

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повна назва вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь)

на тему: Обґрунтування параметрів механізмів для приготування
кормів та видалення гною з вівцеферм на замовлення ПАП «Маяк»

Виконав: студент (ка) 6 курсу групи МСм-61
напряму підготовки (спеціальності)
133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Гринців В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Довбуш Т.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

В. о. Завідувача
кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки

(шифр і назва)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. Завідувача кафедри

Бабій А.В.

«_____» _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Гринціву Віктору Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування параметрів механізмів для приготування кормів та видалення гною з вівцеферм на замовлення ПАП «Маяк»

Керівник проекту (роботи) Довбуш Тарас Анатолійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 28 » вересня 2021 року № 4/7-803

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 23 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Розрахунок ферми на відгодівлю 1000 голів овець із вдосконаленням механізму видалення гною

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування. 2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки. 3. Дослідження параметрів об'єкту розробки.

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та	Окіпний І.Б., доцент		
безпека у надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

28 вересня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз особливостей об'єкту проектування	до 20.11.21	
2	Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки	до 01.12.21	
3	Дослідження параметрів об'єкту розробки	до 05.12.21	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	до 08.12.21	
9	Реферат. Вступ. Висновки.	до 10.02.21	
10	Графічна частина. Специфікації	до 12.12.21	

Студент _____
(підпис)

Гринців В.Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Довбуш Т.А.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Гринців Віктор Романович

Тема роботи – «Обґрунтування параметрів механізмів для приготування кормів та видалення гною з вівцеферм на замовлення ПАП «Маяк»».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Довбуш Тарас Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (33 найменувань). Загальний обсяг текстової частини – 84 сторінках, на яких є 34 рисунки. Додатки розміщені на 7 сторінках. Графічна частина складається з 6 аркушів формату А1.

Актуальність теми роботи

Ферми для утримання овець повинні комплектуватися сучасним високопродуктивним обладнанням для приготування кормів в тому числі механізмами та машинами гноєвідведення. На перший погляд гноєвідведення виглядає, як другорядна проблема тваринницької ферми, а насправді це значні витрати, які складають від 20 до 40 % від загальних.

При плануванні тваринницьких ферм необхідно передбачити високоефективне обладнання по видаленню та утилізації гною, що забезпечить екологічність виробництва та дасть виробникам сільськогосподарської продукції, якісне органічне добриво.

Мета роботи

Обґрунтування конструктивних, технологічних, кінематичних та енергетичних параметрів механізму подрібнення кормів та оптимального гноєвідведення тваринницької вівцеферми:

Завдання дипломної роботи магістра:

- провести огляд генеральних планів тваринницьких ферм;
- провести огляд цехів для приготування тваринницьких ферм;
- провести огляд машин для забезпечення повноцінної роботи кормоцеху (машин для подрібнення фуражного зерна, для підготовки коренебульб, для розшарування, подрібнення та подачі стеблових культур);
- розглянути технологічні схеми прибирання та утилізації гною;
- визначити розміри приміщення для утримання тварин;
- проаналізувати поломки існуючих гноєприбиральних машин;
- розглянути гвинтові шнекові транспортери;
- провести кінематичний та енергетичний розрахунок шнекового транспортного механізму;
- провести геометричний розрахунок вала транспортера;
- провести розрахунок кінематичних та геометричних параметрів механізмів по відкачуванні гною із гноєзбірника ферми;
- обґрунтувати параметри шнекових механізмів видалення гною із ферми;
- провести розрахунки жорсткості робочого органу шнекового транспортера;
- дати рекомендації щодо зниження металомісткості транспортера гноєочисника;
- забезпечити санітарно захист персоналу на фермі;
- забезпечити захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. механізмів видалення гною із ферми.

Предмет дослідження. Шнековий механізм для видалення гною, а також його технологічні, конструктивні, кінематичні, енергетичні параметри.

Методи дослідження. Аналітичний з використанням знань технічної механіки, агрономії математичного аналізу, теоретичної механіки, графіки.

Наукова новизна отриманих результатів

Аналітичні дослідження доводять ефективність використання шнекового механізму для видалення гною із використанням комбінованого шнекового механізму.

Практичне значення отриманих результатів.

Проведені аналітичні дослідження підтверджують ефективність використання комбінованого шнекового механізму в порівнянні з базовими моделлю шнекового механізму для видалення гною. Запропонована конструкція забезпечить надійне і менш енергозатратне гноєвиведення.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на II Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2019. — Т. : ТНТУ, 2019.

Ключові слова: гноєвиведення, механізми, шнек, вівці, транспортування.

ЗМІСТ

	Стр.
ВСТУП	9
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	11
1.1 Огляд та вимоги до генеральних планів тваринницьких ферм	11
1.2 Огляд цехів для приготування кормів тваринницьких ферм	16
1.3 Огляд типових машин для забезпечення повноцінної роботи кормоцеху	20
1.3.1 Машини для подрібнення фуражного зерна	20
1.3.2 Машини для підготовки коренебульб	23
1.3.3 Машини для розшарування та подачі стеблових культур	25
1.3.4 Машини для подрібнення стеблових культур	26
1.4 Технологічні схеми прибирання та утилізації гною	28
1.4.1 Вимоги до прибирання та переробки гною	28
1.4.2 Схеми та технології по утилізації гною	29
1.5 Обґрунтування теми дипломної роботи	31
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ	32
2.1 Визначення розмірів приміщення для утримання тварин	32
2.2 Гній овець та його властивості	35
2.3 Аналіз поломок існуючих гноєприбиральних машин	35
2.4 Гвинтові шнекові транспортери	36
2.5 Визначення добового виходу екскрементів тваринницької ферми	41
2.6 Визначення кінематичних та конструктивних параметрів шнекового транспортного механізму	44
Силовий розрахунок шнекового механізму	47
2.7 Геометричний розрахунок вала транспортера	50
2.8 Розрахунок кінематичних та геометричних параметрів механізмів по відкачуванні гною із гноєзбірника ферми	52
2.9	

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ	
ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	54
3.1 Обґрунтування параметрів шнекового механізму видалення гною із ферми	54
3.2 Розрахунки жорсткості робочого органу шнекового транспортера	57
3.3 Рекомендації по зниженню металомісткості транспортера при транспортуванні гною із гноєзбірника	63
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В	
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	70
4.1 Безпека праці на фермі по відгодівлі тварин	70
4.2 Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів	74
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	78
ДОДАТКИ.....	82

ВСТУП

Тваринництво – важлива галузь сільського господарства, реалізація його виробництва становить – 40-50% від загального доходу. Одну з ніш тваринництва займає вівчарство. Дана галузь займається розведенням овець. Утримування овець забезпечує сировиною легку та харчову промисловість. Для легкої промисловості – це шерсть та овчина. Шерсть застосовується для виготовлення натуральних тканин та килимів, овчина сировина для виготовлення різноманітних хутряних виробів. Харчова промисловість від вівчарства отримує молоко і м'ясо, які є важливими продуктами харчування.

До недавнього часу вівчарство було одним із пріоритетів тваринництва України. Загальна кількість овець досягала до 10 мільйонів голів. Регіон Карпат концентрував найбільше поголів'я тварин. Це зумовлено тим, що на гірських схилах випасання великої рогатої худоби важко доступне, а вівці випасаються на крутих схилах. На теперішній час поголів'я овець значно скоротилося, приблизно в десять разів. На це є об'єктивні та суб'єктивні причини, а саме: знизився попит на сировину для легкої промисловості – шерсть та овчину; відсутність дотацій на розвиток від держави; недостатня кількість високоякісних кормів у гірських районах. Для подальшого промислового розвитку вівчарства необхідно покращити кормову базу тварин, а в гірських районах це затратно. При таких обставинах назріло питання переводити дану галузь тваринництва в регіони із високим рівнем землеробства, які могли б забезпечити годування тварин в достатній кількості високоякісними натуральними кормами, тобто перехід вівчарства на постійну основу [31].

Ферми для утримання овець повинні комплектуватися сучасним високопродуктивним обладнанням для приготування кормів в тому числі механізмами та машинами гноєвідведення. На перший погляд гноєвідведення

виглядає, як другорядна проблема тваринницької ферми, а насправді це значні витрати, які складають від 20 до 40 % від загальних.

При плануванні тваринницьких ферм необхідно передбачити високоефективне обладнання по видаленню та утилізації гною, що забезпечить екологічність виробництва та дасть виробникам сільськогосподарської продукції, якісне органічне добриво.

1. АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТІВ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Огляд та вимоги до генеральних планів тваринницьких ферм

Вірний вибір земельної ділянки та розробка генерального плану ферми по утриманні тварин забезпечує перспективний розвиток господарства в цілому. Генеральний план – це технічний документ, який передбачає всю номенклатуру споруд і комунікацій необхідних для нормального функціонування ферми. Даний документ передбачає замкнутий цикл заданої господарської одиниці.

План ферми необхідно максимально наближати до форми правильного прямокутника, це дасть змогу компактно розташувати основні та допоміжні споруди господарства, знизити затрати на пальне для транспорту.

До земельної ділянки під забудову ферми ставлять ряд вимог, а саме: наявність під'їзних доріг, відкритих або закритих джерел водопостачання; відкритих площ для вигулу або випасу тварин; віддаленість населених пунктів, бажано до 500 м; рельєф ділянки повинен бути рівним, з максимальним кутом нахилу до 10°. Тваринницька ферма обов'язково повинна знаходитися нижче населеного пункту з підвітряної сторони. Утилізацію гною необхідно розміщати нижче тваринницької ферми [15, 26, 27, 29, 30].

Генплан тваринницького господарства обов'язково включає наступні зони: виробничу зону; зону відгодівлі тварин; кормоцех, обладнаний типовими механізмами для підготовки кормів до згодовування тваринам; а також склади зберігання кормів; будови господарсько-адміністративні; площі для зооветеринарних забудов. Обов'язково на території ферми необхідно передбачити зони для утилізації та переробки гною.

Обов'язковим елементом генерального плану тваринницької ферми є розміщення доріг для транспорту через центральну частину господарства, а також по його периметру. Оптимальна ширина дороги шість метрів. Бажаним атрибутом ферми є зелені насадження по її периметру [26, 27, 29, 30].

Типові генеральні плани тваринницьких ферм показані на рисунках 1.1-1.4.

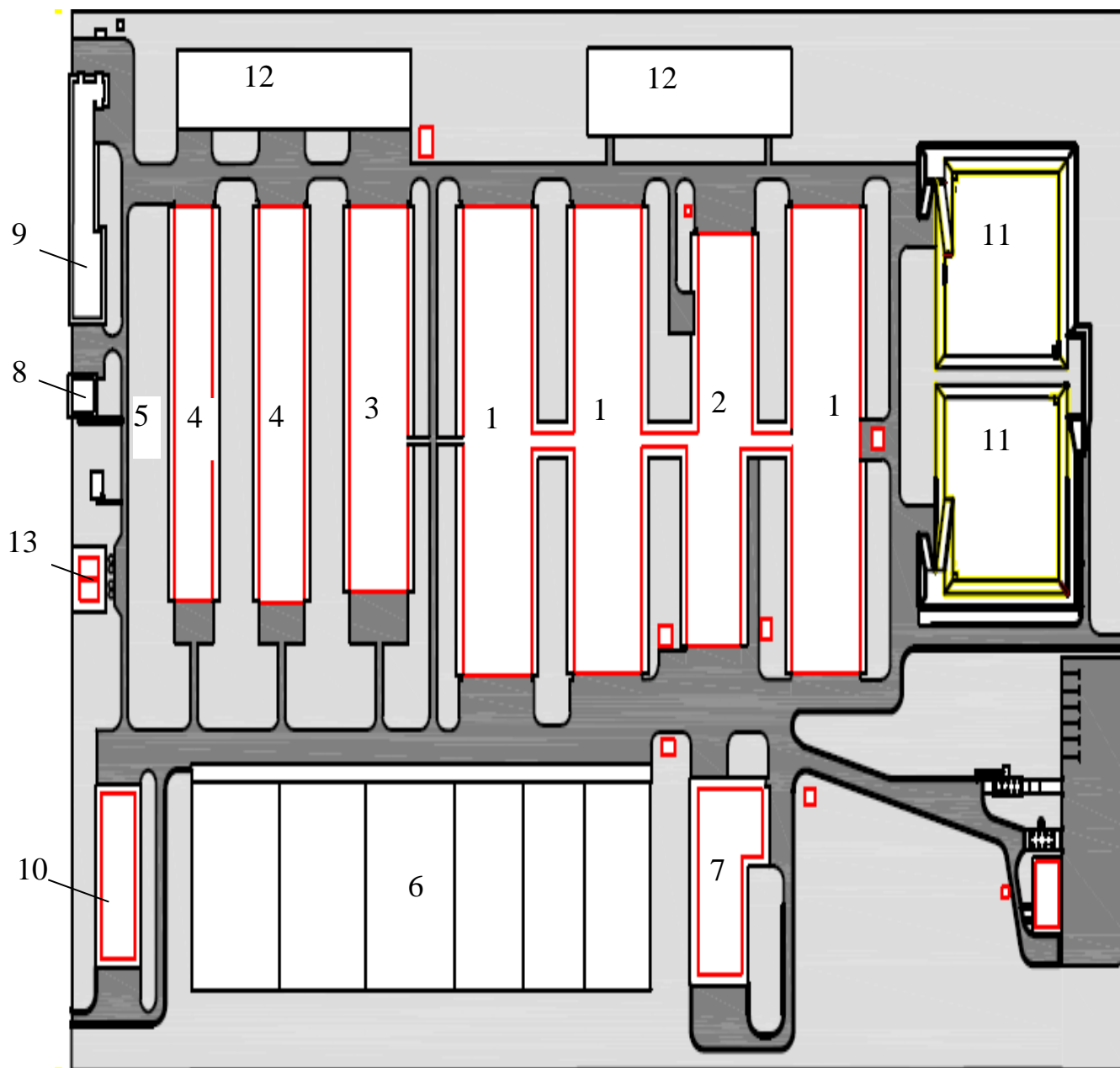


Рисунок 1.1. Генеральний план для великої рогатої худоби:

- 1 - Корівник; 2 – приміщення для доїння великої рогатої худоби;
3 – приміщення приплоду; 4 – модуль для телят; 5 – двір вільного виходу;
6 - кормосклади; 7 - кормоцех; 8 - санпропускник; 9 – зооветеринарний пункт;
10- автовага; 11 – басейн для гною; 12 – забійна площадка;
13 – санітарний бар'єр.

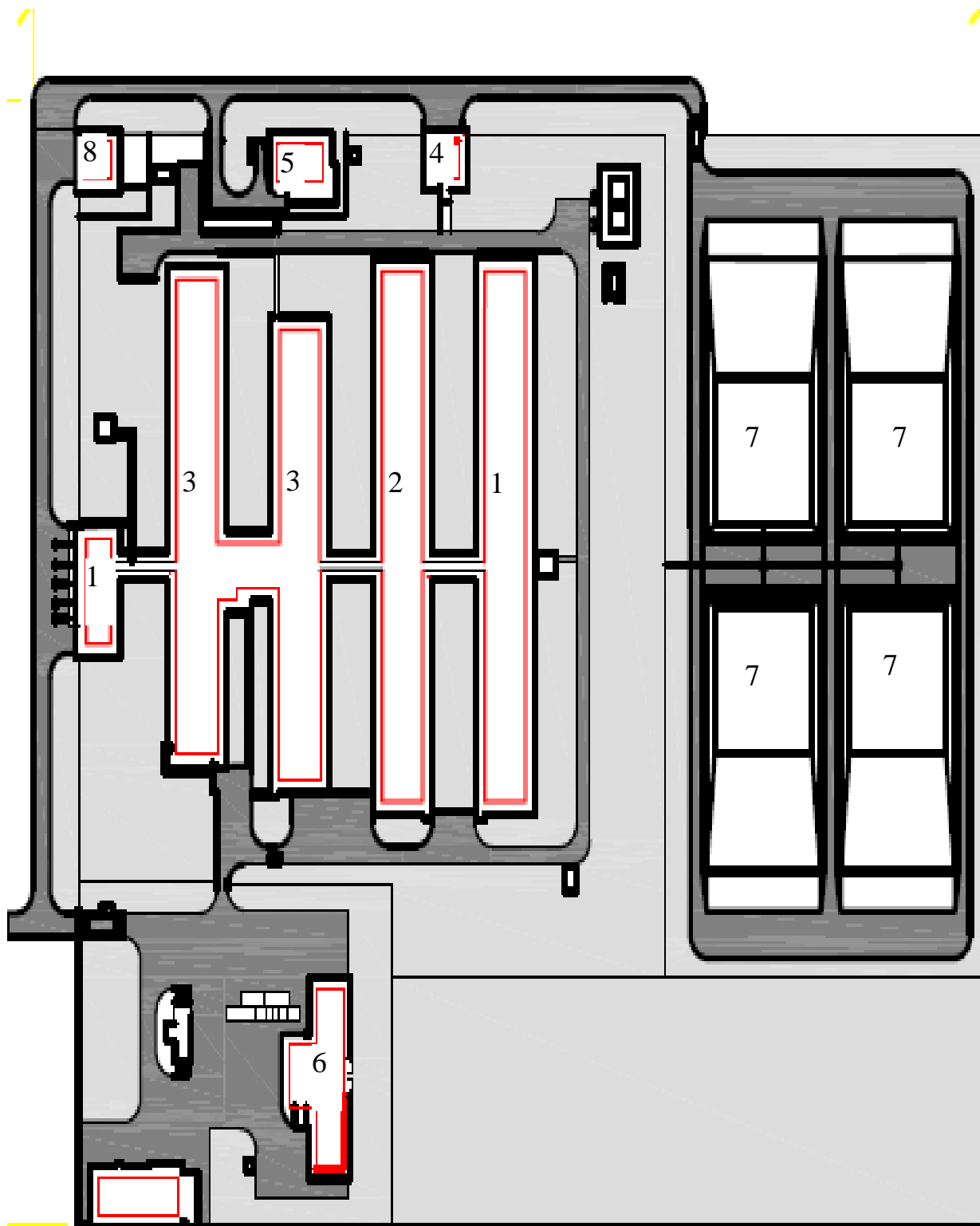


Рисунок 1.2. Генеральный план комплексу відгодівлі 2000 голів овець:
1, 2, 3 – бокси для утримання та відгодівлі тварин; 4 - санпропускник;

5 – зооветеринарний пункт; 6 – кормоцех; 7 – ємності для утилізації гною;
8 – авто вага.

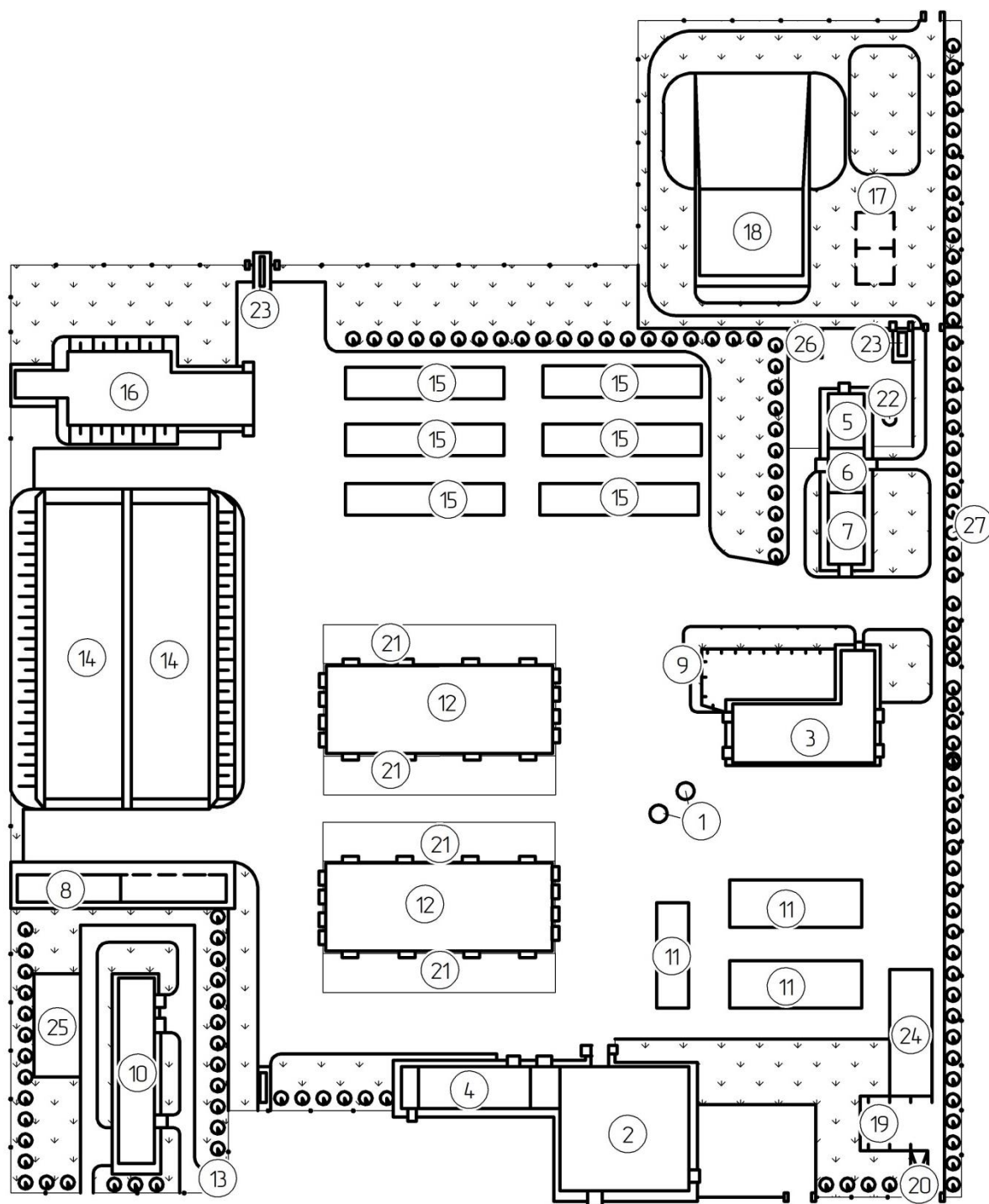


Рисунок 1.3. План ферми утримання корівника:

1 – резервуар із водою; 2 – господарська будівля; 3 – цех приготування кормів; 4 – зооветеринарний пункт; 5 – пункт профілактики тварин;
6 – приміщення для лікування; 7 – приміщення для лікування; 8 – гараж;

9 – вага; 10 - енерговузол; 11 – складське приміщення; 12 – ферма;
 13 – електропідстанція; 14 – склад силосу; 15 – склад сіна;
 16 – склад коренеплодів; 17 – лінія гноєвідведення; 18 – гноєсховище;
 19, 20 – естакада для завантаження великої рогатої худоби; 21 – зона вигулу
 великої рогатої худоби; 22, 23 – санпропускники; 24, 25 – господарські об'єкти;
 26 – гноє-площадка; 27 – зелені насадження.

