

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Технічної механіки та сільськогосподарських машин  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності роботи мобільного кормороздавача  
з розробкою механізму роздавання кормів

Виконав: студент 4 курсу, групи МГ-41  
спеціальності 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Місечко Р.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Цьонь Г.Б. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Сташків М.Я. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Бабій А.В. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2026

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2026 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Місечку Роману Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності роботи мобільного кормороздавача з розробкою механізму роздавання кормів

Керівник роботи Цьонь Ганна Богданівна, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 червня 2026 року

**3. Вихідні дані до роботи** розрахувати допоміжні приміщення для зберігання кормів для 500 голів ВРХ. Провести розрахунок мобільного кормороздавача для повноцінного згодовування 250 голів ВРХ, які знаходяться в одному приміщенні ферми

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. 1. Аналіз

технологічних схем кормороздатчиків для тварин. 2. Підбір споруд та приміщень для утримання та годівлі ВРХ. 3. Доцільність застосування мобільних кормороздатчиків для годівлі малогабаритної ферми ВРХ. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точних зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Технологічні схеми кормороздатчиків – 1А4. 2. Схематичний генеральний план ферми ВРХ – 1А4.3. Ферма для молодняку ВРХ на 250 голів – 1А4. 4. Кормороздавач – 1А4. 5. Кінематична схема кормороздавача – 1А4. 6. Механізм підйому і опускання лопатей. Складальне креслення – 1А4. 6. Деталювання – 1А4.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Лазарюк В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання

23 січня 2026 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Аналіз технологічних схем кормороздатчиків для тварин.	до 12.05.2026	
2	Підбір споруд та приміщень для утримання та годівлі ВРХ	до 26.05.2026	
3	Доцільність застосування мобільних кормороздатчиків для годівлі малогабаритної ферми ВРХ	до 08.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності. Основи охорони праці	до 10.06.2026	
5	Реферат. Вступ. Загальні висновки	до 15.06.2026	
6	Ілюстративний матеріал	до 16.06.2026	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Місечко Р.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Цьонь Г.Б.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Автор роботи** – Місечко Роман Васильович.

**Тема роботи** – «Підвищення ефективності роботи мобільного кормороздавача з розробкою механізму роздавання кормів».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин ТНТУ імені Івана Пулюя.

**Керівник роботи** – Цьонь Ганна Богданівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (35 найменувань). Загальний обсяг текстової частини – 58 сторінок на яких є 18 рисунків, додатки розміщені на 2 сторінках. Ілюстративний матеріал розміщений на 9 аркушах формату А4.

**Актуальність теми роботи.** У сучасному тваринництві важливе значення має підвищення ефективності технологічних процесів, зокрема системи годівлі, яка впливає на продуктивність тварин і економічні результати господарств. Якість приготування, транспортування та рівномірність розподілу кормів визначають рівень засвоєння поживних речовин і приріст живої маси.

Значна частка витрат часу на згодовування тварин припадає на роздачу кормів, тому ефективне її використання залежить від механізації процесів. Сучасні машини знижують затрати праці, підвищують продуктивність і стабільність годівлі.

Важливу роль відіграють мобільні кормороздатчики, які забезпечують транспортування і рівномірну подачу кормів. Однак існуючі конструкції мають недоліки: нерівномірність розподілу, підвищені енерговитрати та налипання корму.

Тому актуальним є удосконалення конструкцій кормороздатчиків, що дозволить підвищити їх продуктивність, зменшити енерговитрати та покращити рівномірність годівлі тварин.

**Мета роботи.** Підвищення ефективності процесу роздавання кормів на фермах ВРХ шляхом удосконалення мобільного кормороздавача та механізму подачі й розподілу кормосумішей.

Для цього передбачено аналіз існуючих конструкцій, обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів машини, що забезпечують рівномірне транспортування і дозоване роздавання корму, підвищення продуктивності та зниження енерговитрат.

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом дослідження є процес транспортування, подачі та роздавання кормових сумішей на фермах ВРХ із використанням мобільних кормороздатчиків, зокрема їх переміщення та рівномірний розподіл уздовж годівниць.

**Предмет дослідження.** Предметом дослідження є параметри механізму подачі та роздавання кормів мобільного кормороздавача і закономірності його роботи під час транспортування та рівномірного розподілу корму.

**Практичне значення отриманих результатів.** Удосконалення мобільного кормороздавача через розробку ефективнішого механізму подачі та роздавання кормів. Запропоновані рішення забезпечують більш рівномірний розподіл корму, підвищення продуктивності та зниження енерговитрат.

Результати можуть бути використані для підвищення ефективності процесів на фермах ВРХ, зменшення втрат кормів і під час проектування та модернізації кормороздатчиків.

**Ключові слова:** мобільний кормороздатчик, кормосуміш, механізм роздавання кормів, шнековий транспортер, кормоцех, технологічний процес роздавання кормів.

## ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ КОРМОРОЗДАТЧИКІВ ДЛЯ ТВАРИН	9
1.1 Огляд та структура об'єкта розробки	9
1.2 Огляд технологічних схем мобільних кормороздатчиків для тварин	16
1.2.1 Загальна характеристика мобільних кормороздатчиків	16
1.2.2 Технологічна схема шнекового кормороздатчика	17
1.2.3 Технологічна схема стрічкового кормороздатчика	18
1.2.4 Технологічна схема ланцюгово-пластинчастого кормороздатчика	19
1.2.5 Технологічна схема бітерного кормороздатчика	20
1.2.6 Порівняльна характеристика технологічних схем	22
2 ПІДБІР СПОРУД ТА ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ УТРИМАННЯ ТА ГОДІВЛІ ВРХ	23
2.1 Розрахунок плану ферми великої рогатої худоби	23
2.2 Розрахунок параметрів споруд та приміщень для зберігання продуктів життєдіяльності тварин	27
2.3 Кількісний розрахунок кормових кормосумішей	31
3 ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ КОРМОРОЗДАТЧИКІВ ДЛЯ ГОДІВЛІ МАЛОГАБАРИТНОЇ ФЕРМИ ВРХ	33
3.1 Обґрунтування вибору кінематичної схеми подачі кормо сумішей	33
3.1.1 Технологічні розрахунки механізмів подачі кормів	33
3.1.2 Вибір кінематичної схеми та розрахунок параметрів мобільного кормороздатчика	35
3.2 Розробка конструкції вивантажувача кормосумішей	38
3.2.1 Вибір конструкції шнекового вивантажувача	38
3.2.2 Розрахунок геометричних параметрів шнекового вивантажувача	41
3.3 Аналіз результатів розрахунку	43
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	45
4.1 Безпека праці на фермі по відгодівлі великої рогатої худоби	45
4.2 Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53
ДОДАТКИ	58

## ВСТУП

Ефективний розвиток сучасного тваринництва значною мірою залежить від рівня механізації та автоматизації технологічних процесів виробництва продукції. Одним із найбільш трудомістких і відповідальних процесів у тваринницьких господарствах є приготування, транспортування та роздавання кормів. Раціональна організація годівлі тварин безпосередньо впливає на продуктивність поголів'я, ефективність використання кормових ресурсів і економічні показники роботи фермерських господарств.

У структурі витрат на виробництво продукції тваринництва корми становлять до 60...70 % собівартості, тому їх раціональне використання та рівномірний розподіл мають важливе значення для підвищення рентабельності галузі. Сучасні технології годівлі великої рогатої худоби передбачають використання повнораціонних кормових сумішей, які повинні бути рівномірно розподілені вздовж годівниць з дотриманням установлених норм згодовування.

Важливу роль у забезпеченні ефективного роздавання кормів відіграють мобільні кормороздатчики, які виконують транспортування кормосумішей від місця їх приготування до тваринницьких приміщень і здійснюють дозований розподіл корму між тваринами. Застосування таких машин дозволяє значно скоротити витрати ручної праці, підвищити продуктивність технологічного процесу та забезпечити більш точне дотримання зоотехнічних норм годівлі.

Разом із тим аналіз існуючих конструкцій мобільних кормороздатчиків показує, що вони мають ряд недоліків, зокрема нерівномірність подачі корму, підвищене енергоспоживання, можливість налипання кормових сумішей на робочі органи та обмежену ефективність транспортування вологих або волокнистих кормів. Це обумовлює необхідність удосконалення конструкції механізмів подачі та роздавання кормів з метою підвищення їх продуктивності, надійності та енергетичної ефективності.

У зв'язку з цим актуальним завданням є вдосконалення конструкції мобільних кормороздатчиків, зокрема розробка більш ефективних механізмів

подачі та вивантаження кормових сумішей, які забезпечують рівномірний розподіл корму та стабільну роботу машини в різних умовах експлуатації.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є підвищення ефективності роботи мобільного кормороздатчика шляхом удосконалення механізму роздавання кормових сумішей та обґрунтування його основних конструктивних і технологічних параметрів.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі завдання:

- провести аналіз особливостей технологічних процесів підготовки та роздавання кормів на тваринницьких фермах;
- виконати огляд технологічних схем мобільних кормороздатчиків для тварин;
- здійснити розрахунок основних параметрів ферми великої рогатої худоби та потреби у кормових сумішах;
- обґрунтувати вибір кінематичної схеми подачі кормосуміші;
- розробити конструкцію механізму вивантаження кормів;
- виконати розрахунок основних геометричних параметрів шнекового вивантажувача;
- проаналізувати результати розрахунків та оцінити ефективність запропонованої конструкції;
- розглянути питання безпеки праці та охорони навколишнього середовища під час експлуатації обладнання.

Об'єктом дослідження є технологічний процес транспортування та роздавання кормових сумішей на фермах великої рогатої худоби.

Предметом дослідження є конструктивні та технологічні параметри механізму роздавання кормів мобільного кормороздатчика.

Практичне значення роботи полягає у вдосконаленні конструкції мобільного кормороздатчика, що дозволяє підвищити ефективність процесу роздавання кормів, забезпечити рівномірність подачі кормосуміші та зменшити енергетичні витрати під час експлуатації машини.

# 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ КОРМОРОЗДАТЧИКІВ ДЛЯ ТВАРИН

## 1.1 Огляд та структура об'єкта розробки

Кормоцех – це комплекс технологічних ліній і машин, призначених для приймання кормів; подрібнення; змішування; дозування; гранулювання (за потреби); зберігання та подачі корму тваринам.

Схема кормоцеху залежить від:

- типу ферми (ВРХ чи свиноферма);
- обсягів годівлі;
- виду кормів (зерно, комбікорм, силос, сінаж, білкові компоненти);
- способу роздачі (трубопроводи, станкові бункери, мобільні роздавачі).

Економічна ефективність тваринницьких господарств значною мірою визначається рівнем механізації основних виробничих процесів, зокрема операцій підготовки, приготування та роздавання кормів. Комплексна механізація цих процесів сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню виробничих витрат і забезпечує стабільність технологічного процесу годівлі тварин [9, 11].

Одним із найважливіших етапів технології відгодівлі є приготування кормових сумішей. Саме на цьому етапі формуються раціони, що повинні містити всі необхідні поживні компоненти у визначених пропорціях. Для досягнення високої ефективності годівлі компоненти корму необхідно ретельно дозувати та рівномірно перемішувати, щоб забезпечити однорідність кормової суміші і рівномірний розподіл поживних речовин.

У процесі приготування кормів використовують різні види сировини – концентровані, соковиті, грубі та мінеральні добавки, які повинні бути попередньо підготовлені, подрібнені та дозовані відповідно до встановлених норм годівлі. Після цього вони змішуються до отримання однорідної кормової маси, яка подається тваринам у визначений час [21-24].

Типова технологічна схема підготовки та приготування кормів, що включає основні операції обробки кормової сировини, наведена на рисунку 1.1.

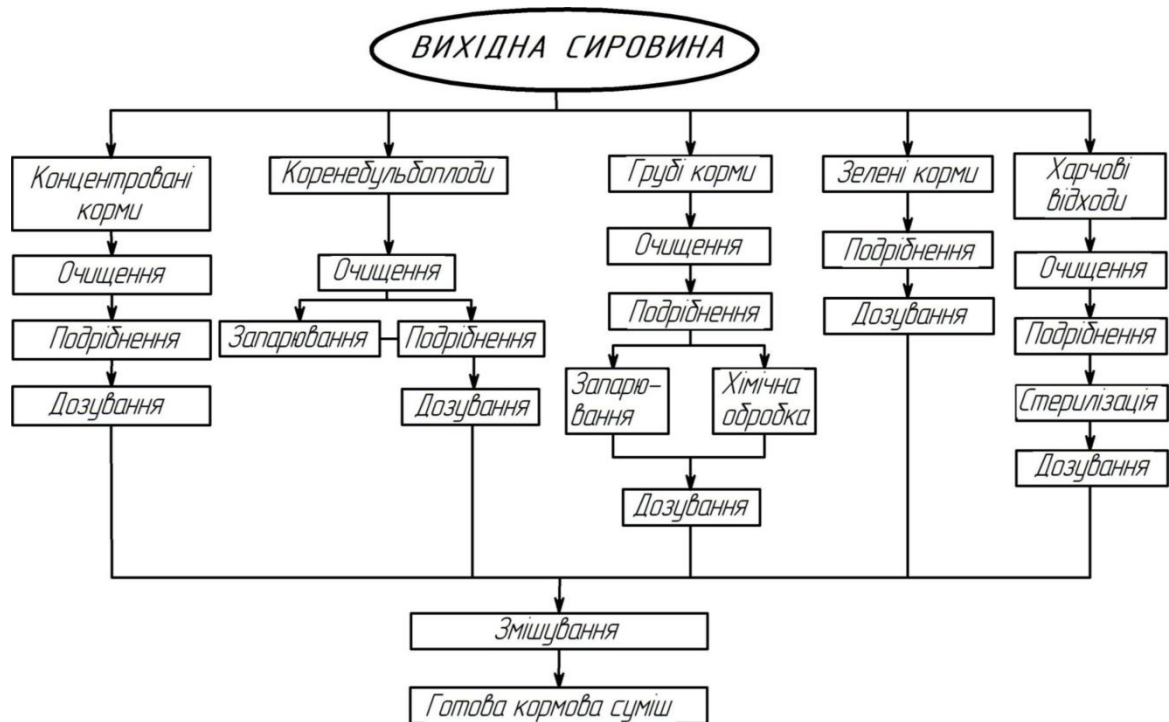


Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу підготовки кормів

Виробництво кормів на тваринницьких підприємствах здійснюється у спеціалізованих підрозділах – кормоцехах. Такі виробничі дільниці, як правило, оснащуються типовим технологічним обладнанням, яке забезпечує ефективну підготовку кормової сировини відповідно до класичних технологічних схем (див. рис. 1.1).

Типове обладнання кормоцехів для відгодівлі тварин включає такі обладнання:

- дробарки (молоткові, вальцьові);
- змішувачі 0,5...2 т;
- мікродозатори; шнекові транспортери;
- норії; гранулятори;
- охолоджувачі;
- бункери-силоси.

Для утримання ферми ВРХ, забезпечуються такими механізмами: ТМР-міксери; подрібнювачі соломи; транспортери; вагові дозувальні станції; роздавачі кормів; роботи-кормороздавачі (Lely Vector тощо).

