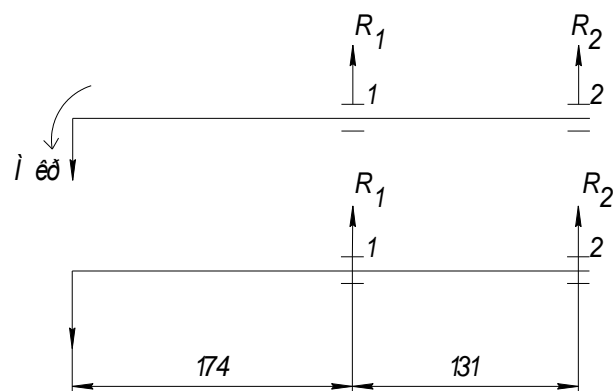


Рис. 3.2. Робоча схема вала.

Визначаємо реакцію опор:

$$\sum y = 0 \quad -Q + R_1 + R_2 = 0$$

$$\sum M_2 = 0 \quad Q(174 + 131) - R_1 \cdot 131 = 0$$

$$R_1 = \frac{Q \cdot (174 + 131)}{131} = \frac{440,8 \cdot (174 + 131)}{131} = 1026 \text{ Н};$$

$$R_2 = Q - R_1;$$

$$R_2 = 440,8 - 1026 = -585,2 \text{ Н}.$$

Визначаємо момент, що згинає вал (рис. 3.3):

- 1-а ділянка:

$$M_1 = -Q \cdot x \quad \text{при} \quad x = 0 \quad M_1 = 0$$

$$\text{при} \quad x = 174 \quad M_1 = 76699 \text{ Н};$$

- 2-а ділянка:

$$M_2 = -R_2 \cdot x_2 \quad \text{при} \quad x = 0 \quad M_2 = 0$$

$$\text{при} \quad x = 131 \quad M_2 = 76661 \text{ Н}.$$

Визначимо еквівалентний момент:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + M_{\text{кр}}^2}, \quad (3.19)$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{0^2 + (3,4 \cdot 10^4)^2} = 3,4 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

$$M_{\text{екв}1} = \sqrt{76699^2 + (3,4 \cdot 10^4)^2} = 8,4 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

$$M_{\text{екв}2} = \sqrt{(3,4 \cdot 10^4)^2} = 3,4 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

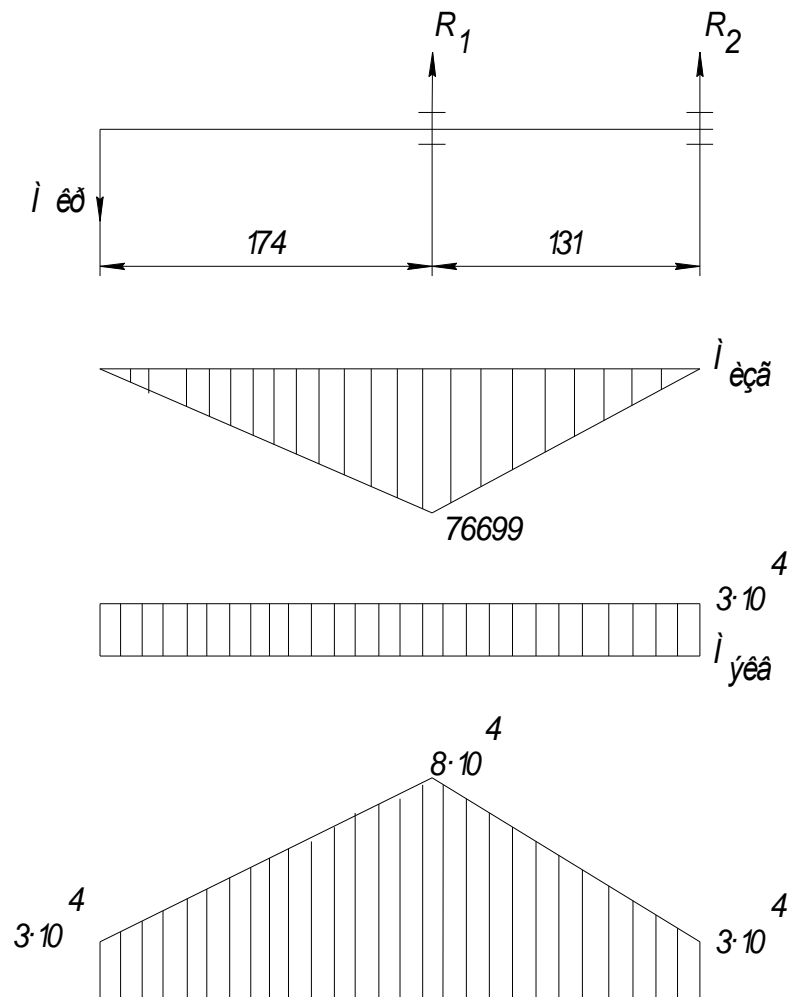


Рис. 3.3. Епюри розподілу навантажень на ділянках вала.