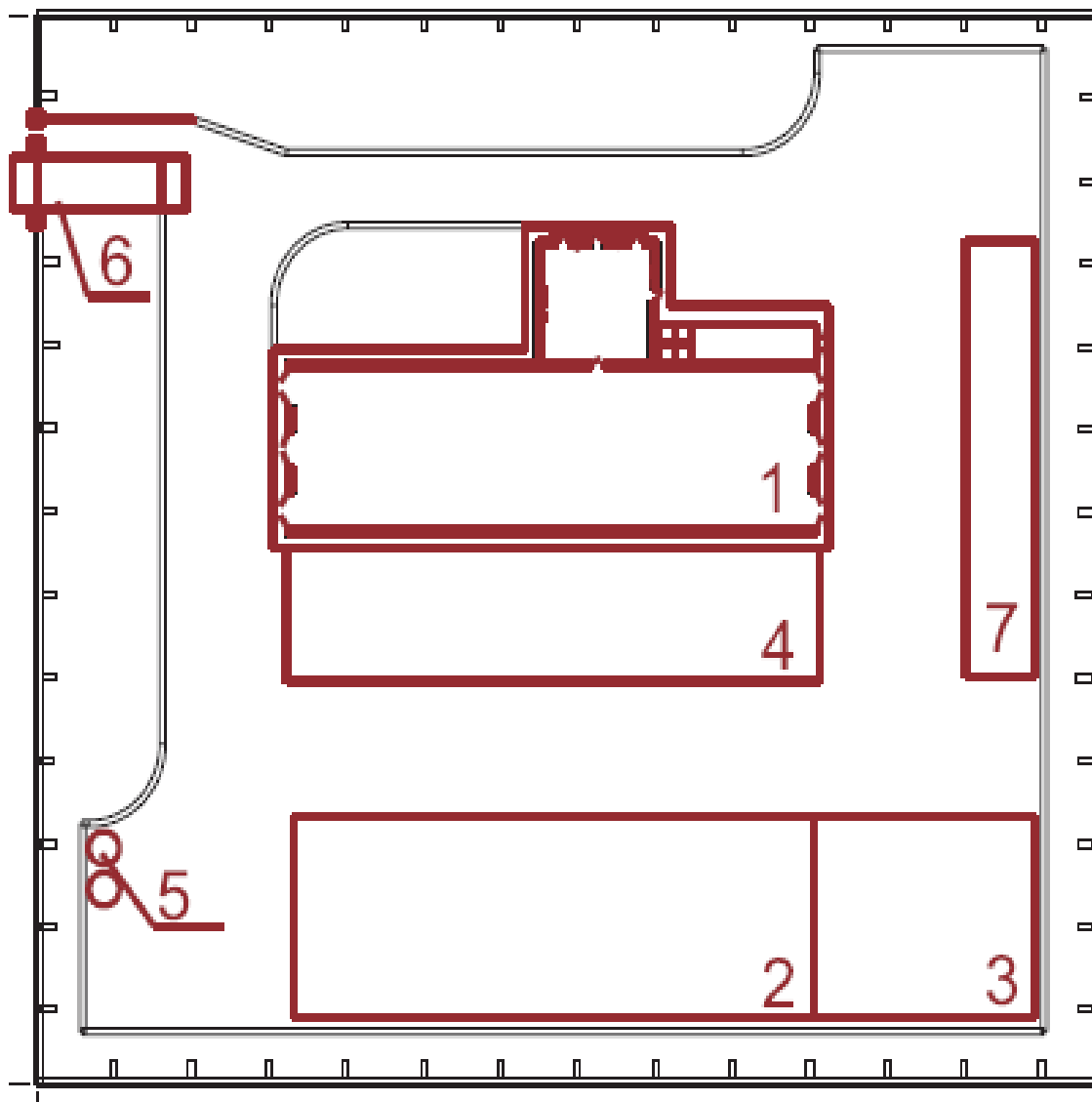


Рисунок 1.4. Генплан малої (сімейної ферми):

1 – приміщення для тварин; 2- склад грубих кормів; 3 – склад підстилочного матеріалу; 4 – зона вигулу тварин; 5- склад концентрованих кормів; 6 - санпропускник; 7 – зона утилізації гною.

1.2. Огляд цехів для приготування кормів тваринницьких ферм

Основною метою кожної тваринницької ферми є успішна відгодівля тварин, яка полягає в якнайшвидшому приросту живої ваги, надоїв молока і т. п. Цього процесу можна досягти комплексною механізацією виробничих процесів, які забезпечують відгодівлю тварин повноцінними збалансованими кормами. Функція забезпечення тварин ферми якісним згодовуванням припадає на кормоцехи.

Кормоцехи розміщуються на території тваринницької ферми в окремій будівлі поблизу складів концентрованих кормів, сховищ коренебульб, силосу, сінажу, що значно зменшує транспортні затрати на їх переміщення територією ферми.

Величина кормових часток, які використовуються для згодовування тваринам, залежить від виду тварин, їх віку, а також, від біологічного виду сировини. В більшості випадків корм для тварин подрібнюють до певних величин, застосовуючи спеціальні машини. Наприклад, для свиней фуражне зерно подрібнюють до 0,2-1 мм, для корів – до 1-2,6 мм і т. д.

Технологічне устаткування кормоцеху залежить від технології, за якою виконують приготування кормо-сумішей та від біологічного виду тварин. Найбільш раціонально готувати кормо-суміші з різномірної сировини без додаткових обробок, а саме: хімічної, термічної та біологічної. Така технологія є простою, найбільш доступною, менш затратною. Кормові суміші, отримані за такою технологією є найбільш корисними і доброякісними. Послідовність приготування кормів та вибір устаткування для їх переробки показані на рис. 1.5 [5, 23, 26, 27, 29, 30].

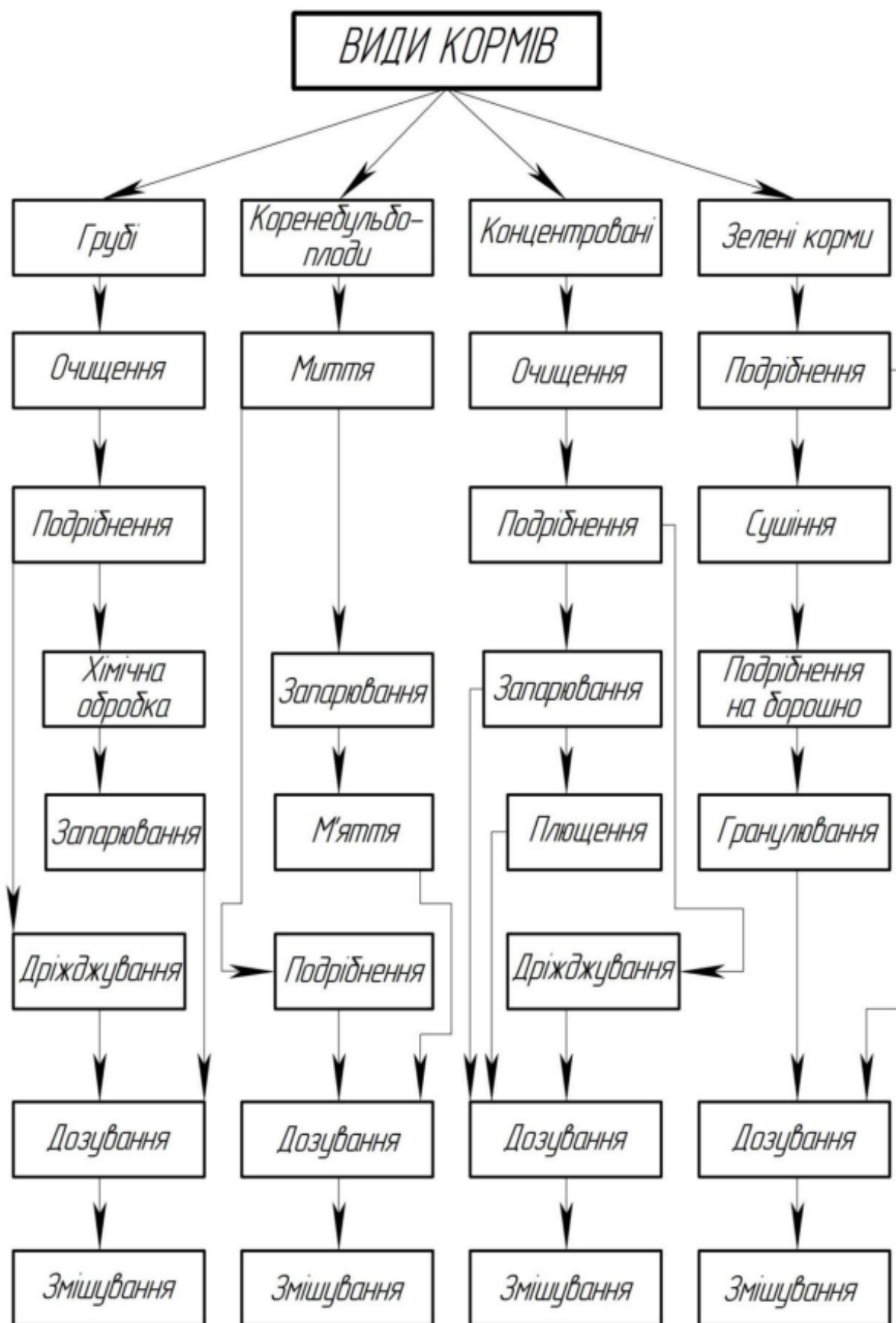


Рисунок 1.5. Схема приготування кормів

На підставі рисунку 1.5 можна комплектувати схеми кормоцехів з відповідними машинами та механізмами (рис. 1.6-1.9).

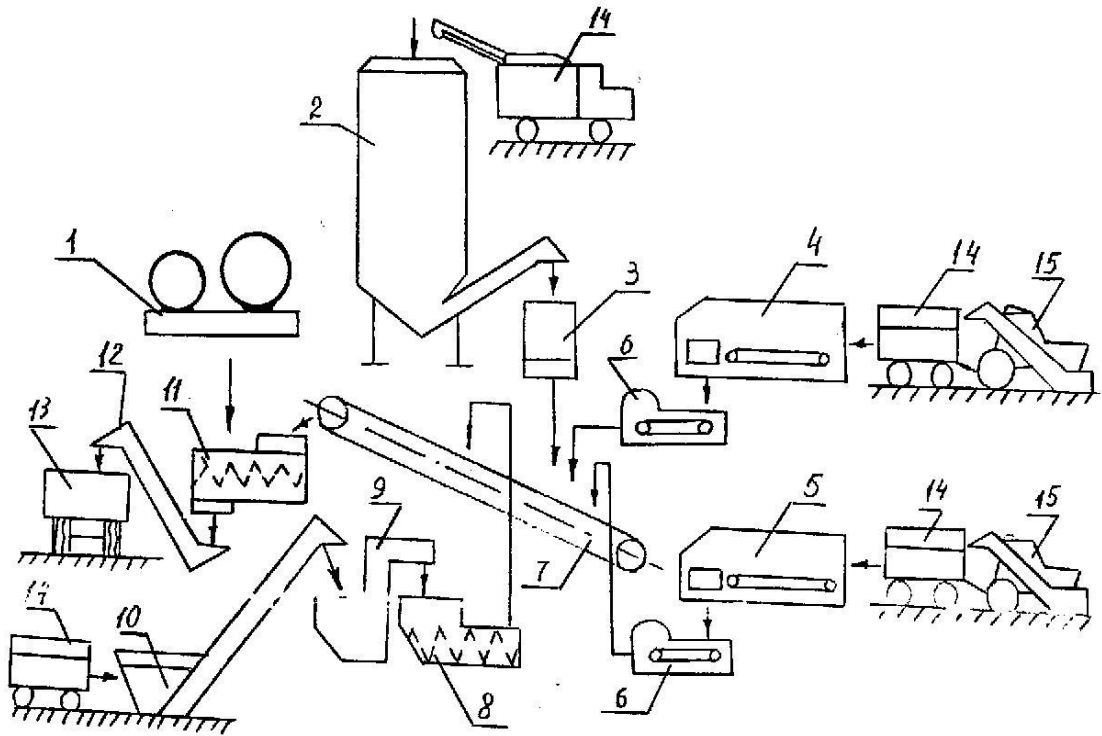


Рисунок 1.6. Схема приготування кормів у кормоцеху КЦК-5:

1 – резервуар із водою; 2 – бункер прийому кормів; 3 – дозатор;
4, 5, 6, 7 - транспортери подачі кормів; 8 – дозатор; 9 – подрібнювач
коренеплодів; 10 – бункер коренеплодів; 11 – змішувач; 12 – транспортер
готових кормів; 13, 14, 15 – транспортні засоби.

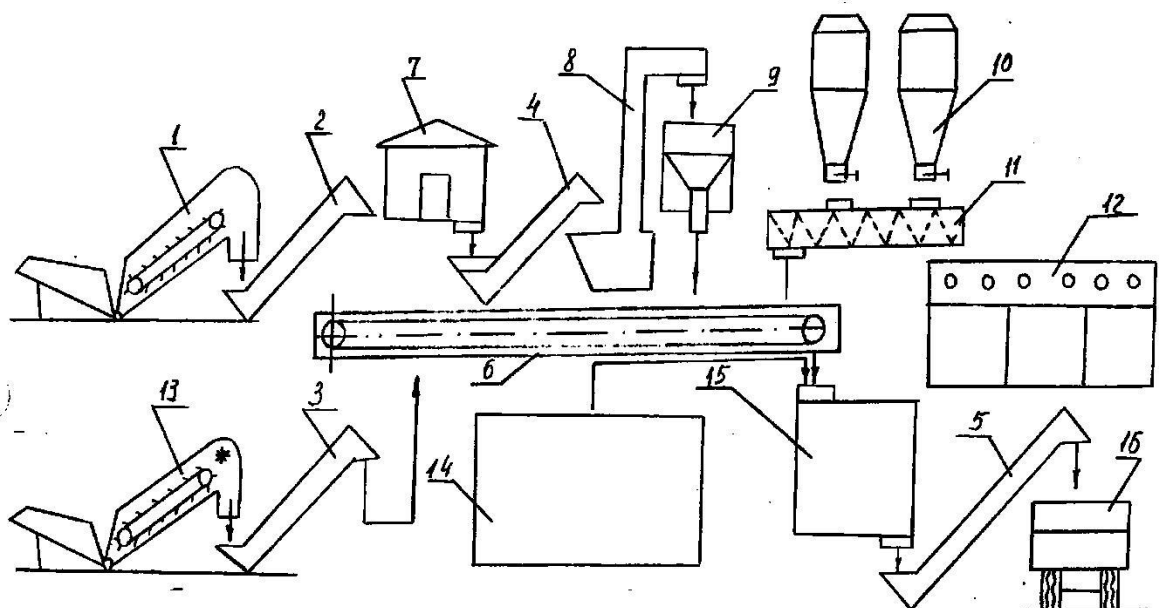


Рисунок 1.7. Схема приготування кормів у кормоцеху КОРК-15:

1, 2, 3, 4, 5, 6 – транспортні механізми; 7, 8, 9 – транспортування, підготовка коренебульб; 10 – склад фуражного зерна; 11 – транспортер; 12 – клерувальний пристрій; 13 – подача грубих кормів; 14 – обладнання для додаткових потреб; 15 – підготовка кормів до згодування; 16 – транспортні засоби.

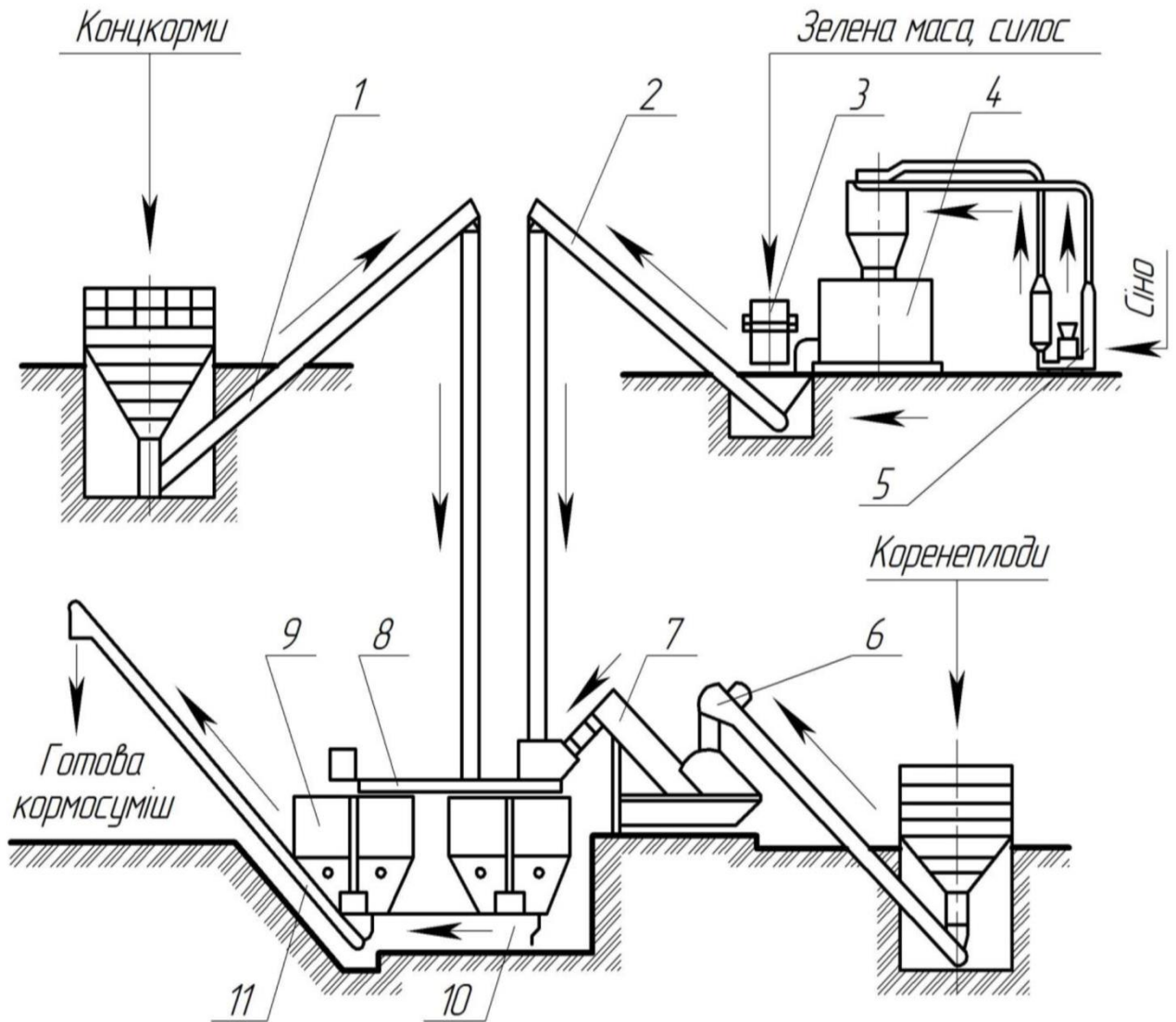


Рисунок 1.8. Типовий кормоцех для відгодівлі тварин

1, 2 – Секції обробки грубих кормів; 3, 4, 5, 6 – секція обробки коренеплодів та зеленої маси; 7, 9, 10 – обробка концентрованих кормів; 8 – секція вітамінних добавок.

