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

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Кравчук Максим Романович

УДК 631.363:636.084

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Розробка механізованої лінії транспортування кормів на тваринницькій фермі з модернізацією навантажувача силоса

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 _____ Кравчук М.Р.

Керівник роботи
Борак К.В.
доктор технічних наук, професор

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Кравчук Максим Романович. Розробка механізованої лінії транспортування кормів на тваринницькій фермі з модернізацією навантажувача силоса. *– Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

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

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання розробки комплексно-механізованої лінії переміщення корму на тваринницькій фермі. Метою роботи є підвищення ефективності процесів заготівлі, навантажування, транспортування та роздавання кормів для великої рогатої худоби на відгодівлі. У процесі виконання роботи проаналізовано умови утримання 400 голів ВРХ, визначено добову потребу в кормах та обґрунтовано раціон із використанням силосу. Розроблено технологічну схему переміщення кормів на фермі та підібрано основні машини й обладнання для її реалізації. Особливу увагу приділено технології виготовлення, зберігання та використання силосу як одного з основних кормів у раціоні тварин. Обґрунтовано переваги блочного вилучення силосу порівняно з вивантаженням грейфером, оскільки такий спосіб зменшує втрати корму та сприяє збереженню його якості. У роботі також розглянуто конструкцію навантажувача силосу, виконано необхідні інженерні розрахунки, наведено заходи з охорони праці та проведено техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень. Запропоновані рішення дають змогу знизити трудомісткість виробничих процесів, підвищити продуктивність праці та забезпечити раціональне використання кормових ресурсів на фермі.

Ключові слова: комплексно-механізована лінія, корми, велика рогата худоба, силос, навантажувач силосу, техніко-економічне обґрунтування.

ANNOTATION

Maksym Romanovych Kravchuk. Development of a mechanised feed conveyor line on a livestock farm, including the modernisation of the silo loader. *– Qualification work on the rights of the manuscript*.

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

This thesis examines the development of a fully mechanised feed distribution line for a livestock farm. The aim of the study is to improve the efficiency of the processes involved in the preparation, loading, transport and distribution of feed for fattening cattle. In the course of the work, the conditions for keeping 400 head of cattle were analysed, the daily feed requirement was determined, and a ration utilising silage was formulated. A technological scheme for feed transport on the farm was developed, and the main machinery and equipment for its implementation were selected. Particular attention was paid to the technology of production, storage and use of silage as one of the main feeds in the animals' diet. The advantages of block extraction of silage compared to unloading with a grab were substantiated, as this method reduces feed losses and helps to preserve its quality. The paper also examines the design of a silage loader, performs the necessary engineering calculations, outlines occupational health and safety measures, and provides a technical and economic justification for the design solutions. The proposed solutions make it possible to reduce the labour intensity of production processes, increase labour productivity and ensure the rational use of feed resources on the farm.

Keywords: integrated mechanised line, feed, cattle, silage, silage loader, technical and economic justification.

ЗМІСТ

ВСТУП……6
РОЗДІЛ 1. ПРОЄКТУВАННЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОРМУ НА ФЕРМІ……10
1.1 Вихідні дані та мета проєктування……..10
1.2 Обґрунтування добового раціону і розрахунок потреби у кормах……11
1.3 Технологічна схема комплексно-механізованої лінії……..……13
1.4 Розрахунок продуктивності лінії та кількості транспортних рейсів……..14
1.5 Розрахунок місткості силосних траншей і фронту виймання…….15
1.6 Вибір машин і обладнання для лінії……...……..16
1.7 Організація роботи лінії протягом доби……..……17
1.8 Розрахунок кормового фронту і умов роздавання……19
1.9 Вимоги до експлуатації і безпеки роботи лінії……..…….20
Висновки до розділу…….…….20
РОЗДІЛ 2. ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ СИЛОСУ…….21
2.1 Проєктування технологічної карти вирощування кукурудзи на силос..…22
2.2 Аналіз та вибір способу зберігання силосу……..……..……..24
2.3 Організація закладання силосу……...……...……26
2.4 Переваги блочного вилучення силосу перед вивантаженням грейфером……...……27
2.5 Схема використання силосу у комплексно-механізованій лінії……..…30
Висновки по розділу…….…….31
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОРМІВ ТА ОПЕРАЦІЇ НАВАНТАЖУВАННЯ СИЛОСУ……32
3.1 Загальна характеристика і призначення комплексно-механізованої лінії……..……32
3.3 Технологічні вимоги до операції навантажування силосу……..……....34
3.4 Будова та принцип роботи навантажувача силосу……..…….……36
3.5 Будова та робота основних складових частин……....…….37
3.6 Гідравлічна система навантажувача…….……...……..……30
3.7 Підготовка агрегату до роботи……...……...……40

3.8 Порядок виконання операції навантажування силосу……..……...…41
3.9 Технічне обслуговування навантажувача……...……...……43
3.10 Правила зберігання навантажувача……...……..……44
3.11 Розрахунок процесу різання силосу та вибір гідроциліндрів……..…....45
3.12 Перевірка пальця шарнірного з’єднання на зріз…….47
3.13 Вимоги безпеки під час роботи лінії……..…….……47
Висновки по розділу……..48
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ……...……49
4.1. Характеристика умов праці на лінії переміщення корму……...…..…..49
4.2. Нормативні та організаційні вимоги безпеки……...……...……50
4.3. Безпека під час заготівлі, вилучення та переміщення силосу……51
4.4. Оцінка професійних ризиків та розрахунок безпечної зони…….....53
4.5. Освітлення, електробезпека та санітарні вимоги……...……54
4.6. Пожежна безпека та дії у разі аварійної ситуації……...….55
4.7. Вимоги до працівників та засобів індивідуального захисту……..56
Висновки по розділу……...56
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ…….……58
5.1 Вихідні дані та завдання техніко-економічної оцінки…….……...….58
5.2 Розрахунок добової потреби у кормах та продуктивності лінії……..……59
5.3 Обґрунтування складу машин і капітальних вкладень……....60
5.4 Порівняння експлуатаційних показників базового і проєктного варіантів…….……61
5.5 Розрахунок річних експлуатаційних витрат……...……...62
5.6 Визначення економічної ефективності проєктного рішення……..….63
Висновки по розділу……..……64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…….……..65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..……67

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Ефективність роботи тваринницької ферми значною мірою залежить від рівня механізації основних виробничих процесів, серед яких важливе місце займають заготівля, зберігання, навантажування, транспортування та роздавання кормів. У структурі витрат праці на фермах великої рогатої худоби кормоприготування і переміщення кормів є одними з найбільш трудомістких операцій. Недостатній рівень механізації цих процесів призводить до збільшення затрат ручної праці, нерівномірного забезпечення тварин кормами, втрат поживних речовин, погіршення якості годівлі та зниження економічної ефективності виробництва.

Особливо важливим кормом у раціоні великої рогатої худоби на відгодівлі є силос. Він має високу кормову цінність, добре поїдається тваринами, забезпечує організм необхідними поживними речовинами та може використовуватися протягом тривалого періоду року. Водночас якість силосу значною мірою залежить не лише від технології його заготівлі та зберігання, а й від способу вилучення з траншеї. При нераціональному вивантаженні силосна маса надмірно розпушується, збільшується доступ повітря до корму, прискорюються процеси псування та зростають втрати поживних речовин. Тому важливим завданням є впровадження таких технічних засобів, які забезпечують якісне, продуктивне і безпечне навантажування силосу з мінімальними втратами.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності розробки комплексно-механізованої лінії переміщення корму на тваринницькій фермі, яка дасть змогу забезпечити своєчасне постачання кормів до місць споживання, зменшити трудомісткість робіт, підвищити продуктивність праці обслуговуючого персоналу та зберегти якість кормів.

Для ферми великої рогатої худоби на відгодівлі з поголів'ям 400 голів за умов прив'язного утримання особливого значення набуває правильний вибір машин, обладнання та організаційної схеми переміщення кормів.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комплексно-механізованої лінії переміщення корму на фермі великої рогатої худоби з детальним опрацюванням операції навантажування силосу та обґрунтуванням ефективності запропонованих проєктних рішень.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі **завдання:** проаналізувати умови роботи ферми та особливості годівлі великої рогатої худоби на відгодівлі; визначити добову потребу поголів'я в кормах; обґрунтувати структуру кормового раціону з використанням силосу; розробити схему комплексно-механізованої лінії переміщення кормів; розглянути технологію виготовлення та зберігання силосу; обґрунтувати переваги блочного вилучення силосної маси; виконати розрахунки основних параметрів навантажувача силосу; визначити заходи з охорони праці під час експлуатації кормової лінії; провести техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Об'єктом дослідження є технологічний процес переміщення кормів на тваринницькій фермі великої рогатої худоби.

Предметом дослідження є комплексно-механізована лінія переміщення корму та операція навантажування силосу з траншейного сховища.

У процесі виконання роботи використано розрахунково-аналітичний метод, метод порівняння технологічних варіантів, елементи інженерного проєктування, а також методи техніко-економічної оцінки ефективності впровадження механізованих засобів у виробничий процес. Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані технічні й організаційні рішення можуть бути використані для удосконалення кормових ліній на фермах великої рогатої худоби аналогічної потужності.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Борак К.В., Макаревич В.Л., **Кравчук М.Р.,** Вікарчук В.О. Перспективи застосування розробок військового походження в агроінженерії. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/borak_26.pdf (дата звернення 02.06.2026).

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

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення роботи полягає у розробці механізованої лінії транспортування кормів на тваринницькій фермі, що дає змогу підвищити ефективність виконання кормоприготувальних і транспортних операцій, зменшити витрати ручної праці та скоротити час подачі кормів до місць згодовування.

Запропонована модернізація навантажувача силоса спрямована на підвищення його продуктивності, надійності та зручності експлуатації. Удосконалення конструкції дозволяє забезпечити більш рівномірне завантаження і транспортування силосної маси, зменшити втрати корму під час виконання технологічного процесу та покращити якість обслуговування тварин.

Результати роботи можуть бути використані на тваринницьких фермах для організації раціональної системи транспортування кормів, підвищення рівня механізації виробничих процесів, зниження експлуатаційних витрат і покращення умов праці обслуговуючого персоналу. Впровадження запропонованих технічних рішень сприятиме підвищенню продуктивності ферми та ефективнішому використанню кормових ресурсів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 72 сторінки комп’ютерного тексту, містить 10 рисунків, 37 таблиць та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1
ПРОЄКТУВАННЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОРМУ НА ФЕРМІ

1.1 Вихідні дані та мета проєктування

Проєктування комплексно-механізованої лінії переміщення корму є одним з основних етапів удосконалення технології утримання великої рогатої худоби на відгодівлі. Від своєчасності підготовки, навантажування, транспортування і роздавання кормів залежить рівномірність годівлі, продуктивність тварин, трудомісткість обслуговування та використання машинно-тракторного парку ферми. Для господарства з поголів'ям 400 голів ВРХ на відгодівлі ручне виконання цих операцій є економічно недоцільним, оскільки добова маса кормів перевищує 13 т і потребує чіткої організації матеріального потоку.

У даному розділі розробляється проєктна схема лінії переміщення кормів для ферми з прив'язним утриманням тварин. Такий спосіб утримання передбачає роздавання корму безпосередньо у годівниці вздовж кормових проходів, а тому основними вимогами до лінії є достатня продуктивність, маневреність агрегатів у приміщенні, мінімальна кількість перевантажень та можливість стабільного подавання силосу, який обов'язково включається до раціону відгодівельного поголів'я.

Під час розрахунків прийнято, що ферма працює протягом року з дворазовою добовою годівлею. Поголів'я розміщується у двох тваринницьких приміщеннях по 200 голів, обладнаних поздовжніми кормовими проходами та індивідуальними місцями для тварин.

Комплексно-механізована лінія повинна забезпечувати приймання кормів зі сховищ, навантажування силосу, дозування грубих і концентрованих кормів, транспортування кормової суміші та її роздавання у годівниці без залучення ручної праці на основних операціях.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для проєктування лінії переміщення корму

Показник	Позначення	Значення	Одиниця виміру
Поголів’я ВРХ на відгодівлі	N	400	голів
Спосіб утримання	—	прив’язне	—
Кількість годівель на добу	z	2	рази/добу
Обов’язковий компонент раціону	—	силос кукурудзяний	—
Розрахункова тривалість однієї годівлі	Тг	1,0	год
Резерв продуктивності лінії	kp	1,15	—
Тривалість роботи ферми протягом року	D	365	діб

1.2 Обґрунтування добового раціону і розрахунок потреби у кормах

Для відгодівлі великої рогатої худоби приймається раціон, у якому основну частку за масою займає силос. Силос забезпечує тварин соковитим кормом, поліпшує поїдання сухих компонентів і є зручним для механізованого виймання з траншей. Крім силосу, до раціону вводяться сіно, солома як структурний компонент, концентровані корми для підвищення енергетичної поживності та мінеральні добавки.

Добова потреба в окремому виді корму визначається за формулою:

$$Q_{доб.i} = N \cdot q_i, \text{ кг/добу}, \quad (1.1)$$

де N – кількість тварин, гол.; qi – добова норма видачі і-го корму на одну голову, кг/гол. Вихідні норми прийнято як проєктні для відгодівельного поголів’я середньої живої маси. Під час виробничого впровадження вони можуть уточнюватися зоотехніком залежно від віку, маси тварин і запланованого середньодобового приросту.

Таблиця 1.2 – Розрахунок добової потреби у кормах для 400 голів ВРХ

Вид корму	Норма на 1 голову, кг/добу	Потреба на ферму, кг/добу	Потреба, т/добу	Об’ємна маса, кг/м³
Силос кукурудзяний	25,00	10000	10,00	650
Сіно злаково-бобове	3,00	1200	1,20	120
Солома подрібнена	2,00	800	0,80	90
Концентровані корми	3,00	1200	1,20	700
Мінеральні добавки	0,10	40	0,04	1100
Разом	33,10	13240	13,24	—

З таблиці 1.2 видно, що загальна добова маса кормів становить 13.24 т, з них силос – 10.00 т/добу. Частка силосу у загальній масі раціону становить близько 75.5 %, тому саме операція його виймання і навантажування формує найбільше навантаження на механізовану лінію.

Річна потреба у кормах з урахуванням резерву на втрати під час зберігання, транспортування і роздавання визначається за формулою:

$$Q_{річ.і} = Q_{доб.і} \cdot D \cdot k_з / 1000, \text{ т/рік}, \quad (1.2)$$

де D – кількість діб роботи ферми за рік; kз – коефіцієнт запасу, який враховує технологічні втрати і страховий резерв корму. Для силосу, сіна і соломи прийнято $k_з$ = 1,10, для концентратів і мінеральних добавок – $k_з$ = 1,05.