Зробимо перевірку правильності прийнятого значення діаметра вала за формулою:

$$d_o = \sqrt{\frac{M_{\text{экв}}}{0,1 \cdot [\tau]_K}}; \quad (3.20)$$

$$d_o = \sqrt{\frac{3,4 \cdot 10^4}{0,1 \cdot 200}} = 41,23 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо $d_o = 40$ мм.

Розрахунок вала на міцність.

Схему вала із зазначенням перерізів, що перевіряються, подано на рис. 3.4.

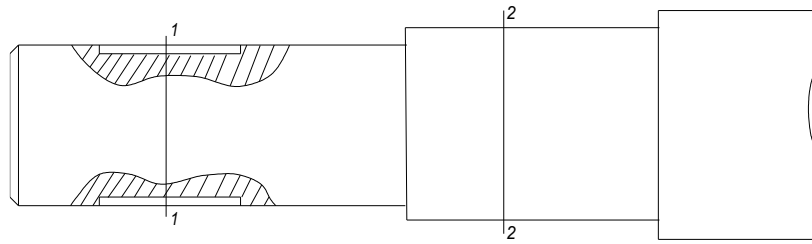


Рис. 3.4. Схема вала із зазначенням перерізів, що перевіряються.

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності за формулою [5]:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} \geq [n]. \quad (3.21)$$

Для валів: $[n] = 2,5 \dots 3$.

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma^{-1}}{\frac{n_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \tau}; \quad n_{\tau} = \frac{2 \cdot \tau^{-1}}{\left(\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \psi \cdot \tau \right) \cdot \tau}. \quad (3.22)$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності в перерізі 2-2:

$$n_2 = \frac{n_{\sigma_2} \cdot n_{\tau_2}}{\sqrt{n_{\sigma_2}^2 + n_{\tau_2}^2}} = \frac{2,5 \cdot 2,7}{\sqrt{2,5^2 + 2,7^2}} = 2,5. \quad (3.23)$$

$$n_2 = 2,5 \approx [n].$$

Запас міцності в перерізі 2-2 забезпечується.

3.3.3.2 Розрахунок шпонкового з'єднання

Конструктивна схема шпонкового з'єднання представлена на рис. 3.5.

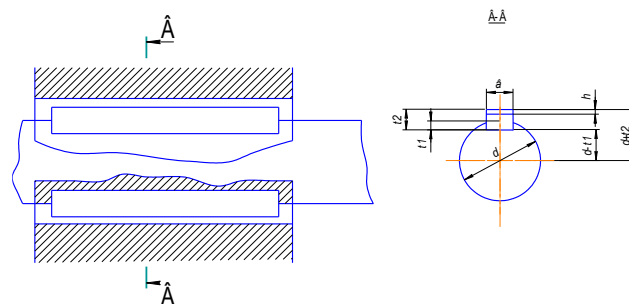


Рис. 3.5. Конструктивна схема шпонкового з'єднання.

Вихідні дані для розрахунку:

- матеріал шпонки: сталь 45;
- $M_{кр} = 3,4 \cdot 10^4$ Н/мм;
- діаметр вала: $d =$ мм 40;
- конструктивні розміри шпонкового з'єднання за ДСТУ 24071:2005:

$$e = 12 \text{ мм}, h = \text{мм}9, t_1 = \text{мм}5, t_2 = 4 \text{ мм}, l = 90 \text{ мм}.$$

Розраховуємо міцність шпонкового з'єднання на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d \cdot (h - t_1) \cdot l_p} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.24)$$

де $l_p = l - e = 90 - 12 = 78$;

$[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження на зминання, для матеріалу даної конструкції

$$[\sigma_{зм}] = 50 \dots 60 \text{ Н/мм};$$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 3,4 \cdot 10^4}{40 \cdot (9 - 5) \cdot 78} = 5,4 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_{зм}].$$

Перевіримо шпонку на зріз за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d \cdot l \cdot e} \leq [\tau_{зр}], \quad (3.25)$$

де $[\tau_{зр}]$ – допустима напруга на зріз, $[\tau_{зр}] = 60 \dots 90 \text{ Н / мм}^2$;

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 3,4 \cdot 10^4}{40 \cdot 90 \cdot 12} = 1,57 \text{ Н/мм}^2 < [\tau_{зр}].$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломному проекті проведено аналіз існуючих технологій та обладнання, що використовуються на сучасних фермах для вивантаження та роздачі кормів. Визначено основні проблеми та недоліки існуючих систем, що перешкоджають ефективному управлінню процесом роздачі кормів.