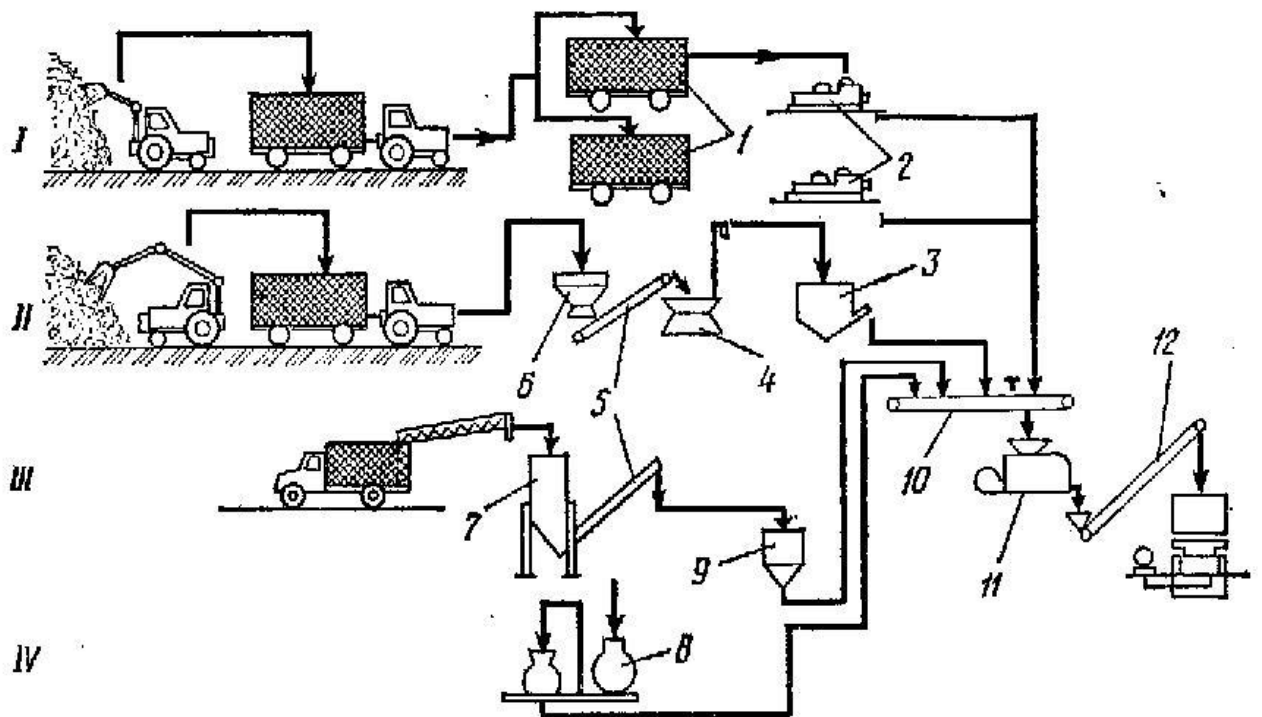


Рисунок 1.9 – Типові лінії приготування кормів:

- I – секція обробки грубих кормів;
- II – секція обробки коренеплодів;
- III – секція обробки концентрованих кормів;
- IV – секція обробки вітамінних добавок.

1.3. Огляд типових машин для забезпечення повноцінної роботи кормоцеху

1.3.1 Машини для подрібнення фуражного зерна

На секцію підготовки фуражного зерна покладено технологічний процес його здрібнення. Для годування тварин передбачені зоотехнічні вимоги, а саме: для корів – крупність часток зернин до 3 мм; для свиней, овець – 1 мм; для птиці – 2-3 мм. Ефективність роботи машини для подрібнення зерна характеризується величиною [4, 27-30]

$$\lambda \frac{D}{d}, \quad (1.1)$$

де λ – коефіцієнт ступеня подрібнення;

D – середній розмір зерна перед подрібненням, мм;

d – середній розмір подрібненого матеріалу, мм.

Таким чином, коефіцієнт λ вказує на скільки часток необхідно здрібнити цілу зернину. Подрібнення фуражного зерна залежить від двох основних показників, а саме: швидкості робочого органу подрібнюючої машини (молотків) та кількості ударів по зернині для досягнення відповідного ступеня здрібнення.

Швидкість молотків, яка необхідна для руйнування зернини, визначається за формулою:

$$v_p = \sqrt{K_D \cdot \sigma_{вст} \cdot \ln\left(\frac{a}{x_1}\right) \cdot \rho}, \quad (1.2)$$

де K_D – коефіцієнт пропорційності;

$\sigma_{вст}$ – статична границя міцності зернини, яка залежить від його типу, кПа;

a – максимальний лінійний розмір зернини, мм;

x_1 – розмір подрібненої частки зерна, мм;

ρ – питома вага фуражного матеріалу, ...

Необхідну кількість ударів по зернині для досягнення відповідного здрібнення визначаємо за формулою:

$$Z = \lambda(\lambda - 0,445) \quad (1.3)$$

Типовим представником машини для здрібнення фуражного зерна є подрібнювач КДУ-2 (рис.1.10)

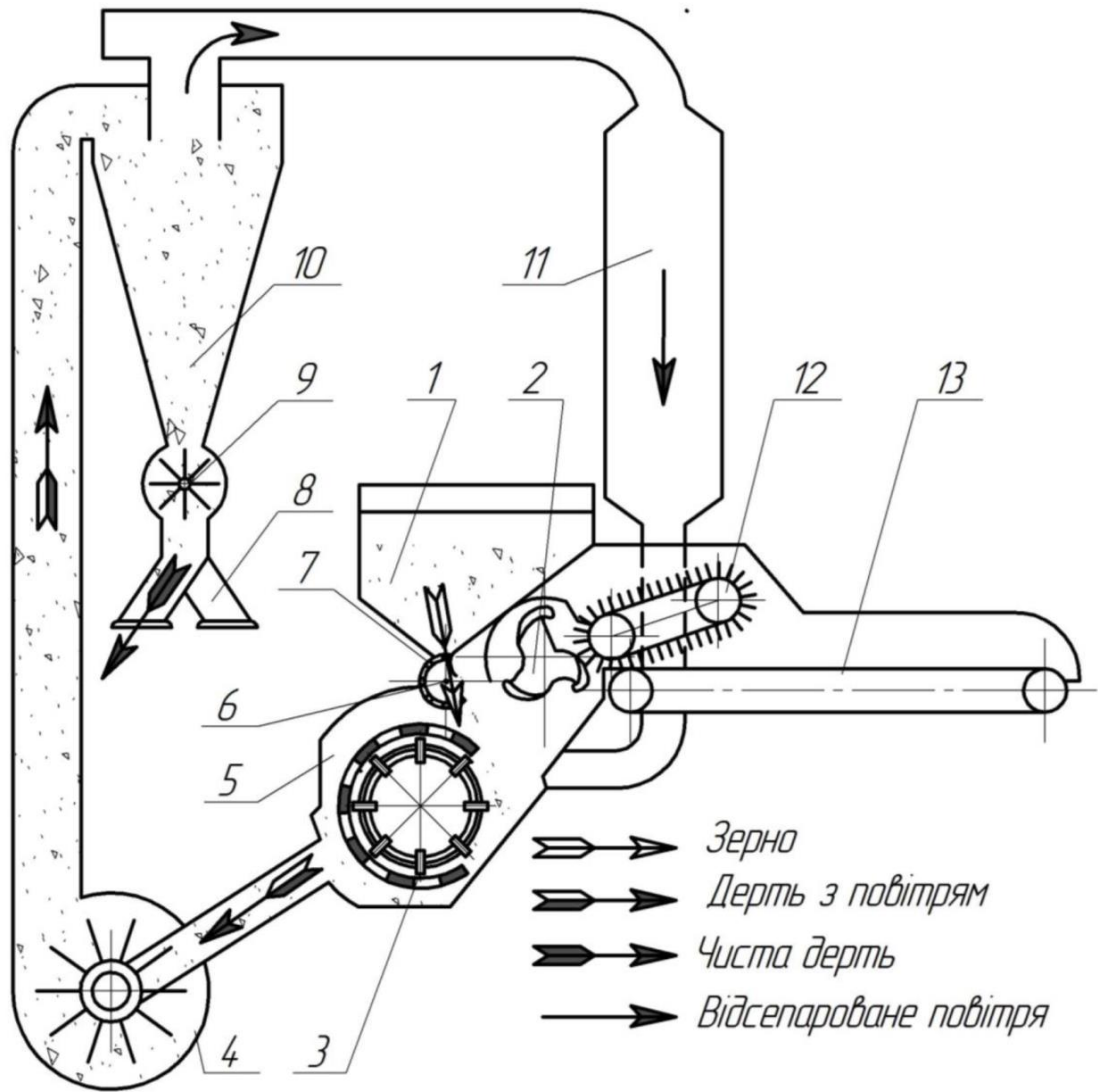


Рисунок 1.10. Схематизація машини для подрібнення фуражного зерна КДУ-2

1 – бункер; 2 – кожух; 3 – подрібнюючий ротор; 4 – вентилятор; 5 – решітки калібрування розмірів дерті; 6 – магніт, відловлював металічних домішок; 7 – регулятор подачі зерна; 8, 9, 10 – механізми вивантаження зернової суміші; 11, 12, 13 – транспортні механізми.

1.3.2 Машини для підготовки коренебульб

Коренебульбоплоди (картопля, буряки, морква) для більшості тварин є основою кормо-сумішей. До тваринницьких ферм коренебульбоплоди поступають забрудненими до 5% і більше. В кормосуміш для згодування тварин їх необхідно подрібнити: для корів частка основної маси подрібнених кормів повинна становити 10-15 мм; для свиней, овець – 7-8; для птиці – мезга. Основна функція секції підготовки та обробки коренебульбоплодів полягає в тому, що їх необхідно помити та очистити від твердих (неїстівних) домішок, а також подрібнити до необхідної для згодування фракції [24, 25, 26, 27, 29, 30].

Для виконання даної технологічної операції використовують комплексну машину ІКМ-5, рис.1.11, або інші з аналогічними функціями.

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_z \cdot k_0, \quad (1.4)$$

де D – зовнішній діаметр шнека, м;

d – внутрішній діаметр валу шнека, м;

S – крок шнека, м;

n – частота обертання механізму, с^{-1} ;

ρ – густина коренебульбоплодів, кг/м^3 ;

k_z, k_0 – коефіцієнти заповнення та нахилу шнекового механізму.

Від необхідної продуктивності Q визначаємо діаметр шнека D , а також крок гвинтової лінії шнека S . Частота обертання вала механізму мийки [24, 26, 27, 29, 30]

$$n = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_3 \cdot k_0} \quad (1.5)$$

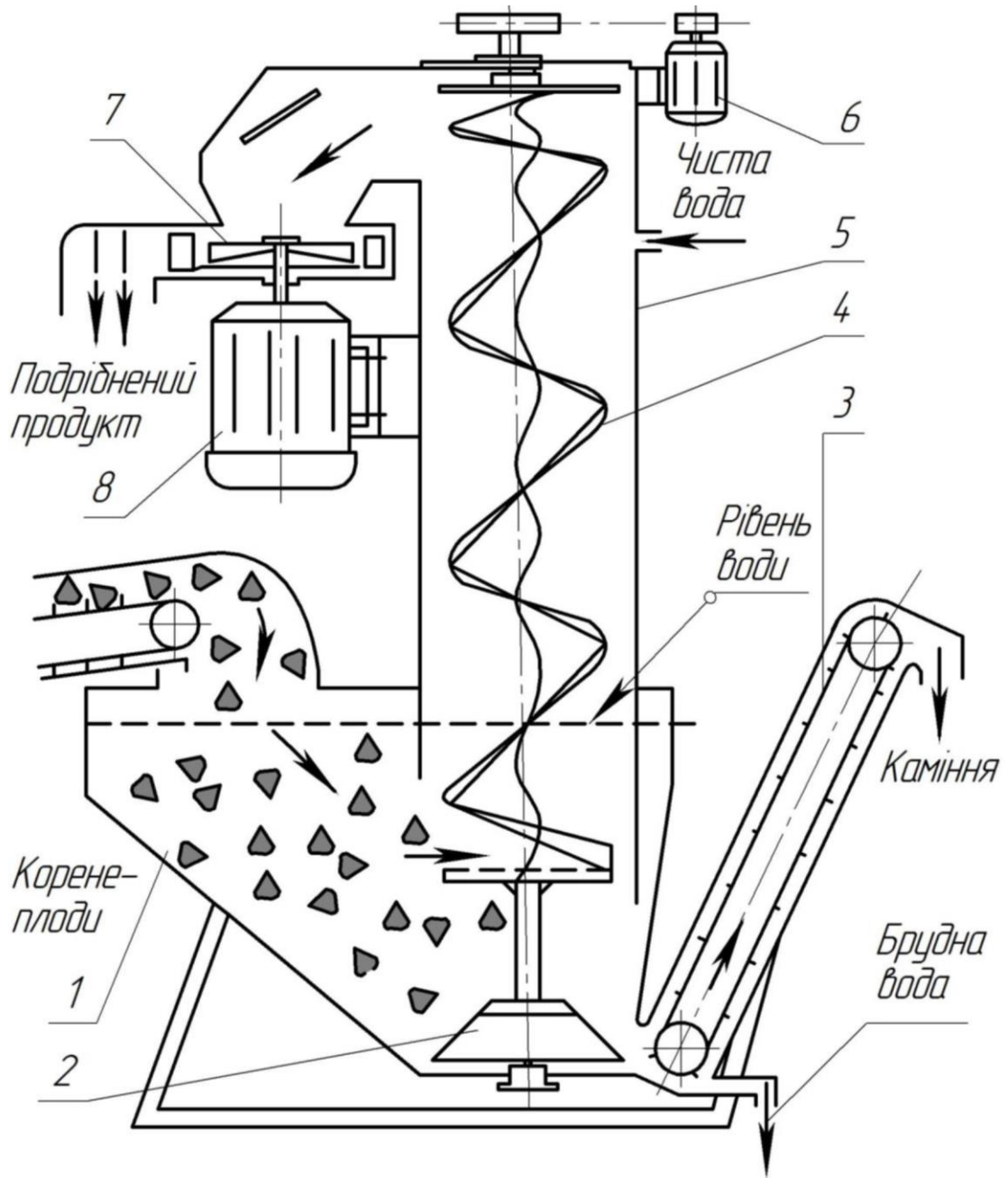


Рисунок 1.11. Схематизація миття та подрібнення коренебульб машиною ІКМ-5:

1 – ванна для миття коренебульбоплодів; 2 – активатор; 3 – механізм видалення домішок; 4 – транспортний шнек; 5 – захисний кожух; 6 – двигун; 7 – подрібнювач; 8 – двигун; 9 – рама.

Конструктивні та кінематичні параметри шнекової мийки залежать від продуктивності [24, 26, 27, 29, 30]

1.3.3 Машини для розшарування та подачі стеблових культур

Стеблові корми є невід’ємною частиною повноцінного годування тварин на фермах. Вони включають такі компоненти, як силос, сіно, солом, кукурудзяні стебла, які поступають у фермерське господарство у різний період року. Для подачі стеблових культур до раціону кормосуміші, їх необхідно перемішати, розшарувати по фракціям.

Для забезпечення достатнього переміщення різних фракцій стеблових культур. Для подальшого поєднання з іншими компонентами корму у кормоцехах використовують нагромаджувачі-живильники, технологічна схема, якого показана на рисунку 1.12.

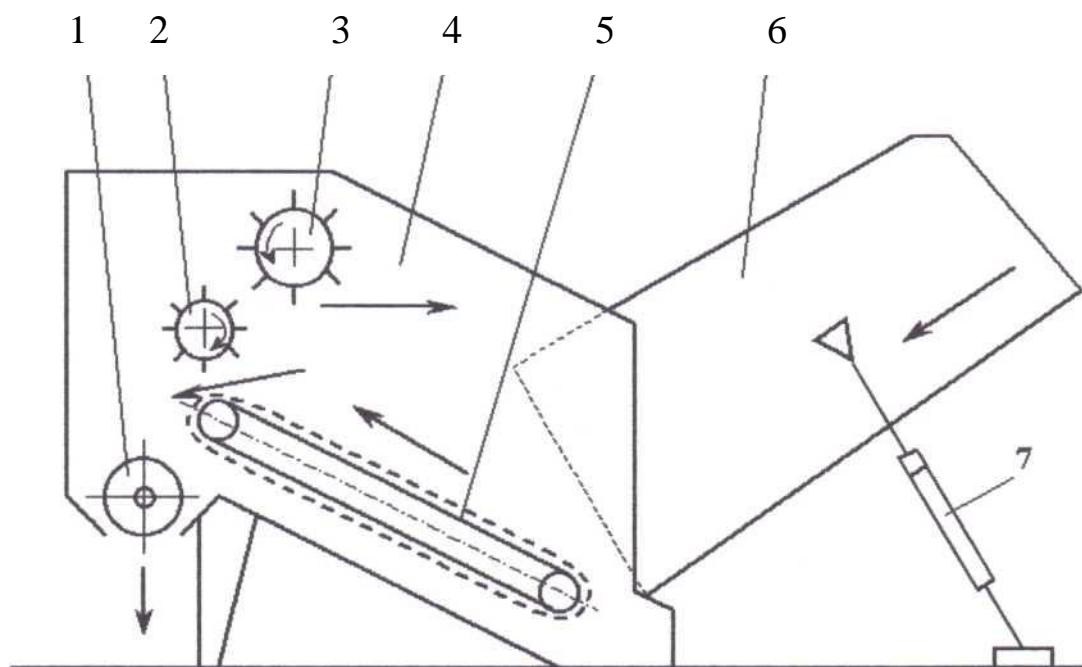


Рисунок 1.12. Схематизація технологічного процесу живильника ШМ-1.5:

- 1 – шнековий транспортер; 2 – бітер розподілу стеблових культур;
3 – вирівнювальний бітер; 4, 5 – механізм подачі стеблових культур;
6 – бункер; 7 – гідропривід.

Продуктивність живильника регулюється швидкістю подачі речовини, а також висотою та шириною її потоку [24, 26, 27, 29, 30].

$$Q_{\text{Ж}} = a \cdot b \cdot v \cdot \rho, \quad (1.6)$$

де a – висота потоку стеблових культур, м;

b – ширина бітера, м;

v – швидкість подачі сировини, м/с;

ρ – густина стисненої суміші стеблових культур, кг/м³.

Для енергетичних розрахунків живильників визначаємо потужність приводу [24, 26, 27, 29, 30].

$$N = N_{\text{Ж}} + N_{\text{ХХ}} + N_{\text{ВП}}, \quad (1.7)$$

де $N_{\text{Ж}}$ – потужність затрачена на транспортування та притискання стеблових культур, Вт;

$N_{\text{ХХ}}$ – потужність холостого ходу транспортних механізмів, Вт;

$N_{\text{ВП}}$ – потужність затрачена на роботу гідроциліндра, Вт.

1.3.4. Машини для подрібнення стеблових кормів.

Для подрібнення стеблових культур в більшості випадків використовують дискові робочі органи. На дисках встановлені ножі, леза яких рухаються в площині кола рисунок 1.13.

Продуктивність та потужність дискових соломо-силорізок визначаються за формулами [24, 26, 27, 29, 30]

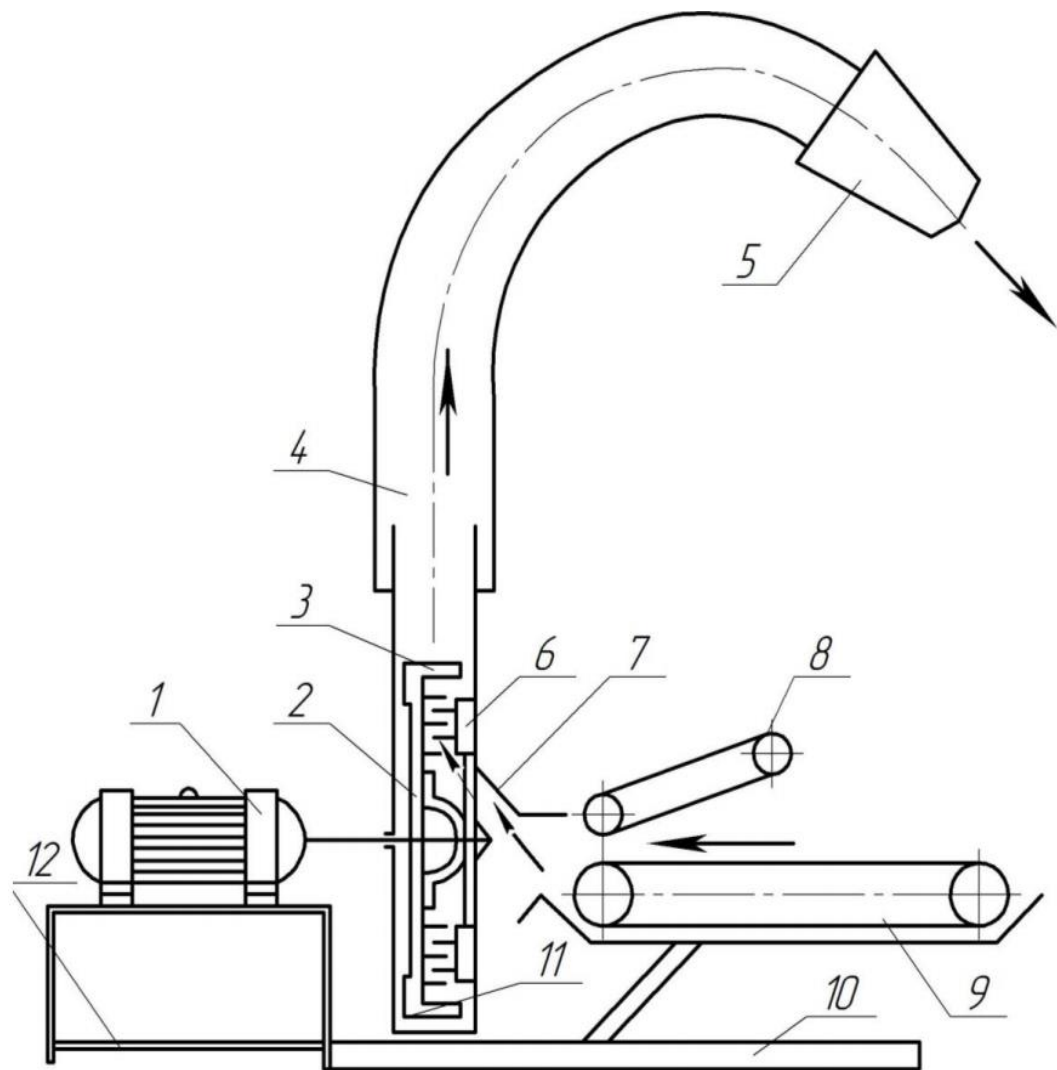


Рисунок 1.13. Схематизація роботи соломо-силорізки ІГК-Ф-4-1

1 – двигун; 2 – ротор; 3 – диски; 4, 5 – канали відвантаження; 6 – ножі;
7 – камера порізки стеблових кормів; 8,9 – притискаючий механізм;
10 – станина; 11 – кожух; 12 – рама електродвигуна.

$$Q = a \cdot b \cdot l_{\min} \cdot \rho \cdot n \cdot z, \quad (1.8)$$

$$N = q \cdot l_p \cdot v \cdot k, \quad (1.9)$$

де a, b – геометричні параметри горловини, M ;

l_{min} – мінімальна величина вихідного подрібненого продукту, M ;

ρ – густина стиснутої маси силосу чи соломи, кг/м^3 ;

n – частота обертання дисків с^{-1} ;

z – кількість ріжучих органів, шт.;

q – питомий опір порізки, Н/м ;

l_p – лінійний розмір ножа, м ;

V – швидкість порізки, м/с ;

k – коефіцієнт, який залежить від геометричних параметрів горловини, $k = \frac{a}{b} = 0,25 \div 0,45$.