Таблиця 1.3 – Річна потреба у кормах та орієнтовний об’єм зберігання

Вид корму	Добова потреба, т	Коефіцієнт запасу	Річна потреба, т	Орієнтовний об’єм, м³
Силос кукурудзяний	10,00	1,10	4015,0	6177
Сіно злаково-бобове	1,20	1,10	481,8	4015
Солома подрібнена	0,80	1,10	321,2	3569
Концентровані корми	1,20	1,05	459,9	657
Мінеральні добавки	0,04	1,05	15,3	14

Отримані значення використовуються для визначення розмірів кормосховищ і продуктивності машин. Найбільшу місткість повинні мати силосні траншеї, оскільки річна потреба у силосі з урахуванням запасу становить близько 4015 т. За об’ємної маси ущільненого силосу 650 кг/м³ необхідний об’єм сховища дорівнює 6177 м³. Для забезпечення технологічного резерву приймаємо три траншеї розміром 65×12×3 м кожна, сумарна місткість яких становить 7020 м³, або приблизно 4563 т силосу.

1.3 Технологічна схема комплексно-механізованої лінії

Лінія переміщення корму повинна працювати як єдиний комплекс, у якому кожна машина виконує визначену операцію без утворення «вузьких місць». Для ферми з прив’язним утриманням доцільно застосувати комбіновану мобільну схему: силос виймається і завантажується

навантажувачем з фронту траншеї, грубі корми та концентрати подаються з відповідних складів, після чого компоненти потрапляють у кормороздавач-змішувач або у кормороздавач із можливістю послідовного дозування. Підготовлена кормова суміш транспортується кормовим проїздом і роздається безпосередньо в годівниці.

Перевагою такої схеми є те, що основні операції виконуються машинами, які агрегатуються з тракторами загального призначення. Це зменшує потребу в стаціонарних транспортерах, спрощує ремонт і дає можливість використовувати техніку на інших роботах у періоди зниження навантаження на кормоцех. Схема матеріального потоку наведена на рисунку 1.1.

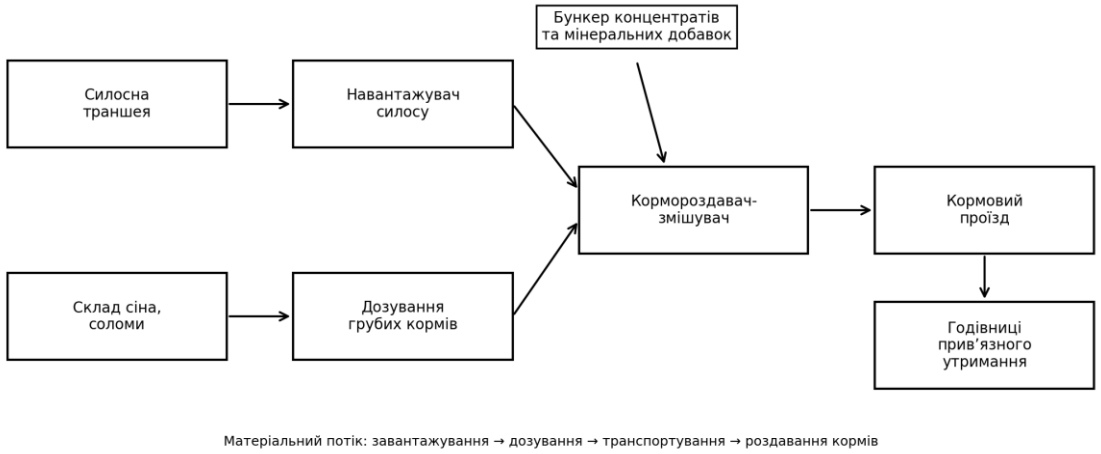


Рис. 1.1. Технологічна схема комплексно-механізованої лінії переміщення кормів.

Таблиця 1.4 – Склад операцій комплексно-механізованої лінії

№	Операція	Машина або обладнання	Технологічна вимога
1	Виймання силосу з траншеї	Навантажувач силосу на базі трактора	Забезпечити рівний фронт виймання та мінімальні втрати
2	Навантажування силосу	Гідравлічний навантажувач, ківш або блок-різак	Подача силосу у кузов кормороздавача або на змішувальний майданчик
3	Подача сіна і соломи	Подрібнювач або фронтальний захват	Забезпечити рівномірну структуру грубих кормів
4	Дозування концентратів	Бункер-дозатор, шнековий живильник	Подавання за встановленою нормою
5	Змішування і транспортування	Кормороздавач-змішувач або КТУ-10А	Формування однорідної суміші і переміщення до приміщень
6	Роздавання в годівниці	Роздавальний транспортер кормороздавача	Рівномірна видача вздовж кормового фронту

1.4 Розрахунок продуктивності лінії та кількості транспортних рейсів

Продуктивність лінії повинна відповідати обсягу кормів, який необхідно видати за одну годівлю. Оскільки прийнято дворазову годівлю, за один цикл у приміщення подається половина добового раціону:

$$Q_{год} = Q_{доб} / z = 13.24 / 2 = 6.62 \text{ т.} \quad (1.3)$$

Мінімальна розрахункова продуктивність лінії визначається з урахуванням допустимої тривалості годівлі та коефіцієнта резерву:

$$W_{потр} = Q_{год} \cdot k_р / T_г, \text{ т/год.} \quad (1.4)$$

За прийнятих умов $W_{потр} = 6.62 \cdot 1,15 / 1,0 = 7.61$ т/год. Отже, усі основні машини лінії повинні забезпечувати продуктивність не менше 7.61 т/год, а для операції силосу бажано мати додатковий запас, оскільки силос становить найбільшу частку матеріального потоку.

Продуктивність навантажувача силосу при циклічній роботі визначається за формулою:

$$W_н = 3600 \cdot m_ц \cdot k_ч / t_ц, \text{ т/год,} \quad (1.5)$$

де $m_ц$ – маса силосу за один робочий цикл; kч – коефіцієнт використання часу; $t_ц$ – тривалість циклу навантажування, с.

Для проєктного розрахунку приймаємо $m_ц = 0.6$ т, $k_ч = 0.80$, $t_ц = 90$ с. Тоді $W_н = 3600 \cdot 0.6 \cdot 0.80 / 90 = 19.2$ т/год. Одержана продуктивність більша за потрібну, тому навантажувач забезпечує необхідний темп подавання силосу.

Таблиця 1.5 – Розрахунок необхідної продуктивності лінії

Показник	Позначення	Значення	Одиниця
Маса кормів на одну годівлю	$Q_{год}$	6,62	т
Розрахунковий резерв часу	$k_р$	1,15	—
Допустима тривалість однієї годівлі	Тг	1,0	год
Потрібна продуктивність лінії	$W_{потр}$	7,61	т/год
Розрахункова продуктивність навантажувача	$W_н$	19,2	т/год
Коефіцієнт запасу продуктивності навантажувача	$W_н/W_{потр}$	2,52	—

Кількість рейсів кормороздавача залежить від корисної місткості кузова та об’ємної маси кормової суміші. Приймаємо місткість кузова $V_к$ = 10 м³, коефіцієнт заповнення φ = 0,85, середню об’ємну масу суміші $\rho_{сум}$ = 450 кг/м³. Маса корму в одному рейсі становить:

$$m_{рейс} = V_к \cdot \rho_{сум} \cdot \varphi / 1000 = 10 \cdot 450 \cdot 0{,}85 / 1000 = 3.83 \text{ т.} \quad (1.6)$$

Для однієї годівлі необхідно $n = Q_{год}/m_{рейс}$ = 6.62 / 3.83 = 1.73. Приймаємо 2 рейси за одну годівлю, або 4 рейси протягом доби.

Таблиця 1.6 – Визначення кількості рейсів кормороздавача

Показник	Позначення	Значення	Одиниця
Корисна місткість кузова кормороздавача	$V_к$	10,0	м³
Середня об’ємна маса кормової суміші	$\rho_{сум}$	450	кг/м³
Коефіцієнт заповнення кузова	φ	0,85	—
Маса корму в одному рейсі	$m_{рейс}$	3,83	т
Кількість рейсів на одну годівлю	$n_г$	2	рейси
Кількість рейсів на добу	$n_{доб}$	4	рейси

1.5 Розрахунок місткості силосних траншей і фронту виймання

Оскільки силос є основним компонентом раціону, його сховище повинно забезпечувати не лише потрібний річний запас, а й зручність механізованого виймання. Об’єм силосу, що витрачається за добу, визначається за формулою:

$$V_{доб.с} = Q_{доб.с} / \rho_с, \text{ м³/добу,} \quad (1.7)$$

де $Q_{доб.с}$ = 10.00 т/добу – добова потреба у силосі; $\rho_с$ = 0,65 т/м³ – об’ємна маса ущільненого силосу. Тоді $V_{доб.с}$ = 10.00 / 0,65 = 15.38 м³/добу.

Рух фронту виймання за добу визначається як відношення добового об’єму силосу до площі поперечного перерізу відкритої траншеї:

$$l_{доб} = V_{доб.с} / (B \cdot H), \text{ м/добу.} \quad (1.8)$$

За ширини траншеї B = 12 м і висоти шару H = 3 м одержуємо lдоб = 15.38 / (12 · 3) = 0.43 м/добу. Такий темп виймання є достатнім для

систематичного оновлення фронту силосу і зменшення втрат від вторинного нагрівання відкритої маси.

Таблиця 1.7 – Основні параметри силосного сховища

Показник	Розрахункове або прийняте значення
Добова потреба у силосі	10,00 т
Потрібний річний запас з резервом	4015 т
Об’ємна маса ущільненого силосу	0,65 т/м³
Потрібний об’єм сховищ	6177 м³
Прийнята кількість траншей	3 шт.
Розміри однієї траншеї	65×12×3 м
Сумарний об’єм траншей	7020 м³
Розрахункова місткість траншей	4563 т
Рух фронту виймання	0,43 м/добу

1.6 Вибір машин і обладнання для лінії

Підбір машин виконується за умовою відповідності їх продуктивності розрахунковому матеріальному потоку. Основні машини повинні забезпечувати безперервне виконання операцій, не створювати заторів у кормовому проході та мати можливість агрегатування з наявними тракторами ферми. З урахуванням прив’язного утримання найбільш доцільно застосувати мобільний кормороздавач із боковою роздачею, який рухається кормовим проходом і подає корм безпосередньо у годівниці.

Для навантажування силосу приймається гідравлічний навантажувач на базі трактора класу МТЗ. У подальшому розділі роботи операція навантажування силосу може бути деталізована шляхом розробки робочого органу, який відокремлює моноліт силосу від траншеї і завантажує його у транспортний засіб або кормороздавач. Обладнання має працювати узгоджено з транспортною ланкою, тому його продуктивність приймається не меншою ніж 18–20 т/год.

Таблиця 1.8 – Прийнятий комплект машин для комплексно-механізованої лінії

Операція	Машина або обладнання	Прийнята продуктивність	Обґрунтування вибору
Навантажування силосу	Трактор МТЗ з навантажувачем силосу	18–20 т/год	Забезпечує подавання силосу без ручного підбирання
Подача грубих кормів	Фронтальний захват або подрібнювач	3–5 т/год	Підготовка сіна і соломи до змішування
Дозування концентратів	Бункер-дозатор зі шнеком	0,5–2,0 т/год	Точне внесення концентратів і мінеральних добавок
Транспортування і роздавання	Кормороздавач КТУ-10А або аналогічний	8–12 т/год	Місткість кузова 10 м³, бокова роздача
Тяговий засіб	Трактор класу 1,4	60–80 к.с.	Маневрування в межах ферми і кормового проїзду

Для перевірки узгодженості машин визначимо коефіцієнт запасу продуктивності основних ланок. Для навантажувача силосу він становить $k_н = W_н / W_{потр} = 19,2 / 7,61 = 2,52$. Для кормороздавача за мінімальної прийнятої продуктивності 8 т/год маємо $k_{рз} = 8 / 7,61 = 1,05$. Отже, продуктивність кормороздавача знаходиться біля нижньої межі, тому під час експлуатації необхідно уникати необґрунтованих простоїв, а завантажування компонентів потрібно виконувати до під’їзду агрегату в кормовий проїзд.

1.7 Організація роботи лінії протягом доби

Технологічний процес доцільно організувати за цикловим принципом. Перед початком годівлі навантажувач готує необхідну кількість силосу для першого рейсу, після чого кормороздавач послідовно приймає силос, грубі корми, концентрати і мінеральні добавки. Після короткого перемішування агрегат в’їжджає у кормовий проїзд першого приміщення та виконує бокову роздачу корму в годівниці. Далі цикл повторюється для другого приміщення. Аналогічно організовується вечірня годівля.

З метою зменшення холостих переїздів сховища кормів доцільно розміщувати з торцевого боку тваринницьких приміщень. У цьому випадку агрегат після завантаження може рухатися найкоротшим маршрутом до кормового проходу, а після завершення роздавання повертатися до

майданчика завантаження. Орієнтовна планувальна схема руху агрегатів наведена на рисунку 1.2.

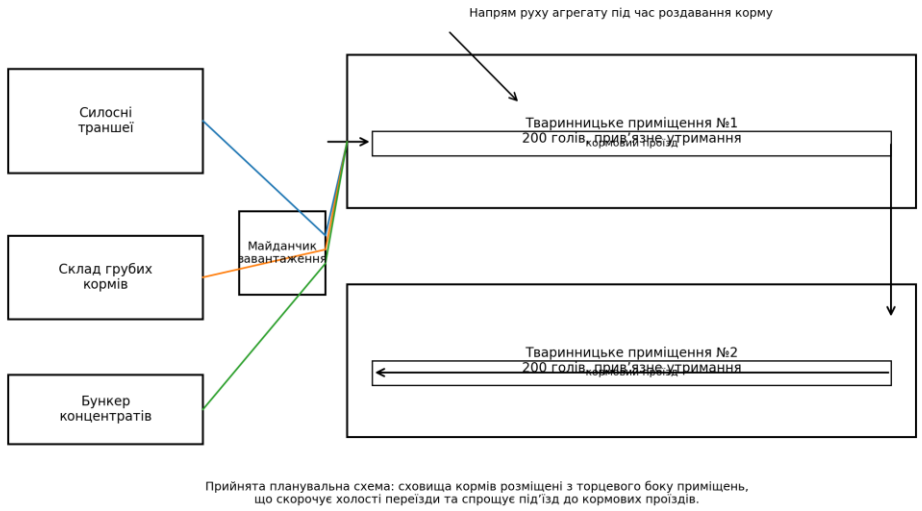


Рис. 1.2. Планувальна схема переміщення кормів на фермі ВРХ на 400 голів

Таблиця 1.9 – Орієнтовна технологічна карта однієї годівлі.

№	Операція	Тривалість, хв	Виконавець
1	Підготовка агрегату, огляд гідросистеми і транспортерів	10	Оператор, тракторист
2	Навантажування силосу для першого рейсу	8–10	Тракторист навантажувача
3	Дозування грубих кормів і концентратів	8–12	Оператор кормового майданчика
4	Транспортування до приміщення №1 і роздавання	15–18	Тракторист кормороздавача
5	Повторне завантаження кормороздавача	15–20	Тракторист, оператор
6	Транспортування до приміщення №2 і роздавання	15–18	Тракторист кормороздавача
7	Очищення залишків з робочих органів, контроль годівниць	5–7	Оператор

Загальна тривалість однієї годівлі за наведеною картою становить близько 76–95 хв. Оскільки частина операцій може виконуватися паралельно, фактична тривалість руху кормороздавача у приміщеннях не перевищує прийнятої розрахункової години. Для забезпечення стабільної роботи рекомендується розпочинати підготовку силосу та дозування концентратів за 10–15 хв до в'їзду кормороздавача у перше приміщення.