Під час проєктування кормоцеху, призначеного для забезпечення кормами запланованого поголів'я великої рогатої худоби, необхідно обрати одну з рекомендованих технологічних схем приготування кормових сумішей. Вибір конкретної схеми визначається виробничою потужністю ферми, видом кормової сировини, технологією годівлі та рівнем механізації процесів кормоприготування [9, 21].

Як приклад може бути використаний кормоцех типу КЦК-5, технологічна схема та розміщення основного обладнання якого наведені на рисунку 1.2.

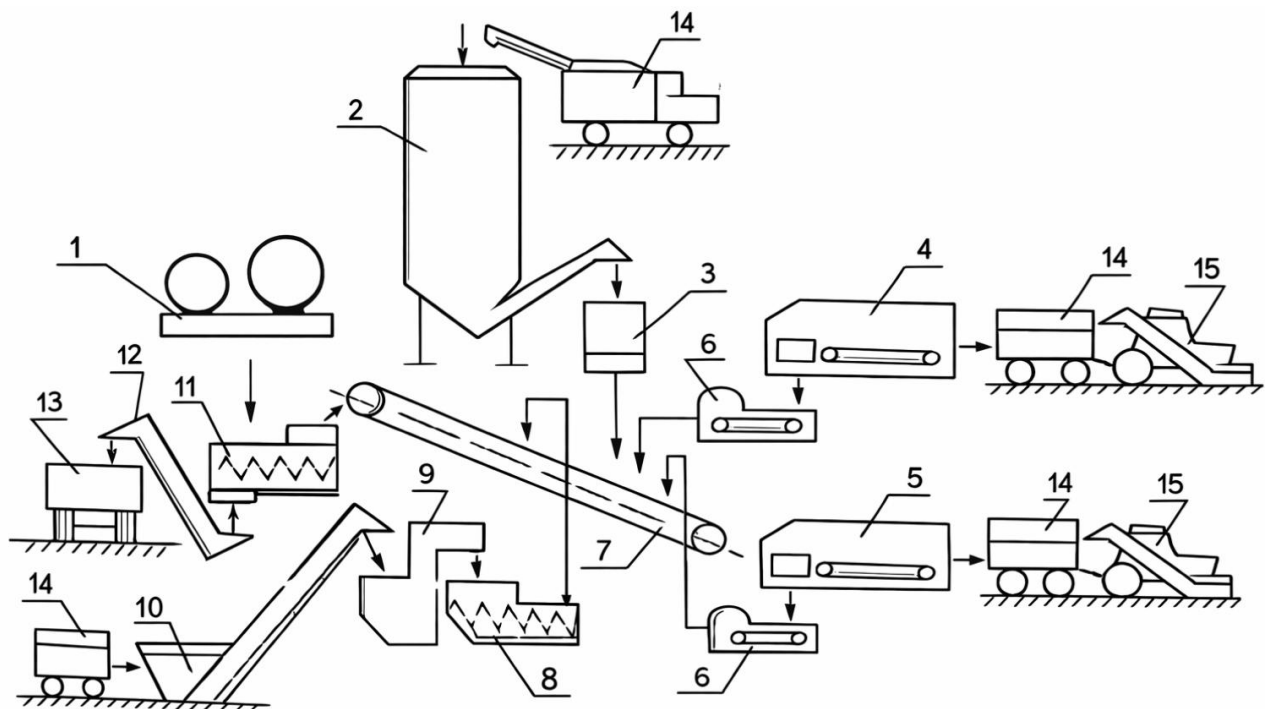


Рисунок 1.2 – Технологічна схема роботи кормоцеху КЦК-5

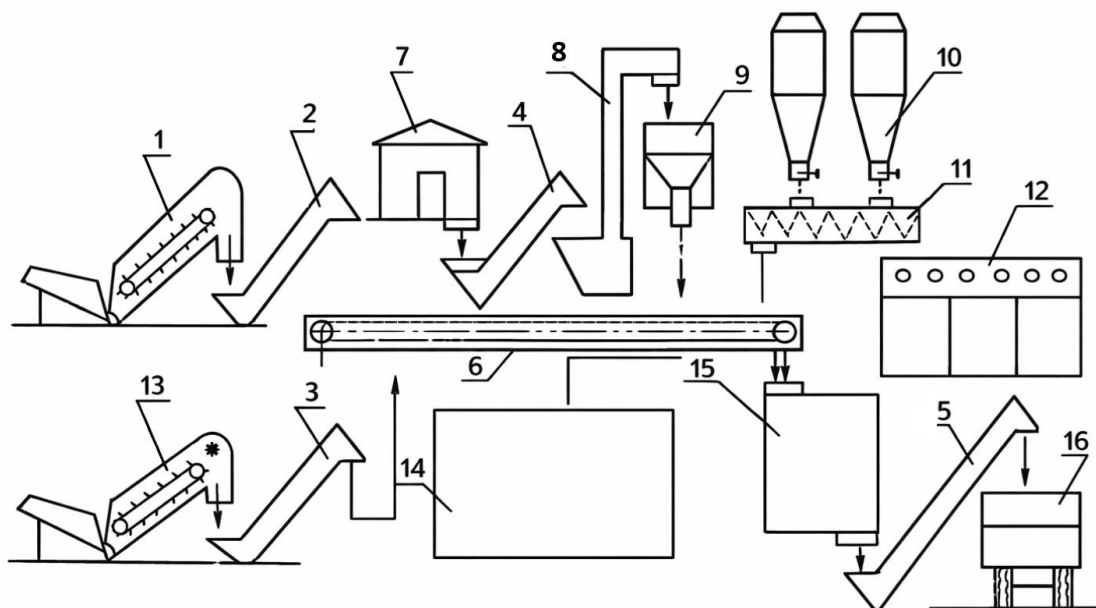
Усі складові компоненти кормової суміші надходять до кормозмішувача 11, де здійснюється їх остаточне перемішування. Концентровані корми, зокрема фуражне зерно, доставляються транспортними засобами 14 у бункер 2. Після подрібнення зерно дозується за допомогою дозатора 3 і через транспортер 7 подається до кормозмішувача 11.

Стеблові корми та силос надходять до змішувача за такою технологічною схемою: транспортні засоби 14 і 15 подають сировину до живильників 4 і 5, після чого вона проходить стадію дозування в дозаторах 6 і транспортується стрічковим транспортером 7 до кормозмішувача 11.

Подібна технологічна послідовність застосовується і для підготовки коренебульбоплодів. Транспортний засіб 14 подає їх у бункер 10, де відбувається очищення від ґрунтових домішок. Далі коренеплоди подаються до подрібнювача 9, після чого дозатор 8 направляє їх на транспортер 7, який доставляє подрібнену масу до кормозмішувача 11.

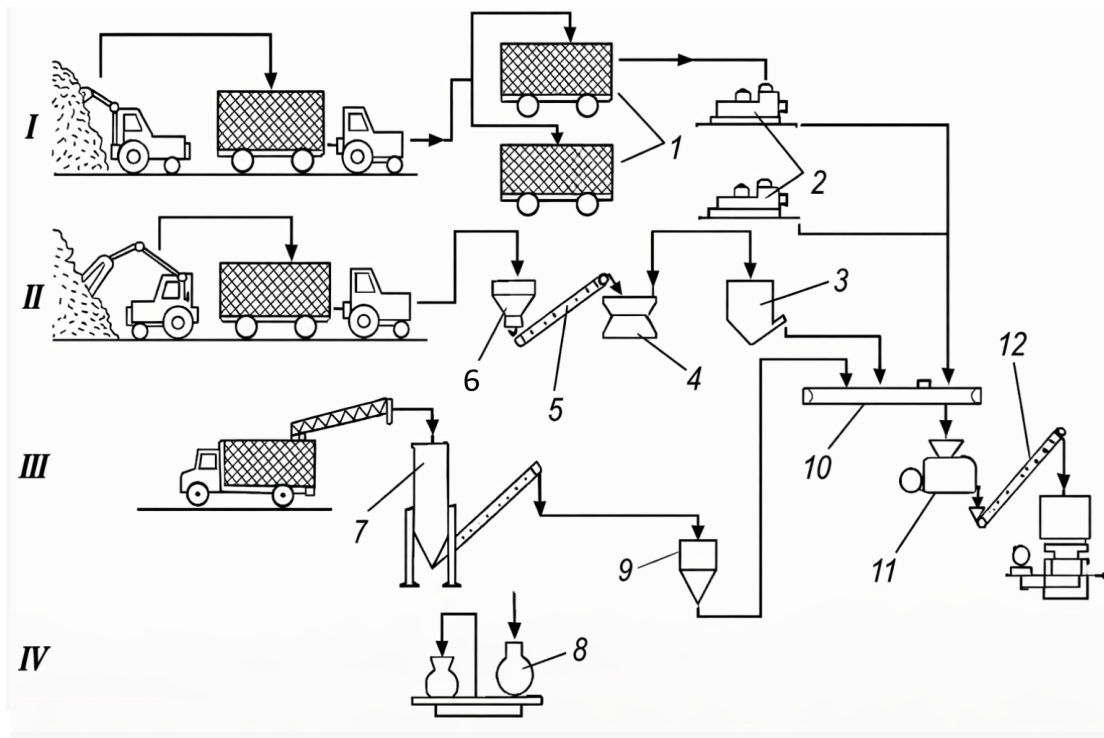
Після завершення процесу змішування готова кормова суміш транспортером 12 подається на кормороздавач 13 для подальшого розподілу між тваринами [10].

Схематичні зображення кормоцехів, призначених для приготування кормових сумішей для великої рогатої худоби, наведені на рисунках 1.3 та 1.4.



1 – транспортер подавання силосу; 2, 3, 4, 5, 6 – транспортні механізми переміщення кормових компонентів; 7, 8, 9 – вузли подавання, миття та подрібнення коренебульбоплодів; 10 – бункер (сховище) концентрованих кормів; 11 – транспортер для подачі кормових компонентів; 12 – пульт керування технологічною лінією; 13 – дозатор грубих кормів; 14 – допоміжне технологічне обладнання; 15 – кормозмішувач; 16 – причіп кормороздавача

Рисунок 1.3 – Схема організації процесу приготування кормів у кормоцеху КОРК-15



I – лінія підготовки грубих кормів; II – лінія обробки коренебульбоплодів;  
 III – лінія підготовки концентрованих кормів; IV – лінія подачі м'яси та кормових добавок

Рисунок 1.4 – Технологічна схема кормоцеху, призначеного для обслуговування 400...800 голів великої рогатої худоби

Кормоцехи, що використовуються для відгодівлі ВРХ, за своєю структурою та принципом роботи майже не відрізняється від аналогічних технологічних комплексів, призначених для годівлі свиней (рис.1.5).

До складу кормоцеху входять такі основні технологічні лінії: підготовка концентрованих кормів – 1; очищення та подрібнення коренебульбоплодів – 6, 7; подрібнення силосу та зеленої маси – 3, 4; змішування компонентів кормової суміші – 9 [7, 15].

Подача окремих компонентів кормів між технологічними вузлами здійснюється за допомогою транспортних механізмів, зокрема шнекових конвеєрів і стрічкових транспортерів.

Невід'ємними складовими будь-якого кормоцеху, призначеного для відгодівлі сільськогосподарських тварин, є технологічні лінії підготовки та обробки різних видів кормів. До основних із них належать лінії приготування

концентрованих кормів, обробки коренебульбоплодів, підготовки грубих кормів, а також системи подачі м'яса та різноманітних кормових добавок.

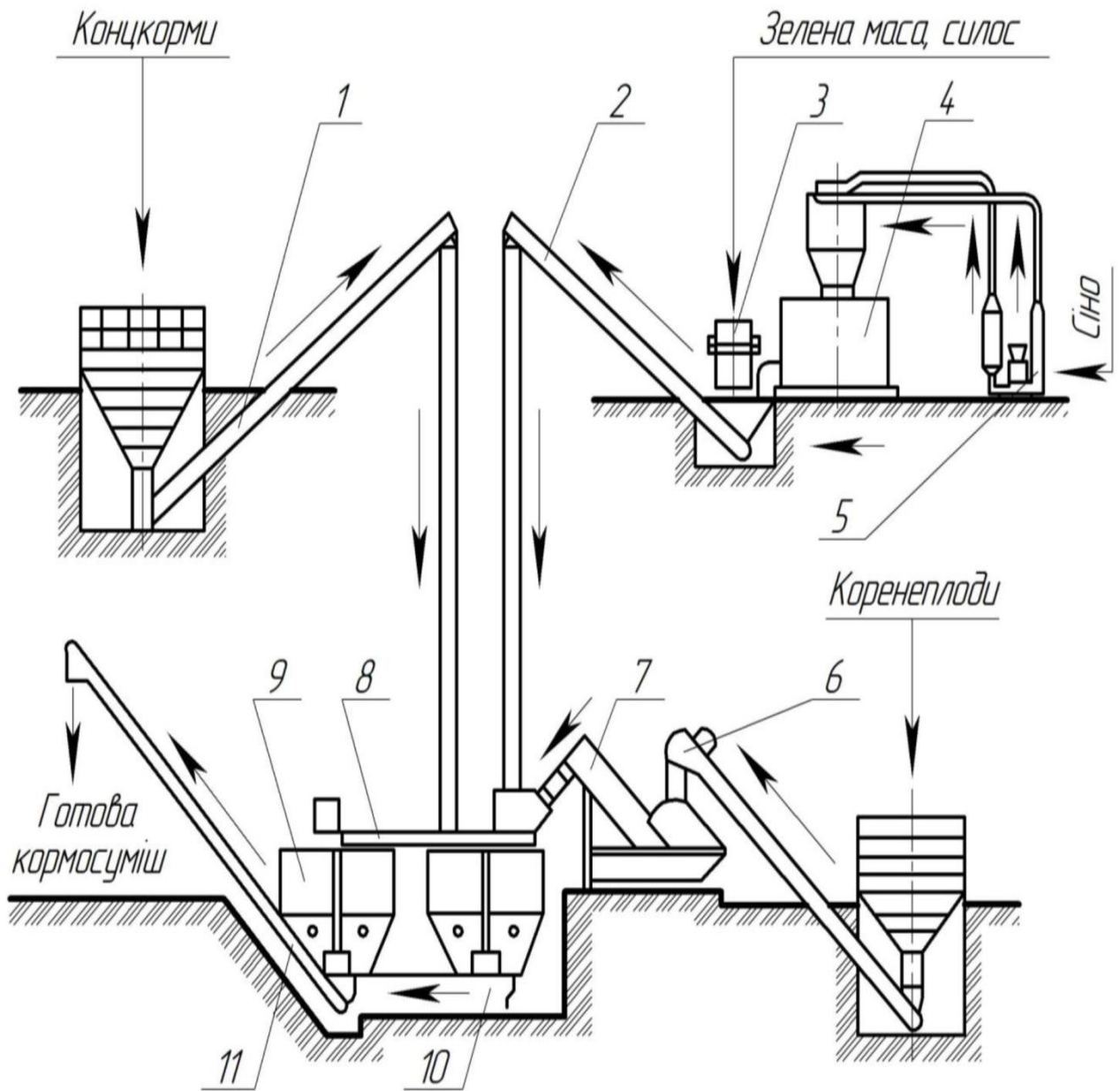


Рисунок 1.5 – Структурна схема кормоцеху для відгодівлі 6000 ВРХ

Наявність зазначених технологічних ділянок забезпечує повноцінну підготовку кормової сировини, точне дозування окремих компонентів і подальше формування однорідної кормової суміші, що відповідає зоотехнічним вимогам годівлі тварин. На рисунку 1.6 представлена класифікаційна схема кормороздавачів, які використовуються у тваринництві.