1.4. Технологічні схеми прибирання та утилізації гною

1.4.1. Вимоги до прибирання та переробки гною

Сучасні тваринницькі ферми несуть значні затрати на відведення та переробку посліду життєдіяльності тварин, які складають за приблизними даними 30-40% від загальних капіталовкладень на їх утримання.

На нових фермах по відгодівлі тварин необхідно використовувати технології, які сприятимуть зменшенню рівня вологості, викидів метану та аміаку всередині приміщень. Дані фактори сприяють покращенню мікроклімату, що підвищує комфортність для обслуговуючого персоналу та самих тварин, а також подовжує термін роботи машин та механізмів задіяних для технологічних процесів ферми [19, 20, 26, 27].

До сучасних технологій по утилізації гною передбачені наступні вимоги:

- систематичне та якісне прибирання тваринницького посліду з приміщень, де вони утримуються з мінімальною затратою води та енергоресурсів;

- категорично не допускати підвищення вологості та загазованості приміщення, які негативно впливають на життєдіяльність тварин та обслуговуючого персоналу;
- мінімалізувати затрати ручної праці;
- лінії по прибиранні тваринницького посліду необхідно максимально автоматизувати;
- мінімізувати забруднення навколишнього середовища;
- максимально зберігати якість гною, як органічного добрива.

Об'єкти, на які звозять тваринницький послід з ферм з подальшою його переробкою, необхідно розміщати нижче населених пунктів, водойм по рельєфу місцевості.

1.4.2. Схеми та технології по утилізації гною

Для складання технологічної лінії по прибиранню гною необхідно врахувати наступні обставини: вид тварин та їх кількість, умови утримування тварин.

На практиці використовують наступні технологічні схеми прибирання, переробки та транспортування гною. Поступові технологічні операції для тварин: очищення приміщення від гною; транспортування в стічні канали; транспортування гною вздовж приміщення ферми; навантаження в транспортні засоби та перевезення до гноєсховища; розділення на фракції; вивіз органічних добрив на поля.

На рис. 1.14, 1.15 наведено типові технологічні схеми очищення фермерських приміщень від гною [16, 29, 30].

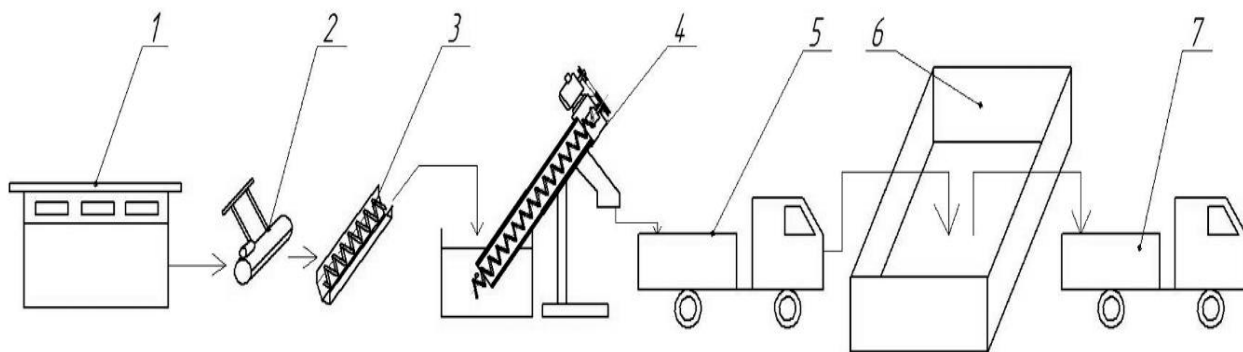


Рисунок 1.14. Технологічна схема утилізації гною малої тваринницької ферми:

1 – приміщення ферми; 2 – самохідний очисний механізм; 3 – канали транспортування гною; 4 – проміжне гноєсховище, навантажувальний спірально–гвинтовий транспортер; 5 – автотранспорт; 6 – гноєсховище; 7 – навантаження гною для вивозу на поле.

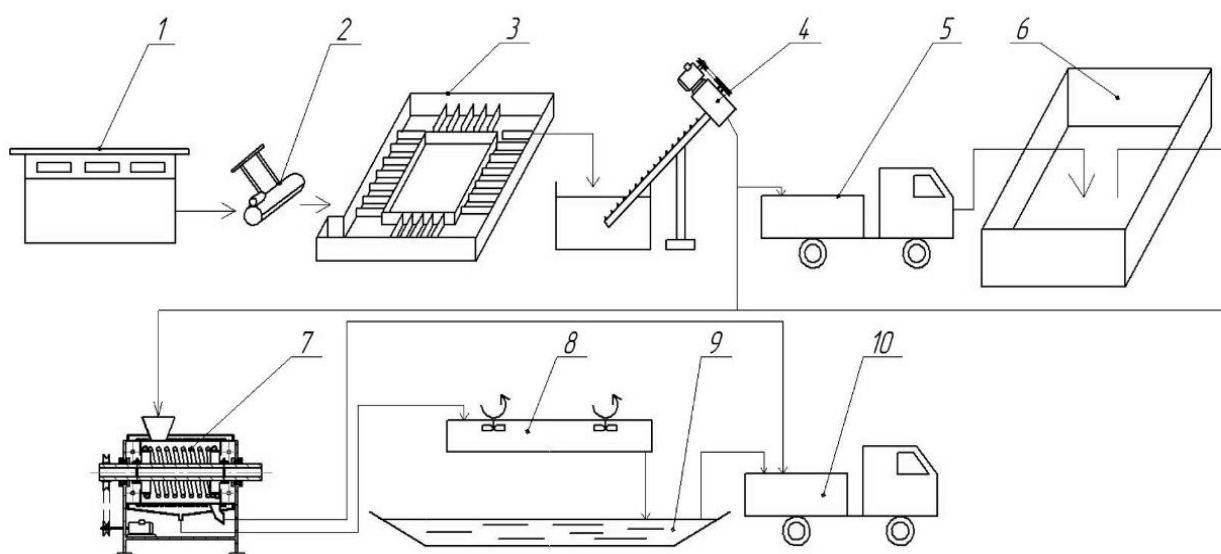


Рисунок 1.15. Технологічна схема утилізації гною великої тваринницької ферми:

1 – приміщення ферми; 2 – самохідний очисний механізм; 3 – канали транспортування гною; 4 – проміжне гноєсховище, навантажувальний спірально–гвинтовий транспортер; 5 – автотранспорт; 6 – гноєсховище; 7 – сушарка гною; 8 – біоочисник; 9 – очисник рідкої фракції гною; 10 – навантаження гною для вивозу на поле.

1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи

За мету дипломної роботи магістра ставимо розробити план ферми для відгодівлі 1000 голів овець для отримання шерсті. Провести технологічні розрахунки механізмів і машин для утилізації гною. Провести аналіз типових генеральних планів фермерських господарств, а також кормоцехів, які забезпечують повноцінне годування тварин. Виконати конструкторсько-технологічні розрахунки, вдосконалення механізмів видалення гною із ферми.

Для модернізованих механізмів видалення гною провести технологічні, кінематичні, енергетичні розрахунки та розрахунки на міцність та жорсткість найбільш навантажених деталей.

У роботі розробити заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності на вівцефермі.

Основні технологічні та розрахунки модернізованої машини відобразити у графічній частині.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

2.1. Визначення розмірів приміщення для утримання тварин

Основним об'єктом будь-якої тваринницької ферми – це приміщення у якому утримуються тварини. Вони повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормам, бути безпечними із точки зору пожежної безпеки, просторими, з вільним доступом до тварин із точки зору годування та прибирання гною.

При проектуванні приміщення для утримання стада овець слід передбачити вільний проїзд автотранспорту між боксами у яких утримуються вівці, а також допоміжні комунікації для годування та видалення гною (рис.2.1) [26, 27].

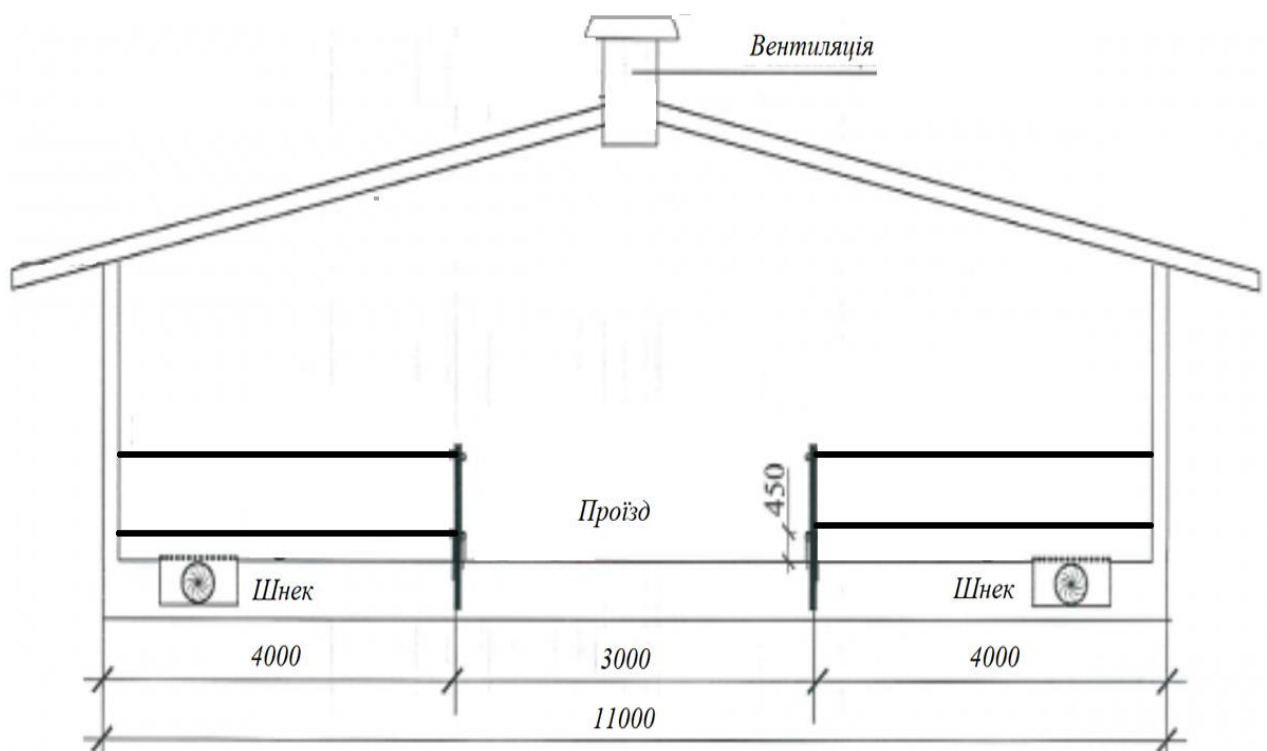


Рисунок 2.1. Схематизація поперечного перетину тваринницької ферми для двохрядного утримання стада овець

Площа фермерського приміщення для запланованої групи овець визначаємо за формулою [26, 27]:

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

де a – передбачена площа необхідна для однієї тварини, яка утримується у одному боксі, $a = 0,82\text{м}^2$;

N – кількість голів тварин , $N=1000$ голів.

Отже

$$A = 0,82 \cdot 1000 = 820\text{м}^2.$$

Використовуючи санітарно-гігієнічні норми утримування овець для виробництва шерсті [26, 27], приймаємо довжину боксу $c=4\text{м}$, $b=1,6\text{м}$, тоді ширина приміщення ферми:

$$B = 2 \cdot c + 3 = 2 \cdot 4 + 3 = 11 \text{ м}; \quad (2.2)$$

Довжина приміщення ферми:

$$L = 1,6 \cdot 50 = 80\text{м}. \quad (2.3)$$

У приміщенні утримуємо 1000 голів тварин при дворядному розміщені боксів (рис.2)

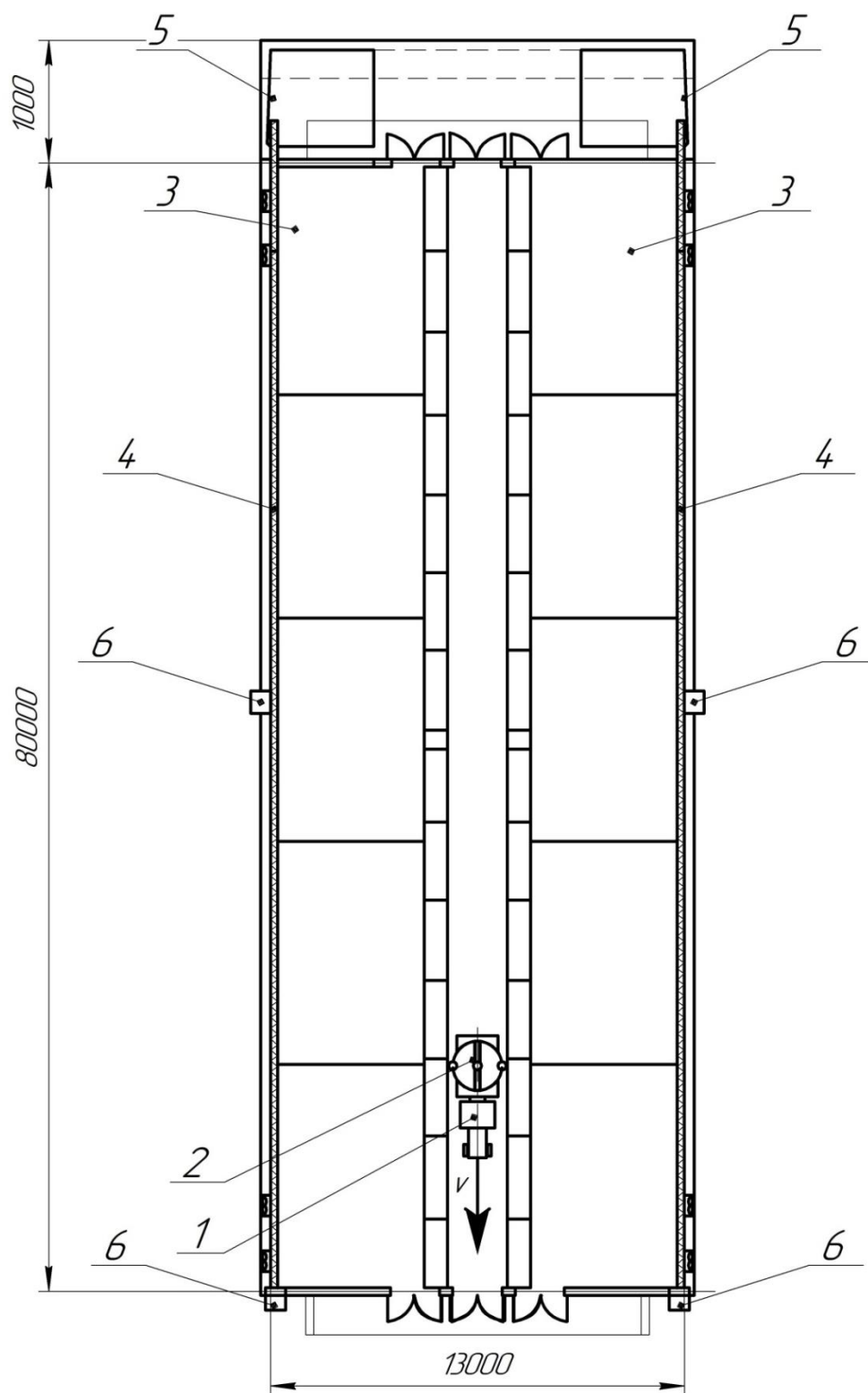


Рисунок 2.2. Схематизація приміщення для утримування 1000 голів овець:

1 – мобільний роздатчик кормів; 2 – бункер; 3 – бокс для утримування групи овець; 4 – механізм транспортування гною; 5 – ємність для накопичення гною; 6 – електропривід.

2.2. Гній овець та його властивості

Гній тварин є складною полідисперсною сумішшю, яка включає тверді та рідкі речовини. Основними характеристиками гною є його вологість, яка залежить від сумарних твердих та рідких екскрементів, видів та кількості підстилки, а також від системи утримання тварин.

Вівці, які утримуються для отримання шерсті виділяють 3,5кг твердих і 2 кг рідких екскрементів на добу. Для утримання овець використовується підстилочний матеріал у кількості 1,5 кг на одну тварину. Суміш гною та підстилки має вологість 70-80%. Своєчасне прибирання гною запобігає забрудненню шерсті тварин, а також покращує санітарно-гігієчні показники ферми [26, 27]. Сукупна густина відходів життєдіяльності та утримування овець складає 1010-1040 кг/м³. Дані показники є визначальними для вибору засобів механізованого прибирання гною тварин. При призначенні та проектуванні засобів гноєвидалення необхідно враховувати тертя гною по робочим поверхням і його липучість, числові характеристики, яких залежать насамперед від вмісту кількості вологи.

2.3. Аналіз поломок існуючих гноєприбиральних машин

Вивчення рекламаций гноєприбирального обладнання тваринницьких ферм, вказує на те, що більшість поломок відбуваються в похилому транспортері [19, 20, 23]. Причини виходу з ладу похилого транспортера:

- під час технологічної зупинки проходить відкладення твердих фракцій матеріалу на основі транспортера та його затвердіння, що зумовлює збільшення зусиль на транспортування технологічної сировини;

- при транспортуванні рідкої фракції гною, рідина накопичується в нижній частині жолоба похилого транспортера, переливається на опори кочення приводного механізму, що сприяє швидкому зносу деталей та їх корозії;
- привід поворотного пристрою розміщений за межами будівлі ферми в зимовий період примерзає, що приводить до зростання навантажень на привідний механізм, що прискорює вихід з ладу ланцюга, зірочки поворотного пристрою;
- технологічна сировина (гній) сприяє корозії, а це в свою чергу, збільшує силу тертя між скребками та листовим металом дна жолоба, що сприяє утворенню дефектів, які сприяють руйнуванню або поломці самих скребків;
- під час експлуатації похилого транспортера є необхідність постійного регулювання натягу ланцюга, при недостатньому натязі проходить зіскакування ланцюга з поворотних та привідних зірочок, а занадто затягнутий до заклинювання та зупинки механізму в цілому.

Завантаження гною недопустимо на нерухомий транспортер, оскільки при його запуску виникають значні динамічні навантаження, що можуть призвести до значних поломок механізму та його зупинки.

При проектуванні нової тваринницької ферми слід використати більш надійний транспортний засіб для транспортування гною. Модернізація існуючих скребкових транспортерів, а саме, заміна конструкції, використання більш якісних матеріалів і т. д. приведе до значного подорожчання машини.

Пропонуємо замінити існуючий скребковий транспортер, більш простішим та надійнішим транспортером, а саме, шнековим механізмом.

2.4. Гвинтові шнекові транспортери

Шнековий транспортер (рис. 2.3) це гвинтовий механізм, який використовується для транспортування сипучих та напівсипучих речовин,

складається із кожуха і гвинта. При обертанні гвинта, технологічному матеріалу який знаходиться у середині кожуха, надається поступальний рух [9, 18].