1.8 Розрахунок кормового фронту і умов роздавання

Для прив’язного утримання важливо забезпечити рівномірний доступ усіх тварин до корму. Кормовий фронт визначається кількістю тварин та шириною годівельного місця. Для відгодівельної ВРХ приймаємо ширину місця b = 0,75 м на одну голову. Загальна довжина кормового фронту становить:

$$L_ф = N \cdot b = 400 \cdot 0{,}75 = 300 \text{ м}. \quad (1.9)$$

За розміщення поголів’я у двох приміщеннях по 200 голів довжина кормового фронту в одному приміщенні дорівнює 150 м. Якщо кормова лінія організована з двох боків кормового проходу, довжина одного боку становить близько 75 м. Це узгоджується з використанням мобільного кормороздавача, який може рівномірно подавати корм уздовж проїзду.

Маса корму, що припадає на 1 м кормового фронту за одну годівлю, визначається як:

$$q_ф = Q_{год} / L_ф = 6.62 / 300 = 0.022 \text{ т/м} = 22.1 \text{ кг/м}. \quad (1.10)$$

Отже, під час однієї годівлі необхідно рівномірно видати приблизно 22 кг кормової суміші на кожен метр кормового фронту. Регулювання норми роздавання здійснюється швидкістю руху агрегату і положенням заслінки роздавального транспортера. Для зменшення втрат корму швидкість руху в кормовому проході приймається невеликою і сталою, а подача транспортера повинна забезпечувати рівномірний валок корму в годівниці.

Таблиця 1.10 – Параметри кормового фронту при прив’язному утриманні

Показник	Значення
Кількість тварин	400 голів
Ширина кормового місця	0,75 м/гол.
Загальний кормовий фронт	300 м
Кормовий фронт в одному приміщенні	150 м
Орієнтовна довжина однієї сторони годівниці	75 м
Маса корму на 1 м фронту за одну годівлю	22,1 кг/м
Рекомендована ширина кормового проїзду	не менше 3,0 м

1.9 Вимоги до експлуатації і безпеки роботи лінії

Ефективність комплексно-механізованої лінії залежить від правильного підбору машин і дотримання правил експлуатації. Перед початком роботи перевіряють гідравлічну систему навантажувача, кріплення робочих органів, стан шин трактора, натяг транспортерів кормороздавача та відсутність сторонніх предметів у кузові. Завантажування силосу виконують з рівного майданчика, не допускаючи підкопування траншеї та нависання силосної маси. Під час руху кормороздавача у приміщенні не допускається перебування людей у зоні роздавального транспортера, а регулювання заслінок і очищення робочих органів виконують лише після повної зупинки агрегату. Для контролю стабільності годівлі ведуть облік фактичної маси завантажених компонентів.

Висновки до розділу

Для ферми на 400 голів ВРХ на відгодівлі з прив’язним утриманням розроблено схему комплексно-механізованої лінії, яка охоплює виймання силосу, дозування компонентів, транспортування і роздавання кормів у годівниці. Розрахунками встановлено, що добова потреба у кормах становить 13.24 т, у тому числі силосу – 10.00 т; потрібна продуктивність лінії для однієї годівлі дорівнює 7.61 т/год. Прийнятий навантажувач силосу продуктивністю близько 19.2 т/год і кормороздавач місткістю 10 м³ забезпечують виконання годівлі за 2 рейси. Для зберігання силосу прийнято три траншеї 65×12×3 м, а запропонована схема руху агрегатів створює передумови для детальної розробки операції навантажування силосу.

РОЗДІЛ 2
ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ СИЛОСУ

Силос є одним з основних соковитих кормів у раціонах великої рогатої худоби на відгодівлі. Його використання дає можливість забезпечити тварин енергією, перетравною клітковиною, каротином та органічними кислотами, що сприяють нормальній роботі травної системи. Для ферми з прив’язним утриманням ВРХ особливо важливо, щоб силос не лише мав належну поживність, а й рівномірно надходив до комплексно-механізованої лінії переміщення корму.

У даному розділі розглянуто технологічний процес вирощування кукурудзи на силос, визначено потребу ферми у силосній масі, обґрунтовано спосіб її зберігання та використання. Окрему увагу приділено вибору способу вилучення силосу з траншеї, оскільки ця операція безпосередньо впливає на якість корму, продуктивність навантажування і стабільність роботи кормороздавальної лінії.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунків

Показник	Позначення	Значення
Кількість ВРХ на відгодівлі, голів	N	400
Система утримання	-	прив’язна
Добова норма силосу на 1 голову, кг	q_c	18
Тривалість згодовування силосу, діб	D	210
Коефіцієнт втрат при зберіганні та використанні	$k_в$	1,12
Середня щільність ущільненого силосу, т/м³	ρ	0,65
Планова урожайність кукурудзи на силос, т/га	U	40



Рис. 2.1. Загальна схема виготовлення та використання силосу

2.1 Проєктування технологічної карти вирощування кукурудзи на силос

Кукурудза на силос вирощується з метою одержання високого врожаю зеленої маси з оптимальною вологістю та достатнім вмістом сухої речовини. Для якісного силосування рослини доцільно збирати у фазі молочно-воскової або воскової стиглості зерна, коли стебла ще зберігають вологість, а качани накопичують значну кількість поживних речовин. Подрібнення маси під час збирання має забезпечувати рівномірну фракцію, придатну для швидкого ущільнення у траншеї.

Технологічна карта вирощування кукурудзи на силос включає систему основного і передпосівного обробітку ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами, збирання, транспортування та закладання зеленої маси. Для розрахунку приймаємо площу посіву кукурудзи, визначену за потребою ферми у силосі. Операції підбираються так, щоб забезпечити потоковість робіт і своєчасне надходження подрібненої маси до силосної траншеї.

Добова потреба ферми у силосі визначається за формулою:

$$Q_{доб} = N \cdot q_c / 1000, \text{ т/добу}, \quad (2.1)$$

де N = 400 голів; q_c = 18 кг – добова норма силосу на одну голову, Отже, $Q_{доб} = 400 \cdot 18 / 1000 = 7{,}2$ т/добу,

Потреба у силосі на період згодовування без урахування втрат становить:

$$Q_{осн} = Q_{доб} \cdot D, \text{ т}. \quad (2.2)$$

$$Q_{осн} = 7{,}2 \cdot 210 = 1512 \text{ т},$$

З урахуванням втрат під час ферментації, зберігання, відкриття траншеї та навантажування загальна кількість силосу, яку потрібно закласти, дорівнює:

$$Q_{закл} = Q_{осн} \cdot k_в. \quad (2.3)$$

$$Q_{закл} = 1512 \cdot 1{,}12 = 1693{,}4 \text{ т},$$

Площа посіву кукурудзи на силос визначається з урахуванням планової урожайності та втрат під час збирання:

$$F = Q_{закл} / (U \cdot k_з), \text{ га.} \quad (2.4)$$

де U = 40 т/га – планова урожайність зеленої маси; $k_з$ = 0,95 – коефіцієнт збереження маси під час збирання і транспортування, Тоді F = 1693,4 / (40 · 0,95) = 44,6 га, Для виробничого планування приймаємо F = 45 га,

Таблиця 2.2 – Орієнтовна технологічна карта вирощування та заготівлі кукурудзи на силос

Назва операції	Агрегат або машина	Обсяг робіт	Витрата пального	Усього, л
Лущення стерні або дискування поля	ЛДГ-10, МТЗ-82	45 га	6	270
Основний обробіток ґрунту	ПЛН-5-35, ДТ-75	45 га	20	900
Весняне боронування	БЗСС-1,0, МТЗ-82	45 га	3	135
Передпосівна культивація	КПС-4, МТЗ-82	45 га	6	270
Внесення мінеральних добрив	МВУ-5, МТЗ-82	45 га	4	180
Сівба кукурудзи	Сівалка УПС-8, МТЗ-82	45 га	5	225
Догляд за посівами, обприскування	ОП-2000, МТЗ-82	45 га	3	135
Міжрядний обробіток	КРН-5,6, МТЗ-82	45 га	6	270
Збирання і подрібнення зеленої маси	Кормозбиральний комбайн	1800 т	2,2 л/т	3960
Транспортування маси до траншеї	Тракторні причепи	1800 т	1,6 л/т	2880
Розрівнювання та ущільнення у траншеї	Трактор-навантажувач	1800 т	0,8 л/т	1440

За результатами технологічної карти найбільша частина витрат пального припадає на операції збирання, транспортування та ущільнення зеленої маси. Це пояснюється значним обсягом матеріалу, який необхідно перемістити за короткий агротехнічний строк. Тому під час проєктування лінії важливо узгодити продуктивність кормозбирального комбайна, транспортних засобів і техніки для ущільнення траншеї.

Плановий обсяг зеленої маси при площі 45 га та урожайності 40 т/га становить 1800 т. Якщо збирання необхідно виконати за 6 діб при тривалості зміни 10 год і коефіцієнті використання часу 0,8, потрібна годинна продуктивність потокової ланки дорівнює:

$$W_п = Qп / (t \cdot n_д \cdot K_ч). \quad (2.5)$$

$W_п$ = 1800 / (10 · 6 · 0,8) = 37,5 т/год, Отже, для виконання робіт достатньо одного кормозбирального комбайна продуктивністю не менше 40 т/год за умови безперервного забезпечення його транспортними засобами.

Таблиця 2.3 – Розрахунок потреби у транспортних агрегатах під час заготівлі силосу

Показник	Позначення	Значення
Маса вантажу в одному причепі, т	$G_{пр}$	8
Тривалість одного транспортного циклу, хв	$t_ц$	35
Продуктивність одного транспортного агрегату, т/год	$W_{тр}$	13,7
Потрібна продуктивність потоку, т/год	$W_п$	37,5
Розрахункова кількість транспортних агрегатів, шт.	n	37,5 / 13,7 = 2,7
Прийнята кількість транспортних агрегатів, шт.	-	3

Транспортна ланка повинна працювати без простоїв кормозбирального комбайна. За розрахунком необхідно не менше трьох тракторних транспортних агрегатів вантажопідйомністю 8 т кожний. При збільшенні відстані від поля до траншеї кількість причепів слід уточнювати за фактичною тривалістю рейсу.

2.2 Аналіз та вибір способу зберігання силосу

Зберігання силосу має забезпечувати анаеробні умови, мінімальні втрати поживних речовин і можливість механізованого відбору корму протягом усього періоду згодовування. Для ферми на 400 голів найбільш доцільно застосовувати наземні або напівзаглиблені силосні траншеї, оскільки вони мають достатню місткість, порівняно прості в будівництві, зручні для ущільнення маси важкими тракторами та придатні для використання блок-різака.

Таблиця 2.4 – Порівняння способів зберігання силосу

Спосіб зберігання	Переваги	Недоліки	Висновок
Силосна траншея	Велика місткість, зручність механізованого закладання, ущільнення і блочного вилучення, невисока вартість будівництва	Потребує якісного накриття плівкою та організації водовідведення	Рекомендується
Наземний бурт	Мінімальні капітальні витрати, швидке облаштування	Гірше ущільнення бокових зон, більша площа відкритої поверхні, вищі втрати	Можливий як резервний
Полімерний рукав	Добра герметизація, гнучкість розміщення	Потрібна спеціальна машина для пакування, складніше механізувати відбір великих обсягів	Обмежено доцільний
Силосна башта	Малі втрати при правильній експлуатації, компактність	Висока вартість, складніше обслуговування, менша пристосованість до блочного вилучення	Не вибирається

Необхідний об’єм силососховища визначається за масою силосу, що закладається, та середньою щільністю ущільненої маси:

$$V_c = Q_{закл} / \rho. \quad (2.6)$$

$$V_c = 1693{,}4 / 0{,}65 = 2605 \text{ м}^3,$$

Для зберігання приймаємо траншею з шириною B = 12 м, висотою укладання H = 3 м та коефіцієнтом використання поперечного перерізу φ = 0,85. Розрахункова довжина траншеї становить:

$$L = V_c / (B \cdot H \cdot \varphi). \quad (2.7)$$

$$L = 2605 / (12 \cdot 3 \cdot 0{,}85) = 85{,}1 \text{ м},$$

З урахуванням зручності закладання і почергового відкривання корму доцільно передбачити дві траншеї розміром 12×3×45 м. Такий варіант дозволяє зменшити площу відкритої поверхні, полегшити контроль якості корму та організувати послідовне використання силосу.



Рис. 2.2. Схема поперечного перерізу силосної траншеї

Таблиця 2.5 – Основні параметри прийнятого силососховища

Показник	Розрахунок або прийняте значення	Результат
Потрібна маса силосу для закладання	Qзакл = Qосн · kв	1693,4 т
Потрібний корисний об'єм	Vс = Qзакл / ρ	2605 м³
Прийнята кількість траншей	-	2 шт.
Розміри однієї траншеї	B × H × L	12 × 3 × 45 м
Корисний об'єм однієї траншеї	12 · 3 · 45 · 0,85	1377 м³
Загальний корисний об'єм	1377 · 2	2754 м³
Орієнтовна місткість за щільності 0,65 т/м³	2754 · 0,65	1790 т

Прийнята місткість силососховища перевищує розрахункову потребу, що створює невеликий резерв для коливання врожайності, неоднорідності щільності укладання та технологічних втрат. Дві траншеї також підвищують експлуатаційну надійність: за необхідності одну траншею можна використовувати, а іншу залишати герметично закритою.

2.3 Організація закладання силосу

Зелена маса після подрібнення повинна без затримки надходити до траншеї. Тривале перебування маси в транспортних засобах погіршує умови ферментації, тому технологічний процес організовують потоковим способом. Подрібнену кукурудзяну масу розвантажують тонкими шарами, розрівнюють по всій площі траншеї та ущільнюють тракторами. Товщина одного шару перед ущільненням не повинна бути надмірною, оскільки це ускладнює витіснення повітря.

Під час закладання необхідно забезпечити рівномірну роботу трьох взаємопов’язаних ланок: збирання, транспортування та ущільнення. Якщо продуктивність транспортної ланки нижча за продуктивність комбайна, виникають простої на полі. Якщо не вистачає техніки для розрівнювання та ущільнення, у траншеї накопичується пухка маса, що підвищує втрати сухої речовини.

Таблиця 2.6 – Вимоги до основних операцій закладання силосу

Операція	Основні вимоги	Очікуваний результат
Збирання і подрібнення	Однорідна довжина різки, своєчасне збирання у потрібній фазі стиглості	Стабільна якість маси
Транспортування	Безперервне підвезення маси, мінімальні простої комбайна	Потоковість заготівлі
Розрівнювання	Укладання шарами з рівномірним розподілом по траншеї	Усунення порожнин
Ущільнення	Багаторазові проходи трактора по кожному шару	Витіснення повітря
Герметизація	Накриття плівкою, притискання країв і поверхні	Створення анаеробних умов

Для якісного ущільнення приймаємо, що продуктивність одного трактора на розрівнюванні та ущільненні становить близько 40 т/год. Оскільки потрібна продуктивність потоку дорівнює 37,1 т/год, один трактор може забезпечити мінімальну потребу. Проте для надійної роботи в період масового надходження сировини доцільно мати другий трактор як резервний або використовувати його на розрівнюванні верхніх шарів.