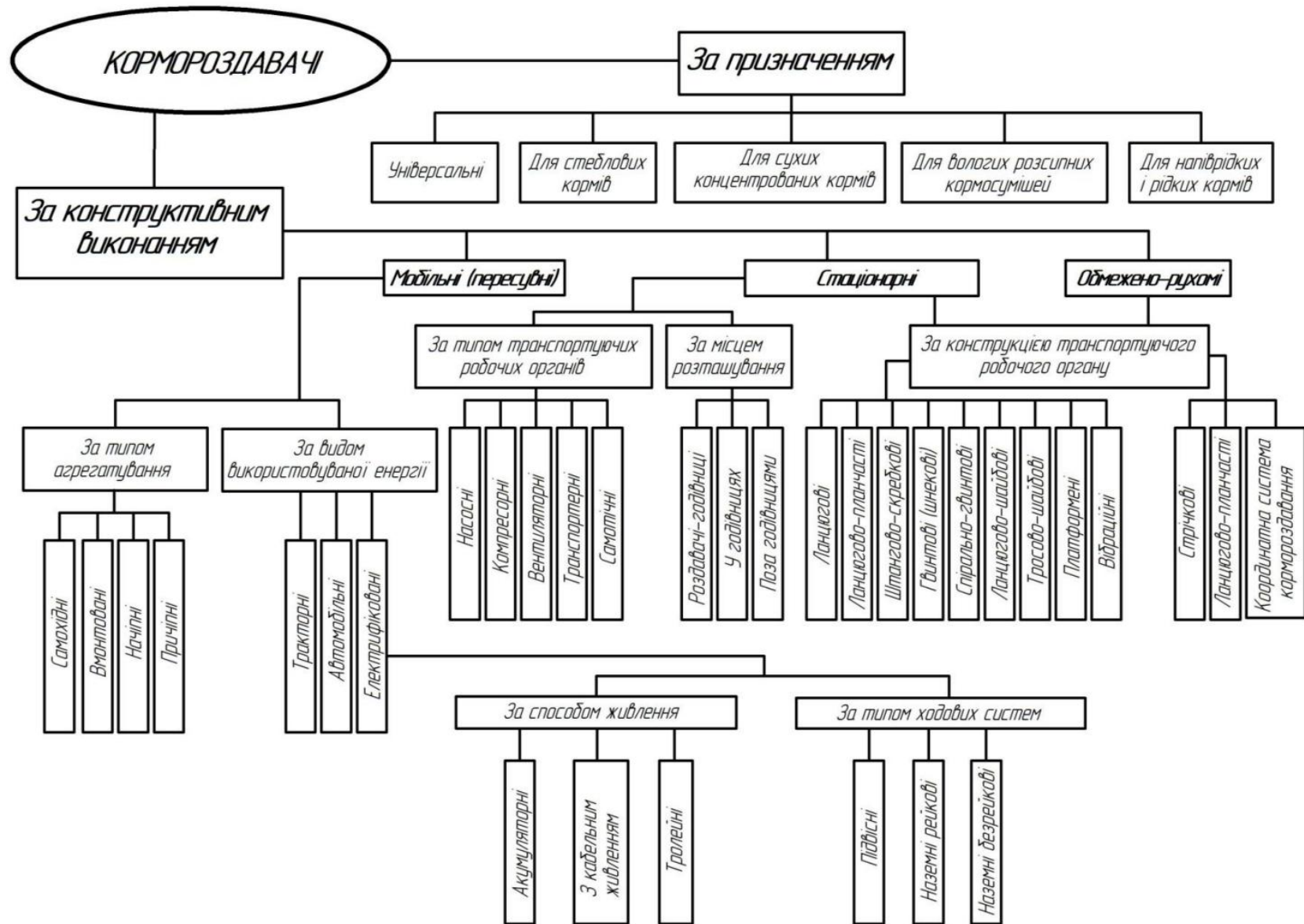


Рисунок 1.6 – Механізми роздачі кормів

## **1.2 Огляд технологічних схем мобільних кормороздатчиків для тварин**

### **1.2.1 Загальна характеристика мобільних кормороздатчиків**

Мобільні кормороздатчики є важливою складовою механізації процесів годівлі тварин на сучасних тваринницьких фермах. Вони призначені для транспортування, дозування та рівномірного розподілу кормів у годівниці або кормові столи. Використання таких машин дозволяє зменшити витрати ручної праці, підвищити точність нормування кормів та забезпечити стабільність технологічного процесу годівлі

Загалом технологічний процес роботи мобільного кормороздатчика можна представити як послідовність операцій:

1. Завантаження корму у бункер машини.
2. Транспортування корму всередині бункера.
3. Дозування корму за допомогою робочих органів.
4. Розподіл корму у годівниці під час руху агрегату.
5. Контроль норми годівлі.

Мобільні кормороздатчики застосовують для роздавання: подрібнених концентрованих кормів; комбікормів; силосу; сінажу; повнораціонних кормових сумішей.

Залежно від способу переміщення корму та конструкції робочих органів розрізняють такі основні типи мобільних кормороздатчиків:

- шнекові;
- стрічкові;
- ланцюгово-планчасті;
- бітерно-лопатеві;
- комбіновані.

Технологічна схема мобільного кормороздатчика визначає послідовність руху корму від бункера машини до годівниці та принцип роботи транспортно-дозувальних механізмів.

У сучасних умовах найбільшого поширення набули комбіновані кормороздатчики-змішувачі, які виконують одночасно кілька операцій: змішування компонентів раціону; транспортування корму; дозоване роздавання.

Використання таких машин дозволяє підвищити продуктивність праці на фермах у 2...3 рази та зменшити втрати кормів.

### 1.2.2 Технологічна схема шнекового кормороздатчика

Шнекові кормороздатчики широко застосовуються на фермах великої рогатої худоби та свинарниках. Основним робочим органом є гвинтовий транспортер, який переміщує корм уздовж бункера та подає його до вивантажувального вікна (рис. 1.7) [26, 27].

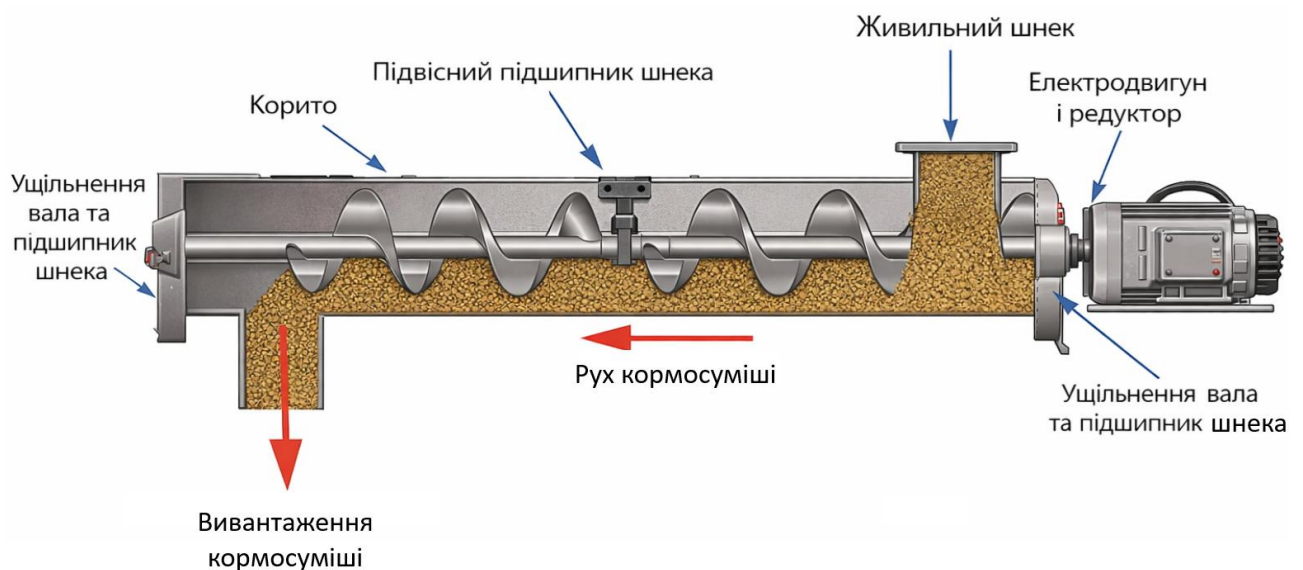


Рисунок 1.7 – Технологічна схема шнекового кормороздатчика

Процес роботи шнекового кормороздатчика наступний: завантаження кормосуміші в живильник; шнековий механізм приводиться в рух електродвигуном, в процесі руху кормосуміш переміщується вздовж бункера; дозована подача корму проходить через вивантажувальне вікно під час руху агрегату.

Переваги шнекових кормороздатчиків: проста конструкція; рівномірність подачі корму; можливість дозування.

До недоліків слід віднести: обмежена довжина транспортування кормосуміші; підвищене споживання енергії при вологих кормах.

### 1.2.3 Технологічна схема стрічкового кормороздатчика

У стрічкових кормороздатчиках переміщення корму здійснюється за допомогою транспортерної стрічки. Такі машини характеризуються плавною подачею корму та високою продуктивністю рис. 1.8 [17, 18].

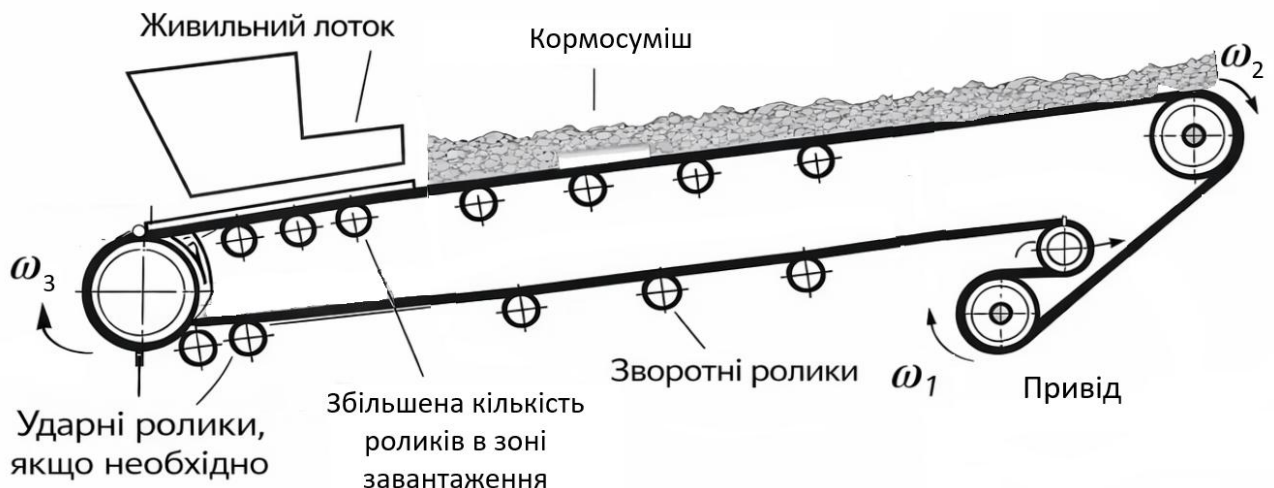


Рисунок 1.8 – Технологічна схема стрічкового кормороздатчика

Послідовність технологічного процесу роботи стрічкового кормороздатчика: подача корму з живильного бункера на транспортерну стрічку; переміщення корму вздовж транспортера; вивантаження корму в годівниці тварин.

Переваги стрічкового кормороздатчика:

- плавне транспортування корму;
- менше пошкодження структури корму;
- висока продуктивність.

#### **1.2.4 Технологічна схема ланцюгово-скребкового кормороздатчика**

У таких машинах корм транспортується за допомогою ланцюга з планками (скребками), що рухається по днищу бункера рис. 1.9 [24, 29].

Етапи технологічного процесу: завантаження корму на полотно транспортера; переміщення корму скребками до вивантажувального механізму; розподіл корму в годівниці.

Переваги таких кормороздатчиків наступні:

- можливість транспортування вологих кормів;
- висока надійність;
- велика продуктивність.

До недоліків слід віднести:

- складна конструкція;
- зношування ланцюгів.

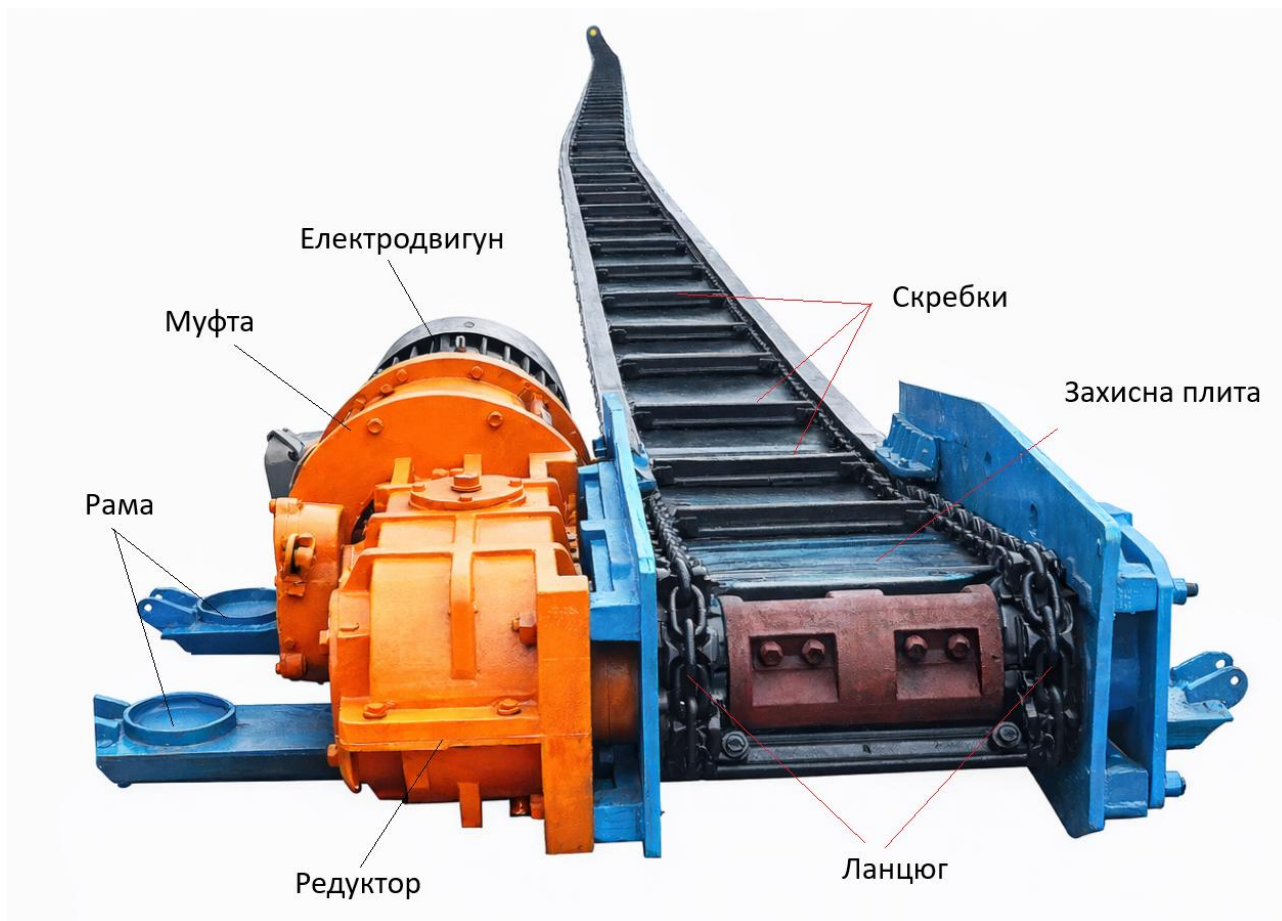


Рисунок 1.9 – Технологічна схема ланцюгово-скребкового кормороздатчика

### 1.2.5 Технологічна схема бітерного кормороздатчика

У бітерних кормороздатчиках використовують обертові барабани з лопатями або пальцями, які подрібнюють і розкидають корм. рис. 1.10 [16, 22].