Визначено основні вимоги до технологічного процесу роздачі кормів, що включають рівномірність, точність дозування, своєчасність, мінімізацію втрат та дотримання гігієнічних норм. Розроблено рекомендації щодо планування та організації процесу роздачі кормів на фермі ВРХ.

Запропоновано конструкторські рішення щодо модернізації вивантажувального транспортера роздавача для підвищення його ефективності та надійності. Підвищення ефективності механізації ферми ВРХ через модернізацію вивантажувального транспортера роздавача є важливим кроком на шляху до забезпечення високої продуктивності та рентабельності фермерського господарства. Впровадження запропонованих рішень та рекомендацій дозволить значно покращити процеси управління фермою, підвищити якість продукції та забезпечити сталий розвиток сільського господарства.

Цей дипломний проект підтвердив важливість інновацій та технологічного розвитку в галузі тваринництва, що сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності фермерських господарств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Колісний А.С. Механізація заготівлі і роздачі сінажу для відгодівельної ферми ВРХ 4000 голів з модернізацією пакувальника сінажної - силосної маси : дипломна робота. Харків : ХНТУСГ, 2020. 120 с.
2. Таценко О.В., Соларьов, О.О. Підвищення ефективності використання транспортних засобів для аграрного виробництва. Суми : СНАУ, 2021. 145 с.
3. Гончарук В.В. Кормороздавачі для ферм ВРХ: особливості механізації роздачі кормів. Львів : ЛНУП, 2019. 95 с.
4. Сидоренко М.П. Інноваційні рішення для підвищення ефективності механізації ферм ВРХ : наукова праця. Київ : НАУ, 2021. 135 с.
5. Яковенко Л.П. Основи механізації тваринницьких ферм : монографія. Дніпро : ДДАЕУ, 2018. 175 с.
6. Мельник О.П. Технологічні процеси та обладнання для механізації ферм ВРХ : підручник. Вінниця : ВНАУ, 2020. 160 с.
7. Петренко В.О. Автоматизація кормороздачі на фермах ВРХ : наукове видання. Одеса : ОНАХТ, 2021. 120 с.
8. Іваненко С.М. Сучасні технології механізації на тваринницьких фермах : монографія. Полтава : ПДАА, 2019. 140 с.
9. Коваль О.В. Удосконалення вивантажувальних транспортерів на фермах ВРХ : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2021. 150 с.
10. Федоров В.М. Основи технічного обслуговування та ремонту механізованого обладнання на фермах ВРХ : підручник. Львів : ЛНУП, 2020. 180 с.
11. Гречко В.П. Модернізація систем кормороздачі на фермах великої рогатої худоби : дипломна робота. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 110 с.
12. Кузьменко О.В. Інноваційні технології в механізації ферм ВРХ : наукове видання. Харків : ХНТУСГ, 2019. 130 с.

13. Болтянський Б.В. Організація технічного обслуговування та ремонту обладнання на фермах ВРХ : підручник. Київ : НАУ, 2021. 140 с.
14. Шевченко О.В. Технології модернізації кормороздачі на фермах : наукова праця. Одеса : ОНАХТ, 2019. 125 с.
15. Коваленко А.В. Ефективність використання механізованих систем на тваринницьких фермах : монографія. Дніпро : ДДАЕУ, 2021. 155 с.
16. Ткаченко О.І. Розробка та впровадження нових систем кормороздачі на фермах ВРХ : дипломна робота. Вінниця : ВНАУ, 2020. 115 с.
17. Сидоренко П.В. Технології механізації роздачі кормів на фермах ВРХ : навчальний посібник. Київ : НАУ, 2019. 105 с.
18. Гончарук Л.П. Організація технічного обслуговування механізованого обладнання на фермах : підручник. Миколаїв : МНАУ, 2020. 135 с.
19. Новицький А.В. Механізація та автоматизація процесів роздачі кормів на фермах ВРХ : наукове видання. Львів : ЛНУП, 2021. 145 с.
20. Петренко В.В. Сучасні методи механізації кормороздачі на тваринницьких фермах : монографія. Полтава : ПДАА, 2020. 165 с.