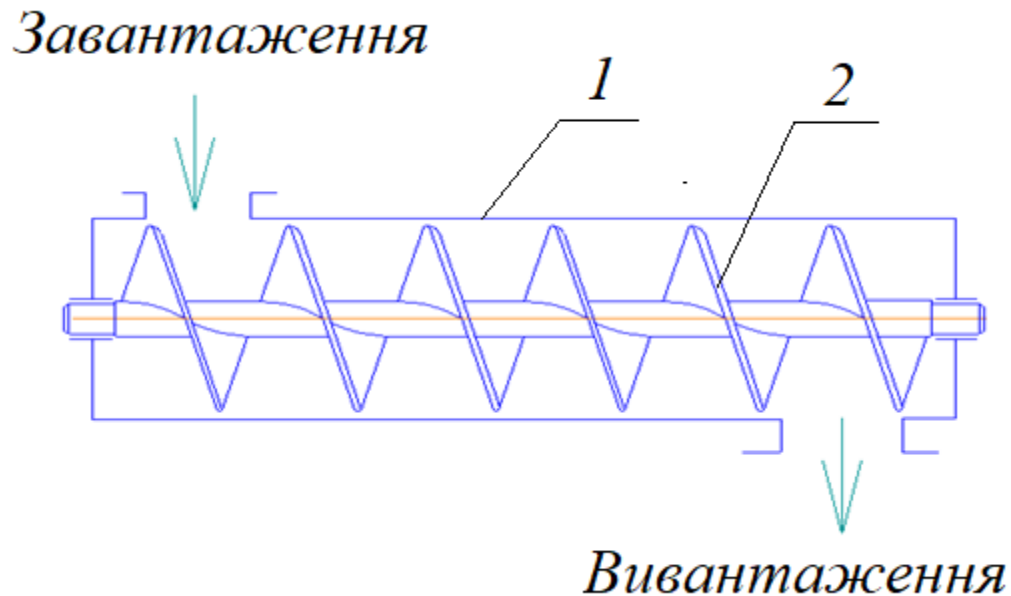


Рисунок 2.3. Кінематична схема шнекового транспортера:

1 – кожух; 2 – гвинт.

Шнекові транспортери мають ряд переваг над іншими транспортними механізмами, а саме:

- шнекові(гвинтові) механізми малогабаритні, відношення габаритних розмірів різноманітних транспортних засобів і їх продуктивність до одиниці площі вказують на те, що шнекові механізми є найбільш вигідними по відношенню до інших;
- кількість кінематичних пар кочення, а саме підшипників обмежена, робочий орган (шнек) транспортера по краях монтується на підшипниках кочення, а при великій довжині гвинта через кожні 3-5 метрів встановлюються додаткові пари кочення, для забезпечення надійності роботи механізму необхідно регулярно проводити огляд підшипникових вузлів та їх змащення мастилом;
- розвантаження шнекового транспортера проводиться самостійно, без використання додаткових засобів;

- робочий орган гвинтового транспортного механізму монтується у закритому, або напівзакритому корпусі (виконаного із металу, пластику, бетону), що забезпечує безпечну роботу машини при експлуатації;
- привід шнекового транспортера порівняно простий, це може бути пасова, ланцюгова передача, або використання простого зубчастого редуктора;
- гвинтові транспортери малокомплектні, тому і їх вартість значно нижча за інші транспортуючі засоби;
- шнекові транспортери менш енергозатратні за інші транспортуючі машини;
- встановлення та монтування шнекового транспортера малозатратне, не потребує високої кваліфікації робітників і складних комунікацій.

До недоліків гвинтових транспортерів слід віднести:

- довжина одного шнека обмежена до 40 метрів, а продуктивність залежить від кінематико конструктивних розмірів;
- транспортуючий матеріал має відповідати певним фізико-механічним властивостям, а саме: бути однорідним обмеженим за клейкістю відсутністю габаритних включень, які могли б клинути вал гвинта;
- проектування та монтаж шнекового транспортера повинен забезпечити вільний доступ до гвинта, не монтуючи кожух чи жолоб;
- крихкий матеріал, що транспортується шнековим транспортером унаслідок тертя об кожух може дробитися;
- у процесі транспортування сировина значно переміщується [9, 29, 30].

Описані переваги та недоліки шнекових транспортерів вказують на те, що їх доцільно використовувати у фермерських господарствах для транспортування різноманітної сипучої сировини та гною. Розміщення вала шнека у бетонній канаві у приміщенні тваринницької ферми значно покращує монтаж та експлуатацію транспортного механізму.

Основним робочим органом шнекового транспортера є гвинт. У залежності від технологічної сировини, яку транспортує механізм гвинти класифікують на суцільні, стрічкові, спіральні та лопатеві (рис. 2.4).

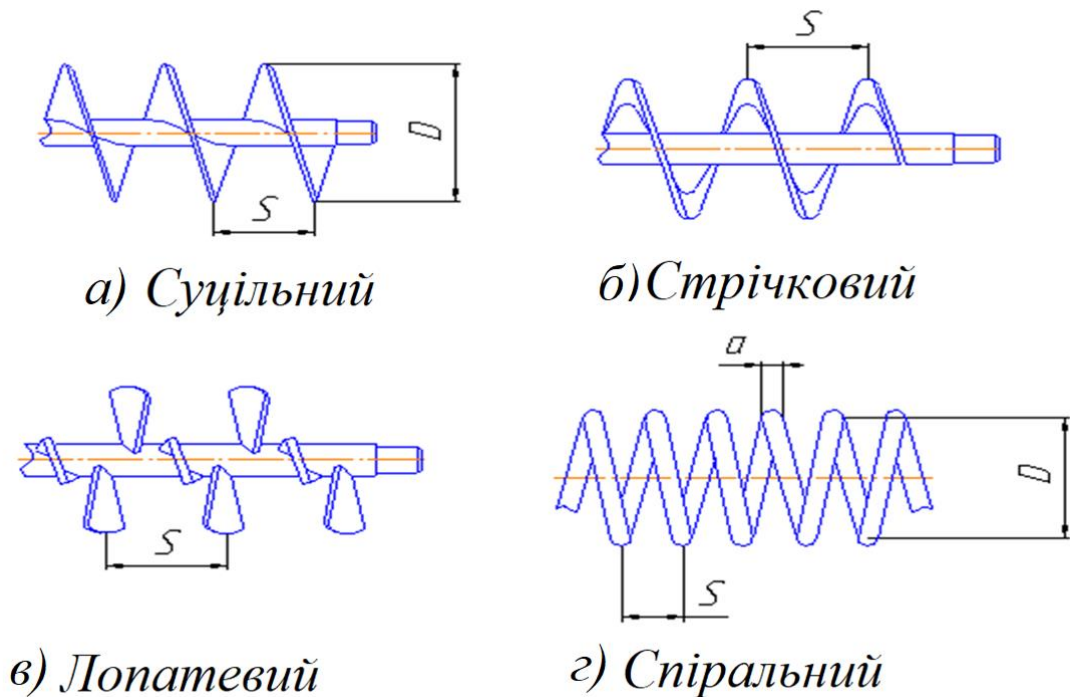


Рисунок 2.4. Види робочих органів шнекових транспортерів:

а – суцільний; б – стрічковий; в – лопатевий; г – спіральний.

У залежності від напрямку руху приводу гвинтові транспортери розділяють на ліві та праві. Для збільшення продуктивності сипучої сировини з малою питомою вагою можна застосовувати багатозаходні гвинтові завивки.

Гвинти із суцільною навивкою (див. рис. 2.4 а) використовують для транспортування сипучого матеріалу, наприклад, зернових культур, піску, муки, комбікормів. Для транспортування технологічної сировини, яка складається із різноманітних компонентів, наприклад гній тваринницьких ферм, який включає солому, сечу та кал, використовують лопатеві гвинти (див. рис. 2.4 в).

Технологічна сировина у шнекових транспортерах незалежно від механічних та фізичних властивостей переміщається вздовж осі гвинта за рахунок сил тертя між сировиною та поверхнями шнека. Також шнекові

механізми у залежності від швидкості обертання гвинта класифікують на тихохідні та швидкохідні. Швидкохідні, при частоті обертання гвинта більшими від 200 обертів за хвилину, використовують для транспортування сипучих матеріалів, а тихохідні відповідно коли швидкість обертання менша за 200 обертів за хвилину, для транспортування в'язких, різнокомпонентних матеріалів, у нашому випадку це гній тваринницької ферми.

На рисунку 2.5 показані форми бункерів завантаження технологічної сировини від яких залежить продуктивність шнекового транспортера [9, 12].

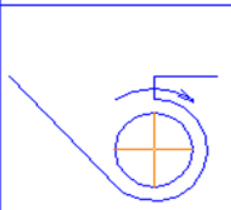
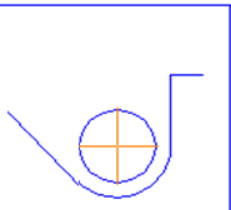
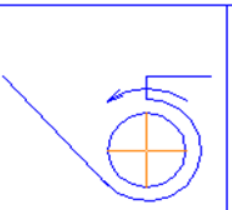
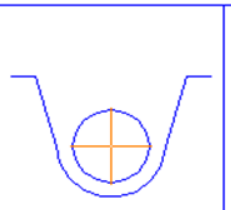
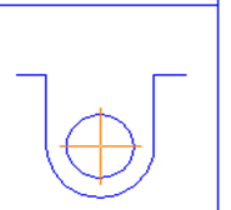
<i>Форма бункера</i>				
				
<i>0,62</i> <i>а)</i>	<i>0,73</i> <i>б)</i>	<i>0,78</i> <i>в)</i>	<i>0,94</i> <i>г)</i>	<i>1,00</i> <i>д)</i>

Рисунок 2.5. Конструктивні схеми форм бункерів та їх вплив на продуктивність шнекового транспортера

У тваринницьких фермах із метою запобігання заклинювання технологічної сировини рекомендовано використовувати форму завантажувального бункера (див. рис. 2.5 г, д). Направляючі канали такого типу доступно виконати у приміщенні ферми. Шнековий механізм (гвинт) розміщується у бетонному жолобі. Таким чином, бетонний жолоб служить кожухом транспортера, що спрощує його конструкцію. Для видалення гною із приміщення ферми використовуємо два шнеки довжиною по 40 метрів. Вал шнекового гвинта виготовляють із окремих секцій довжиною 5 метрів.

З'єднання секцій використовують за допомогою фланців. Для забезпечення горизонтальної жорсткості кожна секція встановлюється на окремих опорах, які не допускають прогину гвинта та тертя периферії шнеків по поверхні бетонної канами. Форма поперечного перетину вала – труба круглого поперечного перетину.

2.5. Визначення добового виходу екскрементів тваринами ферми

У тваринницькій фермі у якій утримується 1000 голів овець використано форму їх утримування в окремих боксах по сто голів у кожному. Особливості цього способу полягають у тому, що основні технологічно-виробничі процеси по їх обслуговуванні, а саме: годування, видалення гною, напування; проходить у індивідуальних боксах. Такий спосіб доцільний при отриманні вказаної кількості овець. Бокси у тваринницькій фермі такого типу рекомендовано розміщувати у два ряди по 500 голів тварин у кожному (див. рис. 2.1, 2.2).

При такій формі утримуванні овець добовий вихід екскрементів визначимо за формулою [26, 27, 29, 30]:

$$q_{доб} = q_K + q_C + q_{П}; \quad (2.1)$$

де q_K - добовий вихід калу від однієї вівці, $q_K = 3,5\text{кг}$;

q_C - добовий вихід сечі від однієї вівці, $q_C = 2,0\text{кг}$;

$q_{П}$ - рекомендована норма підстилки на одну вівцю, $q_{П} = 1,5\text{кг}$.

$$q_{доб} = 3,5 + 2,0 + 1,5 = 7,0\text{кг}.$$

Вихід залишків утримування овець які знаходяться у одному ряді становлять:

$$Q_{\text{доб}} = q_{\text{доб}} \cdot n, \quad (2.2)$$

де n - кількість овець одного ряду, $n = 500$ кг.

$$Q_{\text{доб}} = 7,0 \cdot 500 = 3500 \text{кг},$$

Для розрахунку механізмів видалення залишків життєдіяльності тварин слід визначити вологість свіжого гною:

$$W_{GB} = \frac{q_K \cdot W_K + q_C \cdot W_C + q_{II} \cdot W_{II}}{q_{\text{доб}}}, \quad (2.3)$$

де W_K - вологість калу, $W_K = 83\%$;

W_C - вологість сечі, $W_C = 100\%$;

W_{II} - вологість підстилкового матеріалу, $W_{II} = 10\%$.

$$W_{GB} = \frac{3,5 \cdot 83 + 2,0 \cdot 100 + 1,5 \cdot 10}{7,0} = 72,2\%.$$

Для нормального функціонування шнекового транспортного механізму, необхідно забезпечити кінцеву вологість гною $W_{ГК} = 90\%$. Розраховуємо кількість води, яку використовуємо на миття одного боксу і одночасного розбавлення гною до відповідної консистенції:

$$Q_B = \frac{q_{\text{доб}} \cdot (W_{ГК} - W_{GB}) \cdot n}{100 - W_{GB}}, \quad (2.4)$$

де Q_B - подача води на один бокс, кг;

$W_{ГК}$ - необхідна вологість гною, $W_{ГК} = 90\%$;

$$Q_B = \frac{70 \cdot (90 - 72,2) \cdot 50}{100 - 72,2} = 2240 \text{ кг}.$$

Добовий вихід екскрементів із одного ряду тварин становить:

$$Q_0 = Q_{\text{доб}} + Q_B = 3500 + 2240 = 5740 \text{ кг}.$$

При середній густині гною $\rho_{\text{гною}} = 1040 \text{ кг/м}^3$ об'єм відходів життєдіяльності 500 тварин овець, що знаходяться в одному ряду становить

$$V_0 = \frac{Q_0}{\rho_{\text{гною}}} = \frac{5740}{1040} = 5,52 \text{ м}^3. \quad (2.5)$$

Прибирання гною із приміщення ферми проводимо двічі на добу протягом роботи транспортера $t = 30$ хвилин, для цього необхідно забезпечити його продуктивність

$$Q_{\text{мп}} = \frac{Q_0}{2 \cdot t} = \frac{5,740}{2 \cdot 0,5} = 5,74 \text{ м}^3 / \text{год}. \quad (2.6)$$

Об'єм одного гноєзбірника тваринницької ферми очищення якого відбувається раз на дві доби:

$$V_m = 2 \cdot K \cdot V_0, \quad (2.6)$$

де K - коефіцієнт запасу об'єму, який враховує непередбачені обставини,

$$K = 1,7;$$

Об'єм та вага гною, яка назбирується у гноєзбірнику:

$$V_m = 2 \cdot 1,7 \cdot 5,52 = 18,8 \text{ м}^3;$$

Маса гною:

$$G_T = V_m \cdot \rho = 18,8 \cdot 1040 = 19552 \text{ кг}.$$

2.6. Визначення кінематичних та конструктивних параметрів шнекового транспортного механізму

Основним робочим органом більшості вантажно-розвантажувальних сільськогосподарських машин являються шнекові механізми. Специфіка їх роботи, зумовлена різноманітністю технологічних процесів, які вони виконують а також фізико-механічними властивостями транспортованого матеріалу, що визначає номенклатуру та конструктивні параметри транспортуючого шнекового механізму.

Принципова схема роботи шнекового транспортера, показана на рисунку 2.6. Технологічна речовина (гній) поступає в бункер – 4, у якому вмонтовано вал шнека – 5. Далі матеріал попадає на шнек – 3, який знаходиться на кінцях транспортера у бетонному жолобі – 8.

Привід транспортуючого механізму відбувається за рахунок електродвигуна – 1 за допомогою передачі – 2. Бункер кріплять на бетонній опорі. Вивантаження технологічно сировини проходить в ємність – 6, кінець транспортера кріпиться кронштейном – 7.

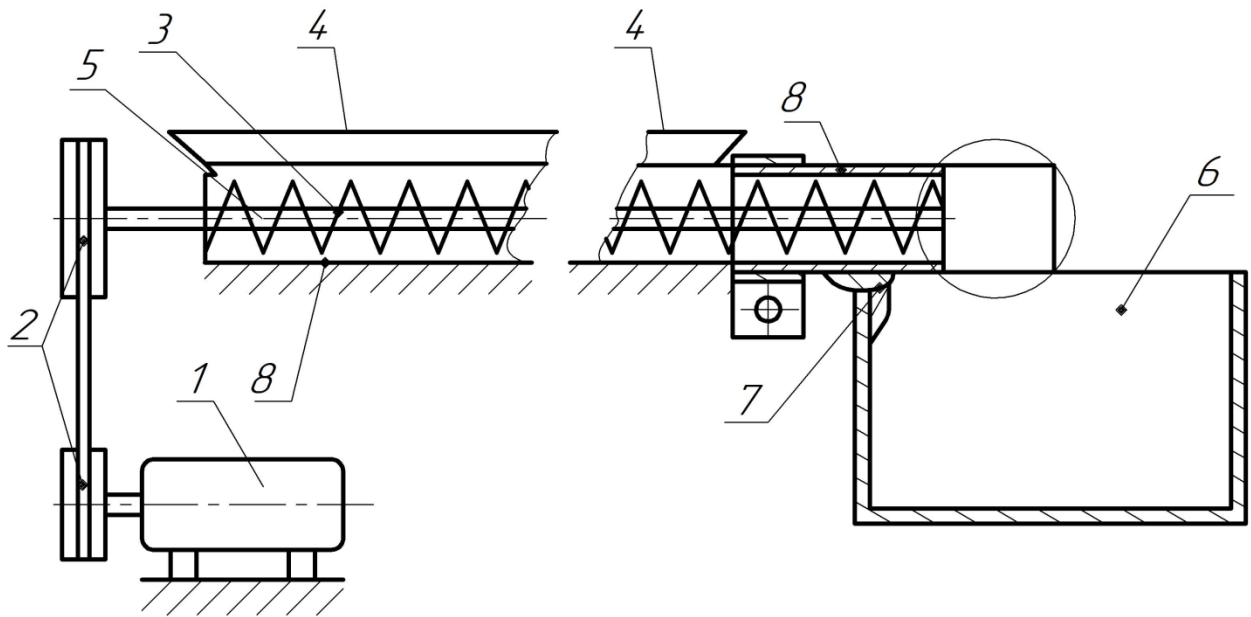


Рисунок 2.6. Схематизація роботи шнекового транспортера

Зміни продуктивності із зміною частоти обертання, залежать від фізико-механічних властивостей транспортуючої сировини та геометричних характеристик шнекового транспортера та визначається за формулою [1, 2, 12]:

$$Q_0 = \frac{\psi \cdot \varphi_0 (1 + \sqrt{1 - \varphi_0}) \cdot \pi \cdot D^3 \cdot \omega (T^2 + 0,5\pi \cdot \mu \cdot D \cdot T (1 + \sqrt{1 - \varphi_0}))}{16(T^2 + 0,25\pi^2 D^2 (2 + \varphi_0 - 2\sqrt{1 - \varphi_0}))}, \quad (2.7)$$

де D – зовнішній діаметр шнека, $D = D_J - z$;

D_J – діаметр труби (жолоба), в якому розміщений шнек;

z – зазор між зовнішньою кромкою шнека і трубою, $z = 0,02 D_J$;

μ – коефіцієнт тертя сировини з поверхнею шнека;

T – крок спіралі шнека, $T = 0,7 D_J$;

φ_0 – коефіцієнт заповнення об'єму транспортуючого механізму,

$\varphi_0 = 0,8$;

ψ – коефіцієнт, залежить від ширини спіралі шнека,

$$\psi = \frac{4k_{\psi} \cdot B(D_J - B - 2z)}{D_J^2};$$

k_{ψ} – коефіцієнт, залежить від характеру сировини, $k_{\psi} = 1$ – для
сипких

матеріалів;

B – ширина спіралі шнека, $B = 0,3D_J$;

ω – кутова швидкість шнека, $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$,

n – частота обертання шнека.

За отриманою формулою знайдено об'єм матеріалу Q_0 у м³, який транспортується протягом 1-ої секунди. Для отримання кількості сировини Q , яка передається за годину, необхідно провести перетворення за формулою:

$$Q = 3600 \cdot Q_0 \cdot \gamma_c, \quad (2.8)$$

де γ_c – питома вага матеріалу (сировини), який транспортується.

Будуємо графіки залежності продуктивності шнекових транспортерів від їх енергетичних та кінетичних параметрів (рис. 2.7).

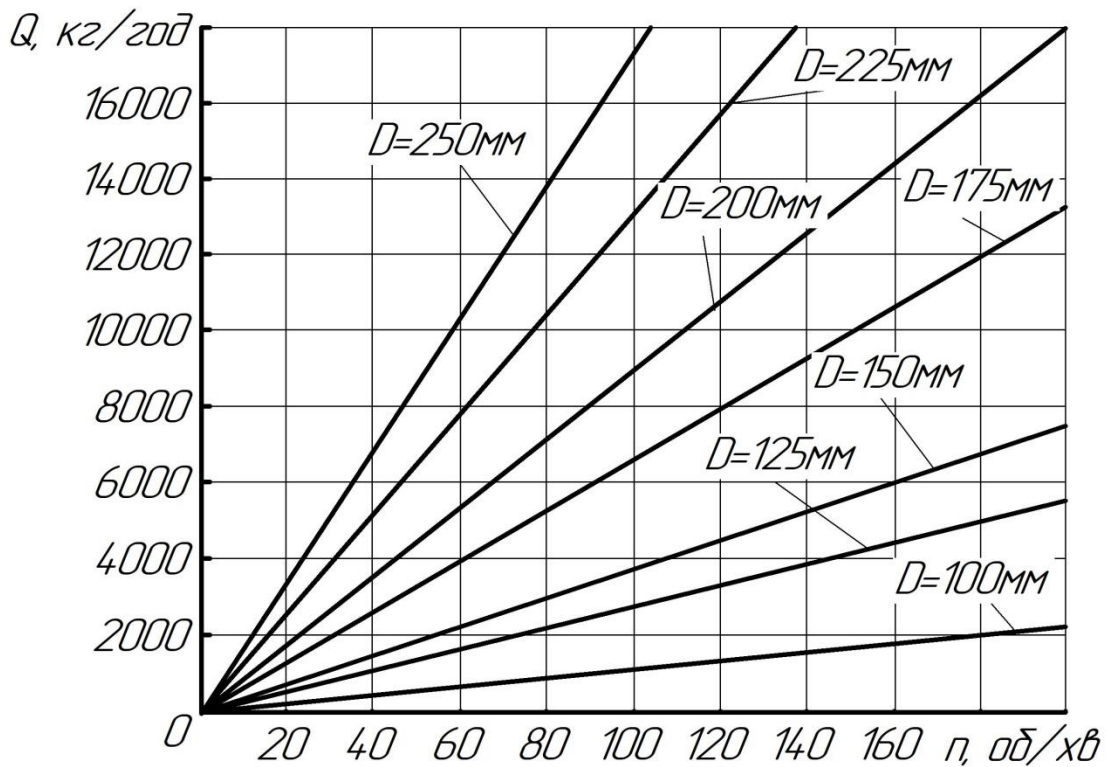


Рисунок 2.7. Графік залежності продуктивності шнекового транспортера від його кінематичних та конструктивних параметрів

За результатами графоаналітичних досліджень приймаємо шнековий механізм із діаметром $D=200$ мм, частотою обертання вала шнека $n=60$ об/хв., який забезпечить необхідну продуктивність $Q=5800 \text{ кг/м}^3$.