Бітерний кормороздавач застосовується для транспортування та рівномірної роздачі корму вздовж годівниці на тваринницьких фермах. Основними робочими органами є ланцюгово-планчастий транспортер та бітери, які подають і розподіляють корм.

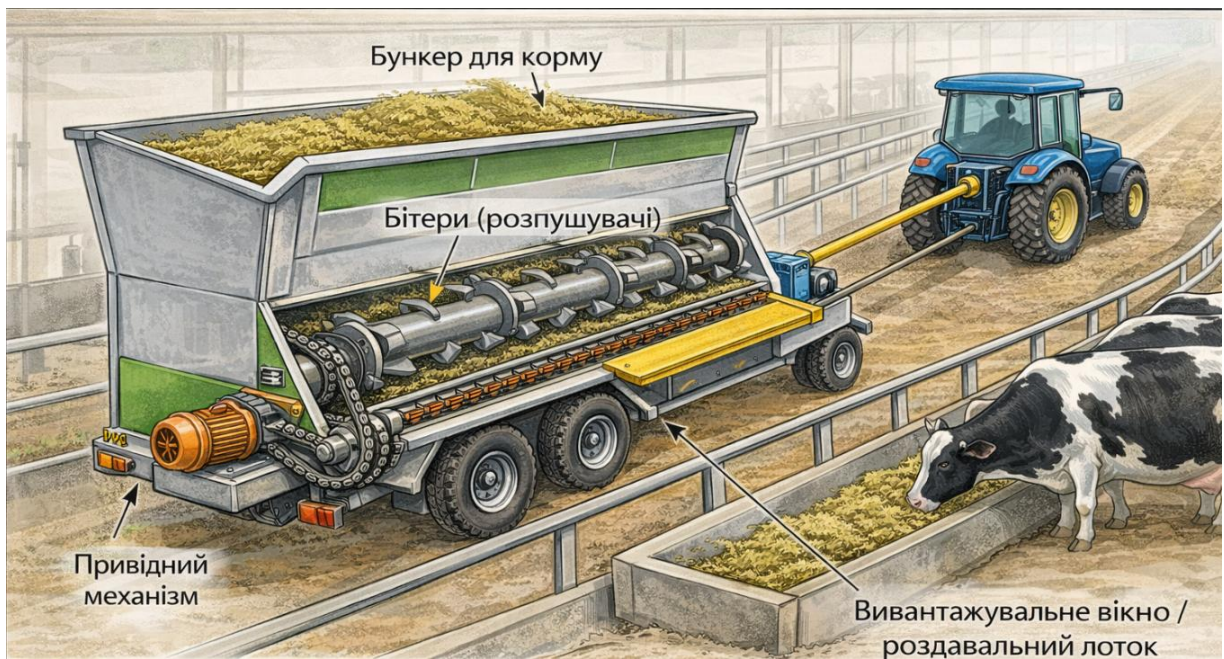


Рисунок 1.10 – Технологічна схема бітерного кормороздатчика

Основні елементи роздавача корму: бункер для корму у який завантажують силос, сінаж або змішаний корм; ланцюгово-планчастий транспортер, переміщує корм із бункера до розподільного механізму; бітери (розпушувачі), обертові вали з лопатями або зубцями, що розпушують корм, рівномірно подають його до вивантажувального вікна; вивантажувальне вікно, через нього корм подається безпосередньо в годівницю; привідний механізм який складається з: електродвигуна або ВВП трактора.

Принцип роботи полягає у наступному:

1. Корм завантажується в бункер.
2. Транспортер переміщує корм у напрямку роздавального механізму.
3. Бітери обертаються, розпушують корм і подають його до вивантажувального отвору.
4. Корм рівномірно розподіляється вздовж годівниці.

## 1.2.6 Порівняльна характеристика технологічних схем

В таблиці 1.1. надані рекомендації по використанню технологічних схем роздачі кормів.

Таблиця 1.1 – Порівняльні характеристики технологічних схем

Тип кормороздатчика	Основний робочий орган	Вид корму	Переваги	Недоліки
Шнековий	Гвинтовий транспортер	концентровані, подрібнені	рівномірність подачі	енергоємність
Стрічковий	транспортерна стрічка	комбикорми, суміші	плавність транспортування	складність приводу
Ланцюгово-планчастий	ланцюг з планками	силос, сінаж	універсальність	зношування ланцюгів
Бігерний	барабан з лопатями	грубі корми	розпушування корму	підвищене енергоспоживання

## **2. ПІДБІР СПОРУД ТА ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ УТРИМАННЯ ТА ГОДІВЛІ ВРХ**

### **2.1 Розрахунок плану ферми великої рогатої худоби**

Вибір земельної ділянки для розміщення тваринницької ферми повинен здійснюватися з урахуванням санітарно-гігієнічних вимог, норм пожежної безпеки, а також кліматичних особливостей регіону, зокрема переважаючих напрямків вітру. Територія, відведена під будівництво ферми, повинна бути малопридатною для вирощування сільськогосподарських культур і розташовуватися на рівнинній місцевості або мати незначний ухил, що забезпечує природний відвід атмосферних опадів [9, 11, 13].

Розміщення ферми необхідно передбачати таким чином, щоб вона знаходилася нижче за течією від населених пунктів і водозабірних споруд, але водночас вище відносно місць утилізації виробничих відходів.

Генеральний план ферми розробляється, як правило, у масштабі 1:1000 або 1:500. На плані повинні бути відображені як виробничі, так і допоміжні будівлі та споруди. До виробничих належать приміщення, призначені безпосередньо для утримання великої рогатої худоби, тоді як допоміжні споруди використовуються для зберігання кормів, їх підготовки, а також для обслуговування технологічних процесів ферми.

Під час проєктування необхідно дотримуватися встановлених нормативних відстаней між будівлями. Зокрема, відповідно до вимог пожежної безпеки відстань між спорудами повинна становити не менше 18 м, а санітарна відстань між корівниками та об'єктами утилізації відходів має бути не меншою 45 м.

Використовуючи рекомендації джерела, визначаємо площу, необхідну для розміщення запланованої кількості корів

$$A = a \cdot N, \quad (2.1)$$

де  $a$  – рекомендована площа, необхідна для утримання однієї корови,  $a = 4 \text{ м}^2$ ;

$N$  – запланована чисельність поголів'я великої рогатої худоби,  $N = 500$  гол.

Тоді загальна площа приміщення для утримання тварин визначається за формулою

$$A = 4 \cdot 500 = 2000 \text{ м}^2.$$

Отже, необхідна площа для розміщення всього поголів'я становить  $2000 \text{ м}^2$ .

Використовуючи рекомендації джерела, визначаємо раціональні геометричні параметри фермерського приміщення, зокрема його довжину та ширину

$$B = 0,85 \cdot \sqrt{A}, \quad (2.2)$$

$$L = 1,5 \cdot B. \quad (2.3)$$

Підставивши дані, одержимо

$$B = 0,85 \cdot \sqrt{2000} = 38 \text{ м};$$

$$L = 1,5 \cdot 38 = 57 \text{ м}.$$

Згідно з нормативними рекомендаціями, в одному приміщенні доцільно утримувати не більше 360 голів великої рогатої худоби, тому необхідну кількість будівель для розміщення запланованого поголів'я визначаємо за відповідним співвідношенням [9, 24]

$$n = N/360. \quad (2.4)$$

Одержимо

$$n = 500/360 = 1,4 \text{ шт.}$$

У результаті розрахунку приймаємо два приміщення, кожне з яких призначене для утримання 250 голів великої рогатої худоби. Основні габаритні розміри однієї споруди становлять

$$V_C = \frac{260 \cdot q_{1C} \cdot N_1 \cdot k}{\rho_C \cdot \eta} + \frac{260 \cdot q_{2C} \cdot N_2 \cdot k}{\rho_C \cdot \eta}, \quad (2.5)$$

де 260 – тривалість періоду годівлі силосом із кормосховища протягом року, днів;

$N_1$  – кількість корів вікової групи 12...15 місяців,  $N_1=250$  голів;

$N_2$  – кількість корів вікової групи 15...18 місяців,  $N_2=250$  голів;

$q_{1C}$  – добова норма згодовування силосу на одну корову віком 12...15 місяців,  $q_{1C} = 18$  кг;

$q_{2C}$  – добова норма силосу для корови віком 15...18 місяців,  $q_{2C} = 24$  кг;

$\rho_C$  – об'ємна маса силосу,  $\rho_C = 450$  кг/м<sup>3</sup>;

$k$  – коефіцієнт, що враховує можливі втрати силосу під час зберігання,  $k = 1,15$ ;

$\eta$  – коефіцієнт використання об'єму кормосховища,  $\eta = 0,8$ .

З урахуванням наведених параметрів визначаємо загальний об'єм силососховища, необхідний для забезпечення річної потреби ферми у силосі

$$V_C = \frac{260 \cdot 18 \cdot 250 \cdot 1,15}{450 \cdot 0,8} + \frac{260 \cdot 24 \cdot 250 \cdot 1,15}{450 \cdot 0,8} = 8720 \text{ м}^3.$$

Площу дна траншеї силосної ями знаходимо за формулою

$$A_T = \frac{V_C}{h}, \quad (2.6)$$

де  $h$  – висота силосної траншеї,  $h=5$  м.

Тоді площа дна траншеї становить

$$A_T = \frac{8720}{5} = 1744 \text{ м}^2.$$

Загальну довжину траншеї для зберігання силосу визначаємо за формулою

$$L_T = \frac{A_T}{B_T}, \quad (2.7)$$

де  $B_T$  – ширина силосної траншеї, приймаємо  $B_T = 18 \text{ м}$ .

Таким чином, розрахована довжина траншеї становить

$$L_T = \frac{1744}{18} = 96,9 \text{ м}.$$

Для забезпечення необхідного запасу корму приймаємо дві силосні траншеї з такими габаритними параметрами: довжина – 50 м, ширина – 18 м, висота – 5 м.

Річну потребу в сухих кормах (сіно та солома) визначаємо за формулою [11, 21]

$$M_{СК} = 230 \cdot q_{СК} (N_1 + N_2), \quad (2.8)$$

де 230 – кількість днів годівлі сухими кормами протягом року;

$q_{СК}$  – добова норма сухих кормів у ваговому вираженні,  $q_{СК} = 10 \text{ кг}$ .

Отже

$$M_{СК} = 230 \cdot 10 \cdot (250 + 250) = 1150000 \text{ кг} = 1150 \text{ т}.$$

Сухі корми (сіно та солома) розміщують безпосередньо на території ферми. Сіно, як правило, зберігають у спеціальних кормових ангарах або навісах, що захищають його від атмосферних опадів, тоді як солому складують у скиртах на відкритих майданчиках.

## 2.2 Розрахунок параметрів споруд та приміщень для зберігання продуктів життєдіяльності тварин

Для визначення площі зерносховища спочатку розраховуємо річну потребу в концентрованих кормах для запланованого поголів'я великої рогатої худоби [15, 19]

$$A_{KK} = \frac{365 \cdot q_{KK} \cdot (N_1 + N_2) \cdot k}{\rho_{KK} \cdot \eta \cdot h_{KK} \cdot n_{KK}}, \quad (2.9)$$

де  $q_{KK}$  – добова норма споживання концентрованих кормів однією коровою,

$$q_{KK} = 3 \text{ кг.}$$

$\rho_{KK}$  – об'ємна маса концентрованих кормів,  $\rho_{KK} = 650 \text{ кг/м}^3$ ;

$h_{KK}$  – рекомендована висота складування концентрованих кормів,

$$h_{KK} = 4 \text{ м.}$$

$n_{KK}$  – кількість зерносховищ, розташованих на території ферми, приймаємо

$$n_{KK} = 3.$$

Отже, розрахункова площа зерносховища становить

$$A_{KK} = \frac{365 \cdot 3 \cdot (250 + 250) \cdot 1,15}{650 \cdot 0,8 \cdot 4 \cdot 3} = 100,7 \text{ м}^2.$$

Ширину будівлі для зберігання концентрованих кормів приймаємо  $B_{KK}=8$  м, що забезпечує вільний в'їзд транспортних засобів шириною до 3 м. Після цього визначаємо довжину зерносховища

$$L_{KK} = \frac{A_{KK}}{B_{KK}} = \frac{100,7}{8} = 12,5 \text{ м.}$$

За результатами розрахунку приймаємо  $L_{KK}=15$  м. Таким чином, габаритні розміри будівлі для зберігання концентрованих кормів становлять:  $L_{KK} \times B_{KK} = 15 \times 8 \text{ м.}$

Наступним етапом є визначення площі приміщення для зберігання коренеплодів протягом 200 діб на рік

$$A_K = \frac{200 \cdot q_{1K} \cdot N_1 \cdot k}{\rho_K \cdot \eta \cdot h_K} + \frac{200 \cdot q_{2K} \cdot N_2 \cdot k}{\rho_K \cdot \eta \cdot h_K}, \quad (2.10)$$

де  $q_{1K}$  – добова норма споживання коренеплодів однією коровою вікової групи 12...15 місяців,  $q_{1K} = 6$  кг;

$q_{2K}$  – добова норма споживання коренеплодів однією коровою вікової групи 15...18 місяців,  $q_{2K} = 8$  кг;

$\rho_K$  – об’ємна маса коренеплодів,  $\rho_K = 600$  кг/м<sup>3</sup>;

$h_K$  – висота складування коренеплодів у сховищі,  $h_K = 3$  м.