Після завершення закладання поверхню силосу вирівнюють з невеликим ухилом для відведення води, накривають полімерною плівкою, а краї ретельно герметизують. На плівку укладають вантаж: мішки з піском, старі шини або інші безпечні притискні матеріали. Якість герметизації є однією з головних умов збереження поживності корму.

2.4 Переваги блочного вилучення силосу перед вивантаженням грейфером

Після відкривання траншеї силос щоденно відбирають для приготування кормосуміші або безпосереднього подавання до

кормороздавача. На практиці можуть застосовуватися різні способи вилучення: фронтальним навантажувачем з ковшем, грейфером або блок-різаком. Для проєктованої комплексно-механізованої лінії найбільш доцільним є блочне вилучення, оскільки воно забезпечує рівну стінку зрізу та зменшує розпушення корму.

Під час грейферного вивантаження робочий орган вириває силосну масу з моноліту. У зоні відбору утворюються нерівності, тріщини і порожнини, через які повітря проникає в глибину силосної маси. Це прискорює вторинне нагрівання, розвиток плісняви та втрати поживних речовин. Крім того, грейферу складніше забезпечити однакову масу порції, що погіршує точність дозування у лінії переміщення корму.

Блок-різак працює за іншим принципом: його пальці входять у силосний моноліт, ніж відрізає шар корму, після чого відокремлений блок переміщується до транспортного засобу або приймального бункера. Завдяки цьому фронт траншеї залишається рівним і щільним, а площа контакту силосу з повітрям зменшується.

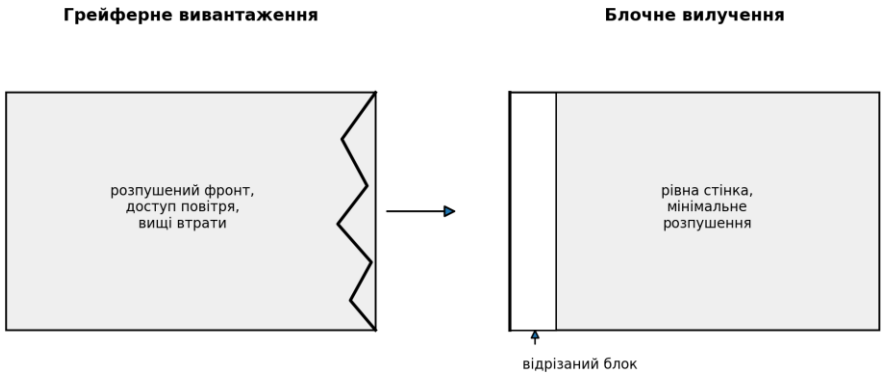


Рис. 2.3. Порівняння грейферного вивантаження і блочного вилучення силосу

Добовий об’єм силосу, який необхідно вилучити з траншеї для годівлі 400 голів ВРХ, становить:

$$V_{доб} = Q_{доб} / \rho. \quad (2.8)$$

$$V_{доб} = 7,2 / 0,65 = 11,1 \text{ м}^3/\text{добу},$$

За прийнятих розмірів траншеї площа робочого перерізу дорівнює $B \cdot H \cdot \varphi = 12 \cdot 3 \cdot 0{,}85 = 30{,}6$ м². Товщина шару, який потрібно щоденно відбирати з фронту траншеї, визначається за формулою:

$$\delta_{доб} = V_{доб} / (B \cdot H \cdot \varphi). \quad (2.9)$$

$$\delta_{доб} = 11{,}1 / 30{,}6 = 0{,}36 \text{ м/добу},$$

Отже, при добовій потребі 7,2 т ферма повинна відбирати приблизно 0,36 м силосного моноліту по довжині траншеї за добу. Такий темп відбору є достатнім для підтримання свіжості відкритої поверхні і зручним для роботи блок-різака.

Таблиця 2.7 – Порівняння способів вилучення силосу з траншеї

Показник	Грейферне вивантаження	Блочне вилучення
Стан відкритого фронту траншеї	Нерівний, розпушений, з тріщинами	Рівний, щільний, з мінімальним доступом повітря
Втрати корму після відкривання	Вищі через аерацію та осипання	Менші завдяки чистому зрізу
Точність відбору порції	Середня, залежить від захвату грейфера	Вища, блок має сталі геометричні розміри
Вплив на якість силосу	Можливе вторинне нагрівання	Краще збереження поживності
Придатність для механізованої лінії	Потребує додаткового розпушення і дозування	Добре узгоджується з навантаженням у бункер або причіп
Загальний висновок	Може застосовуватись за відсутності спеціального обладнання	Рекомендується для проєктованої лінії

Орієнтовний економічний ефект від блочного вилучення можна оцінити за зменшенням втрат корму після відкривання траншеї. Якщо при грейферному відборі втрати становлять близько 8 %, а при блочному вилученні – близько 3 %, то річне збереження силосу дорівнює:

$$\Delta Q = Q_{осн} \cdot (П_{гр} – П_{бл}) / 100. \quad (2.10)$$

$$\Delta Q = 1512 \cdot (8 – 3) / 100 = 75{,}6 \text{ т},$$

За умовної вартості силосу 900 грн/т економія становитиме $75{,}6 \cdot 900 = 68040$ грн за період згодовування, Крім прямого збереження корму, блочне вилучення підвищує санітарну якість раціону і зменшує ймовірність потрапляння у кормороздавальну лінію зіпсованої або забрудненої маси.

2.5 Схема використання силосу у комплексно-механізованій лінії

У проєктованій лінії силос після вилучення блок-різаком подається до транспортного засобу або приймального бункера кормоприготувального агрегату. Далі він переміщується до змішувача чи кормороздавача, де поєднується з іншими компонентами раціону. За прив’язного утримання худоби роздавання корму виконується вздовж кормового проходу з подаванням у годівниці кожної групи тварин.

Раціон ВРХ на відгодівлі має включати силос як обов’язковий компонент. Для розрахунку приймаємо, що силос становить основу соковитої частини раціону. Інші компоненти – сінаж, сіно, солома, концентровані корми та мінеральні добавки – уточнюються залежно від віку, живої маси тварин і планових приростів. Стабільна якість силосу дає змогу підтримувати рівномірне споживання корму та краще використовувати потенціал відгодівлі.

Таблиця 2.8 – Орієнтовний добовий раціон ВРХ на відгодівлі для розрахунку лінії

Компонент раціону	На 1 голову, кг	На 400 голів, т/добу	Призначення
Силос кукурудзяний	18,0	7,2	Основний соковитий корм
Сінаж або сіно	3,0	1,2	Джерело структурної клітковини
Солома подрібнена	1,0	0,4	Регулювання структури раціону
Концентровані корми	2,5	1,0	Підвищення енергетичної цінності
Мінеральні добавки	0,1	0,04	Балансування раціону

Технологічний процес використання силосу доцільно організувати за такою послідовністю: відкривання мінімальної частини траншеї; щоденне відрізання блоку; навантажування у транспортний засіб або приймальний бункер; переміщення до кормоцеху чи кормороздавача; дозування у складі раціону; роздавання по кормовому проходу. Така схема дає змогу забезпечити ритмічність годівлі та зменшити ручну працю.

Для узгодження роботи навантажувача з добовою потребою ферми визначимо кількість циклів вилучення. Якщо маса одного відрізаного блоку становить 0,75 т, кількість блоків на добу дорівнює:

$$n_б = Q_{доб} / G_б. \quad (2.11)$$

$n_б$ = 7,2 / 0,75 = 9,6, тобто приймаємо 10 блоків на добу. За дворазового роздавання корму необхідно підготувати приблизно по 5 блоків на одну годівлю. Це відповідає ритму роботи ферми і не потребує тривалого перебування силосу на відкритому повітрі.

Таблиця 2.9 – Основні параметри використання силосу в лінії переміщення корму

Показник	Розрахунок	Значення
Добова потреба у силосі	400 · 18 / 1000	7,2 т
Добовий об’єм відбору	7,2 / 0,65	11,1 м³
Товщина добового шару відбору	11,1 / 30,6	0,36 м
Маса одного блоку	прийнято	0,75 т
Кількість блоків на добу	7,2 / 0,75	10 шт.
Кількість блоків на одну годівлю	10 / 2	5 шт.

Висновки по розділу

У результаті проєктування встановлено, що для ферми на 400 голів ВРХ на відгодівлі при добовій нормі 18 кг силосу на одну голову необхідно заготовити близько 1693 т силосу з урахуванням втрат. Для забезпечення такої потреби потрібно виростити кукурудзу на силос на площі приблизно 45 га при плановій урожайності 40 т/га.

Для зберігання силосу обрано траншейний спосіб, який найкраще відповідає умовам великої ферми, забезпечує достатню місткість і дозволяє використовувати механізоване блочне вилучення. Прийнято дві силосні траншеї розміром 12×3×45 м кожна із загальною місткістю близько 1790 т. Такий об’єм забезпечує основну потребу ферми та технологічний резерв.

Порівняння способів вилучення показало, що блочне вилучення має переваги перед грейферним вивантаженням, оскільки зберігає рівний фронт силосної маси, зменшує доступ повітря, скорочує втрати корму та полегшує дозування у комплексно-механізованій лінії. Тому подальша розробка операції навантажування силосу повинна базуватися на застосуванні блок-різака або навантажувача з відрізним робочим органом.

РОЗДІЛ 3
РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОРМІВ ТА ОПЕРАЦІЇ НАВАНТАЖУВАННЯ СИЛОСУ

3.1 Загальна характеристика і призначення комплексно-механізованої лінії

Комплексно-механізована лінія переміщення кормів на тваринницькій фермі призначена для послідовного виконання операцій забирання кормової маси зі сховищ, її навантажування, транспортування до місця споживання та подавання у годівниці. До складу такої лінії входять машини і механізми, які працюють узгоджено та забезпечують безперервність кормового потоку від силосної траншеї до кормового столу або годівниці.

Основним завданням розроблення лінії є зменшення частки ручної праці, підвищення продуктивності виконання кормових операцій, зниження втрат силосу під час виймання та забезпечення рівномірної подачі корму тваринам. Особливе значення має операція навантажування силосу, оскільки саме під час відділення маси від силосного моноліту найчастіше виникають втрати поживних речовин, порушення щільності відкритої поверхні траншеї та забруднення корму ґрунтом або сторонніми домішками.

Для ферми великої рогатої худоби доцільно застосовувати потокову схему, у якій силос із траншеї відділяється фронтальним або навісним навантажувачем з блок-різаком, після чого завантажується у транспортно-технологічну машину: кормороздавач, змішувач-кормороздавач або причіп. Далі корм переміщується до тваринницького приміщення та розподіляється вздовж кормового проходу.

У межах даного розділу детально розглянуто навісний силосний навантажувач агрегатований з трактором типу МТЗ, а також розраховано робочий орган для відділення блоку силосу.

Проєктована лінія має відповідати таким вимогам: забезпечувати задану продуктивність, не руйнувати надмірно структуру корму, працювати з мінімальними холостими переміщеннями, бути доступною для обслуговування, мати просту конструкцію і використовувати енергетичні засоби, поширені у господарстві. Вибір трактора типу МТЗ як базового енергетичного засобу пояснюється його достатньою тяговою здатністю, наявністю гідравлічної системи для керування робочими органами та можливістю агрегатування з навісним обладнанням.

Таблиця 3.1 – Основні операції комплексно-механізованої лінії переміщення кормів

Операція	Місце виконання	Засіб механізації	Технологічне призначення
Виймання силосу	Силосна траншея	Навантажувач з блок-різаком	Відділення рівного блоку корму від моноліту без значного розпушування фронту траншеї
Навантажування	Майданчик біля сховища	Гідравлічний робочий орган навантажувача	Піднімання і перекидання блоку силосу у транспортну або кормороздавальну машину
Транспортування	Шлях від сховища до корівника	Тракторний агрегат з причепом або кормороздавачем	Переміщення кормової маси з мінімальними втратами та дотриманням графіка годівлі
Дозування і роздавання	Кормовий проїзд корівника	Кормороздавач або змішувач-кормороздавач	Рівномірне розміщення корму вздовж годівниць відповідно до норми видачі
Контроль якості	На всіх етапах	Оператор, засоби регулювання подачі	Недопущення забруднення корму, перевантаження машин і порушення режиму годівлі

Технологічна схема лінії повинна бути побудована так, щоб кожна наступна операція починалася без значної затримки після завершення попередньої. Для цього продуктивність навантажувача має узгоджуватися з місткістю транспортного засобу та продуктивністю кормороздавача. Якщо навантажувач працює повільніше, ніж кормороздавач, виникає очікування транспорту біля силосної траншеї; якщо навантажувач має надмірну продуктивність, можливе накопичення корму, збільшення холостих переїздів і перевитрата пального.

Прийнята схема лінії має такий вигляд: силосна траншея – навантажувач силосу – транспортний або змішувально-роздавальний агрегат

– кормовий проїзд корівника – годівниця. У цій схемі навантажувач виконує дві взаємопов’язані дії: відділяє блок силосу від моноліту та переносить його до кузова або бункера машини. Транспортування і роздавання можуть виконуватися одним агрегатом, якщо застосовується змішувач-кормороздавач, або двома окремими машинами, якщо в господарстві використовується окремий причіп для перевезення.

Перевагою блокового виймання силосу є формування рівної вертикальної поверхні силосної маси. Це обмежує проникнення повітря у глибину моноліту, зменшує вторинне зігрівання корму, покращує санітарний стан траншеї та полегшує подальше виймання. Крім того, блок-різак не розкидає кормову масу по майданчику, що зменшує втрати та потребу в додатковому прибиранні.

Силосна траншея → навантажувач з блок-різаком → транспортно-роздавальний агрегат → кормовий проїзд → годівниця

Рис. 3.1. Структурна схема комплексно-механізованої лінії переміщення кормів.

Під час розроблення лінії необхідно враховувати раціональне розміщення кормосховища відносно корівника. Чим коротший шлях транспортування, тим менші витрати часу і пального. Водночас майданчик біля траншеї має бути достатньо широким для безпечного маневрування трактора з навантажувачем та транспортного агрегату. Оператор повинен мати добрий огляд робочого органу, фронту силосу і кузова машини, у яку виконується завантаження.

3.3 Технологічні вимоги до операції навантажування силосу

Навантажування силосу є ключовою операцією, від якої залежить продуктивність усієї лінії. На відміну від сипких матеріалів, силос у траншеї має ущільнену монолітну структуру, тому його не доцільно просто підгрібати ковшем. Такий спосіб призводить до нерівномірного руйнування фронту траншеї, надмірного розпушування корму, збільшення втрат і погіршення

якості маси. Більш ефективним є використання блок-різака, який відділяє корм заданими порціями.

Робочий процес навантажування повинен забезпечувати: рівномірне проникання робочого органу у силосну масу; повне відрізання блоку без ривків і перекосів; надійне утримання корму під час піднімання; можливість швидкого розвантаження у кузов; мінімальне забруднення корму; безпечні умови роботи для оператора і працівників ферми.