2.7. Силевий розрахунок шнекового механізму

Розрахункова потужність шнекового транспортера при одночасному заповненні об'єму шнека екскрементами визначаємо за формулою [26, 27]:

$$N = v_K \cdot G \cdot (\sin \beta + f \cos \beta) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_0 + \varphi_T), \quad (2.9)$$

де v_K – колова швидкість точки поверхні в якій прикладена рівнодійна сила тиску технологічної сировини, м/с;

G – вага екскрементів які знаходяться у жолобі шнека, Н;
 β – кут нахилу транспортера, $\beta=0$;
 f – коефіцієнт тертя екскрементів по матеріалу поверхні шнека,
 $f = 0,2$;
 α_0 – кут підйому гвинта шнека;
 φ_T – кут тертя сировини по поверхні шнека.

$$v_K = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n}{2}, \quad (2.10)$$

де D_0 – діаметр траєкторії кола поверхні шнека в якій прикладена рівнодійна сили тиску технологічної сировини;

$$D_0 = 0,8 \cdot D_{ш} = 0,8 \cdot 0,2 = 0,16 \text{ м};$$

$$v_K = \frac{\pi \cdot 0,16 \cdot 60}{2} = 15,05 \text{ м/с}.$$

$$G = \frac{Q \cdot L \cdot g}{v_{oc}}, \quad (2.11)$$

де Q – продуктивність шнекового транспортера, $Q=1,59 \text{ кг/с}$;

L – загальна довжина вітки транспортера, $L=40 \text{ м}$;

v_{oc} – швидкість переміщення сировини по осі шнека,

$$v_{oc} = \frac{T \cdot n}{60} = \frac{0,7 \cdot 0,2 \cdot 60}{60} = 0,14 \text{ м/с}; \quad (2.12)$$

$$G = \frac{1,59 \cdot 40 \cdot 9,81}{0,14} = 4456 \text{ Н};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{T}{\pi \cdot D_0} = \frac{0,7 \cdot 0,2}{\pi \cdot 0,16} = 0,279, \quad \alpha = 15,6^\circ; \quad (2.13)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_T = f_T = 0,2, \quad \varphi_T = 11,3^\circ.$$

Таким чином потужність механізму для транспортування екскрементів із ферми:

$$N = 15,05 \cdot 4456 \cdot 0,2 \cdot \operatorname{tg}(15,6^\circ + 11,3^\circ) = 6805 \text{ Вт}.$$

Загальна потужність приводу

$$N_\partial = \frac{N \cdot k}{\eta_n}, \quad (2.14)$$

де k – коефіцієнт який враховує затрати на переміщення компонентів сумішей, $k = 1,3$;

η_n – коефіцієнт корисної дії підшипників кочення, $\eta_n = 0,8$.

$$N_\partial = \frac{6805 \cdot 1,3}{0,8} = 11060 \text{ Вт}.$$

Момент на валу двигуна

$$M = \frac{N_\partial}{\omega} = \frac{11060}{6,28} = 1760 \text{ Нм}. \quad (2.15)$$

2.8. Геометричний розрахунок вала транспортера

Геометричний перетин вала – це пустотілий циліндр, рисунок 2.8 [8, 11, 13].

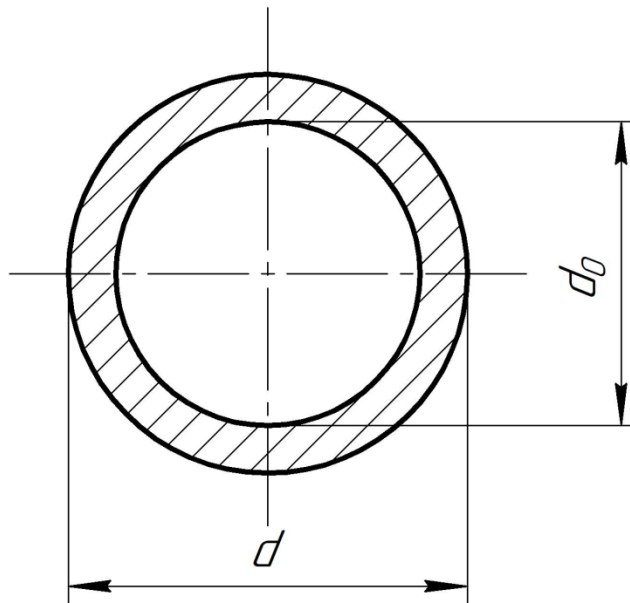


Рисунок 2.8. Схема геометричного перетину вала

Визначаємо геометричні характеристики вибраного поперечного перетину вала. Полярний момент інерції поперечного перетину:

$$I_P = \frac{\pi d^4}{32} - \frac{\pi d_0^4}{32} = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \left(\frac{d_0}{d} \right)^4 \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - (\alpha)^4). \quad (2.16)$$

де α – відношення діаметрів, $\alpha = \frac{d_0}{d}$

Полярний момент опору поперечного перетину:

$$W_P = \frac{I_p}{d/2} = \frac{\pi d^3}{16} (1 - (\alpha)^4). \quad (2.17)$$

Виходячи із умови міцності на кручення:

$$\tau_{\max} = \frac{M_p}{W_p} = \frac{M \cdot 16}{\pi d^3 (1 - (\alpha)^4)} \leq [\tau]; \quad (2.18)$$

визначимо параметр α :

$$\alpha \geq \sqrt[4]{1 - \frac{16 \cdot M}{\pi d^3 [\tau]}}, \quad (2.19)$$

де $[\tau]$ – допустимі дотичні напруження матеріалу труби, $[\tau] = 60 \text{ МПа}$,
(Сталь СТ.3);

d – зовнішній діаметр труби. $d = 60 \text{ мм}$.

$$\alpha \geq \sqrt[4]{1 - \frac{16 \cdot 1760 \cdot 10^3}{\pi \cdot 60^3 \cdot 60}} = 0,745.$$

Внутрішній діаметр труби:

$$d_0 = \alpha \cdot d = 0,745 \cdot 60 = 45 \text{ мм}. \quad (2.20)$$

2.9. Розрахунок кінематичних та геометричних параметрів механізмів по відкачувані гною із гноєзбірника ферми

Для транспортування екскрементів із загального гноєзбірника для подальшої їх утилізації застосовуємо гнучкий шнековий транспортер (рис. 2.9) [6, 7, 12].

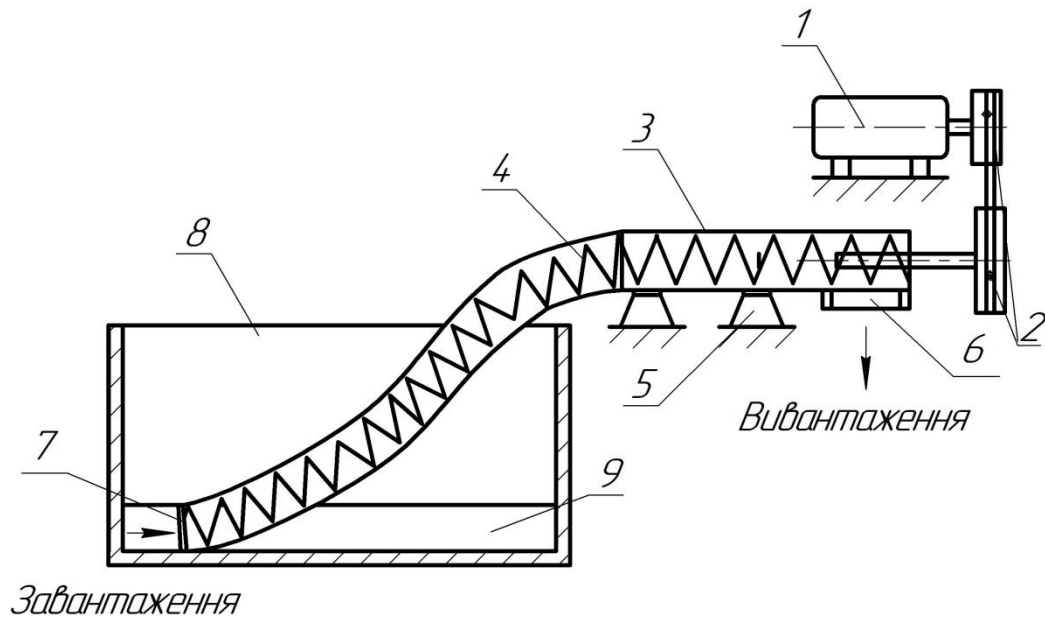


Рисунок 2.9. Схематизація транспортування екскрементів із гноєзбірника:

- 1 – електродвигун; 2 – пасова передача; 3 – кожух шнека; 4 – гнучкий шнек;
5 – опора; 6 – вивантажувальний патрубок; 7 – завантажувальний патрубок;
8 – гноєзбірник; 9 – траншея гноєзбірника

Геометричний параметр кожуха гнучкого шнека приймаємо конструктивно $D=100\text{мм}$. Будуємо графік зміни продуктивності механізму у залежності від частоти обертання (рис. 2.10).

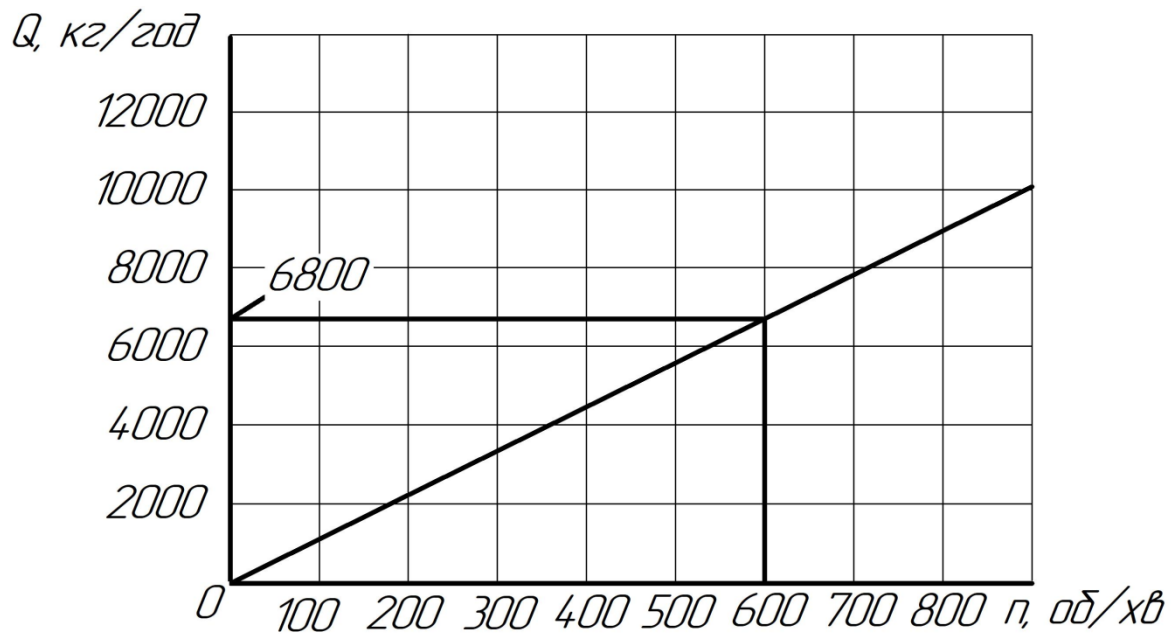


Рисунок 2.10. Залежність продуктивності гнучкого транспортера від частоти обертання гвинта

Використовуючи графік 2.10 приймаємо частоту обертання вала шнека $n=600 \text{ об/хв}$, що забезпечить продуктивність транспортного механізму $Q_T=6,8 \text{ т/год}$. Визначимо час роботи шнекового механізму для транспортування гноєсуміші із гноєзбірника:

$$t_{III} = \frac{G_T}{Q_T} = \frac{19,552}{6,8} = 2,87 \text{ год.} \quad (2.21)$$

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1. Обґрунтування параметрів шнекового механізму видалення гною із ферми

Шнекові транспортні механізми мають суттєвий недолік – це велика металомісткість за рахунок нерівномірності завантаженості по осі гвинта. Максимальне навантаження, труба круглого поперечного перетину, сприймає в перетині кріплення до приводу механізму. В зоні вивантаження технологічної сировини навантаження на трубу мінімальне (рис. 3.1) [1, 2, 9, 14]..

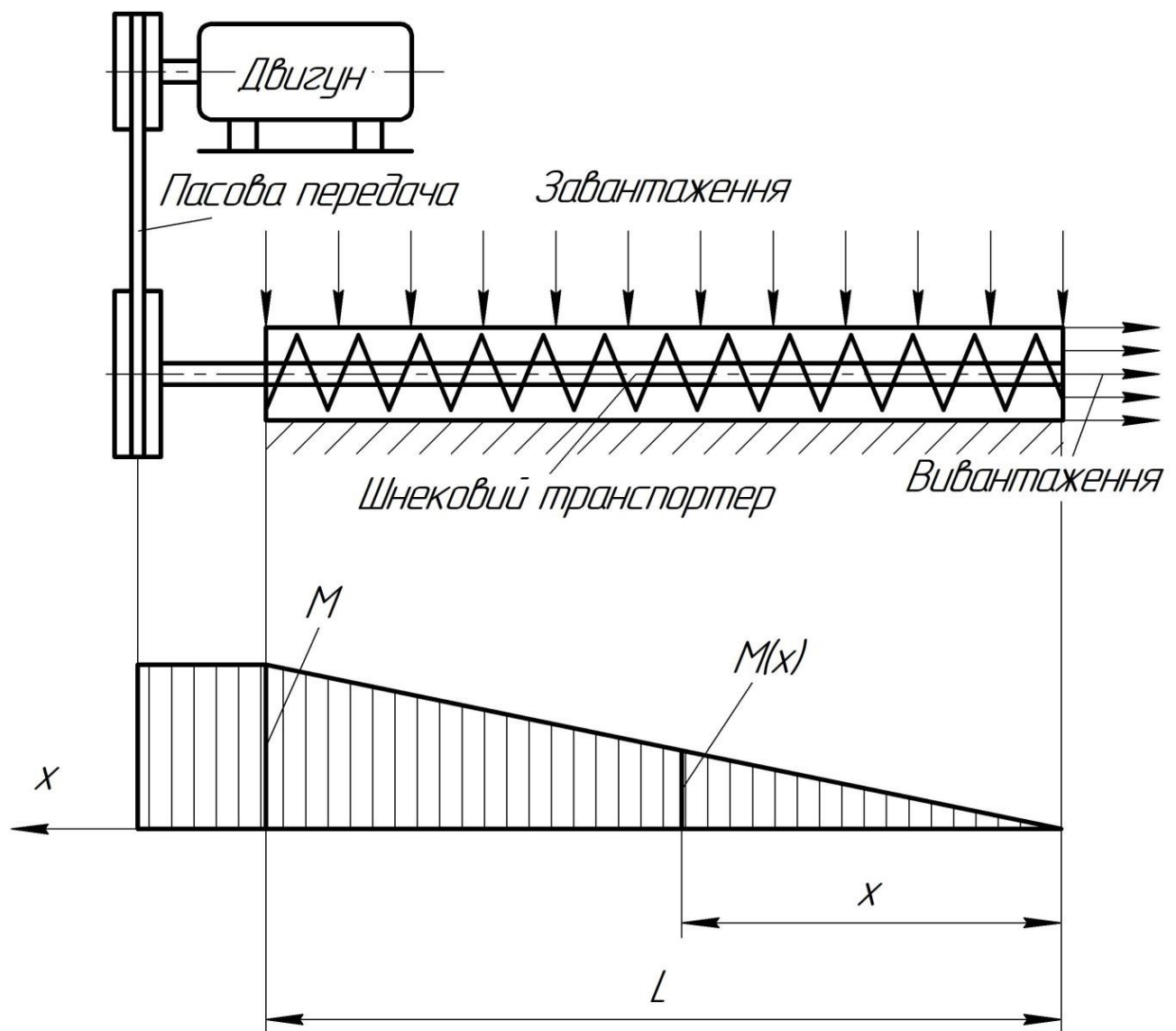


Рисунок 3.1. Схематизація навантаження на вал шнекового транспортного механізму

За рахунок нерівномірності завантаженості шнекового механізму є можливість зменшити металомісткість транспортера в цілому. Використовуючи (2.19) визначимо параметр $\alpha(x)$ в залежності від координати поперечного перерізу (див. рис. 3.1).

$$\alpha(x) \geq 4 \sqrt{1 - \frac{16 \cdot M(x)}{\pi d^3 [\tau]}}, \quad (3.1)$$

де $M(x)$ – функція крутного моменту в залежності від координати поперечного перетину, $M(x) = \frac{M}{L} \cdot x$, $M = 1760$ Нм, $L = 40$ м;

Використовуючи пакет прикладних програм Matlab будуємо графіки зміни $\alpha(x)$ та внутрішнього діаметра вала шнека d_0 в залежності від координати x (рис 3.2, 3.3).

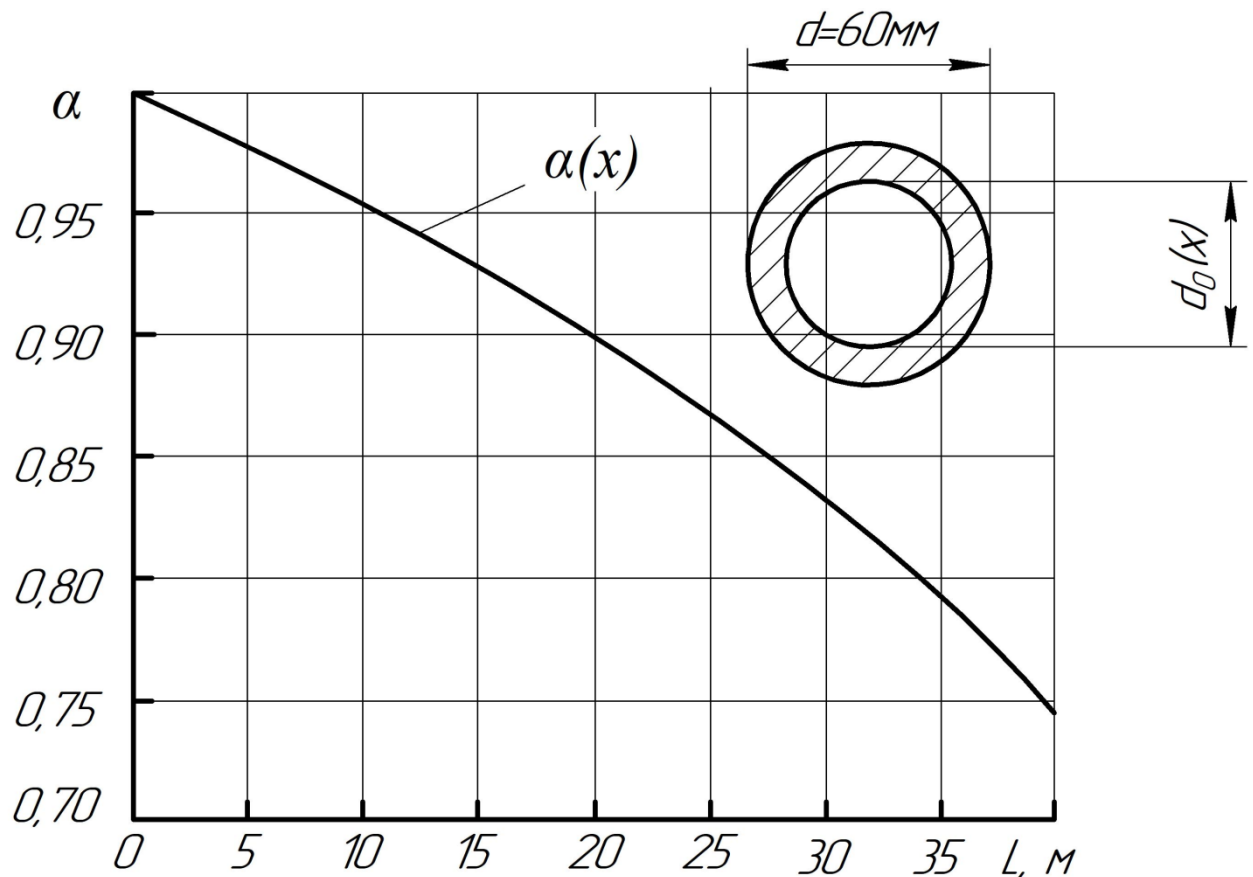


Рисунок 3.2. Графік залежності $\alpha = \frac{d_0}{d}$ від координати поперечного перетину