Отже, розрахункова площа сховища для зберігання коренеплодів становить

$$A_K = \frac{200 \cdot 6 \cdot 250 \cdot 1,15}{600 \cdot 0,8 \cdot 3} + \frac{200 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 1,15}{600 \cdot 0,8 \cdot 3} = 559 \text{ м}^2.$$

Конструктивно приймаємо ширину коренеплодосховища  $B_K = 15$  м, тоді довжина споруди становитиме  $L_K = A_K / B_K = 559 / 15 = 37$  м, приймаємо  $L_K = 40$  м. Таким чином, приймаємо габаритні розміри сховища коренебульбоплодів  $L_K \times B_K = 40 \times 15$ .

Далі визначаємо річний об’єм виділення гною (калу і сечі) тваринами ферми

$$V_G = \frac{365 \cdot q_{1G} \cdot N_1}{\rho_G \cdot \eta} + \frac{365 \cdot q_{2G} \cdot N_2}{\rho_G \cdot \eta} + \frac{365 \cdot q_{1C} \cdot N_1}{\rho_C \cdot \eta} + \frac{365 \cdot q_{2C} \cdot N_2}{\rho_C \cdot \eta}, \quad (2.11)$$

де  $q_{1G}$  – добовий вихід калу від 1-ї корови віком 12...15 місяців,  $q_{1G} = 23,0$  кг;

$q_{2G}$  – добовий вихід калу від однієї корови віком 15...18 місяців,

$q_{2G} = 35,0$  кг;

$q_{1C}$  – добовий вихід сечі від 1-ї корови віком 12...15 місяців,  $q_{1C} = 12,0$  кг;

$q_{2C}$  – добовий вихід сечі від 1-ї корови віком 15...18 місяців,  $q_{2C} = 20,0$  кг;

$\rho_G$  – об’ємна маса калу,  $\rho_G = 1040$  кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_C$  – об’ємна маса сечі,  $\rho_C = 1005$  кг/м<sup>3</sup>.

Отримане значення визначає загальний об’єм гноєсховища, необхідний для накопичення відходів тваринництва

$$V_G = \frac{365 \cdot 23 \cdot 250}{1040 \cdot 0,9} + \frac{365 \cdot 35 \cdot 250}{1040 \cdot 0,9} + \frac{365 \cdot 12 \cdot 250}{1005 \cdot 0,9} + \frac{365 \cdot 20 \cdot 250}{1005 \cdot 0,9} = 8883 \text{ м}^3.$$

Оскільки вивезення гною здійснюється кожні два місяці, визначаємо необхідний об’єм гноєсховища для цього періоду накопичення

$$V_{G_1} = \frac{V_G}{6} = \frac{8883}{6} = 1480 \text{ м}^3.$$

З урахуванням планувальних умов забудови, приймаємо ширину гноєсховища  $B_G=20$  м, та глибину  $h_G=2$  м. Тоді, довжину гноєсховища визначають за формулою

$$L_{G_1} = \frac{V_{G_1}}{B_G \cdot h_G}. \quad (2.12)$$

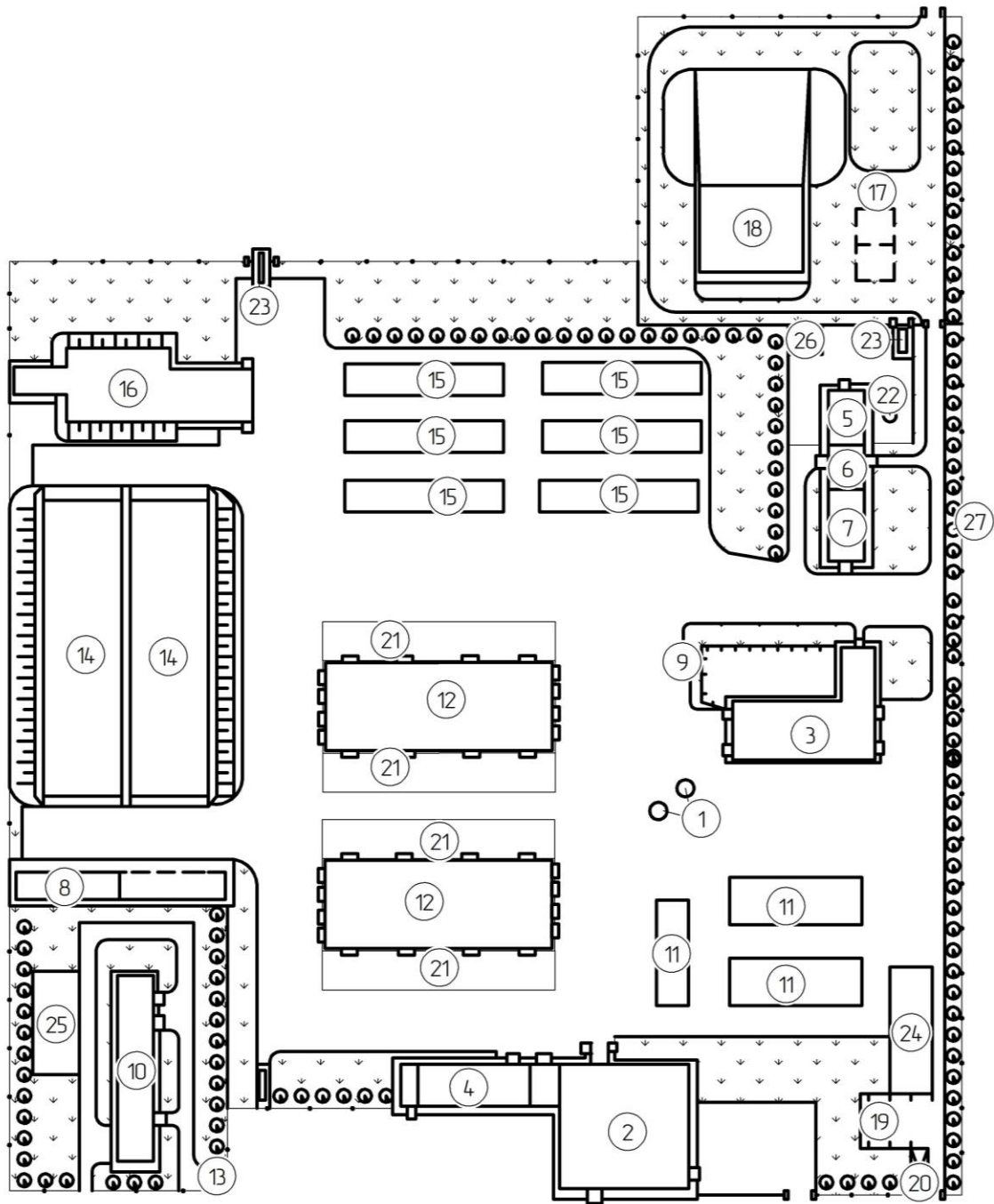
У числовому вигляді це

$$L_{G_1} = \frac{1480}{20 \cdot 2} = 37 \text{ м},$$

приймаємо  $L_{G_1} = 40$  м.

Отже, габаритні розміри гноєсховища становлять  $L_{G_1} \times B_G = 40 \times 20$  м.

На рисунку 2.1 наведено схематичне планування ферми для відгодівлі 500 голів великої рогатої худоби [21, 24].



- 1 – водонапірна башта; 2 – адміністративно-побутова будівля; 3 – кормоприготувальний цех;  
 4 – ветеринарно-санітарний пропускний пункт; 5 – ізолятор для утримання хворих тварин;  
 6 – ветеринарна амбулаторія; 7 – стаціонарне приміщення для утримання корів; 8 – гараж для  
 автотранспортних засобів; 9 – автомобільні ваги; 10 – котельня; 11 – складське приміщення;  
 12 – основне виробниче приміщення ферми; 13 – трансформаторна електропідстанція;  
 14 – силосна траншея для зберігання кормів; 15 – ангар для зберігання сіна; 16 – сховище  
 коренебульбоплодів; 17 – механізована система транспортування гною; 18 – гноєсховище;  
 19, 20 – майданчики для навантаження та відвантаження тварин; 21 – вигульні двори для  
 утримання тварин; 22, 23 – дезінфекційні бар'єри; 24, 25 – господарські майданчики;  
 26 – майданчик для тимчасового складування гною; 27 – каналізаційна насосна станція.

Рисунок 2.1 – Схематичний генеральний план ферми великої рогатої худоби

### 2.3 Кількісний розрахунок кормових кормосумішей

Добову потребу тварин у подрібненому фуражному зерні визначаємо за залежністю [11, 14]

$$M_{KK} = q_{KK} \cdot (N_1 + N_2). \quad (2.13)$$

Тобто

$$M_{KK} = 3 \cdot (250 + 250) = 1500 \text{ кг.}$$

На основі отриманого значення, визначаємо об'єм концентрованих кормів, що необхідні для забезпечення добового раціону тварин

$$V_{KK} = \frac{M_{KK}}{\rho_{KK}}. \quad (2.14)$$

Підставивши дані, одержимо

$$V_{KK} = \frac{1500}{650} = 2,31 \text{ м}^3.$$

Для визначення необхідної кількості машин типу ИКМ-5 виконуємо розрахунок добової потреби тварин у подрібнених коренеплодах

$$M_K = q_{1K} \cdot N_1 + q_{2K} \cdot N_2 = 6 \cdot 250 + 8 \cdot 250 = 3500 \text{ кг.} \quad (2.15)$$

Тоді об'єм подрібнених коренеплодів становитиме

$$V_K = \frac{M_K}{\rho_K} = \frac{3500}{600} = 5,83 \text{ м}^3. \quad (2.16)$$

Далі визначаємо масу силосу, яка необхідна для годівлі тварин протягом однієї доби

$$M_C = q_{1C} \cdot N_1 + q_{2C} \cdot N_2 = 18 \cdot 250 + 24 \cdot 250 = 10500 \text{ кг.} \quad (2.17)$$

Відповідно до цього визначаємо об'єм подрібнених грубих кормів

$$V_C = \frac{M_C}{\rho_C} = \frac{10500}{450} = 23,3 \text{ м}^3. \quad (2.18)$$

Після визначення кількості всіх компонентів розраховуємо загальний добовий об'єм кормосуміші, що використовується для годівлі тварин

$$V_0 = V_{KK} + V_K + V_C. \quad (2.19)$$

Підставивши дані, одержимо

$$V_0 = 2,31 + 5,83 + 23,3 = 31,44 \text{ м}^3.$$

Добова маса кормової суміші становить

$$Q_0 = M_{KK} + M_K + M_C = 1500 + 3500 + 10500 = 15500 \text{ кг}. \quad (2.20)$$

На підставі отриманих значень, визначаємо добову середню об'ємну масу кормосуміші, що використовується при подальших технологічних та конструктивних розрахунках обладнання кормоцеху [21, 13]

$$\rho_0 = \frac{Q_0}{V_0}. \quad (2.21)$$

Підставивши дані, одержимо

$$\rho_0 = \frac{15500}{31,44} = 493 \text{ кг/м}^3.$$

### **3. ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ОРМОРОЗДАТЧИКІВ ДЛЯ ГОДІВЛІ МАЛОГАБАРИТНОЇ ФЕРМИ ВРХ**

#### **3.1 Обґрунтування вибору кінематичної схеми подачі кормосумішей**

##### **3.1.1 Технологічні розрахунки механізмів подачі кормів**

На проєктованій фермі для відгодівлі великої рогатої худоби доцільно застосовувати мобільні кормороздатчики. Використання такого обладнання має низку суттєвих переваг, серед яких:

- транспортування кормових сумішей від кормоцеху без проміжних перевантажень;
- можливість дозованої подачі корму кожній тварині;
- висока швидкість роздавання корму всьому поголів'ю;
- можливість використання одного агрегату для обслуговування декількох тваринницьких приміщень.

Під час проєктування тваринницьких будівель необхідно враховувати ширину технологічних проходів, параметри вентиляційних систем, а також узгоджувати швидкість руху кормороздатчика з кількістю корму, що подається кожній групі тварин.

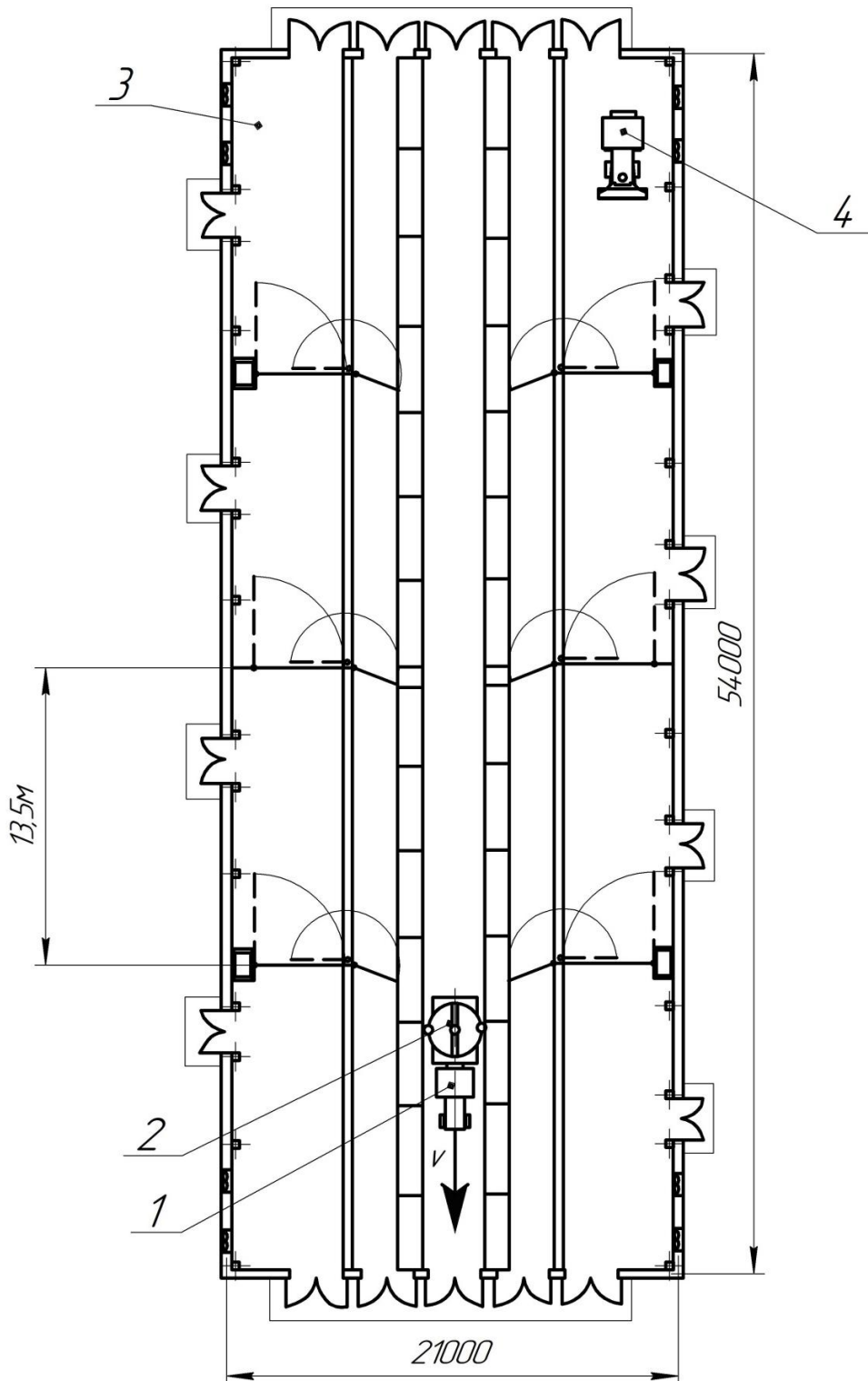
Ферма складається з двох приміщень, кожне з яких розраховане на утримання 250 голів великої рогатої худоби (рис. 3.1).