Для стабільної роботи лінії важливе правильне співвідношення розмірів відрізаного блоку та місткості транспортного засобу. Надто малий блок збільшує кількість циклів навантажування, а надто великий потребує більшої сили різання і може перевантажити гідросистему або металоконструкцію. Тому розміри блока приймаються з урахуванням щільності силосу, ширини захвату робочого органу, висоти фронту траншеї та допустимого навантаження на трактор.

Під час роботи забороняється виконувати різке втискання ножа у моноліт на підвищеній швидкості, ударяти робочим органом по стінках траншеї, рухатися з піднятим блоком на значну відстань та перебувати людям у зоні дії рами підйому. Оптимальним є такий режим, коли трактор повільно підходить до фронту силосу, робочий орган входить у масу на задану глибину, а різання здійснюється гідроциліндрами без ударних навантажень.

Таблиця 3.2 – Технологічні вимоги до навантажування силосу

Показник	Вимога	Очікуваний результат
Фронт зрізу	Рівна поверхня без підкопування і значних осипань	Зменшення доступу повітря до моноліту та збереження якості корму
Глибина захвату	Відповідає розмірам робочого органу та місткості кузова	Скорочення кількості циклів без перевантаження агрегату
Швидкість підходу	Мала, з можливістю точного керування	Зниження ударних навантажень на раму і гідроциліндри
Розвантаження	Перекидання блок-різака над кузовом без розсипання	Зменшення втрат корму на майданчику
Безпека	Відсутність сторонніх осіб у зоні роботи, справна гідросистема	Попередження травмування і аварійних ситуацій

3.4 Будова та принцип роботи навантажувача силосу

Для виконання операції навантажування силосу у складі лінії приймається навісний навантажувач, який працює в агрегаті з трактором типу МТЗ. Навантажувач установлюється на передній частині трактора і керується штатною гідросистемою. Така компоновка дає змогу оператору одночасно контролювати рух трактора, положення робочого органу та заповнення кузова транспортної машини.

Основними складальними одиницями навантажувача є права і ліва панелі навіски, нижній з’єднувальний швелер з кронштейнами, рама підйому, гідроциліндри, розвантажувальний пристрій, блок-різак, гідравлічні магістралі, дросель і запірні вентилі. Панелі навіски закріплюються на лонжеронах трактора, а рама підйому шарнірно приєднується до панелей. Піднімання і опускання рами здійснюється двома гідроциліндрами подвійної дії.

Передній робочий орган виконано у вигляді блок-різака. Його призначення полягає не лише в підхопленні маси, а й у попередньому відділенні блоку силосу від ущільненого моноліту. Для цього ніж має загострену робочу кромку, а нижня частина обладнана пальцями, які входять у кормову масу та утримують її під час піднімання. Керування механізмами здійснюється з робочого місця тракториста рукоятками гідророзподільника.

Особливістю навісного обладнання є те, що під час роботи виникають значні згинальні та крутні навантаження на передню частину трактора. Щоб не допустити перевантаження корпусу муфти зчеплення, картера маховика і лонжеронів, панелі навіски додатково зв’язуються з рукавами півосей розвантажувальним пристроєм. Це підвищує жорсткість системи «трактор – навантажувач» і покращує довговічність агрегату.

3.5 Будова та робота основних складових частин

3.5.1 Панелі навіски

Права і ліва панелі навіски є базовими елементами, через які робочі навантаження передаються на трактор. Кожна панель має зварну конструкцію і складається зі стійки та балки. На стійці розміщені кронштейни для шарнірного встановлення рами підйому, а також кронштейни для приєднання гідроциліндрів. У нижній частині стійки передбачено кронштейн з отворами для кріплення з'єднувального швелера.

Балка панелі має отвори для кріплення до лонжерона трактора. Отвори розміщуються так, щоб забезпечити надійне притискання панелі до базової поверхні та зменшити можливість її зміщення під час циклічних навантажень. Для фіксації розвантажувального пристрою на панелі передбачено планку або кронштейн, до якого приєднується регульована тяга.

3.5.2 Швелер з кронштейнами

Швелер з кронштейнами з'єднує праву і ліву панелі навіски в нижній частині, утворюючи поперечну силову балку. Його призначення полягає у підвищенні жорсткості навіски та забезпеченні точного взаємного положення панелей. Усередині або вздовж швелера можуть розміщуватися трубопроводи гідросистеми, які підводять робочу рідину до гідроциліндрів рами підйому.

Кронштейни на торцях швелера мають монтажні отвори для болтового з'єднання з панелями навіски. Після встановлення швелера необхідно виконати остаточне підтягування різьбових з'єднань, оскільки неповне затягування болтів може призвести до появи люфтів, перекосів рами і нерівномірного навантаження на гідроциліндри.

3.5.3 Рама підйому

Рама підйому складається з двох стріл, з'єднаних між собою поперечною трубою. На кінцях стріл розміщено втулки для встановлення пальців, за допомогою яких рама приєднується до панелей навіски та

робочого органу. У середній частині стріл передбачені отвори для з’єднання зі штоками гідроциліндрів підйому.

Під час роботи рама сприймає масу робочого органу, вагу відрізаного блоку силосу, інерційні навантаження від руху трактора і реакції від різання. Тому всі зварні шви мають бути виконані якісно, а втулки шарнірів повинні мати достатню зносостійкість. На стрілах також можуть розміщуватися кронштейни для гідроциліндрів перекидання блок-різака та магістралі підведення оливи.

3.5.4 Гідроциліндри та арматура

Гідроциліндри забезпечують переміщення основних робочих органів навантажувача. У конструкції застосовуються нормалізовані циліндри з необхідним ходом штока і робочим тиском, сумісним з гідросистемою трактора. Циліндри рами підйому відповідають за вертикальне переміщення блок-різака, циліндри перекидання – за зміну кута нахилу робочого органу, а циліндри ножа – за виконання операції різання.

До гідроциліндрів приєднуються трубопроводи, рукави високого тиску, з’єднувальна арматура і запірні пристрої. Під час розбирання або ремонту циліндрів необхідно захищати штоки від забоїн, подряпин і корозії, оскільки пошкодження хромованої поверхні швидко руйнує ущільнення і спричиняє витікання оливи. Ущільнювальні кільця під час монтажу встановлюють без перекручування, а мідні прокладки при повторному використанні необхідно відпалювати або замінювати.

3.5.5 Розвантажувальний пристрій

Розвантажувальний пристрій установлюється з обох боків трактора та призначений для перерозподілу зусиль від навантажувача на міцніші елементи остова. Він складається з тяг з лівою і правою різьбою, які з’єднуються регулювальною гайкою. Завдяки цьому можна створити потрібний попередній натяг і усунути перекіс навісної системи. Регулювання виконують після встановлення основних складальних одиниць, контролюючи симетричність положення робочого органу.

3.5.6 Блок-різак

Блок-різак є головним робочим органом, що безпосередньо контактує із силосною масою. Він складається з рами, нижніх пальців, ножа з загостреними кромками, відрізних пластин та кронштейнів для приєднання до рами підйому. Нижні пальці входять у моноліт і утримують відрізаний блок. Ніж, переміщуючись під дією гідроциліндрів, відділяє силосний блок від основної маси.

Передня кромка ножа доцільно виконується зубчастою або спеціально загостреною. Це зменшує початкове зусилля проникання у силос і забезпечує більш чистий зріз. Бічні пластини з гострими кромками допомагають відокремити блок по краях, щоб під час піднімання він не розривався і не розсипався. Якість заточування ножа має істотний вплив на навантаження гідросистеми: тупий ніж збільшує силу різання і викликає перевантаження шарнірів.

Таблиця 3.3 – Функції основних складових частин навантажувача силосу

Складова частина	Функція	Особливості обслуговування
Панелі навіски	Кріплення навантажувача до трактора та передавання зусиль	Контроль затягування болтів і відсутності тріщин у зварних швах
Рама підйому	Піднімання, опускання і утримання робочого органу	Змащування шарнірів, перевірка втулок і пальців
Блок-різак	Відділення та утримання блоку силосу	Заточування ножа, перевірка пальців і бічних пластин
Гідроциліндри	Переміщення рами, ножа і механізму перекидання	Огляд штоків, ущільнень, рукавів високого тиску
Розвантажувальні тяги	Зменшення навантаження на остов трактора	Регулювання натягу, огляд різьбових з’єднань
Дросель і вентилі	Плавність опускання і фіксація у транспортному положенні	Перевірка герметичності та справності запірних елементів

3.6 Гідравлічна система навантажувача

Гідравлічна система навантажувача працює спільно зі штатною гідросистемою трактора. Вона призначена для керування рамою підйому, механізмом перекидання блок-різака та ножем. До складу системи входять

гідроциліндри, трубопроводи, рукави високого тиску, вентилі, дросель, штуцери, розподільник трактора і бак робочої рідини.

Робоча рідина, що використовується у навантажувачі, повинна відповідати вимогам гідросистеми трактора. Застосування забрудненої оливи, сумішей різних марок або рідини з водою не допускається, оскільки це призводить до прискореного зношування насосів, розподільників, ущільнень і поверхонь штоків. Перед приєднанням навантажувача до іншого трактора необхідно переконатися у сумісності робочих рідин.

Один з трубопроводів системи може обладнуватися дроселем. Його функція полягає у сповільненні опускання рами підйому та зменшенні ударних навантажень. Коли рукоятка розподільника встановлена у плаваюче положення, олива зливається з порожнини циліндра, проходячи через малий отвір дроселя. Це забезпечує плавне опускання робочого органу. У напрямку піднімання дросель пропускає більшу кількість оливи, тому рама підіймається швидше.

Вентиль застосовується для перекриття порожнин гідроциліндрів підйому під час переведення навантажувача у транспортне положення або під час обслуговування. Наявність запірного елемента підвищує безпеку, оскільки робочий орган не повинен самовільно опускатися при втраті тиску або випадковому переміщенні рукоятки.

3.7 Підготовка агрегату до роботи

Підготовка навантажувача до роботи включає підготовку трактора, встановлення навісного обладнання, з’єднання гідросистеми, перевірку кріплень і пробне переміщення робочих органів. Усі роботи слід виконувати на рівному майданчику з твердим покриттям. Перед монтажем шарнірні з’єднання очищають і змащують пластичним мастилом.

Перед навішуванням перевіряють технічний стан трактора: справність гідросистеми, рівень робочої рідини, відсутність витоків, стан шин, рульового керування і гальм. Для підвищення стійкості агрегату

встановлюють рекомендовану ширину колії коліс, а тиск у шинах доводять до значень, передбачених інструкцією з експлуатації трактора та навантажувача.

Монтаж починають із закріплення правої і лівої панелей навіски на лонжеронах трактора. Для кріплення застосовують болти відповідної міцності, стопорні пластини, гайки та пружинні шайби. Використання випадкових або нетермооброблених болтів неприпустиме, оскільки під час роботи вони можуть бути зрізані або розтягнуті.

Після встановлення панелей монтують з'єднувальний швелер, раму підйому і гідроциліндри. Раму підйому приєднують до кронштейнів панелей пальцями та фіксують шплінтами. Гідроциліндри встановлюють так, щоб їхні трубопроводи не защемлювалися під час піднімання і опускання рами. Після монтажу приєднують гідролінії, видаляють повітря з системи та виконують пробний цикл без навантаження.

Таблиця 3.4 – Послідовність підготовки навантажувача до роботи

Етап	Зміст операції	Контрольний показник
1	Огляд трактора і перевірка гідросистеми	Немає витоків оливи, насос і розподільник працюють стабільно
2	Підготовка майданчика та шарнірних з'єднань	Майданчик рівний, пальці та втулки очищені і змащені
3	Встановлення панелей навіски та швелера	Болти затягнуті, стопоріння виконане, перекосів немає
4	Монтаж рами підйому і гідроциліндрів	Пальці зафіксовані шплінтами, рукави не натягуються
5	Під'єднання блок-різака	Робочий орган вільно повертається у шарнірах
6	Пробне вмикання механізмів	Піднімання, опускання, різання і перекидання відбуваються плавно

3.8 Порядок виконання операції навантажування силосу

Робочий цикл навантажувача складається з підходу до фронту силосу, введення робочого органу у масу, відрізання блоку, піднімання, під'їзду до транспортного засобу, розвантаження і повернення у вихідне положення. Кожна операція повинна виконуватися плавно, без різких перемикань гідророзподільника та ударів робочим органом по силосній траншеї.

Оператор установлює раму підйому на потрібну висоту та задає нахил блок-різака так, щоб нижні пальці могли ввійти у силосну масу на задану глибину.

Трактор повільно рухається вперед, а пальці блок-різака входять у моноліт. Рух має бути рівномірним, щоб не допустити перекосу робочого органу.

Після введення робочого органу в масу вмикаються гідроциліндри ножа. Ніж відділяє блок силосу від основного моноліту по вертикальній або похилій площині зрізу.

Рама підйому піднімає блок-різак разом із відділеним блоком. Під час піднімання оператор контролює стійкість трактора і положення вантажу.

Агрегат під'їжджає до транспортного засобу або кормороздавача. Робочий орган установлюється над кузовом так, щоб під час розвантаження корм не висипався повз машину.

Блок-різак перекидається гідроциліндрами, силос надходить у кузов, після чого робочий орган повертається у вихідне положення для наступного циклу.

Тривалість циклу залежить від відстані до транспортного засобу, кваліфікації оператора, висоти завантаження, стану силосної маси та справності гідросистеми. Щоб скоротити час циклу, транспортний агрегат необхідно розміщувати якомога ближче до траншеї, але без порушення безпечної зони маневрування. Найкращим є такий порядок, коли кормороздавач або причіп стає паралельно фронту траншеї, а трактор з навантажувачем виконує мінімальну кількість поворотів.

Під час завантаження слід контролювати рівномірність заповнення кузова. Якщо корм накопичується тільки біля одного борта, це погіршує стійкість транспортного засобу і може ускладнити подальше роздавання. Тому після кожного циклу доцільно зміщувати місце вивантаження або коригувати положення транспортної машини.

3.9 Технічне обслуговування навантажувача

Надійність роботи комплексно-механізованої лінії значною мірою залежить від технічного стану навантажувача. Відмова одного гідроциліндра, рукава високого тиску або шарніра може зупинити всю лінію переміщення кормів. Тому технічне обслуговування слід проводити планомірно, поєднуючи щоденний огляд з періодичними регламентними операціями.

Перед початком роботи перевіряють кріплення навантажувача до трактора, справність пальців і шплінтів, відсутність тріщин на зварних швах, стан ножа, герметичність гідросистеми та наявність мастила у шарнірах. Після завершення зміни очищають робочий орган від залишків силосу, оглядають нижні пальці та видаляють корм, що потрапив у зони шарнірів.

Періодичне технічне обслуговування доцільно проводити через кожні 60 годин роботи. Воно включає підтягування різьбових з’єднань, перевірку стану рукавів високого тиску, огляд ущільнень гідроциліндрів, регулювання розвантажувальних тяг, заточування ножа, змащування шарнірів та контроль відсутності деформацій рами. Відхилення строків проведення обслуговування може допускатися лише в межах, що не погіршують безпечний стан машини.

