

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

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

УДК 631.364.1

ТАРАСЕНКО ВЛАДИСЛАВ СЕРГІЙОВИЧ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ПРОСКТУВАННЯ ЛІНІЇ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ
КОРМОРОЗДАВАЧА
(тема роботи)

208 «Агроінженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело _____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
ГРАБАР Іван Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові)
Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

ТАРАСЕНКО В.С. Проектування лінії роздавання кормів з модернізацією кормороздавача. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У кваліфікаційній роботі розглядаються основні виробничі процеси відгодівельної ферми ВРХ з метою зниження витрат праці за рахунок впровадження комплексної механізації у виробництво. Розраховано основні технологічні процеси лінії роздавання кормів, водозабезпечення, збирання та транспортування гною, а також підібрано обладнання системи вентиляції.

Для забезпечення енергоефективності виробництва відгодівельної ферми ВРХ запропоновано вдосконалити роботу лінії роздачі кормів шляхом модернізації кормороздавача. Використання кормороздавача дозволить підвищити точність дозування кормів незалежно від їх фізико-механічних властивостей шляхом регулювання їх кількості.

Ключові слова: кормороздавач, модернізація, проектування, відгодівельна ферма.

ABSTRACT

Tarasenko V.S. Design of a feed distribution line with modernization of the feed dispenser. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 - Agroengineering. - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

Qualified robots examine the main production processes of a profitable vrb farm with the method of reducing costs for the development of complex mechanization in production. The main technological processes of the feed distribution line, water supply, collection and transportation of pus, as well as a selected ventilation system have been secured.

To ensure energy efficiency of the production of the sustainable bpx farm, it was necessary to upgrade the feed distribution line robot by modernizing the feed feeder. The best feed distributor allows you to improve the accuracy of feed dosing regardless of their physical and mechanical power by regulating their quantity.

Key words: feed distributor, modernization, design, sustainable farm.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	6
1.1. Обґрунтування та розрахунок генплану ферми молодняка ВРХ	6
1.2. Розрахунок лінії роздавання кормів	10
1.3. Розрахунок лінії водозабезпечення ферми	12
1.4. Механізація створення мікроклімату у приміщенні	17
1.5. Розрахунок лінії збирання та транспортування гною	20
1.6. Висновки по першому розділу	22
РОЗДІЛ 2. ОБґРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗДАЧІ КОРМІВ	23
2.1. Зоотехнічні вимоги до лінії роздачі кормів	23
2.2. Огляд технічних засобів для роздачі кормів	24
2.3. Висновки по другому розділу	29
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА	30
3.1. Розробка технологічної та конструктивної схеми кормороздавача	30
3.2. Технологічний розрахунок кормороздавача	32
3.3. Енергетичний розрахунок кормороздавача	35
3.4. Розрахунки на міцність	35
3.5. Висновки по третього розділу	37
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ РОЗРОБКИ	38
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42

ВСТУП

Одним із головних напрямів підвищення ефективності тваринницької галузі, зростання її продуктивності, покращення кінцевої якості продукції та модернізація виробничих процесів на основі комплексної автоматизації. Впровадження сучасних виробничих методів у тваринництві потребує вдосконалення як технологічних та і технічних рішень.

Для стабілізації ситуації в умовах сьогодення необхідно впроваджувати передові технології та сучасні технічні засоби, які дозволять збільшити обсяг виробленої продукції та водночас знизити витрати праці, палива, енергії та інших ресурсів.

На відгодівельних фермах великої рогатої худоби одними із найважливіших і водночас найскладніших процесів є роздача кормів. Даний процес є технологічно відповідальним і трудомістким, що зумовлено складною взаємодією всіх компонентів системи «людина – машина – тварина».

Вдосконалення процесу роздачі кормів і використанням технічних засобів може збільшити збільшення продуктивності тварин на 10-15 %.

За умов відкритого ринку така ситуація ставить вітчизняну продукцію в не вигідне становище, адже за собівартість вона часто поступається імпортованій. Таким чином, виникає нагальна потреба в удосконаленні технології виробництва м'яса яловичини з метою зниження енерговитрат, матеріальних та трудових затрат.

Метою даної кваліфікаційної роботи є зменшення собівартості продукції шляхом покращення якості процесу роздачі кормів та зниження трудовитрат на одиницю продукції

Предмет розробки: конструкція кормороздавача-змішувача з попереднім подрібнення компонентів кормосуміші.

Об'єктом розробки – технологічний процес роздачі кормів.

Методи розробки: теоретичне обґрунтування параметрів та режимів роботи здійснювалось на основі принципів та методів класичної механіки.

Публікації:

Тарасенко В.С. Аналіз технічних засобів для роздавання кормів. Наукові читання – 2025: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 83-85.

Тарасенко В.С. Розробка конструктивної схеми кормороздавача. Студентські наукові читання : збірник тез доповідей науково-практичної

конференції за підсумками I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С.113-115.