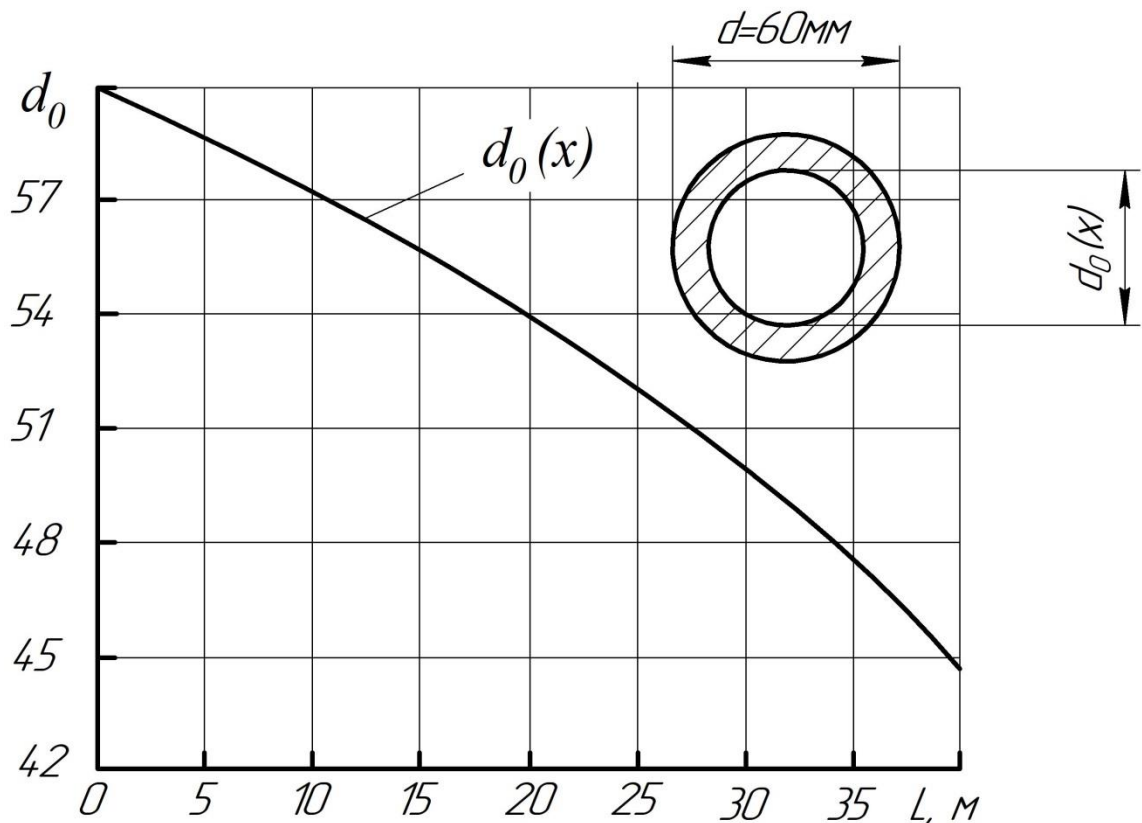


Рисунок 3.3. Графік залежності внутрішнього діаметра d_0 від координати поперечного перетину по довжині робочого органу поперечного перетину

Запропонований робочий орган шнекового транспортера складається із 8-ми секцій кожна із яких по п'ять метрів. Використовуючи графік на рисунку 3.3 надаємо рекомендації по зменшенню металомісткості гвинта шнека. Результати досліджень зводимо у таблицю 3.1.

Таблиця. 3.1. Рекомендовані значення внутрішніх діаметрів труби

Секція	1	2	3	4	5	6	7	8
$\alpha = \frac{d_0}{d}$	0,977	0,953	0,933	0,899	0,868	0,832	0,792	0,745
Внутрішній діаметр	58,6	57,1	55,9	53,9	52,1	49,2	47,5	44,7

d_0 мм								
----------	--	--	--	--	--	--	--	--

3.2. Розрахунок жорсткості робочого органу шнекового транспортера

Проведемо розрахунок на жорсткість для 2-х варіантів робочого органу шнекового механізму. При першому варіанті всі секції гвинта виконані з однаковими поперечними перетинами: $d=60$ мм; $d_0=45$ мм. У даному випадку максимальний кут закручування становить [8, 11, 13] (рис.3.1):

$$\Delta\varphi = \int_0^L \frac{M(x)}{GI_p} \cdot \frac{180}{\pi} dx = \int_0^L \frac{\frac{M}{L} \cdot x}{GI_p} \cdot \frac{180}{\pi} dx = \frac{ML}{2GI_p} \cdot \frac{180}{\pi}, \quad (3.2)$$

де G – модуль зсуву, $G = 8 \cdot 10^4$ МПа;

I_p – полярний момент інерції поперечного перетину вала,

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \frac{d_0^4}{d^4} \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - 0,745^4) = 88,0 \cdot 10^4 \text{ мм}^4.$$

$$\Delta\varphi = \frac{1760 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 10^3}{3 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 88,0 \cdot 10^4} \cdot \frac{180}{\pi} = 19,1 \text{ град.}$$

У даному випадку умова жорсткості

$$\theta_{\max} = \frac{\Delta\varphi}{L} = \frac{19,1}{40} = 0,48 \frac{\text{град}}{\text{м}} \leq [\theta] = 2 \frac{\text{град}}{\text{м}}. \quad (3.3)$$

Отже умова жорсткості виконується.

У модернізованому робочому органі шнекового механізму вал розділений на вісім секцій із довжиною $\Delta L = 5\text{ м}$ (рис. 3.4).

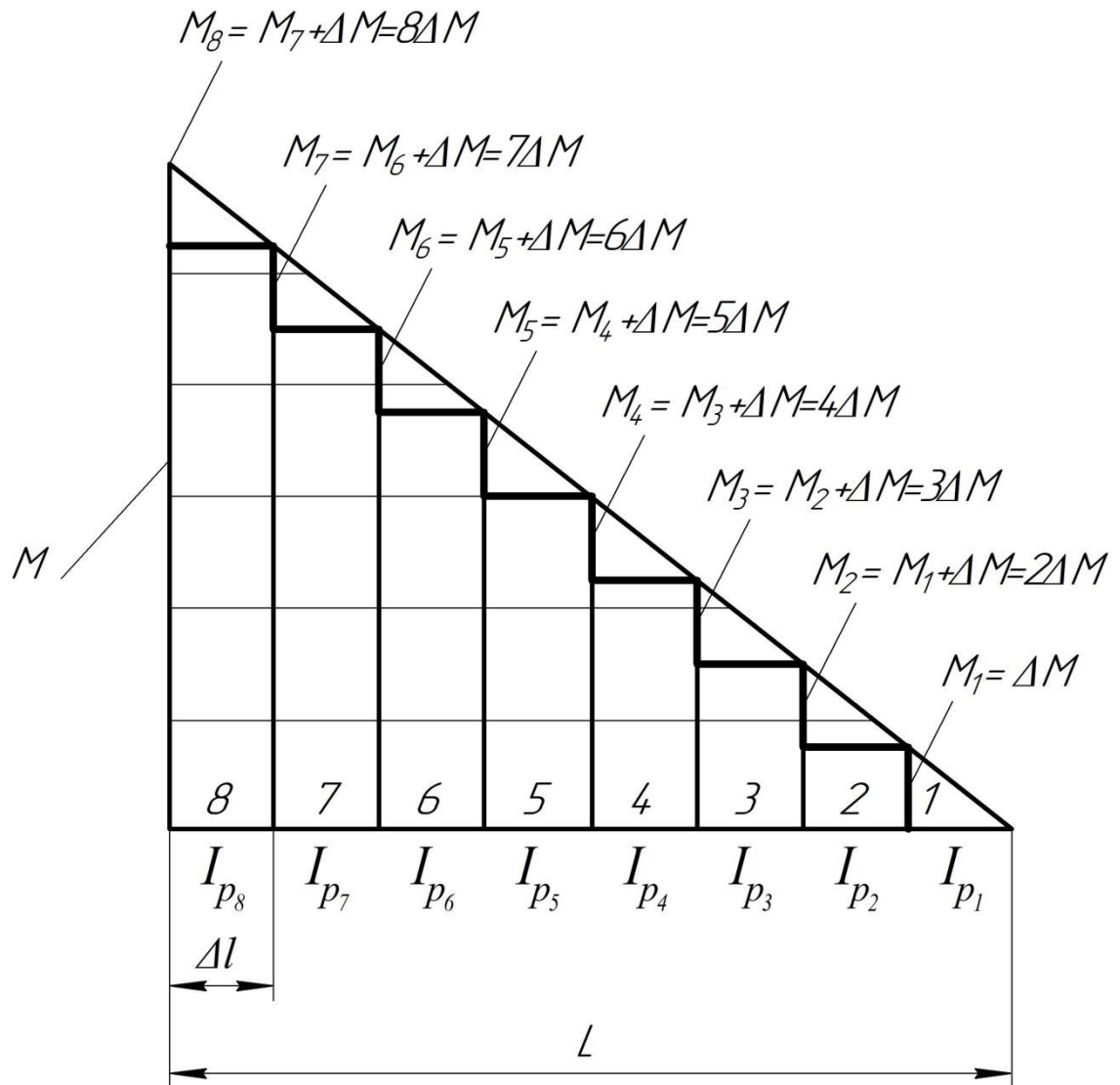


Рисунок 3.4. Схематизація розподілу моментів та геометричних характеристик транспортера відповідно до секцій

Для кожної ділянки секції приріст крутного моменту однаков $\Delta M = \frac{M}{8}$,

полярний момент інерції дорівнює $I_p = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha_i^4)$.

Максимальна кутова деформація вала становить

$$\Delta\varphi_{\max} = \sum_{i=1}^n \Delta\varphi_i, \quad (3.4)$$

де $\Delta\varphi_i$ – кутова деформація окремих секцій.

Визначаємо кутові деформації кожної секції шнекового транспортера.

$$\Delta\varphi_1 = \int_0^{\Delta l} \frac{M(x)}{GI_{p_1}} \cdot \frac{180}{\pi} dx = \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p_1}} \cdot \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta\varphi_2 = \left(\frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_2}} + \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p_1}} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_2}} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{3}{2} \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_2}} \cdot \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta\varphi_3 = \left(\frac{2\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_3}} + \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p_2}} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_3}} \cdot \left(2 + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{5}{2} \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_3}} \cdot \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta\varphi_4 = \left(\frac{3\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_4}} + \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p_3}} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_4}} \cdot \left(3 + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{7}{2} \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_4}} \cdot \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta\varphi_5 = \left(\frac{4\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_5}} + \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p_4}} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_5}} \cdot \left(4 + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{9}{2} \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_5}} \cdot \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta\varphi_6 = \left(\frac{5\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_6}} + \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p_5}} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_6}} \cdot \left(5 + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{11}{2} \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_6}} \cdot \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta\varphi_7 = \left(\frac{6\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_7}} + \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p_6}} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_7}} \cdot \left(6 + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{13}{2} \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p_7}} \cdot \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta\varphi_8 = \left(\frac{7\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p8}} + \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p7}} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p8}} \cdot \left(7 + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{15}{2} \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{GI_{p8}} \cdot \frac{180}{\pi}.$$

Використовуючи результати графоаналітичних досліджень (рис. 3.2, рис. 3.3, табл. 3.1) визначаємо полярні моменти інерції окремих секцій шнекового транспортера

$$I_{p1} = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha_1^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \frac{d_{01}^4}{d^4} \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - 0,979^4) = 11,47 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$I_{p2} = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha_2^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \frac{d_{02}^4}{d^4} \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - 0,951^4) = 22,87 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$I_{p3} = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha_3^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \frac{d_{03}^4}{d^4} \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - 0,931^4) = 31,37 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$I_{p4} = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha_4^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \frac{d_{04}^4}{d^4} \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - 0,898^4) = 44,37 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$I_{p5} = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha_5^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \frac{d_{05}^4}{d^4} \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - 0,868^4) = 54,90 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$I_{p6} = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha_6^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \frac{d_{06}^4}{d^4} \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - 0,820^4) = 69,71 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$I_{p7} = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha_7^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \frac{d_{07}^4}{d^4} \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - 0,792^4) = 77,26 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$I_{p8} = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha_8^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \frac{d_{08}^4}{d^4} \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - 0,745^4) = 88,04 \cdot 10^4 \text{ мм}^4.$$

Деформації окремих секцій вала шнека:

$$\Delta \varphi_1 = \frac{\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p1}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{220 \cdot 5}{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 11,47 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180}{\pi} = 3,43^\circ;$$

$$\Delta \varphi_2 = \frac{3\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p2}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{3 \cdot 220 \cdot 5}{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 22,87 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180}{\pi} = 5,16^\circ;$$

$$\Delta \varphi_3 = \frac{5\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p3}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{5 \cdot 220 \cdot 5}{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 31,37 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180}{\pi} = 6,25^\circ;$$

$$\Delta \varphi_4 = \frac{7\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p4}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{7 \cdot 220 \cdot 5}{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 44,37 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180}{\pi} = 6,20^\circ;$$

$$\Delta \varphi_5 = \frac{9\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p5}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{9 \cdot 220 \cdot 5}{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 54,90 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180}{\pi} = 6,45^\circ;$$

$$\Delta \varphi_6 = \frac{11\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p6}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{11 \cdot 220 \cdot 5}{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 69,71 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180}{\pi} = 6,21^\circ;$$

$$\Delta\varphi_7 = \frac{13\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p7}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{13 \cdot 220 \cdot 5}{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 77,26 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180}{\pi} = 6,62^\circ;$$

$$\Delta\varphi_8 = \frac{15\Delta M \cdot \Delta l}{2GI_{p8}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{15 \cdot 220 \cdot 5}{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 88,04 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180}{\pi} = 6,71^\circ;$$

Сумарна абсолютна деформація вала шнека:

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_3 + \Delta\varphi_4 + \Delta\varphi_5 + \Delta\varphi_6 + \Delta\varphi_7 + \Delta\varphi_8; \quad (3.5)$$

$$\Delta\varphi = 3,43^\circ + 5,16^\circ + 6,25^\circ + 6,20^\circ + 6,45^\circ + 6,21^\circ + 6,62^\circ + 6,71^\circ = 47,03^\circ.$$

Відносна деформація становить:

$$\theta = \frac{\Delta\varphi}{L} = \frac{47,03^\circ}{40_m} = 1,175 \frac{град}{м} < [\theta] = 2 \frac{град}{м}.$$

Умова жорсткості виконується.

Визначимо у скільки разів зменшилася вага металоконструкції вала шнекового транспортного механізму за формулою:

$$n = \frac{Q_0}{Q_M}, \quad (3.6)$$

де Q_0 – початкова вага вала шнека транспортного механізму, кг;

Q_M – вага модернізованого вала шнека транспортного механізму, кг;

$$Q_0 = \frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_8^2) \cdot L \cdot \gamma_{ст}; \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned}
Q_M &= \frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_1^2) \cdot \frac{L}{8} \cdot \gamma_{cm} + \frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_2^2) \cdot \frac{L}{8} \cdot \gamma_{cm} + \frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_3^2) \cdot \frac{L}{8} \cdot \gamma_{cm} + \\
&+ \frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_4^2) \cdot \frac{L}{8} \cdot \gamma_{cm} + \frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_5^2) \cdot \frac{L}{8} \cdot \gamma_{cm} + \frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_6^2) \cdot \frac{L}{8} \cdot \gamma_{cm} + \\
&+ \frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_7^2) \cdot \frac{L}{8} \cdot \gamma_{cm} + \frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_8^2) \cdot \frac{L}{8} \cdot \gamma_{cm} = \\
&= \frac{\pi d^2}{32} L \cdot \gamma_{cm} (8 - \alpha_1^2 - \alpha_2^2 - \alpha_3^2 - \alpha_4^2 - \alpha_5^2 - \alpha_6^2 - \alpha_7^2 - \alpha_8^2)
\end{aligned}$$

де γ_{cm} – питома вага сталі, кг/м³;

Таким чином вага вала зменшилася в:

$$\begin{aligned}
n = \frac{Q_0}{Q_M} &= \frac{\frac{\pi d^2}{4} (1 - \alpha_8^2) \cdot L \cdot \gamma_{cm}}{\frac{\pi d^2}{32} L \cdot \gamma_{cm} (8 - \alpha_1^2 - \alpha_2^2 - \alpha_3^2 - \alpha_4^2 - \alpha_5^2 - \alpha_6^2 - \alpha_7^2 - \alpha_8^2)} = \\
&= \frac{8(1 - \alpha_8^2)}{(8 - \alpha_1^2 - \alpha_2^2 - \alpha_3^2 - \alpha_4^2 - \alpha_5^2 - \alpha_6^2 - \alpha_7^2 - \alpha_8^2)} = \\
&= \frac{8(1 - 0,745^2)}{(8 - 0,977^2 - 0,953^2 - 0,933^2 - 0,899^2 - 0,868^2 - 0,832^2 - 0,792^2 - 0,745^2)} = 1,94 \text{ рази.}
\end{aligned}$$

3.3. Рекомендації по зниженню металомісткості транспортера при транспортуванню гною із гноєзбірника

Шнековий транспортерний механізм для викачування гною із гноєзбірника комплектується з окремих секцій шарнірно-з'єднаних між собою (рис. 3.5) [6, 7, 9].

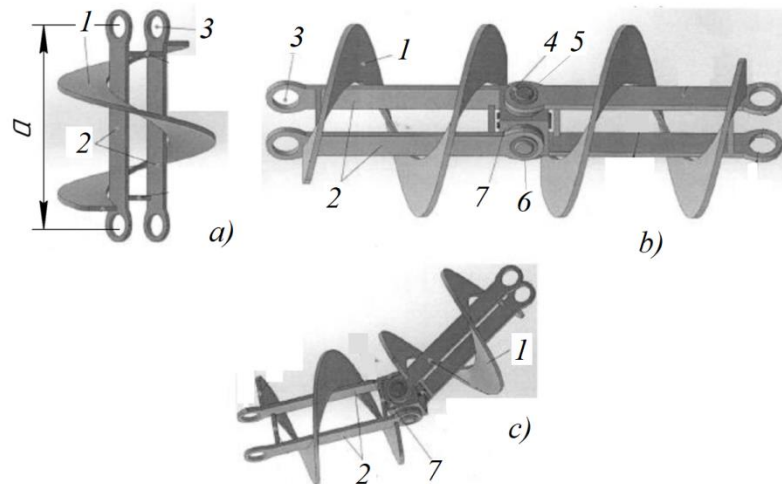


Рисунок 3.5. Схематизації комплектування гнучкого шнекового механізму із окремих секцій: 1 – робоча поверхня шнека; 2 – пластини; 3 – отвори; 4 – втулки; 5, 6 – пальці; 7 – квадратна основа;

Транспортування сировини відбувається за рахунок обертового моменту двигуна. Передача навантаження (момент) між суміжними секціями відбувається за допомогою (масивних) прямокутних з'єднуючих елементів та пластин. Шарнірний шнек містить шарнірно з'єднанні між собою гвинтові секції, які виконані у вигляді гвинтових ребер 1, які закріплені на двох паралельно розташованих плоских пластинах 2. По краях плоских пластин 2 виконані отвори 3, в яких через ступінчасті антифрикційні втулки 4 встановлені циліндричні радіальні пальці, центральний 5 з яких виконано суцільним. Два фіксуючі пальці 6 розташовані до центрального пальця 5 у перпендикулярній площині квадратної основи 7.

Розподіл навантажень на секції гнучкого транспортера показані на рис. 3.6 [12].

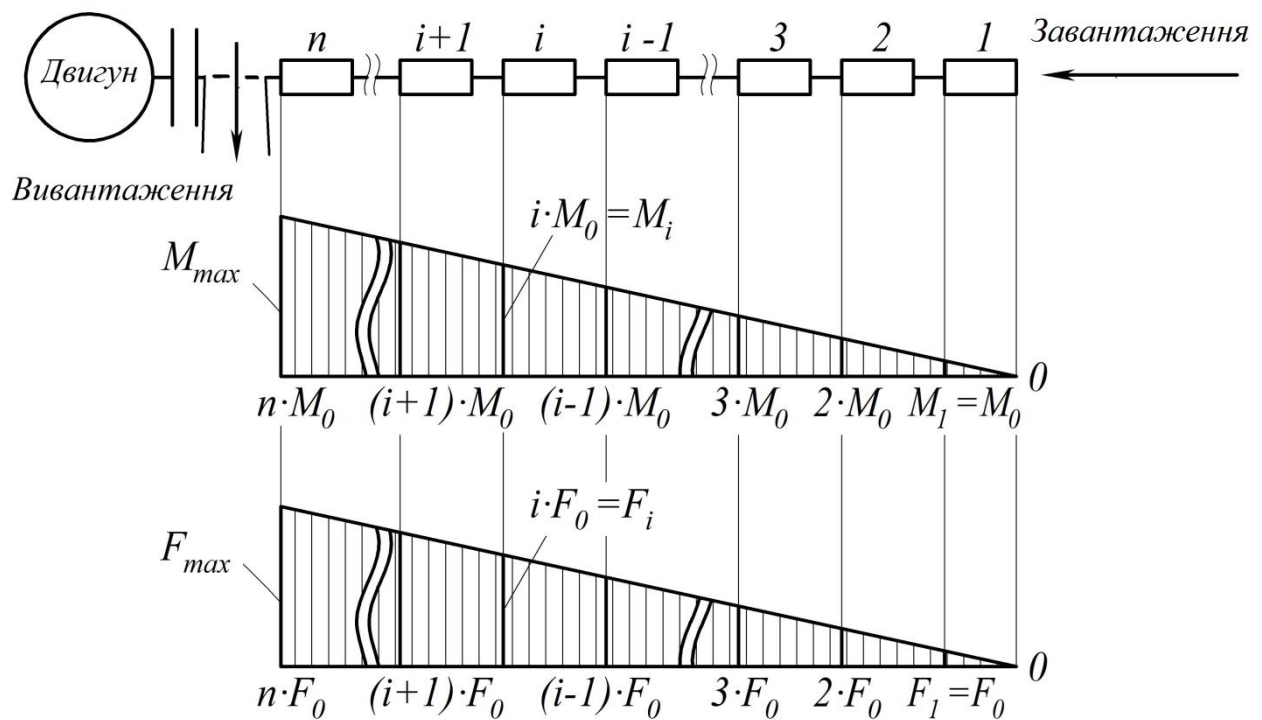


Рисунок 3.6. Схематизація навантажень секційного шнекового механізму та розподіл обертового моменту по його довжині: 1, 2, 3... n – секції шнека; i – i -тий з'єднуючий елемент механізму; M_i – обертовий момент, який передається i -им з'єднуючим елементом; F_i – осьова сила, яка передається i -им з'єднуючим елементом

Силове навантаження при транспортуванні гнучким транспортером (рис. 6) сприймають пластини, які працюють на деформації згину та стиску, схематизація яких показана на рисунку 3.7.