Післясезонне обслуговування виконують після завершення періоду активного використання навантажувача. Машину очищають, миють, висушують, відновлюють пошкоджене лакофарбове покриття, змащують відкриті металеві поверхні та консервують гідроциліндри. Виявлені несправності усувають до постановки на зберігання, а не перед початком наступного сезону.

Таблиця 3.5 – Основні операції технічного обслуговування навантажувача

Вид обслуговування	Періодичність	Основні роботи
Щозмінне	Перед роботою і після зміни	Огляд кріплень, гідросистеми, ножа, пальців; очищення від силосу; змащування відкритих шарнірів за потреби
Періодичне	Через 60 год роботи	Підтягування болтів, перевірка втулок і пальців, регулювання тяг, заточування ножа, контроль рукавів високого тиску
Післясезонне	Після завершення сезону	Очищення, дефектація, фарбування пошкоджених місць, консервація штоків, підготовка до зберігання

3.10 Правила зберігання навантажувача

Навантажувач може встановлюватися на короткочасне або довгострокове зберігання. Короткочасне зберігання організовують у період тимчасових перерв у роботі, коли машина не використовується кілька днів або тижнів. Довгострокове зберігання застосовують після завершення сезону або тоді, коли перерва в експлуатації перевищує два місяці.

Перед постановкою на зберігання навантажувач очищають від землі, пилу, залишків силосу і рослинних решток. Якщо зберігання виконується разом з трактором, робочі органи опускають на підкладки, а рукоятку гідророзподільника встановлюють у положення, яке не створює напруження в гідросистемі. При зберіганні понад десять днів агрегат доцільно встановити на підставки, щоб зменшити навантаження на шини.

Під час довгострокового зберігання окремі вузли, інструмент і приладдя бажано зняти та розмістити у сухому приміщенні. Штоки гідроциліндрів покривають тонким шаром консерваційного мастила, рукави високого тиску захищають від прямого сонячного проміння, а відкриті різьбові частини змащують. Пошкоджене фарбування необхідно відновити, оскільки корозія знижує ресурс металоконструкції.

3.11 Розрахунок процесу різання силосу та вибір гідроциліндрів

Під час відрізання силосного блоку робочий орган виконує нормальне різання лезом, за якого кут ковзання приймається рівним нулю. Сила, необхідна для початку процесу різання, повинна бути меншою або рівною зусиллю, яке можуть розвинути гідроциліндри ножа. У розрахунку враховуються опір різанню, тертя силосу по поверхні різака і тертя по фасці ножа.

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

де $P_{кр}$ – критична сила стискування ножа, кН; $P_{різ}$ – опір різанню лезом, кН; Т1 – сила тертя силосу по поверхні різака, кН; T_2 – сила тертя силосу по фасці ножа, кН; α – кут загострення або розрахунковий кут взаємодії фаски з масою.

Опір різанню визначається за питомим опором різанню та шириною шару силосу, що відділяється:

$$P_{різ} = q_{оп} \cdot l, \quad (3.2)$$

де $q_{оп}$ – питомий опір різанню, кН/м; l – ширина шару маси, що відрізається, м. Для розрахунку приймаємо qоп = 5 кН/м, l = 3,1 м.

$$P_{різ} = 5 \cdot 3{,}1 = 15{,}5 \text{ кН}.$$

Сила тертя силосу по поверхні різака визначається за залежністю:

$$T_1 = P_{обж} \cdot f, \quad (3.3)$$

де $P_{обж}$ – зусилля, з яким маса притискається до ножа; f – коефіцієнт тертя силосу по сталі. Для практичного розрахунку приймаємо f = 0,95. Сила тертя по фасці ножа визначається аналогічно:

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

де N – сила тиску шару силосу на фаску ножа, кН. Враховуючи товщину ножа 10 мм та робочий кут загострення в межах 12...22°, приймаємо Т1 ≈ Т2. Тоді силу тиску шару силосу на фаску ножа можна визначити за габаритами блоку:

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

де m – питома вага ущільненого силосу в траншеї, Н/м³; a, b, c – відповідно товщина, ширина і висота відрізаного блоку, м. Приймаємо m = 7·10³ Н/м³, a = 0,8 м, b = 0,8 м, c = 1,5 м.

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

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

Для подальшого розрахунку приймаємо cosα = 0,95. Підставляючи отримані значення у формулу (3.1), маємо:

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

Отримане значення критичної сили показує, що гідроциліндри ножа повинні розвивати номінальне зусилля не менше 28 кН. З урахуванням нерівномірності властивостей силосу, можливого затуплення ножа, втрат тиску в гідромагістралях та динамічних навантажень доцільно приймати запас за зусиллям.

Для приводу ножа приймаємо два гідроциліндри типу ГЦ 80.250.16.000. Позначення вказує на діаметр циліндра 80 мм, хід штока 250 мм і робочий тиск до 16 МПа. Орієнтовна площа поршня одного циліндра становить $A = \pi \cdot D^2/4 = 3,14 \cdot 0,08^2/4 = 0,0050$ м². За робочого тиску 16 МПа один циліндр може розвинути зусилля близько 80 кН, а два циліндри – близько 160 кН без урахування втрат. Отже, вибрані гідроциліндри мають достатній запас за зусиллям для виконання операції різання силосу.

Таблиця 3.6 – Вихідні та розрахункові параметри операції різання силосу

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця
Питомий опір різанню	$q_{оп}$	5,0	кН/м
Ширина шару, що відрізається	l	3,1	м
Опір різанню	$P_{різ}$	15,5	кН
Питома вага силосу	m	7·10³	Н/м³
Габарити блоку	a·b·c	0,8·0,8·1,5	м
Сила тиску на фаску ножа	N	6,7	кН
Коефіцієнт тертя	f	0,95	-
Сили тертя	$T_1 \approx T_2$	6,4	кН
Критична сила різання	$P_{кр}$	28,0	кН
Прийняті гідроциліндри	-	2 шт. ГЦ 80.250.16.000	-

3.12 Перевірка пальця шарнірного з’єднання на зріз

Пальці шарнірних з’єднань сприймають навантаження від робочого органу та передають його на раму підйому. Тому їх міцність перевіряється на зріз. Для розрахунку приймаємо силу F = 28 кН, діаметр пальця d = 40 мм, допустиме напруження на зріз [τ] = 60 МПа. Оскільки палець працює у двозрізному з’єднанні, у розрахунку враховуються дві площини зрізу.

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

$$\tau_{max} = 2 \cdot 28 \cdot 10^3 / (3{,}14 \cdot 0{,}04^2) = 11{,}2 \text{ МПа}.$$

Одержане напруження τmax = 11,2 МПа менше допустимого [τ] = 60 МПа. Отже, умова міцності на зріз виконується, а діаметр пальця 40 мм є достатнім для сприйняття розрахункового навантаження. Запас міцності забезпечує роботу з урахуванням можливих короткочасних перевантажень, які виникають під час входження ножа у нерівномірно ущільнену масу.

3.13 Вимоги безпеки під час роботи лінії

Під час роботи комплексно-механізованої лінії необхідно дотримуватися вимог безпеки, пов’язаних з рухом тракторних агрегатів, роботою гідравлічних механізмів і переміщенням вантажу. До керування навантажувачем допускається оператор, який знає будову агрегату, порядок роботи гідросистеми та правила безпечного маневрування біля силосної траншеї.

Перед початком зміни потрібно переконатися, що в зоні роботи немає сторонніх осіб, а транспортний засіб встановлений у безпечному положенні. Забороняється перебувати під піднятим робочим органом, виконувати ремонт при запущеному двигуні, від’єднувати рукави високого тиску під навантаженням, а також перевозити силос у піднятому блок-різаку на значну відстань.

Рух трактора з навантажувачем повинен виконуватися на зниженій передачі. Під час піднімання блоку оператор має контролювати стійкість агрегату, особливо при роботі на нерівному майданчику. У транспортному

положенні робочий орган повинен бути зафіксований, а вентилі гідроциліндрів підйому – перекриті, якщо це передбачено конструкцією.

При виявленні витікання оливи, пошкодження рукавів, тріщин у рамі, деформації пальців або несправності дроселя роботу необхідно негайно припинити. Подальша експлуатація допускається тільки після усунення несправностей і перевірки агрегату без навантаження.

Висновки по розділу

Запропонована комплексно-механізована лінія переміщення кормів забезпечує послідовне виконання операцій виймання, навантажування, транспортування і роздавання силосу з мінімальним застосуванням ручної праці. Найважливішою операцією лінії є навантажування силосу з траншеї, для якої доцільно застосовувати навісний навантажувач з блок-різаком, агрегатований з трактором типу МТЗ. Розглянуто будову навантажувача, призначення панелей навіски, рами підйому, гідроциліндрів, розвантажувального пристрою, блок-різака, гідросистеми, дроселя і вентилів. Виконано розрахунок процесу різання силосу. Критична сила стискування ножа становить приблизно 28 кН, що є підставою для вибору двох гідроциліндрів ГЦ 80.250.16.000. Перевірка пальця діаметром 40 мм на зріз показала, що максимальне дотичне напруження становить 11,2 МПа і не перевищує допустиме значення 60 МПа, тобто міцність з’єднання забезпечена. Дотримання регламенту технічного обслуговування, правил зберігання і вимог безпеки підвищує надійність роботи лінії та зменшує ризик простоїв під час годівлі тварин.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці під час експлуатації комплексно-механізованої лінії переміщення корму є обов'язковою складовою проєктування тваринницької ферми, оскільки технологічний процес поєднує роботу мобільної техніки, навантажувачів, кормороздавачів, гідроприводів, електрообладнання та ручні допоміжні операції. Для ферми великої рогатої худоби на відгодівлі кількістю 400 голів особливу увагу необхідно приділяти безпечному вилученню силосу з траншеї, переміщенню кормів до кормових проходів і запобіганню травмуванню працівників у зоні руху тракторних агрегатів.

Мета розділу полягає у визначенні небезпечних і шкідливих виробничих факторів, розробленні організаційних та технічних заходів безпеки, виконанні розрахунків, необхідних для встановлення безпечних параметрів роботи лінії, а також у визначенні вимог пожежної, електричної та санітарної безпеки. Розділ розроблено з урахуванням того, що утримання тварин на фермі прив'язне, а до складу раціону обов'язково входить силос, який щоденно вилучається з траншейного сховища та подається до місця роздавання.

4.1. Характеристика умов праці на лінії переміщення корму

Комплексно-механізована лінія переміщення корму включає такі основні операції: вилучення силосу з траншеї блок-різаком або навантажувачем, транспортування кормової маси до кормоцеху або безпосередньо до приміщення, завантаження змішувача-кормороздавача, переміщення готової кормосуміші вздовж кормових проходів і дозоване роздавання в годівниці.

При цьому працівники виконують підготовку робочого місця, контроль за технічним станом машин, запуск обладнання, спостереження за процесом завантаження та очищення робочої зони після завершення зміни.

Особливістю такої лінії є поєднання відкритих майданчиків силосного сховища та закритих приміщень тваринницького корпусу. На відкритій території додатково впливають атмосферні умови, нерівність проїздів, слизькість покриття, обмежена видимість у темний час доби. У приміщенні корівника небезпеку створюють вузькі проїзди, наявність тварин, підвищена вологість, забруднення підлоги кормовими рештками, а також робота електродвигунів і рухомих робочих органів кормороздавачів.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні та шкідливі фактори під час переміщення корму

Етап робіт	Небезпечний фактор	Можливі наслідки	Заходи запобігання
Вилучення силосу з траншеї	Рух трактора, обвалення нерівного фронту, робота ножа блок-різака	Травмування, наїзд, защемлення, падіння кормової маси	Позначення небезпечної зони, рівна підрізка фронту, заборона перебування працівників перед агрегатом
Завантаження корму	Перекидання ковша або блок-різака, падіння корму, розрив гідрошлангів	Удари, забої, опіки оливою під тиском	Огляд гідросистеми, робота без сторонніх осіб, фіксація робочих органів під час ремонту
Транспортування до ферми	Маневрування техніки, рух заднім ходом, слизьке покриття	Наїзд, зіткнення, перекидання агрегату	Обмеження швидкості, справні гальма та сигналізація, очищення проїздів
Роздавання корму	Рух кормороздавача в проході, обертові органи, шум	Травмування працівників, переляк тварин	Рух за встановленим маршрутом, огородження приводів, подача звукового сигналу
Очищення та технічне обслуговування	Залишкова енергія механізмів, гострі кромки, електричний струм	Порізи, ураження струмом, защемлення	Зупинка агрегату, відключення живлення, застосування рукавиць та справного інструменту

4.2. Нормативні та організаційні вимоги безпеки

Організація робіт на фермі повинна ґрунтуватися на системі управління охороною праці, яка передбачає відповідальність роботодавця за створення безпечних умов, проведення навчання, інструктажів, медичних оглядів і забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. До роботи з тракторами, навантажувачами та кормороздавальними машинами допускаються працівники, які мають відповідну підготовку, пройшли первинний інструктаж на робочому місці та засвоїли безпечні прийоми виконання операцій.

Перед початком зміни оператор зобов’язаний перевірити наявність огороджень рухомих частин, справність гальм, рульового керування, освітлення, звукової сигналізації, гідравлічних рукавів, причіпних пристроїв і запобіжних замків. Окремо перевіряють відсутність людей у зоні роботи блок-різака та кормороздавача. Запуск механізмів дозволяється лише після попереджувального сигналу. Забороняється очищати робочі органи під час їх руху, знаходитися під піднятим ковшем або блоком силосу, перевозити людей на причіпних машинах і залишати агрегат із працюючим двигуном без нагляду.

Роботи біля силосної траншеї виконують за затвердженим маршрутом руху техніки. Під’їзди до траншеї повинні мати тверде покриття або бути достатньо ущільненими, без ям, глибокої колії та льоду. У темний час доби робочу зону освітлюють, а межі небезпечної зони позначають попереджувальними знаками. Висота фронту силосу повинна відповідати можливостям навантажувача; підкопування нижньої частини моноліту не допускається, оскільки це може спричинити раптове обвалення маси.



Рис. 4.1. Послідовність безпечної експлуатації лінії переміщення корму

4.3. Безпека під час заготівлі, вилучення та переміщення силосу

Силос є основним об’ємним кормом у раціоні тварин на відгодівлі, тому операції з ним виконуються щоденно. Для 400 голів ВРХ за прийнятої добової норми 18 кг силосу на одну голову добова маса силосу становить:

$$Q_{доб} = N \cdot q = 400 \cdot 18 = 7200 \text{ кг} = 7{,}2 \text{ т}. \quad (4.1)$$

За щільності силосу 650 кг/м³ добовий об’єм маси, що вилучається із траншеї, дорівнює:

$$V_{доб} = Q_{доб} / \rho = 7200 / 650 = 11.1 \text{ м}^3. \quad (4.2)$$

Якщо вилучення виконується блоками розміром 0,8 х 0,8 х 1,5 м, то об’єм одного блока становить 0,96 м³, а маса одного блока – приблизно 0,62 т. Для забезпечення добової потреби необхідно вилучити:

$n = Q_{доб} / m_{бл} = 7.2 / 0.62 = 11.5$, приймаємо 12 блоків за добу.