Уздовж центрального проїзду кормороздатчика з обох сторін розташовані годівниці. Тварини поділені на вісім груп, по чотири з кожного боку проходу. Кожна група налічує 32 голови, при цьому довжина годівниці становить 13,5 м.

Годівлю тварин передбачається здійснювати двічі на добу. За одне годування кожна тварина повинна отримати певну масу кормосуміші, яка у ваговому та об'ємному вираженні визначається за формулами:

$$q_0 = \frac{Q_0}{2 \cdot 500}; \quad (3.1)$$

$$V_{01} = \frac{V_0}{2 \cdot 500}. \quad (3.2)$$



1 – трактор-кормороздатчик; 2 – бункер кормороздатчика; 3 – секція утримання групи тварин (32 голови); 4 – трактор для очищення приміщення

Рисунок 3.1 – Схема організації годівлі великої рогатої худоби

У числовому вигляді це

$$q_0 = \frac{15500}{2 \cdot 500} = 15,5 \text{ кг};$$

$$V_{01} = \frac{31,44}{2 \cdot 500} = 31,44 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Для групи тварин, що утримуються в одному приміщенні, необхідний об'єм бункера кормороздатчика, який визначають з умови разового згодовування корму

$$V_B = V_{01} \cdot 250 = 31,44 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 7,86 \text{ м}^3.$$

Конструктивно приймаємо діаметр бункера:  $D = 2 \text{ м}$

$$V_B = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H.$$

Звідси визначаємо необхідну висоту бункера [4]

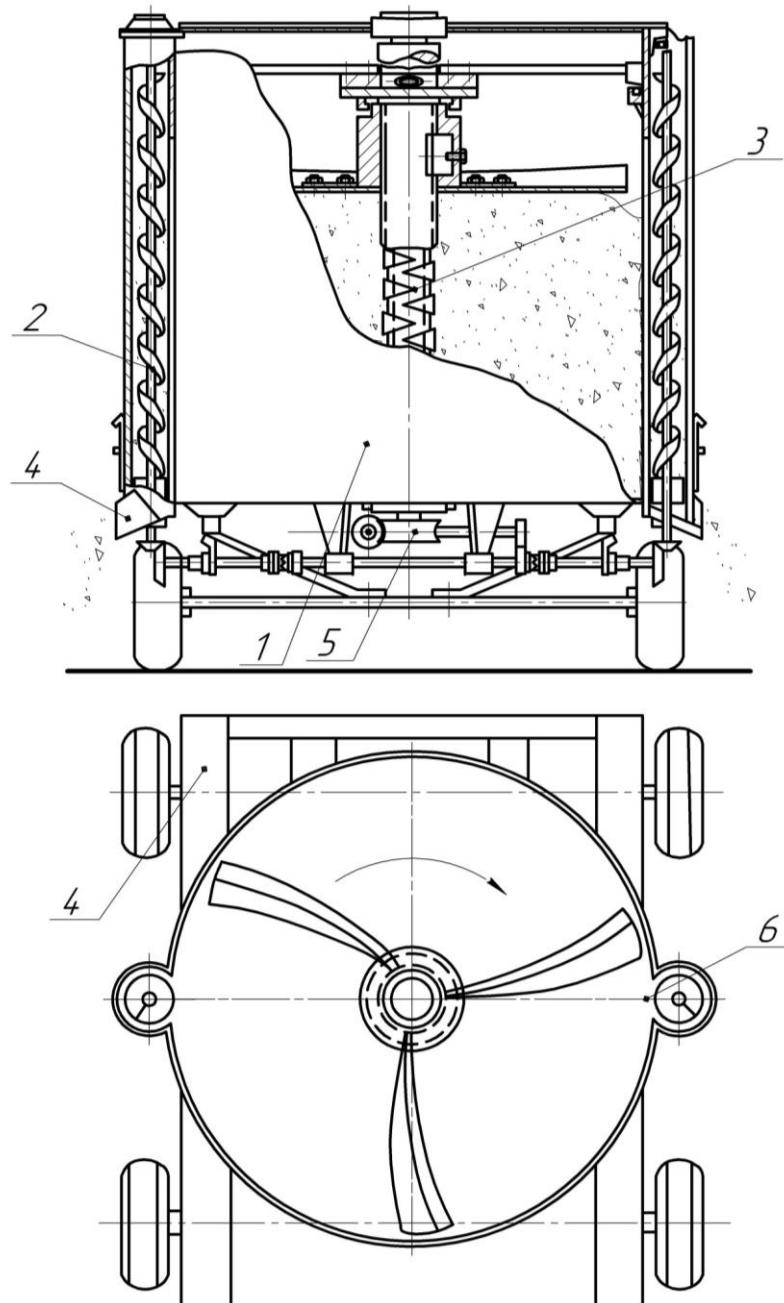
$$H = \frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 7,86}{\pi \cdot 2,0^2} = 2,5 \text{ м},$$

що забезпечує можливість проходження агрегату через ворота тваринницького приміщення  $H = 2,5 \text{ м}$ .

### **3.1.2 Вибір кінематичної схеми та розрахунок параметрів мобільного кормороздатчика**

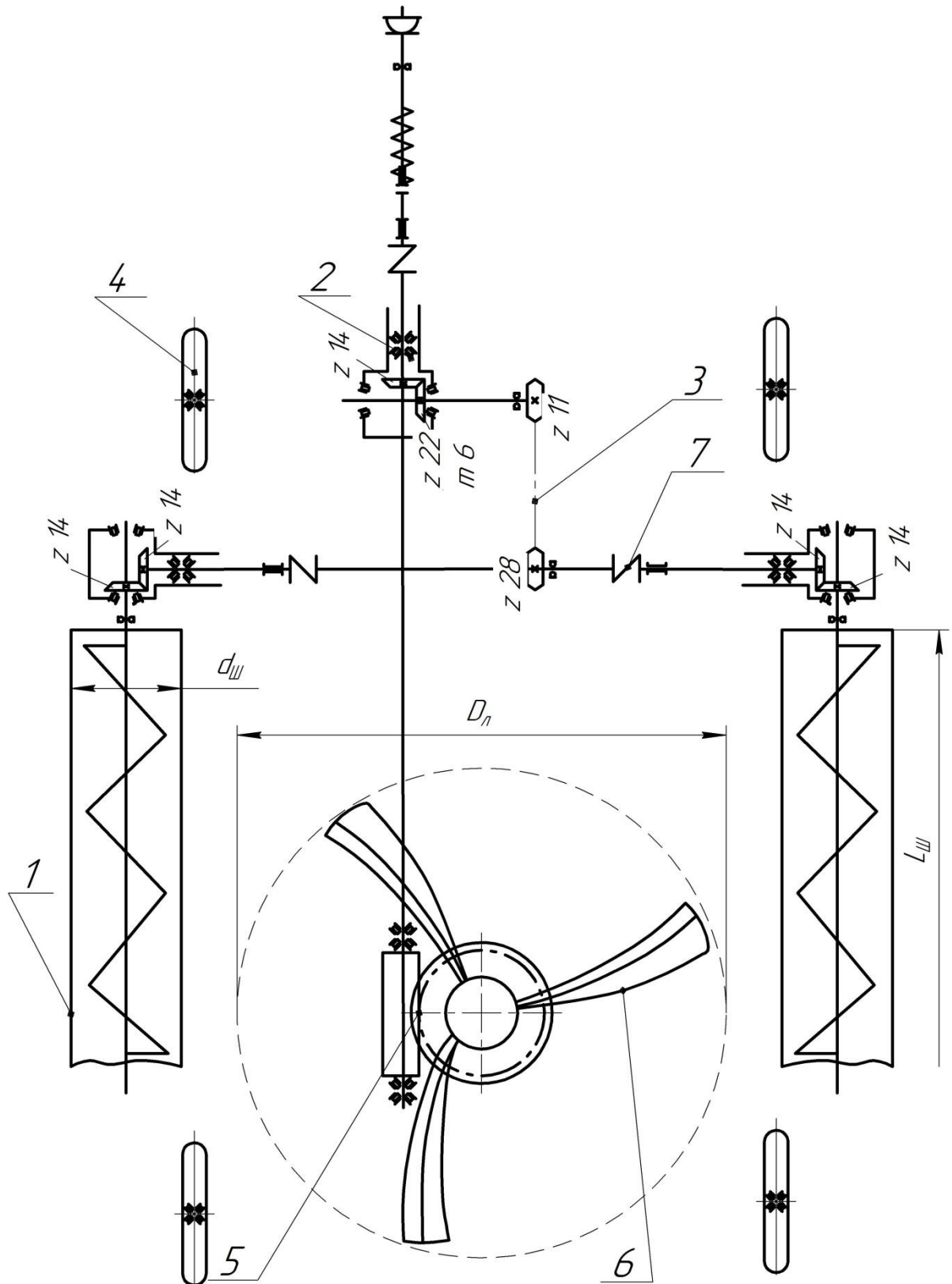
Технологічна та кінематична схеми подачі кормосумішей наведені на рисунках 3.2-3.3 [1,8].

У бункері 1 по обидві сторони розташовані вивантажувальні шнеки 2. Кормова суміш із бункера через технологічні щілини 6 за допомогою лопатевого механізму 3 подається до транспортуючих шнеків. Далі корм вивантажується у годівниці через вивантажувальний рукав 4.



1 – бункер; 2 – вивантажувальний шнек; 3 – лопатевий завантажувальний механізм;  
4 – вивантажувальний рукав; 5 – редуктор; 6 – технологічна щілина

Рисунок 3.2 – Технологічна схема мобільного кормороздатчика



1 – вивантажувальні шнеки; 2 – редуктор; 3 – ланцюгова передача; 4 – ходова частина;  
 5 – черв'ячний редуктор; 6 – лопатевий механізм подачі корму; 7 – муфти

Рисунок 3.3 – Кінематична схема мобільного кормороздатчика

Для забезпечення нормативної годівлі тварин продуктивність вивантажувального шнека визначається за залежністю

$$Q_{ш} = \frac{Q_G}{l} \cdot v, \quad (3.4)$$

де  $Q_G$  – вага корму, необхідна для тварин однієї групи, кг;

$l$  – довжина годівниці,  $l = 13,5$  м (див.рис. 3.1);

$v$  – швидкість руху кормороздатчика,  $v = 0,56$  м/с.

Вагу корму, необхідну для тварин однієї групи знаходять за формулою

$$Q_G = q_0 \cdot 32 = 15,5 \cdot 32 = 496 \text{ кг.}$$

Тоді

$$Q_{ш} = \frac{496}{13,5} \cdot 0,56 = 20,6 \text{ кг/с.}$$

Аналогічно визначаємо об'ємну продуктивність одного шнека

$$Q_V = \frac{Q_{ш}}{\rho_0} = \frac{20,6}{4,93} = 41,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

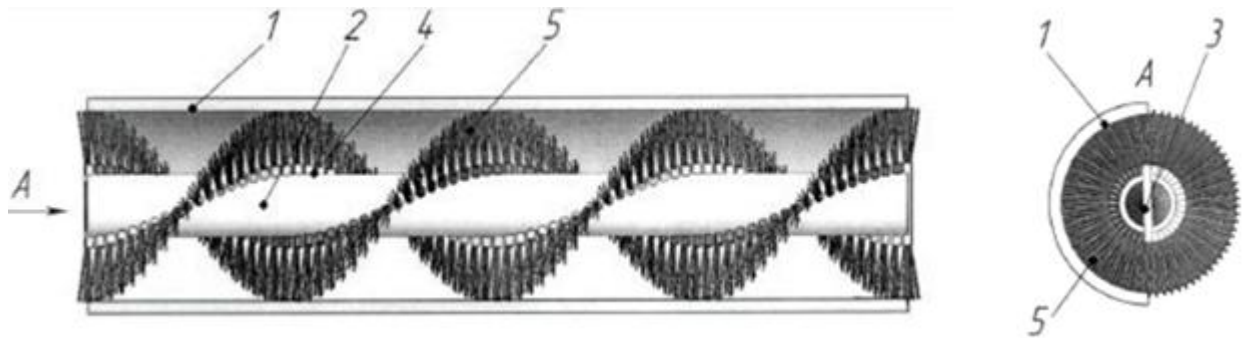
## **3.2 Розробка конструкції вивантажувача кормосумішей**

### **3.2.1 Вибір конструкції шнекового вивантажувача**

До основних недоліків традиційних шнекових транспортерів при роботі з кормосумішами належить налипання корму на гвинтову поверхню та корпус транспортера.

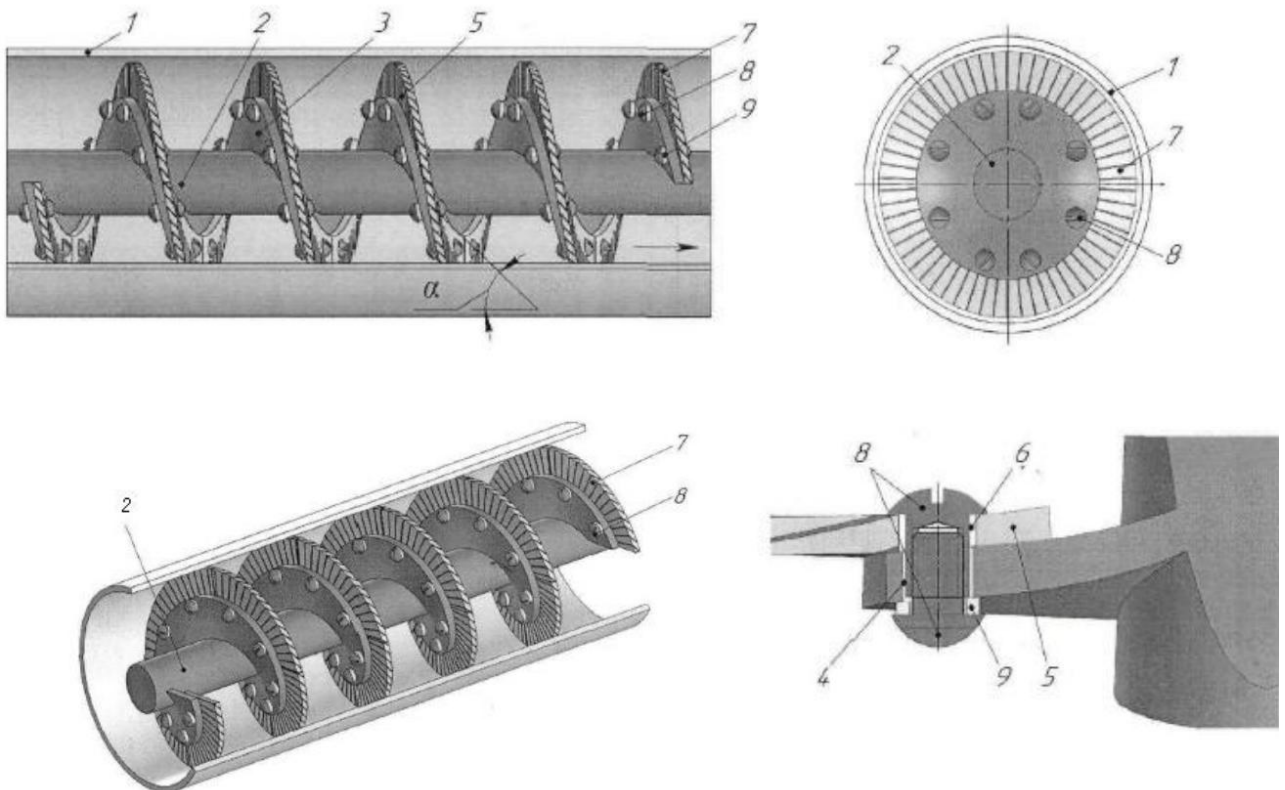
У більшості конструкцій шнеки виконують жорсткими та прямолінійними, що обмежує їх використання при зміні напрямку потоку матеріалу [3, 5, 20, 30].