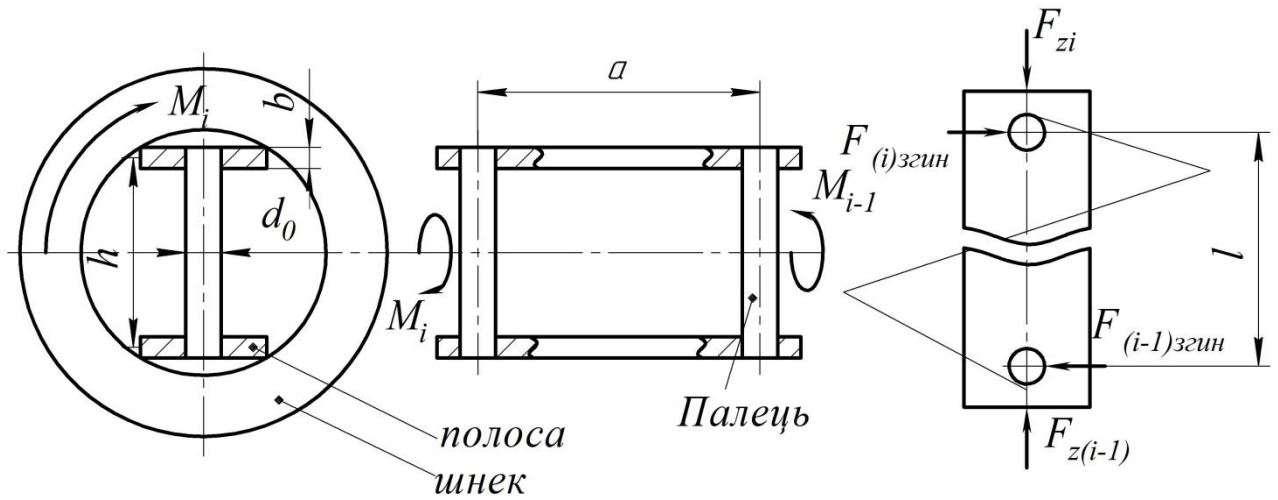


Рисунок 3.7. Схематизація діючих силових навантажень на i -ту секцію гнучкого шнекового механізму

З'єднання між секціями виконані за допомогою карданного механізму, який з'єднує дві суміжні секції за допомогою 2-х взаємно перпендикулярних пальців. Момент M_i та осьова сила F_{zi} з i -го до $(i-1)$ карданного механізму передається через палець та пластини.

Максимальний крутний момент та осьову силу, які діють у перетині кріплення вала шнека до двигуна визначимо за формулами.

$$F_z = \gamma_c Q \int_0^L \frac{g \sin \gamma_T + \mu \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot \sin \beta}{v_{oc}} dL; \quad (3.8)$$

$$M = \frac{\rho \cdot \gamma_c \cdot Q (\sin \alpha_\rho + \mu \cos \alpha_\rho)}{\cos \alpha_\rho - \mu_1 \sin \alpha_\rho} \int_0^L \frac{g \sin \gamma_T + \mu \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot \sin \beta}{v_{oc}} dL; \quad (3.9)$$

де ρ – радіус потоку сировини, $\rho = \frac{D}{4} (1 + \sqrt{1 - \phi})$;

α_ρ – кут прийому витка шнека, $\alpha_\rho = \arctg \frac{T}{2\pi\rho}$;

γ_T – кут нахилу транспортера до горизонту, $\sin \gamma_T = \frac{H}{L}$;

H – висота підйому вантажу;

L – довжина транспортеру;

β – кут нахилу траєкторії руху сировини по поверхні шнека,

$$\sin \beta = \frac{T}{\sqrt{T^2 + \pi^2 D^2}};$$

$$v_{oc} - \text{осьова швидкість сировини в шнеку}; \quad v_{oc} = \frac{4Q}{\varphi_0 \cdot \pi \cdot D_J^2 \cdot \psi}.$$

Для гнучкого шнекового механізму для якого $D=100\text{мм}$; $L=6\text{м}$; $H=1,5\text{м}$, який викачує гній із частотою $n=600\text{ об/хв}$, силові фактори становлять $F_{max}=480\text{Н}$, $M_{max}=24\text{Нм}$.

Довжина секції гнучкого транспортера, конструкцію якого розглянуто на рис. 3.7, складає $a=120\text{мм}$. Таким чином, кількість секцій гнучкого транспортера довжиною $L = 6000\text{ мм}$ дорівнює:

$$n = \frac{L}{a} = \frac{6000}{120} = 50 \text{шт.} \quad (3.10)$$

Кожна окрема секція передає частину обертового моменту та осьової сили.

$$M_0 = \frac{M_{\max}}{n}; \quad (3.11)$$

$$F_0 = \frac{F_{\max}}{n}. \quad (3.12)$$

Навантаження кожної секції збільшується від зони вивантаження до робочого органу (див. рис. 3.6)

Для зменшення металоємності даного гнучкого транспортера, не змінюючи конструктивних параметрів секції шнека, а саме діаметра шнека, довжини секції, розрахуємо залежність товщини пластини від їх розташування відносно робочого органу. Визначимо граничний параметр b_{\min} – товщина n -ої пластини (див. рис. 3.7). Згинальний момент в перетині послаблений отвором під палець.

Максимальні внутрішні силові фактори, що діють у перетині пластини послабленого отвором, (рис 3.6)

$$M_{3\Gamma \max} = \frac{M_{\max}}{h} \cdot l; \quad (3.14)$$

де $M_{z \max}$ – максимальний згинальний момент, що виникає у пластині для заданого транспортуючого механізму;

h, l – конструктивні параметри секції шнека, $l=120\text{мм}$, $h=34\text{мм}$.

Геометричні характеристики полоси в небезпечному перетині (рис. 3.8) [11, 13].

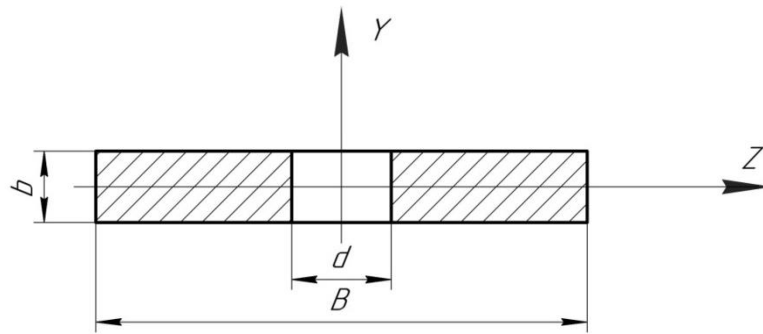


Рисунок 3.8. Поперечний перетин пластини послаблений отвором, $B=25\text{мм}$; $d=15\text{мм}$.

Осьовий момент інерції поперечного перетину: $I_y = \frac{bB^3}{12} - \frac{bd^3}{12} = 1021b$.

Осьовий момент опору поперечного перетину: $W_y = \frac{I_y}{B/2} = 81,7b$.

Площа поперечного перетину: $A = B \cdot b - b \cdot d = b(B - d) = 10b$.

Максимальні нормальні напруження :

$$\sigma_{\max} = \sigma_{3z} + \sigma_{cm} = \frac{M_{3\Gamma \max}}{81,7b} + \frac{F_{\max}}{10b} \leq [\sigma], \quad (3.15)$$

де $[\sigma]$ – допустимі нормальні напруження, приймаємо, $[\sigma] = 160 \text{ N/mm}^2$.

Мінімальна товщина пластини:
$$b_{\min} \geq \frac{1}{[\sigma]} \left(\frac{M_{3\Gamma \max}}{81,7} + \frac{F_{z \max}}{10} \right).$$

Будуємо графік змін товщини пластин відносно робочого органу (рис. 3.9)

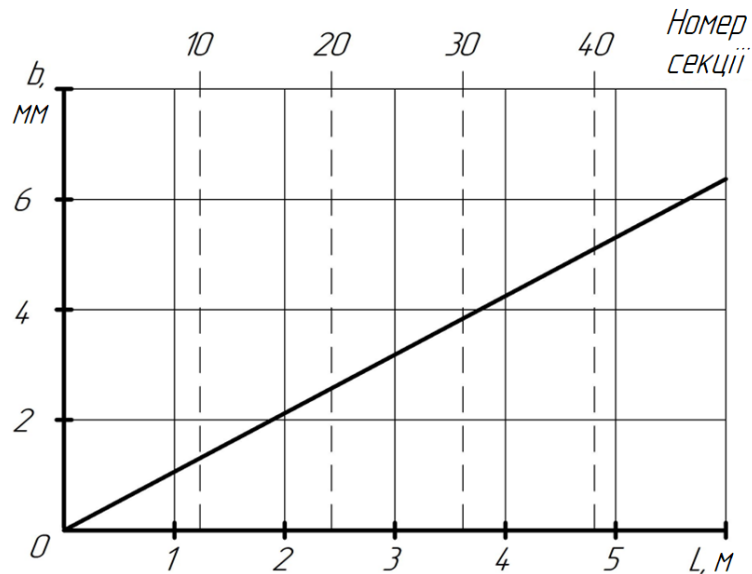


Рисунок 3.9. Залежність товщини пластини від її розміщення відносно робочого органу

Отримана залежність дає змогу (рис. 3.9) мінімізувати товщину пластин, наприклад, для перших десяти пластин (відраховуючи від зони виивантаження) приймаємо поперечний перетин $b_1 = 2 \text{ mm}$, для наступних десяти пластин $b_2 = 2,5 \text{ mm}$ і т.д., що в свою чергу зменшить масу робочого органу шнека.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Безпека праці на фермі по відгодівлі тварин

На сучасному етапі розвитку фермерських господарств по утриманню тварин необхідно дотримуватися жорстких санітарно-епідеміологічних норм захисту, по причині великої концентрації тварин та їх міграції. Тваринницькі ферми повинні знаходитися на віддалених територіях, доступ до яких повинен бути обмежений. На територію ферми допускається виключно персонал, а саме: обслуговуючий персонал тварин; ветеринарний лікар; зоотехнік; робітники по роздачі кормів [3, 10, 32, 33].

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

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

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

Для оптимальної життєдіяльності ферми з кількістю $N_1=1000$ голів овець, необхідний приток свіжого повітря становить:

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

де d – вміст вуглекислого газу утвореного однією вівцею, $d = 11,75$ л/гол

d_1 – кількість вуглекислого газу в атмосфері $d_1 = 1,3$ л/м³;

d_2 – рекомендовано-допустимий вміст вуглекислого газу $d_2 = 2,5$ л/м³;

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

Тобто

$$L = \frac{11,75 \cdot 1000}{2,5 - 0,3} \cdot 2,5 = 13352 \text{ м}^3.$$

Таблиця 4.1 – Засоби індивідуального захисту

Професія і види робіт	Кіл. чол.	Найменування засобів захисту	Термін придатності, міс.	Потрібна кількість на рік
Ветлікар	1	Халат білий	12	5
Зоотехнік	1	Халат білий,	12	18
		халат х/б	3	18
Інженер – механік	1	Взуття	6	2
Оператор по обслуговуванню ВРХ	2	Халат х/б,	12	2
		халат з водостійкою	6	4
		пропиткою, фартух,	12	2
		чоботи гумові, куртка	24	2
		ватна,	6	4
Робочі кормоцеху	2	рукавищі	12	2
		Комбінезон х/б,	12	2
		халат х/б,	6	4
		рукавищі,	12	2
Трактористи	2	черевики шкіряні	12	2
		Комбінезон,	12	2
		рукавищі,	6	4
		куртка ватна	24	2

Число каналів вентиляційних шахт:

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

де p – рекомендована площа одного каналу вентиляційної шахти,

$$p = 0,9 \text{ м}^2;$$

A – сумарна площа вентиляційних шахт,

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

v – швидкість надходження свіжого повітря,

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

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

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

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

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

Проводимо числові визначення

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

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

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

приймаємо $n = 5$ вентиляційних шахт.

Добове оновлення тваринницької ферми становить.

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

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

Таким чином за добу повітря оновиться

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

Велика рогата худоба виділяє в приміщення ферми кількість теплоти:

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

де ρ_T – виділення теплоти на одну голову тварин

годину, $\rho_T = 595 \text{ кДЖ/год.}$

Отже

$$Q_T = 595 \cdot 1000 = 595000 \text{ кДЖ/год.}$$

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

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

де γ_{Π} – питома вага повітря, $\gamma_{\Pi} = 1,29 \text{ кг/м}^3$;

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

Таким чином

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

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

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

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

звідки

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

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

4.2. Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів

Тваринницькі господарства відносяться до об'єктів, які повинні працювати без зупинок і випускати заплановані обсяги продукції. При виникненні надзвичайних ситуацій на об'єктах такого типу, а саме, пожежі, вибухи, викиди отруйних речовин, необхідно передбачити планові заходи по їх усуненню у короткі терміни з мінімальними втратами для виробництва [17].

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

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

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

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

Організувати санітарно-ветеринарний захист тварин:

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

Передбачити план евакуації тварин у разі крайньої необхідності.

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

Організувати знищення уражених тварин, їх обеззараження та захоронення.

Передбачити організацію заходів пожежогасіння в умовах ізоляції господарства:

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

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено огляд генеральних планів тваринницьких ферм, кормоцехів, ліній гноєвідведень із рекомендаціями для якої кількості та якого виду тварин їх використовувати. Проведено огляд типового обладнання для приготування кормів для тваринницьких ферм з технологічними та аналітичними розрахунками.

Проведено технологічні та конструктивні розрахунки ліній гноєвідведень з приміщення ферм та механізмів подальшого його транспортування. Дано обґрунтовані рекомендації про зменшення металоємності жорстких та гнучких шнекових транспортерів.

Дано рекомендації по охороні праці та забезпечення екологічного захисту довкілля при експлуатації тваринницької ферми на 1000 голів.

При виконанні магістерської роботи використанні методичні рекомендації [21, 22].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Lyashuk O. L., Vovk Y. Y., Sokil M. B., Klendii V. M, Ivasechko R. R, Dovbush T. A, (2019), Mathematical model of a dynamic process of transporting a bulk material by means of a tube scraping conveyor, Agricultural Engineering International: CIGR Journal, vol. 21, no. 1, pp. 74-81; Fengmin Zhao/China.
2. Trokhaniak O. M, Hevko R. B., Lyashuk O. L., Pohrishchuk B. V., Dovbush T. A., Dobizha N. V. (2020), Research of the of bulk material movement process in the inactive zone between screw sections, INMATEH-agricultural engineering. vol. 60. no.1. pp. 261- 268, Bucharest / Romania.
3. Автухов І.В., Гряник Г.М. Охорона праці в сільському господарстві. – К.: Вища школа, 1970. – 216 с.
4. Бабій А.В. Аналіз причин травмування зернового матеріалу при збиранні та транспортуванні / Бабій А.В., Бабій М.В., Кучвара І.М. // Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», Харків. – № 11.– 2018. – С. 27-34.
5. Белянчиков М.М, Смирнов А.И. Механизация животноводства. – М.: Колос, 1983 г. – 360 с.
6. Гевко Р.Б. Шарнірний шнек : пат. на корисну модель 142736 Україна / Гевко Роман Богданович, Лещук Роман Ярославович, Хомик Надія Ігорівна, Довбуш Тарас Анатолійович, Дунець Богдан Олегович, ОлексюкВасиль Петрович (Україна). № u 2019 12210 ; заявл. 24.12.2019 ; опубл. 25.06.2020, Бюл.№ 12. 4 с. : іл.
7. Гевко Р.Б. Шнек з еластичною щіткоподібною поверхнею : пат. на корисну модель 142241 Україна / Гевко Роман Богданович, Рогатинський Роман Михайлович, Ляшук Олег Леонтійович, Довбуш Тарас Анатолійович, Рогатинська Лілія Романівна, Станько Андрій Ігорович (Україна). № u 2019 11236 ; заявл. 18.11.2019 ; опубл. 25.05.2020, Бюл. № 10. 4 с. : іл.

8. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
9. Гевко. Р.Б. Системи доочищення коренеплодів при їх механізованому збиранні : монографія / Р. Б. Гевко, І. Г. Ткаченко, Р. М. Рогатинський, С. В. Синій та ін. - Тернопіль : Осадца Ю. В., 2020. - 216 с.
10. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці. – Львів: Новий світ, 2000. – 230 с.
11. Довбуш А.Д., Прикладна механіка і основи конструю-вання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. ,Довбуш, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.
12. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Цьонь Г. Б. Зниження металоємності гнучких транспортуючих механізмів. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. Т. : ТНТУ, 2020. С. 20-21. (Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій).
13. Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 191 с.
14. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
15. Довідник оператора кормоцеху / В.І. Грицаєнко, В.С. Шебельниченко, А.О. Задорожний та ін. – К.: Урожай, 1985. – 160 с.
16. Коба В.Г. Механизация и технология производства продукции животноводства /В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич. – М.: Колос, 1999. – 528 с.

17. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. – Львів: ЛБК НБУ; Київ: . Знання, 2000. – 188с.
18. Ляшук О.Л. Створення та модернізація транспортно-технологічних механізмів машин і обладнання / О.Л. Ляшук, Р.Б. Гевко, В.О. Дзюра, О.М. Кирик, А.П. Довбиш. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. – 167 с.
19. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
20. Мельников С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 640 с.
21. Методичний посібник до дипломного проектування для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки – 6.050503 «Машинобудування» з професійним спрямуванням на спеціальність «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» (7.05050312, 8.05050312) /Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, М.Я. Сташків. – Тернопіль: ФОП Паляниця, 2016. – 148с
22. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних магістерських робіт для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» (8.090215) / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, М.Я. Сташків. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2010. – 44 с.
23. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва з ред. Скорика О.П., Х., 2009. – 428 с
24. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини том.3. - М: Урожай, 2002. – 432 с.
25. Сыроватка В.И. Механизация приготовления кормов: Справочник / В.И. Сыроватка, А.В. Демин, А.Х. Джалилов и др.: Под общ. ред. В.И. Сыроватки. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.
26. Хомик Н.І. Машини та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 1 / Хомик Н.І., Довбуш А.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. – 224с.

27. Хомик Н.І. Машины та обладнання для тваринництва: навчально-методичний посібник до практичних робіт / Н. І. Хомик, А.Д. Довбуш, Г.Б. Цьонь. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2017. – 124 с.
28. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А., Антончак Н.А. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 320 с.
29. Хомик Н.І. Машины та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша / Н. І. Хомик, А. Д. Довбуш, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
30. Хомик Н.І. Машины та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга / Н. І. Хомик, А. Д. Довбуш, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.
31. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
32. Цивільна оборона. Підручник /За ред. В.С. Франчука, Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2001. – 256с.
33. Шкрабак В.С., Казлаускас Г.К. Охрана труда. – М.: Агропромиздат, 1989. – 480 с.
34. Andreikiv, O.E., Babii, A.V., Dolinska, I.Y. et al. Determination of the Residual Life of the Spraying Boom of a Field Sprinkler in the Maneuvering Loading Mode. Mater Sci 56, 112–118 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00404-2>
35. Andreikiv, O.E., Babii, A.V. & Dolinska, I.Y. Influence of the Working Media and Maneuvering Loading Mode on the Service Life of Spraying Booms of Field Sprinklers. Mater Sci 56, 166–173 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00411-3>
36. Андрейків О.Є., Лисак А.Р., Штаюра Н.С., Бабій А.В. Оцінювання залишкового ресурсу тонкостінних елементів конструкцій з короткими

корозійно-втом-ними тріщинами // Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2017, №4. С. 84-90.

- 37.Rybak, T.I., Babii, A.V., Bortnyk, I.M. et al. Evaluation of the Service Life of the Frames of Sections of Boom Field Sprayers. Mater Sci 55, 374–380 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11003-019-00312-0>
- 38.Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Konstantin Sharai, Andriy Babiy, Mykola Stashkiv. Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 4. No. 1 (100) (2019) Engineering Technological Systems. P. 33 – 45.
- 39.Бабій А.В., Бабій М.В. Динамічна модель енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 145. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. Харків, 2014. С.112–118.
- 40.Leshchak, R.L., Babii, A.V., Barna, R.A. et al. Corrosion Resistance of Steel of the Frames of Boom Sprayers. Mater Sci 56, 425–431 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00446-6>

ДОДАТКИ