Блочне вилучення є більш безпечним порівняно з розпушенням моноліту грейфером, оскільки робочий фронт залишається рівним, зменшується обсяг нависання маси, знижується запилення та обмежується зона падіння корму. Крім того, рівний зріз зменшує проникнення повітря в масив силосу, що позитивно впливає на якість корму і зменшує кількість зіпсованих решток, які працівникам довелося б прибирати вручну.

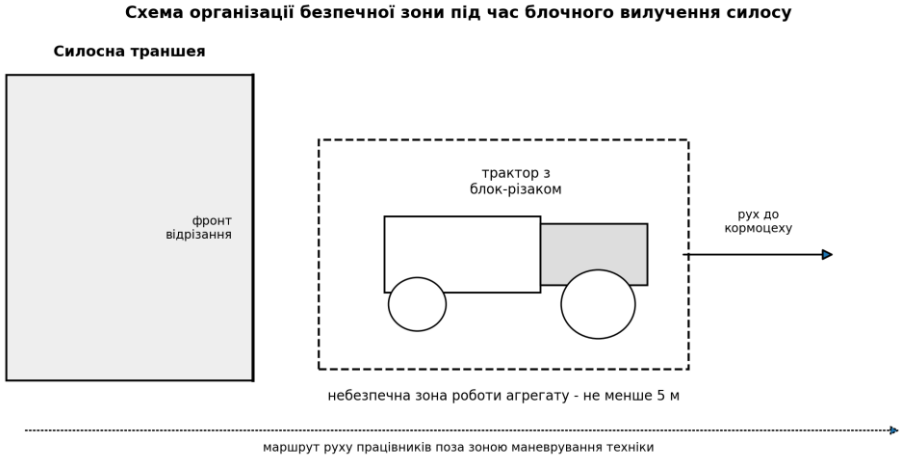


Рис.4.2. Схема організації безпечної зони під час блочного вилучення силосу

Таблиця 4.2 – Розрахунок основних параметрів безпечної роботи з силосом

Показник	Позначення	Розрахунок	Прийняте значення
Добова потреба у силосі	$Q_{доб}$	400 · 18 / 1000	7.2 т
Добовий об’єм силосу	$V_{доб}$	7200 / 650	11.1 м³
Об’єм одного блока	$V_{бл}$	0,8 · 0,8 · 1,5	0.96 м³
Маса одного блока	$m_{бл}$	0.96 · 650 / 1000	0.62 т
Кількість блоків на добу	n	7.2 / 0.62	12 шт.

4.4. Оцінка професійних ризиків та розрахунок безпечної зони

Для системного управління безпекою праці доцільно застосувати бальну оцінку ризику, за якої ризик R визначається добутком імовірності виникнення небезпечної події P та тяжкості можливих наслідків S:

$$R = P \cdot S \tag{4.3}$$

Оцінювання приймаємо за п’ятибальною шкалою: 1 – мінімальне значення, 5 - максимальне. Ризик до 5 балів вважається низьким, 6-12 балів – середнім, понад 12 балів – підвищеним і потребує додаткових організаційних або технічних заходів.

Таблиця 4.3 – Оцінка ризиків на лінії переміщення корму

Небезпека	P	S	R	Рівень	Заходи зниження ризику
Наїзд трактора або кормороздавача	3	5	15	підвищений	обмеження швидкості, розмітка маршруту, звуковий сигнал, заборона сторонніх осіб
Падіння силосної маси з фронту траншеї	2	5	10	середній	блочне вилучення, рівний зріз, контроль висоти фронту, відсутність людей біля стінки
Травмування рухомими органами	2	4	8	середній	огородження, блокування, зупинка перед очищенням, інструктаж
Розрив гідрорукава під тиском	2	4	8	середній	щозмінний огляд, заміна пошкоджених рукавів, захисні окуляри під час ремонту
Падіння на слизькій підлозі	3	3	9	середній	прибирання проходів, протиковзке покриття, справне взуття

Найбільш небезпечним фактором є рух агрегату під час маневрування. Для визначення мінімальної безпечної відстані враховуємо шлях, який агрегат проходить за час реакції оператора, гальмівний шлях і запас безпеки. За швидкості руху в робочій зоні v = 1,5 м/с, часу реакції tp = 1,5 с, середнього уповільнення під час гальмування a = 2,5 м/с² і запасу 1 м маємо:

$$S = v \cdot t_p + v^2 / (2a) + 1 = 1.5 \cdot 1.5 + 1.5^2 / (2 \cdot 2.5) + 1 = 3.7 \text{ м}. \tag{4.4}$$

Отже, мінімальна відстань перебування людей від траєкторії руху агрегату повинна бути не меншою ніж 3.7 м. З урахуванням нерівності покриття, можливого ковзання та обмеженої оглядовості приймаємо безпечну зону 5 м. Перебування працівників у цій зоні під час руху агрегату не допускається.

4.5. Освітлення, електробезпека та санітарні вимоги

Безпечність робіт значною мірою залежить від достатнього освітлення кормових проходів і майданчика біля силосної траншеї. Недостатня освітленість ускладнює контроль за положенням робочих органів, зменшує видимість працівників і тварин, підвищує ризик наїзду та помилок під час маневрування. Для орієнтовного розрахунку освітлення кормового проходу приймаємо довжину приміщення 120 м, ширину кормового проходу 3 м, площу A = 360 м², нормовану освітленість E = 50 лк, коефіцієнт запасу k = 1,5, коефіцієнт використання світлового потоку η = 0,5, світловий потік одного світильника Ф = 5000 лм.

$$n = E \cdot A \cdot k / (\Phi \cdot \eta) = 50 \cdot 360 \cdot 1.5 / (5000 \cdot 0.5) = 10.8. \quad (4.5)$$

Приймаємо 11 світильників потужністю 60 Вт, установлених рівномірно вздовж кормового проходу. Загальна встановлена потужність освітлення становить P = 11 · 60 = 0.66 кВт. Світильники повинні мати захисні плафони, бути розміщені поза зоною випадкового механічного пошкодження та підключені через справні автоматичні вимикачі.

Електродвигуни, пускова апаратура та освітлювальні мережі повинні мати захист від короткого замикання і перевантаження, а металеві корпуси електрообладнання – захисне заземлення. Ремонт електричної частини допускається лише після повного зняття напруги та вивішування попереджувального плаката. У вологих приміщеннях не дозволяється використовувати пошкоджені кабелі, саморобні подовжувачі та відкриті контактні з’єднання.

Санітарний стан робочої зони підтримують систематичним видаленням залишків корму, очищенням проходів, провітрюванням і недопущенням накопичення пилу. Працівники повинні користуватися спецодягом, рукавицями, захисним взуттям із неслизькою підошвою, а під час ремонту гідросистеми - захисними окулярами. Для зменшення шумового навантаження несправні підшипники, ланцюгові передачі та кожухи приводів своєчасно регулюють і ремонтують.

4.6. Пожежна безпека та дії у разі аварійної ситуації

Пожежна небезпека на лінії переміщення корму пов’язана з використанням тракторів і навантажувачів, наявністю паливно-мастильних матеріалів, електрообладнання, сухих рослинних решток, дерев’яних елементів і пилу. Забороняється заправляти техніку в приміщеннях, залишати підтікання палива або оливи, зберігати промаслене ганчір’я біля кормів, виконувати зварювальні роботи без оформлення дозволу та очищення місця від горючих матеріалів.

Для кормового проходу площею 360 м² орієнтовно приймаємо один порошковий вогнегасник на 100 м² площі. Необхідна кількість первинних засобів пожежогасіння:

$n_в = A / 100 = 360 / 100 = 3.6$, приймаємо 4 порошкові вогнегасники.

Вогнегасники розміщують у легкодоступних місцях біля входів, кормоцеху, електрощита та місця стоянки техніки. На тракторі або навантажувачі також повинен бути справний переносний вогнегасник. Проїзди до ферми, силосної траншеї та джерел водопостачання залишають вільними. Працівники повинні знати порядок повідомлення про пожежу, місце розташування вимикача електроживлення, вогнегасників та евакуаційних виходів.

Таблиця 4.4 – Заходи пожежної та аварійної безпеки

Напрям безпеки	Основні вимоги	Відповідальний контроль
Пожежна профілактика	очищення техніки від кормових решток, контроль підтікання палива, заборона відкритого вогню біля кормів	завідувач ферми, механізатор
Електробезпека	заземлення корпусів, захист кабелів, відключення обладнання перед ремонтом	електрик, відповідальна особа
Аварія гідросистеми	негайна зупинка агрегату, скидання тиску, заміна пошкодженого рукава тільки після охолодження та очищення	оператор, слюсар
Травмування працівника	зупинка механізмів, надання домедичної допомоги, повідомлення керівника робіт	усі працівники зміни

4.7. Вимоги до працівників та засобів індивідуального захисту

Працівники, які обслуговують лінію переміщення корму, повинні дотримуватися виробничої дисципліни, не виконувати операцій, не передбачених інструкцією, і не перебувати в небезпечній зоні без потреби. Оператор агрегату перед початком руху зобов’язаний переконатися у відсутності людей перед машиною, позаду неї та в зоні повороту. При в’їзді в приміщення швидкість руху знижують до мінімальної, подають звуковий сигнал, а під час руху заднім ходом використовують дзеркала, освітлення та за потреби сигнальника, який перебуває поза траєкторією руху.

Засоби індивідуального захисту підбирають відповідно до характеру виконуваних робіт. Для щоденного обслуговування потрібні спецодяг, захисне взуття, рукавиці та сигнальний жилет. Під час очищення, ремонту, роботи з ножами і гідросистемою додатково використовують окуляри та інструмент із справними рукоятками. Одяг не повинен мати звисаючих кінців, які можуть потрапити в рухомі частини механізмів.

Таблиця 4.5 – Засоби індивідуального захисту для робіт на лінії

Вид робіт	Необхідні ЗІЗ	Призначення
Керування трактором або кормороздавачем	спецодяг, захисне взуття, сигнальний жилет	захист від забруднення, ковзання, підвищення видимості працівника
Огляд та очищення робочих органів	рукавиці, щільний спецодяг, за потреби окуляри	захист від порізів, ударів і попадання частинок корму
Ремонт гідросистеми	окуляри, рукавиці, спецвзуття	захист від струменя оливи, забруднення і механічних травм
Робота в холодний період	утеплений спецодяг, неслизьке взуття	захист від переохолодження і падіння

Висновки по розділу

У розділі розглянуто умови праці під час експлуатації комплексно-механізованої лінії переміщення корму на фермі ВРХ на 400 голів. Встановлено, що основними небезпечними факторами є рух тракторних агрегатів, робота блок-різака та кормороздавача, можливе падіння силосної маси, розрив гідравлічних рукавів, слизькість проходів, електрична і

пожежна небезпека. За результатами розрахунків добова потреба у силосі становить 7,2 т, що відповідає приблизно 11,1 м³ або 12 блокам силосу за добу.

Для запобігання наїздам і травмуванню визначено мінімальний розрахунковий шлях зупинки агрегату 3.7 м, а з урахуванням запасу прийнято небезпечну зону не менше 5 м. Для кормового проходу площею 360 м² розраховано потребу в 11 світильниках і не менше 4 порошкових вогнегасниках. Запропоновані заходи - чітке розмежування маршрутів руху, блочне вилучення силосу, щозмінний технічний огляд, справне освітлення, застосування ЗІЗ та навчання працівників - забезпечують зниження виробничих ризиків і безпечну експлуатацію лінії переміщення корму.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1 Вихідні дані та завдання техніко-економічної оцінки

Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень виконано для комплексно-механізованої лінії переміщення корму на тваринницькій фермі великої рогатої худоби. Проєктна ферма спеціалізується на відгодівлі ВРХ, кількість тварин становить 400 голів, спосіб утримання – прив’язний. У добовому раціоні обов’язково передбачено кукурудзяний силос, тому основним завданням лінії є своєчасне, рівномірне та якісне переміщення силосу від траншеї до місця згодовування.

Економічна оцінка проєктного рішення полягає у порівнянні базового та проєктного варіантів. У базовому варіанті вилучення силосу умовно здійснюється грейферним навантажувачем з подальшим перевезенням і роздаванням корму. У проєктному варіанті передбачається застосування механізованої лінії з блоковим вилученням силосу, навантаженням у транспортний засіб і роздаванням корму кормороздавачем. Блокове вилучення забезпечує рівний зріз силосного моноліту, зменшує доступ повітря до маси, скорочує втрати поживних речовин і покращує організацію робочого процесу.

Для розрахунків прийнято умовні розрахункові ціни та показники, які можуть бути уточнені за фактичними даними конкретного господарства. Такий підхід дає змогу оцінити економічну доцільність модернізації та визначити очікуваний строк окупності вкладень.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічного обґрунтування

Показник	Позначення	Значення
Кількість ВРХ на відгодівлі, гол.	N	400
Спосіб утримання тварин	–	прив’язний
Кількість днів роботи лінії на рік, діб	D	365
Тривалість роботи лінії за добу, год	T	3,0
Коефіцієнт нерівномірності подачі корму	$k_н$	1,10
Прийнята оплата праці з нарахуваннями, грн/люд·год	$C_п$	125
Прийнята ціна дизельного пального, грн/л	$C_{пм}$	55
Розрахункова вартість силосу, грн/т	$C_с$	900



Рис. 5.1. Послідовність техніко-економічного обґрунтування проєктних рішень

5.2 Розрахунок добової потреби у кормах та продуктивності лінії

При визначенні параметрів лінії переміщення кормів першочергово розраховують добову масу кормів, яку необхідно підготувати, перемістити та роздати тваринам. Для відгодівлі ВРХ прийнято раціон, у структурі якого основну частку займає кукурудзяний силос. Крім силосу до раціону входять сінаж, грубі корми та концентровані корми. Розрахунок здійснюється за формулою:

$$Q_{доб} = N \cdot q / 1000,\ т/добу, \quad (5.1)$$

де $Q_{доб}$ – добова потреба у певному виді корму, т/добу; N – кількість тварин, гол.; q – норма видавання корму на одну голову, кг/добу. Для всього раціону сумарна добова потреба становить:

$$QΣ = 400 \cdot 37{,}5 / 1000 = 15{,}0\ т/добу.$$

Таблиця 5.2 – Добова та річна потреба ферми у кормах

Вид корму	Норма, кг/гол·добу	Потреба, т/добу	Потреба, т/рік
Кукурудзяний силос	25,0	10,0	3 650
Сінаж	6,0	2,4	876
Сіно або солома	3,0	1,2	438
Концентровані корми	3,5	1,4	511
Разом	37,5	15,0	5 475

Оскільки кормороздавання має виконуватися у стислі строки, розрахункову годинну продуктивність лінії визначаємо з урахуванням коефіцієнта нерівномірності:

$$Q_{год} = QΣ \cdot k_н / T,\ т/год, \quad (5.2)$$

$$Q_{год} = 15{,}0 \cdot 1{,}10 / 3{,}0 = 5{,}5\ т/год.$$

Отже, для забезпечення своєчасного переміщення та роздавання кормів продуктивність найменш продуктивної машини у складі лінії повинна бути не меншою ніж 5,5 т/год. Прийняті машини мають вищу продуктивність, тому лінія забезпечує потрібну пропускну здатність із запасом.