У проєктованій конструкції передбачено використання гнучкого шнекового механізму. За результатами патентного аналізу для розробки вивантажувача запропоновано застосувати комбінацію трьох типів шнеків (рис. 3.4-3.6).



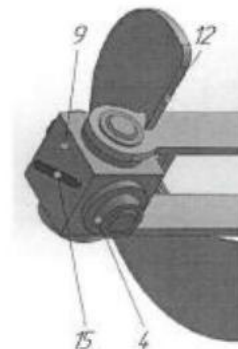
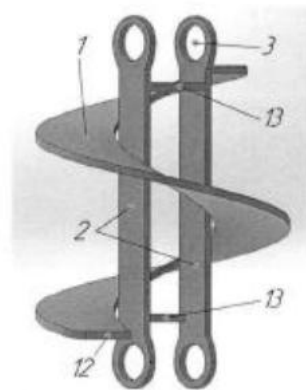
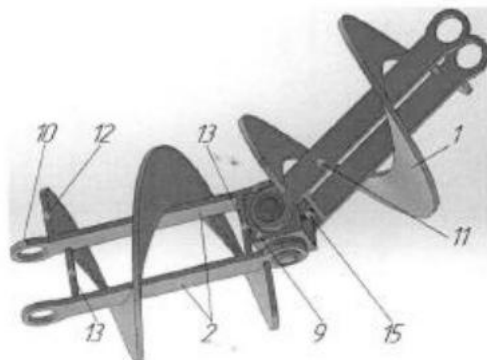
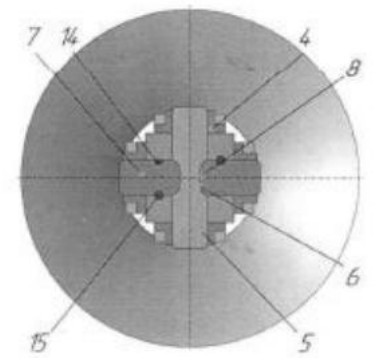
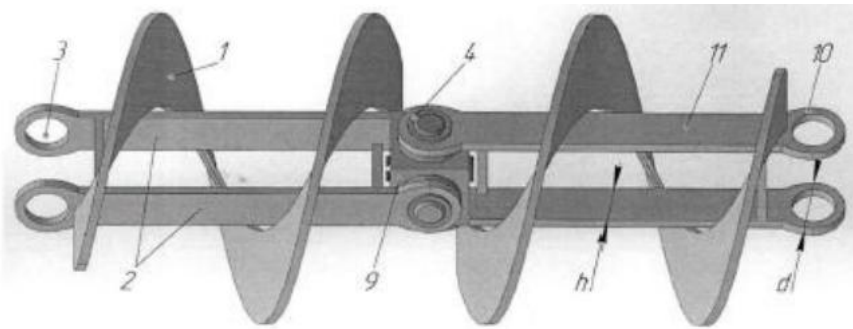
1 – кожух; 2 – порожнистий вал; 3 – циліндрична трубка;  
4 – краї трубок; 5 – еластичні елементи

Рисунок 3.4 – Еластичний шнек



1 – направляючий кожух; 2 – вал; 3 – несуча спіраль; 4 – отвори для кріплення смугової спіралі; 5 – еластичні сектори; 6 – технологічні отвори; 7 – розрізні пелюстки;  
8 – кріпильні елементи; 9 – шайба

Рисунок 3.5 – Шнек із еластичною гвинтовою поверхнею



- 1 – гвинтове ребро; 2 – пластина; 3 – отвори; 4 – антифрикційна втулка;  
 5, 6 – центральний палець з витчкою; 7 – фіксуючий палець;  
 8, 10, 11 – геометричні поверхні; 9 – квадратна основа;  
 12 – торці гвинтових ребер; 13 – поперечні пластини; 14 – канавки; 15 – шплінт

Рисунок 3.6 – Шарнірний шнек

У запропонованій конструкції:

- верхня частина шнека виконана з еластичними елементами для покращення захоплення кормосуміші;
- середня частина має гнучку гвинтову поверхню для підвищення ефективності транспортування;
- нижня частина виконана шарнірною для зміни напрямку руху корму.

### 3.2.2 Розрахунок геометричних параметрів шнекового вивантажувача

Продуктивність вертикального шнекового транспортера визначається за формулою [1, 4, 8]

$$Q_{Ш} = \frac{\pi \cdot (D_{Ш}^2 - d^2) \cdot S \cdot \omega \cdot \rho_0 \cdot \varphi_H}{4}, \quad (3.5)$$

звідси визначаємо зовнішній діаметр шнека

$$D_{Ш} = \sqrt{\frac{4Q_{Ш} + \pi \cdot d^2 \cdot S \cdot \omega \cdot \rho_0 \cdot \varphi_H}{\pi \cdot S \cdot \omega \cdot \rho_0 \cdot \varphi_H}}, \quad (3.6)$$

де  $d$  – внутрішній діаметр шнека;  $d=80\text{мм}$ ;

$S$  – крок гвинтової спіралі;  $S=200\text{мм}$ ;

$\omega$  – кутова швидкість обертання  $\omega=3,0\text{с}^{-1}$ ;

$\varphi_H$  – коефіцієнт заповнення  $\varphi_H=0,9$ .

Отже,

$$D_{III} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20,6 + \pi \cdot 0,08^2 \cdot 0,2 \cdot 3 \cdot 493 \cdot 0,9}{\pi \cdot 0,2 \cdot 3 \cdot 493 \cdot 0,9}} = 0,324 \text{ м},$$

приймаємо  $D_{III} = 350 \text{ мм}$ .

Продуктивність лопатевого завантажувального механізму визначають за формулою

$$Q_L = \frac{D_L \cdot \rho_0 \cdot z \cdot B \cdot v_0}{0,07 \cdot k_1 \cdot k_2}, \quad (3.7)$$

звідси визначаємо висоту лопатки

$$B = \frac{0,07 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot Q_L}{D_L \cdot \rho_0 \cdot z \cdot v_0}, \quad (3.8)$$

де  $D_L$  – зовнішній діаметр лопатки,  $D_L = D_B = 2,0 \text{ м}$ ;

$Q_L$  – продуктивність,  $Q_L = Q_{III} = 20,6 \text{ кг/с}$ ;

$k_1, k_2$  – коефіцієнт нерівномірності,  $k_1 = 2,5$ ,  $k_2 = 2,1$ ;

$v_0$  – середня швидкість руху корму;  $v_0 = 0,6 \text{ м/с}$ ;

$z$  – кількість лопаток,  $z = 3$ .

Висота лопатки механізму у числовому вигляді становить

$$B = \frac{0,07 \cdot 2,5 \cdot 2,1 \cdot 20,6}{2,0 \cdot 493 \cdot 3 \cdot 0,6} = 0,15 \text{ м}.$$

### 3.3 Аналіз результатів розрахунку

Продуктивність кормороздатчика для спроектованої ферми приймається практично сталою величиною. Відповідно до зоотехнічних вимог, під час одного циклу годівлі кожна тварина повинна отримати приблизно 32 кг кормосуміші.

Продуктивність шнекового механізму роздавання корму визначається довжиною годівниці, швидкістю переміщення кормороздатчика та кількістю тварин, які знаходяться в одній секції (ф-ла 3.4). З урахуванням цих параметрів отримуємо залежність [3, 27]

$$Q_{Ш} = \frac{32 \cdot q_0}{l} \cdot v. \quad (3.9)$$

Швидкість переміщення кормороздатчика визначається часом, необхідним для повного циклу роздавання корму вздовж тваринницького приміщення

$$v = \frac{L}{60t}, \quad (3.10)$$

де  $L$  – довжина тваринницького приміщення,  $L = 54$  м;

$t$  – тривалість процесу роздавання корму,  $t = 10 \dots 30$  хв.

Використовуючи співвідношення (3.6), (3.9) та (3.10), визначаємо залежність діаметра шнека від часу роздавання корму

$$D_{Ш} = \sqrt{\frac{4 \cdot \left( \frac{32 \cdot q_0}{l} \cdot \frac{L}{60t} \right) + \pi \cdot d^2 \cdot S \cdot \omega \cdot \rho_0 \cdot \varphi_H}{\pi \cdot S \cdot \omega \cdot \rho_0 \cdot \varphi_H}}.$$

На основі проведених розрахунків будуюмо графічну залежність зміни діаметра шнека від тривалості процесу роздавання кормів (рис. 3.5).

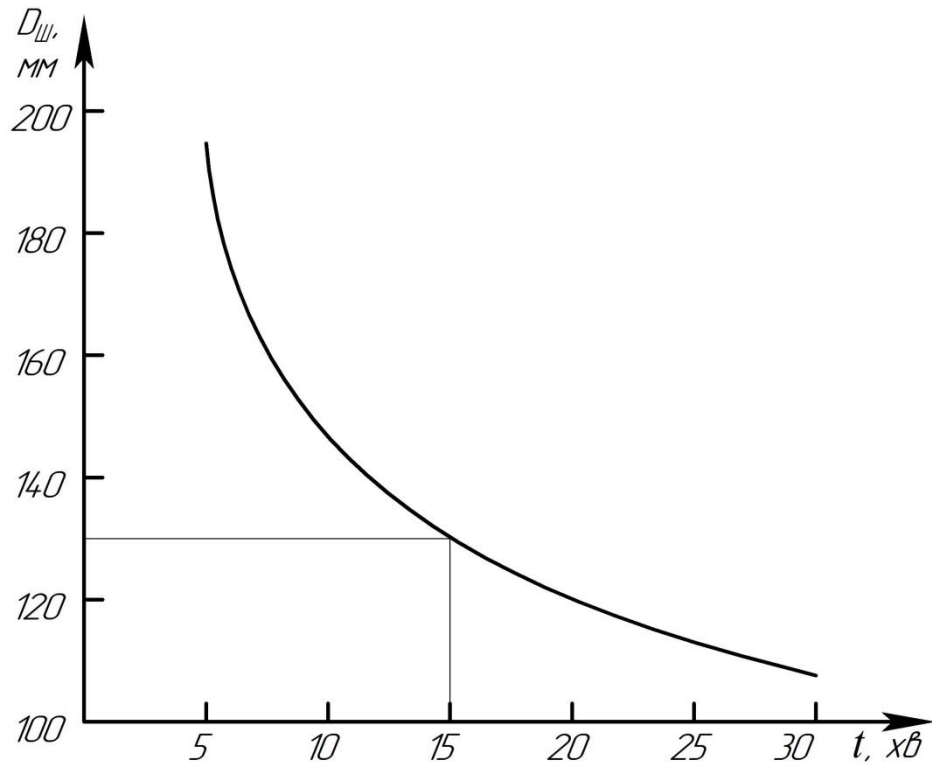


Рисунок 3.5–Залежність діаметра шнека від часу роздавання кормосуміші

Аналіз отриманих результатів показує, що для проектованого мобільного кормороздатчика доцільно прийняти такі параметри шнекового механізму:  $t=15$  хв,  $D_{ш} = 130$  мм. Зазначені параметри забезпечують необхідну продуктивність агрегату та рівномірну подачу кормосуміші до годівниць (див. рис. 3.5).

## 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Безпека праці на фермі по відгодівлі великої рогатої худоби

На сучасному етапі розвитку фермерських господарств по утриманню тварин необхідно дотримуватися жорстких санітарно-епідеміологічних норм захисту, по причині великої концентрації тварин та їх міграції. Тваринницькі ферми повинні знаходитися на віддалених територіях, доступ до яких повинен бути обмежений. На територію ферми допускається виключно персонал, а саме: обслуговуючий персонал великої рогатої худоби; ветеринарний лікар; зоотехнік; робітники по роздачі кормів [2].

У приміщенні ферми передбачена побудова кімнати для працівників в якій розміщено гардеробну, душову, аптечку з ліками для першої медичної допомоги.

Обслуговуючий персонал тваринницької ферми планово забезпечується індивідуальними засобами (табл. 4.1), в яких він зобов'язаний знаходитися під час роботи.

Важливе значення для здорового життєзабезпечення тваринницької ферми має вентилявання приміщення. При утриманні значної кількості великої рогатої худоби виділяється значна кількість вуглекислого газу, який негативно впливає на фізіологічні властивості тварин, а також обслуговуючого персоналу.

Для оптимальної життєдіяльності ферми з кількістю  $N_1=250$  голів великої рогатої худоби, необхідний приток свіжого повітря становить

$$L = \frac{d \cdot N_1}{d_2 - d_1} \cdot \varphi, \quad (4.1)$$

де  $d$  – вміст вуглекислого газу утвореного однією коровою,  $d = 47$  л/гол;

$d_1$  – кількість вуглекислого газу в атмосфері  $d_1 = 1,3$  л/м<sup>3</sup>;

$d_2$  – рекомендовано-допустимий вміст вуглекислого газу  $d_2 = 2,5$  л/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коефіцієнт запасу притоку повітря зовні, приймаємо  $\varphi = 2,5$ .