Таблиця 5.3 – Перевірка пропускної здатності ланок лінії

Ланка лінії	Прийнята продуктивність, т/год	Необхідна продуктивність, т/год	Висновок
Блокове вилучення силосу	10–12	5,5	забезпечує
Навантаження у транспортний засіб	9–10	5,5	забезпечує
Перевезення до корівника	8–10	5,5	забезпечує
Роздавання корму кормороздавачем	8–9	5,5	забезпечує

Об’єм силосу, який вилучається з траншеї за добу, визначимо за середньою щільністю ущільненої силосної маси 0,65 т/м³:

$$V_{с.доб} = Q_{с.доб} / \rho = 10{,}0 / 0{,}65 = 15{,}4\ м^3/добу. \quad (5.3)$$

За рік із траншеї буде вилучено приблизно 3 650 т силосу, що відповідає 5 615 м³ силосної маси. Такі обсяги підтверджують доцільність застосування спеціалізованого навантажувача або блок-різака, оскільки ручна чи недостатньо механізована подача силосу призводить до значних затрат праці та підвищених втрат корму.



Рис. 5.2. Схема проєктної лінії переміщення силосу та інших кормів.

5.3 Обґрунтування складу машин і капітальних вкладень

Комплексно-механізована лінія переміщення кормів повинна виконувати повний цикл робіт: відокремлення силосу від масиву в траншеї, завантаження, транспортування до приміщення, дозоване роздавання корму у годівниці. Основною особливістю проєктного рішення є використання блочного вилучення силосу замість грейферного способу. При грейферному

вивантаженні поверхня зрізу стає нерівною, силос розрихлюється, активізується вторинне нагрівання і збільшуються втрати сухої речовини. Блок-різак відокремлює масу рівним монолітом, що зменшує площу контакту з повітрям і підвищує якість корму.

Для економічної оцінки прийнято, що додаткові капітальні вкладення спрямовуються на придбання або модернізацію вузлів, необхідних для реалізації проєктної технології. До складу вкладень включено блоковий навантажувач силосу, приймально-транспортні елементи, модернізацію кормороздавача, монтажні роботи та резерв на налагодження.

Таблиця 5.4 – Орієнтовні капітальні вкладення у проєктну лінію

Найменування витрат	Кількість	Вартість одиниці, тис. грн	Сума, тис. грн
Навісний блок-різак або модернізований навантажувач силосу	1	360	360
Приймальний бункер і транспортні елементи	1 комплект	180	180
Модернізація кормороздавача та дозувальних вузлів	1	250	250
Монтаж, налагодження і випробування	1 комплекс	110	110
Резерв на непередбачені витрати	–	80	80
Разом капітальні вкладення	–	–	980

Загальна сума додаткових капітальних вкладень становить 980 тис. грн. Вона використовується у подальших розрахунках строку окупності. Якщо в господарстві вже є частина машин, фактичний обсяг вкладень може бути меншим, а строк окупності відповідно скоротиться.

5.4 Порівняння експлуатаційних показників базового і проєктного варіантів

Експлуатаційні показники характеризують витрати праці, витрати пального, рівень втрат силосу та організаційну зручність виконання робіт. У базовому варіанті збільшення трудомісткості зумовлене потребою у додаткових операціях з підбирання розрихленої маси, вирівнювання фронту траншеї та контролю якості корму. У проєктному варіанті частина операцій об’єднується в один технологічний цикл, тому зменшується кількість проходів техніки та час перебування працівників у робочій зоні.

Таблиця 5.5 – Порівняння основних експлуатаційних показників

Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант	Зміна
Добова трудомісткість робіт, люд·год/добу	10,5	4,8	-5,7
Річна трудомісткість, люд·год/рік	3 832	1 752	-2 080
Витрати дизельного пального, л/добу	32,0	24,0	-8,0
Витрати дизельного пального, л/рік	11 680	8 760	-2 920
Втрати силосу при вилученні та подачі, %	12	6	-6 пунктів
Збережена маса силосу, т/рік	–	219	позитивний ефект

З таблиці видно, що перехід до проєктного варіанта дає змогу зменшити річну трудомісткість на 2081 люд·год та скоротити витрати дизельного пального на 2920 л за рік. Окремим важливим результатом є зменшення втрат силосу. За рахунок блочного вилучення та рівного зрізу силосної маси очікуване збереження корму становить:

$$\Delta Q_{вт} = 3\,650 \cdot (0{,}12 - 0{,}06) = 219\ т/рік.$$

Збереження корму має як прямий економічний ефект, так і технологічне значення, оскільки тварини отримують якісніший силос без ознак перегрівання і забруднення. Це позитивно впливає на стабільність годівлі та використання поживних речовин раціону.

5.5 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати визначаються як сума витрат на оплату праці, пальне, електроенергію, технічне обслуговування і ремонт, амортизаційні відрахування та втрати корму. Для базового варіанта амортизація додаткового обладнання не враховується, оскільки аналізується наявна технологія. Для проєктного варіанта амортизаційні відрахування прийнято у розмірі 15 % від додаткових капітальних вкладень:

$$A = K \cdot 0{,}15 = 980 \cdot 0{,}15 = 147\ тис.\ грн/рік. \quad (5.4)$$

Витрати на оплату праці розраховуються за формулою:

$$C_{оп} = t_{доб} \cdot D \cdot Cп,\ грн/рік, \quad (5.5)$$

$$C_{оп.б} = 10{,}5 \cdot 365 \cdot 125 = 479{,}1\ тис.\ грн/рік;$$

$$C_{оп.п} = 4{,}8 \cdot 365 \cdot 125 = 219{,}0\ тис.\ грн/рік.$$

Витрати на дизельне пальне визначаємо за добовою витратою пального та прийнятою ціною:

$$C_{пм} = G_{доб} \cdot D \cdot Ц_{пм}, \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 5.6 – Річні експлуатаційні витрати за варіантами

Стаття витрат	Базовий варіант, тис. грн/рік	Проєктний варіант, тис. грн/рік	Економія (+) / перевитрата (−), тис. грн
Оплата праці з нарахуваннями	479,1	219,0	260,1
Дизельне пальне	642,4	481,8	160,6
Електроенергія	–	26,3	-26,3
Технічне обслуговування і ремонт	210,0	130,0	80,0
Амортизаційні відрахування	–	147,0	-147,0
Втрати силосу	394,2	197,1	197,1
Інші організаційні витрати	45,0	38,0	7,0
Разом	1 770,7	1 239,2	531,5

За результатами розрахунку річні експлуатаційні витрати базового варіанта становлять 1 770,7 тис. грн, а проєктного – 1 239,2 тис. грн. Отже, очікувана річна економія дорівнює 531,5 тис. грн. Найбільший внесок в економічний ефект забезпечують зменшення трудомісткості робіт, скорочення витрат пального та зменшення втрат силосу.

5.6 Визначення економічної ефективності проєктного рішення

Основними показниками економічної ефективності є річний економічний ефект, собівартість переміщення 1 т корму, строк окупності капітальних вкладень і коефіцієнт економічної ефективності. Річний економічний ефект визначається як різниця між річними витратами базового і проєктного варіантів:

$$E_р = C_б - C_п = 1\ 770{,}7 - 1\ 239{,}2 = 531{,}5 \text{ тис. грн/рік.} \quad (5.6)$$

Собівартість переміщення та роздавання 1 т корму визначається діленням річних експлуатаційних витрат на річну масу кормів:

$$S = C / Q_{річ}, \text{ грн/т.} \quad (5.7)$$

$$S_б = 1\ 770\ 662 / 5\ 475 = 323{,}4 \text{ грн/т;}\quad Sn = 1\ 239\ 180 / 5\ 475 = 226{,}3 \text{ грн/т.}$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T_{ок} = K / E_р = 980 / 531{,}5 = 1{,}84 \text{ року.} \quad (5.8)$$

Коефіцієнт економічної ефективності становить 54,2 %, що свідчить про достатню результативність вкладень у модернізацію лінії переміщення корму. За умови використання наявного тракторного парку та частини існуючих транспортних засобів фактичний строк окупності може бути меншим від розрахункового.

Таблиця 5.7 – Узагальнені техніко-економічні показники проєкту

Показник	Одиниця виміру	Значення
Річна маса кормів, що переміщується лінією	т/рік	5 475
Річна маса силосу у складі раціону	т/рік	3 650
Додаткові капітальні вкладення	тис. грн	980
Річна економія експлуатаційних витрат	тис. грн/рік	531,5
Зниження собівартості переміщення кормів	грн/т	97,1
Економія витрат праці	люд·год/рік	2 080
Економія дизельного пального	л/рік	2 920
Зменшення втрат силосу	т/рік	219
Строк окупності проєктних вкладень	року	1,84
Коефіцієнт економічної ефективності	%	54,2

Висновки по розділу

У результаті техніко-економічного обґрунтування встановлено, що комплексно-механізована лінія переміщення корму забезпечує необхідну продуктивність для ферми на 400 голів ВРХ на відгодівлі. Розрахункова добова потреба у кормах становить 15,0 т, у тому числі силосу – 10,0 т. Потрібна годинна продуктивність лінії з урахуванням нерівномірності подачі становить 5,5 т/год, що нижче пропускної здатності прийнятих машин. Проєктне рішення дає змогу скоротити річні витрати праці на 2 080 люд·год, зменшити витрати дизельного пального на 2 920 л та зберегти близько 219 т силосу за рахунок блочного вилучення. Річний економічний ефект становить 531,5 тис. грн, а строк окупності додаткових капітальних вкладень – 1,84 року. Отже, впровадження комплексно-механізованої лінії переміщення корму з використанням блочного вилучення силосу є технічно доцільним та економічно обґрунтованим. Запропоноване рішення підвищує якість кормозабезпечення тварин, зменшує втрати силосу, покращує умови праці обслуговуючого персоналу та забезпечує стабільну роботу ферми протягом року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності кормозабезпечення тваринницької ферми шляхом удосконалення процесів заготівлі, зберігання, навантажування, транспортування та подавання кормів до місць споживання. Особливу увагу приділено організації роботи кормової лінії для ферми великої рогатої худоби на відгодівлі з поголів'ям 400 голів за умов прив'язного утримання.

У першому розділі виконано проєктування комплексно-механізованої лінії переміщення корму. Визначено добову потребу тварин у кормах, структуру раціону з використанням силосу, необхідну продуктивність лінії та підібрано основні машини й обладнання. Запропонована схема механізації дає змогу зменшити частку ручної праці, забезпечити ритмічне надходження корму та підвищити рівень організації виробничого процесу.

У другому розділі розглянуто технологію виготовлення та використання силосу як основного корму в раціоні ВРХ на відгодівлі. Розроблено технологічну карту вирощування кукурудзи на силос, проаналізовано способи зберігання силосної маси та обґрунтовано доцільність траншейного способу, який забезпечує зручність завантаження, механізоване вилучення корму та порівняно низьку вартість зберігання.

У третьому розділі розроблено операцію навантажування силосу із застосуванням спеціального навантажувача. Розглянуто його будову, принцип роботи та основні складові частини. Проведено розрахунок процесу різання силосного моноліту, визначено необхідне зусилля різання, виконано вибір гідроциліндрів і перевірку міцності відповідальних елементів конструкції. Запропоноване блочне вилучення силосу зменшує розпушення корму, обмежує доступ повітря до силосної маси, знижує втрати поживних речовин і сприяє збереженню якості корму.

У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час роботи механізованої лінії. Розроблено заходи

безпечної експлуатації машин і обладнання, вимоги до організації робочої зони, технічного обслуговування, пожежної безпеки та використання засобів індивідуального захисту.

У техніко-економічному обґрунтуванні виконано порівняння базового та проєктного варіантів переміщення кормів. Встановлено, що впровадження комплексної механізації дозволяє зменшити затрати праці, скоротити тривалість кормороздавальних операцій, знизити втрати кормів і підвищити продуктивність праці персоналу. Розрахунки підтверджують економічну доцільність запропонованих рішень.

Таким чином, у роботі вирішено завдання щодо розробки комплексно-механізованої лінії переміщення корму на тваринницькій фермі. Запропоновані технічні й організаційні рішення спрямовані на підвищення ефективності годівлі ВРХ, зменшення трудомісткості процесів, покращення якості використання силосу та забезпечення безпечних умов праці. Результати роботи можуть бути використані під час удосконалення кормових ліній на фермах аналогічної потужності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ревенко В. І. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Кондор, 2009. 731 с.

2. Машини та обладнання для тваринництва : навчальний посібник / Н. І. Хомик, А. Д. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.

3. Механізація виробництва продукції тваринництва / І. І. Ревенко, Г. М. Кукта, В. М. Манько, В. Д. Роговий та ін. ; за ред. І. І. Ревенка. Київ : Урожай, 1994. 264 с.

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

5. Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва / за ред. І. І. Ревенка. Київ : Урожай, 1994. 228 с.

6. Проєктування технологій і технічних засобів для тваринництва / О. А. Науменко, І. Г. Бойко, В. І. Грідасов, В. І. Дзюба та ін. ; за ред. О. П. Скорика, В. М. Полупанова. Харків : ХНТУСГ, 2009. 429 с.

7. Теорія та розрахунок машин для тваринництва / І. Г. Бойко, В. Г. Грідасов, А. І. Дзюба та ін. ; за ред. І. Г. Бойка. Харків : НМЦ ХНТУСГ, 2002. 216 с.

8. Бойко І. Г., Грідасов В. І., Дзюба А. І. та ін. Курсове та дипломне проєктування по механізації тваринницьких ферм / за ред. О. В. Нанки. Харків : НМЦ ХНТУСГ, 2003. 356 с.

9. Сиротюк В. М. Машини та обладнання для тваринництва : навчальний посібник. Львів : Магнолія плюс, 2004. 200 с.

10. Троянов М. М. Механізація технологічних процесів у тваринництві. Харків : Прапор, 1993. 140 с.

11. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Каравела, 2004. 552 с.

12. Царенко О. М., Войтюк Д. Г., Швайко В. М., Довжик М. Я., Яцун С. С. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : підручник / за ред. С. С. Яцуна. Київ : Мета, 2003. 448 с.

13. Зінченко О. І. Кормовиробництво : підручник. 2-ге вид., допов. і перероб. Київ : Вища освіта, 2005. 448 с.

14. Антипова Л. К. Кормовиробництво : курс лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2014. 115 с.

15. Технологія виробництва продукції тваринництва : підручник / О. Т. Бусенко, В. Є. Скоцик, М. І. Маценко та ін. ; за ред. О. Т. Бусенка. Київ : Вища освіта, 2005. 496 с.

16. Патрєва Л. С., Коваль О. А. Технологія виробництва продукції тваринництва : курс лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2017. 277 с.

17. Заєць М. Л., Куликівський В. Л. Вплив параметрів дискових сошників на здатність прорізання рослинних решток у системі NO-TILL. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2025. № 3 (130). С. 107–112.

18. Саблук П. Т., Лузан Ю. Я., Месель-Веселяк В. Я. Економіка виробництва продукції сільського господарства. Київ : ННЦ ІАЕ, 2008. 650 с.