Тобто

$$L = \frac{47 \cdot 250}{2,5 - 0,3} \cdot 2,5 = 13352 \text{ м}^3.$$

Таблиця 4.1 – Засоби індивідуального захисту

Професія і види робіт	Кількість чоловік	Найменування засобів захисту	Термін придатності, міс.	Потрібна кількість на рік
Ветлікар	1	халат білий	12	5
Зоотехнік	1	халат білий,	12	18
		халат х/б	3	18
Інженер-механік	1	взуття	6	2
Оператор по обслуговуванні ВРХ	2	халат х/б,	12	2
		халат з водостійкою пропиткою,	6	4
		фартух,	12	2
		чоботи гумові, куртка ватна,	24	2
		рукавиці	6	4
Робочі кормоцеху	2	комбінезон х/б,	12	2
		халат х/б	12	2
		рукавиці,	6	4
		черевики шкіряні	12	2
Трактористи	2	комбінезон х/б,	12	2
		рукавиці,	6	4
		куртка ватна	24	2

Число каналів вентиляційних шахт

$$n = \frac{A}{p}, \quad (4.2)$$

де  $p$  – рекомендована площа одного каналу вентиляційної шахти,

$$p = 0,9 \text{ м}^2;$$

$A$  – сумарна площа вентиляційних шахт.

У числовому вигляді це

$$A = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (4.3)$$

де  $v$  – швидкість надходження свіжого повітря.

$$v = 2,2 \sqrt{\frac{H(t_b - t_n)}{273}}, \quad (4.4)$$

де  $H$  – висота шахти повітрообмінника,  $H = 6 \text{ м}$ ;

$t_b$  – температура повітря ферми,  $t_b = 22^\circ \text{ C}$ ;

$t_n$  – температура атмосферного повітря,  $t_n = 14^\circ \text{ C}$ ;

Проводимо числові визначення

$$v = 2,2 \sqrt{\frac{6(22 - 14)}{273}} = 0,923 \text{ м/с};$$

$$A = \frac{13352}{3600 \cdot 0,923} = 4,02 \text{ м}^3;$$

$$n = \frac{4,02}{9} = 4,47.$$

Приймаємо  $n = 5$  вентиляційних шахт.

Добове оновлення тваринницької ферми становить

$$K = \frac{L}{V_\phi}, \quad (4.5)$$

де  $V_\phi$  – об'єм тваринницької ферми,  $V_\phi = 2230 \text{ м}^3$ .

Таким чином за добу повітря оновиться

$$K = \frac{13352}{2230} = 5,99 \approx 6 \text{ разів.}$$

Велика рогата худоба виділяє в приміщення ферми кількість теплоти, що становить

$$Q_T = \rho_T \cdot N_1, \quad (4.6)$$

де  $\rho_T$  – виділення теплоти на одну голову великої рогатої худоби за годину,  $\rho_T = 2380$  кДж/год.

Отже

$$Q_T = 2380 \cdot 250 = 595000 \text{ кДж/год.}$$

Кількість теплоти вентиляційного повітря, яке надходить до приміщення ферми, залежить від зовнішньої температури і має кількість теплоти

$$Q_{\Pi} = \rho_{\Pi} \cdot L \cdot \gamma_{\Pi} (t_b - t_n), \quad (4.6)$$

де  $\gamma_{\Pi}$  – питома вага повітря,  $\gamma_{\Pi} = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{\Pi}$  – теплоємність повітря,  $\rho_{\Pi} = 1$  кДж/кг·град.

Таким чином

$$Q_{\Pi} = 1 \cdot 13352 \cdot 1,29 \cdot (22 - 14) = 137793 \text{ кДж/год,}$$

$$Q_T = 595000 \text{ кДж/год} > Q_{\Pi} = 137793 \text{ кДж/год.}$$

Залишок теплоти виділеною тваринами ферми слід компенсувати охолодженням повітря, яке надходить у приміщення ферми до температури, яку визначимо з балансу кількості теплоти

$$Q_T - Q_{\Pi} = Q_T - \rho_{\Pi} \cdot L \cdot \gamma_{\Pi} (t_b - t_{ox}) = 0, \quad (4.7)$$

звідки

$$t_{ox} = \frac{Q_T - \rho_{\Pi} \cdot L \cdot \gamma_{\Pi} \cdot t_b}{\rho_{\Pi} \cdot L \cdot \gamma_{\Pi}} = \frac{595000 - 1 \cdot 13352 \cdot 1,29 \cdot 22}{1 \cdot 13352 \cdot 1,29} = 12,5^{\circ} \text{C.}$$

У даному випадку атмосферне повітря слід охолодити з  $14^{\circ}\text{C}$  до  $12,5^{\circ}\text{C}$ . У зимовий період часу повітря слід нагрівати в залежності від величини зовнішньої температури, виходячи з формули (4.7).

#### **4.2 Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів**

Тваринницькі господарства відносяться до об'єктів, які повинні працювати без зупинок і випускати заплановані обсяги продукції. При виникненні надзвичайних ситуацій на об'єктах такого типу, а саме, пожежі, вибухи, викиди отруйних речовин, необхідно передбачити планові заходи по їх усуненню у короткі терміни з мінімальними втратами для виробництва [20-21].

Для підвищення стійкості роботи тваринницьких об'єктів господарювання необхідно розробити типові заходи по організації захисту та подальшого виробництва продукції. Перелічимо основні заходи по захисту об'єктів сільськогосподарського виробництва [2].

Планування цивільного захисту об'єкту в мирний та військовий час, до яких включають почерговість дій, чисельну кількість людей та механізмів задіяних у них.

Оперативне проведення укріплення будівель тваринницьких ферм від захисту дій ударної хвилі, отруєння хімічними речовинами і т.д. У даній ситуації слід передбачити герметизацію приміщень всіма можливими засобами: закрити вікна щитами або поліетиленовою плівкою; щілини утворені у результаті вибуху заробити глиняними або цементно-вапняними розчинами. Зсередини передбачити закриття вікон та дверей матами або полотняними шторами. Двері слід ущільнити гумовими прокладками. Системи вентиляції на випадок надзвичайних ситуацій слід укомплектувати спеціальними фільтрами.

Для забезпечення автономного існування тваринницьких ферм слід створити запаси питтєвої води та кормів у середині ферми приблизно на тиждень. Кількість кормів та води для кожної групи тварин розрахувати окремо. По можливості використовувати воду з свердловин або захищених джерел. При радіоактивному зараженні випасати худобу не рекомендовано.

Організувати санітарно-ветеринарний захист тварин:

- створити сприятливі умови утримання тварин;
- провести санітарно профілактичну обробку тварин;
- при необхідності надавати ветеринарну допомогу;
- регулярно проводити обеззараження території ферм від хімічно-ядовитих речовин, радіоактивних елементів і т.д.;
- постійно проводити контроль за станом здоров'я тварин.

Передбачити план евакуації тварин у разі крайньої необхідності.

Забезпечити автономне енергозабезпечення тваринницьких ферм, тому слід передбачити електрогенератори будь-яких типів, а також роботу насосів від приводу мобільного транспорту.

Організувати знищення уражених тварин, їх обеззараження та захоронення.

Передбачити організацію заходів пожежогасіння в умовах ізоляції господарства:

- створити резервуари з водою або ізольовані водойми;
- підтримувати територію тваринницької ферми у порядку, не нагромаджувати зайвих матеріалів, особливо вогнебезпечних;
- регулярно оглядати кришки резервуарів води, засобів пожежогасіння і при потребі створювати вільний доступ до них;
- планово проводити навчання персоналу ферми правилам поведінки у випадках надзвичайних ситуацій.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра проведено дослідження технологічного процесу роздавання кормів на фермах великої рогатої худоби та розглянуто можливості підвищення ефективності роботи мобільного кормороздавача шляхом удосконалення механізму подачі кормових сумішей. За результатами виконаної роботи можна сформулювати такі основні висновки.

Проведено аналіз технологічних процесів підготовки та роздавання кормів у тваринницьких господарствах і встановлено, що застосування мобільних кормороздатчиків дозволяє значно підвищити рівень механізації процесу годівлі тварин, скоротити витрати праці та зменшити втрати кормів.

Виконано огляд технологічних схем мобільних кормороздатчиків та проаналізовано їх конструктивні особливості. Встановлено, що найбільш поширеними є шнекові, стрічкові, ланцюгово-планчасті та бітерні системи транспортування корму, кожна з яких має свої переваги та обмеження залежно від виду кормових сумішей та умов експлуатації.

Проведено розрахунок основних параметрів ферми великої рогатої худоби, визначено необхідні площі виробничих приміщень, сховищ кормів та гноєсховищ, а також встановлено добову потребу тварин у кормових компонентах і загальний об'єм кормосуміші, необхідний для забезпечення раціону поголів'я.

Обґрунтовано вибір кінематичної схеми подачі кормосуміші та визначено основні параметри мобільного кормороздатчика, що забезпечують необхідну продуктивність процесу годівлі та рівномірний розподіл корму вздовж годівниць.

Розроблено конструкцію механізму вивантаження кормових сумішей із використанням шнекового транспортера удосконаленої конструкції. Запропоноване конструктивне рішення сприяє покращенню процесу

транспортування кормосуміші, зменшенню налипання корму на робочі поверхні та підвищенню ефективності роботи механізму.

Виконано розрахунок основних геометричних параметрів шнекового вивантажувача та визначено раціональні значення його діаметра і режиму роботи, які забезпечують необхідну продуктивність процесу роздавання кормів.

Проведений аналіз результатів розрахунків показав, що запропонована конструкція механізму роздавання кормів забезпечує рівномірну подачу кормосуміші та стабільну роботу мобільного кормороздатчика під час експлуатації на фермах великої рогатої худоби.

У роботі також розглянуто питання безпеки праці та охорони навколишнього середовища під час експлуатації тваринницьких ферм, що сприяє створенню безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу та зменшенню негативного впливу виробничих процесів на довкілля.

Отримані результати можуть бути використані під час проєктування та модернізації мобільних кормороздатчиків, а також у практичній діяльності тваринницьких господарств для підвищення ефективності процесу годівлі великої рогатої худоби.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гевко Р. Б., Хомик Н. І., Жаровський О. С., Довбуш Т. А. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання : навч. посіб. до лабораторних робіт. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
2. Гогіташвілі Г. Г., Лапін В. М. Основи охорони праці. Львів : Новий світ, 2000. 230 с.
3. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Цьонь Г. Б. Зниження металоємності гнучких транспортуючих механізмів // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 14–15 травня 2020 р. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 20–21.
4. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш А. Д. Опір матеріалів : навч. посіб. до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 220 с.
5. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Цьонь Г. Б. Шляхи зменшення металомісткості гнучких шнекових механізмів // Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 23–24 вересня 2021 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. С. 67–68.
6. Олексюк В. П., Бабій А. В., Сташків М. Я., Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б., Мартинюк В. В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.
7. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Блозва І. Й., Довбуш А. Д. Вступ до фаху : навч. посіб. для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 348 с.

8. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Цьонь О. П. Деталі машин : курс лекцій для студентів заочної форми навчання. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2016. 160 с.
9. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. (курс лекцій). Ч. 1. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
10. Хомик Н. І., Мартинюк В. В., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Довбуш А. Д. Агрозахист : навч. посіб. / за заг. ред. Н. І. Хомик. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
11. Хомик Н. І., Ткаченко І. Г., Довбуш А. Д. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. до курсового проєктування для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 100 с.
12. Хомик Н. І., Олексюк В. П., Сташків М. Я., Бабій А. В., Довбуш Т. А. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.
13. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Олексюк В. П. Основи агрономії : навч. посіб. (курс лекцій). Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 232 с.
14. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Антончак Н. А. Основи агрономії : навч. посіб. до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 320 с.
15. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А. Навчальна практика : метод. посіб. для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 140 с.
16. Babii A., Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A., Tson H., Oleksyuk V. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity*. 2022. Vol. 36. P. 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>

17. Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A., Palyukh A. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*. 2022. Vol. 108, No. 4. P. 5–15.
18. Dovbush T., Dovbush A., Khomyk N., Tson H. Substantiation of flexible screw conveyor metal consumption under productivity maintenance conditions. *Scientific Journal of TNTU*. 2021. Vol. 103, No. 3. P. 33–42.
19. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А. Ознайомча практика : метод. посіб. для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 80 с.
20. Гевко І. Б., Довбуш Т. А., Цьонь О. П., Довбуш А. Д., Станько А. І. Синтез гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями та результати їх дослідження. *Сільськогосподарські машини*. 2021. Вип. 47. С. 63–72.
21. Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б., Довбуш А. Д. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 360 с.
22. Nevko R., Lyashuk O., Dzyura V., Dovbush T., Trokhaniak O., Liashko A. Experimental studies of the process of loose material transportation by a pneumatic-screw conveyor. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2021. P. 479–487.
23. Rybak T., Popovych P., Khomyk N., Dovbush T., Tson H. Simulation calculations on quasistatic strength of structural elements of heavily loaded agricultural machines. *Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka*. 2013. P. 321–326.
24. Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б. Машини та обладнання для тваринництва : навч.-метод. посіб. до виконання курсового проєкту. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2017. 84 с.
25. Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A. Research of the mathematical model of the tribosystem head rod-bushing of the traction organ of rod transporters. *Scientific Journal of TNTU*. 2024. Vol. 115, No. 3. P. 112–121.

26. Гевко Р. Б., Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Дячун А. Є., Залуцький С. З., Станько А. І., Довбуш Т. А. Гвинтові конвеєри з еластичними поверхнями. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. 239 с.
27. Дячун А. Є., Довбуш Т. А., Брикса А. О., Никитюк А. Г. Шнеки для змішування із спеціальними елементами // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 28–29 травня 2025 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 128–129.
28. Tson H., Dovbush T., Martyniuk V., Khomyk N., Stashkiv M., Dovbush A. Development of highly productive technological schemes for the use of agrodrones for plant protection. Scientific Journal of TNTU. 2025. Vol. 118, No. 2. P. 66–78.
29. Хомик Н. І., Довбуш Т. А. Обґрунтування силових факторів навантаженості пруткових транспортерів // Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Тернопіль, 29–30 вересня 2022 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. С. 140–141.
30. Nevko I., Liashuk O., Tson O., Dovbush T., Zalutskyi S., Stanko A. Installation for the investigation of screw working bodies with elastic surfaces and the results of their experimental tests. Scientific Journal of TNTU. 2021. Vol. 103, No. 3. P. 98–109.
31. Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Дунець Б. Розрахунок ресурсу роботи конструктивної системи розкидача добрив // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. Тернопіль : ТНТУ, 2018. С. 102–103.
32. Tson H., Baranovskyi V., Lyashuk O., Dovbush T. Experimental researches of parameters of the technological process of the improved beet tops purifier. Scientific Journal of TNTU. 2018. Vol. 92, No. 4. P. 60–67. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2018.04.060](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2018.04.060)

33. Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Довбуш Т. А., Хорошун Р. В., Гевко І. Б. Проектування трансформаційних причепів для оптимізації площ зберігання в автотранспортних підприємствах. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 12(43), ч. 2. С. 236–243.
34. Олексюк А. В., Довбуш Т. А., Олексюк В. П. Пошук оптимальних конструкцій сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин // Актуальні задачі сучасних технологій : матеріали XIV Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 110–112.
35. Довбуш Т. А., Гевко Р. Б., Хомик Н. І. Спосіб авіаційної хімічної обробки рослин з використанням дронів-обприскувачів // Сучасні технології промислового комплексу-2020 : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 2019. Херсон : ХНТУ, 2019. С. 40–41.

## **ДОДАТКИ**