Обсяг та структура роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 43 сторінок машинописного тексту, містить 14 рисунків та 2 таблиці, списку використаних джерел з 14 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Обґрунтування та розрахунок генплану ферми молодняка ВРХ

«Проектування тваринницької ферми розпочинається з підбору земельної ділянки, розташування якої має відповідати санітарно-гігієнічним та протипожежним вимогам. При цьому обов'язково враховуються напрямки панівних вітрів: із листопаду до травня переважає південно-західний, а в літній та осінній період – північно-східний» [1].

«Вибрана ділянка обов'язково повинна мати санітарно-захисну зону не менше 300 метрів. Її розміщення має бути нижчим за рівень населеного пункту та водозабірних споруд, але вищою від ветеринарного об'єкта та гноєсховища. Відстань до транзитних доріг повинна становити щонайменше 100 метрів. Повітряні потоки мають йти у напрямку від житлової забудови та кормоцехів через тваринницькі приміщення до гноєсховища» [2].

Тваринницькі будівлі та споруди на фермі слід розміщувати відповідно до затвердженої технологічної схеми. Допоміжні приміщення необхідно розташовувати поруч із основними виробничими будівлями. Також необхідно передбачити зонування території тваринницької ферми на функціональні ділянки: виробничу, кормо підготовчу та санітарно-технічну зони.

Мінімальні протипожежні розриви між будівлями мають складати 18 метрів. Санітарні відстані між корівниками та гноєсховищем – 40-50 метрів.

Процес розрахунку генерального плану розпочинається з визначення її загальної площі.

$$F = f \cdot M = 4 \cdot 500 = 2000 \text{ м}^2, \quad (1.1)$$

де f - норма площі на одну голову, $f = 4 \text{ м}^2$ [1, с. 31].

Визначення ширини B і довжини L , здійснюється з врахуванням $B:L = 1:5$:

$$B = (0,82..0,85) \cdot \sqrt{F} = 0,85 \cdot \sqrt{2000} = 38 \text{ м} \quad (1.2)$$

$$h = 1,5 \cdot B = 1,5 \cdot 38 = 57 \text{ м}. \quad (1.3)$$

Вибираємо тваринницьке приміщення з відповідними розмірами, м:
 $21 \times 54 \times 2,5$.

Визначаємо необхідну кількість приміщень для утримання великої рогатої худоби : [2]

$$n = \frac{M_i}{m_i} = \frac{500}{360} = 1,4 \text{ шт.}, \quad (1.4)$$

де M_i – поголів'я i -го виду [2];

m_i - місткість стійла для i -го виду, [2].

Визначення об'єму сховища для зберігання силосу: [2]

$$V_m = \frac{\sum q_i M_i D_i}{j \cdot \eta} \cdot K = \frac{20 \cdot 250 \cdot 250 \cdot 1,15}{450 \cdot 0,8} + \frac{28 \cdot 250 \cdot 250 \cdot 1,15}{450 \cdot 0,8} = 7968,083 \text{ м}^3. \quad (1.5)$$

де q_i - норма на добу на 1 голову, що залежить від віку тварин, кг;

M_i - кількість днів годівлі на рік (залежно від утримання та типу годівлі), днів; [2]; D_i - кількість тварин;

j - щільність корму, $\text{кг}/\text{м}^3$ [4];

η - ступінь використання сховища, [2].

K - коефіцієнт обліку втрат корму, [2].

$$V_m = V_{m1} + V_{m2}, \quad (1.6)$$

де V_{m1} - об'єм силосу для тварин віком від 12 до 15 місяців; V_{m2} - для тварин віком від 15 до 18 місяців.

Загальна площа сховища складає:

$$F = \frac{V}{h_m} = \frac{7986,083}{5} = 1597,2 \text{ м}^2, \quad (1.7)$$

де h_m - прийнята глибина траншеї.

Визначення річної потреби у сіні:

$$M_c = q_c \cdot M_i = 4 \cdot 500 = 2000 \text{ кг}, \quad (1.8)$$

де M_c – добова потреба у сіні, [5];

q_c - маса сіна, необхідна на 1 тварину; [5].

M_i - поголів'я [5].

$$M_{\text{с220}} = M_c \cdot D_k = 2 \cdot 220 = 440 \text{ т}, \quad (1.9)$$

де D_k - кількість днів годування тварин, $D_k = 220$ днів, [5].

Потрібну річну потребу соломи визначаємо, виходячи із добової потреби на одну тварину:

$$M_{\text{сол.200}} = q_i \cdot M_i \cdot D_k = 9 \cdot 500 \cdot 220 = 990000 \text{ кг} = 990 \text{ т}, \quad (1.10)$$

де q_i - добова потреба у соломі на 1 тварину, [5].

Солому необхідно розмістити на території ферми у рулонах.

Визначення об'єму зернового складу, з врахуванням добової потреби (залежить від обраного раціону та віку: у даному випадку 1,2 кг/добу [2]):

$$V_m = \frac{\sum q_i \cdot M_i \cdot D_k \cdot K}{j \eta} = \frac{1,2 \cdot 250 \cdot 365}{550 \cdot 0,75} \cdot 2 = 5302 \text{ м}^3, \quad (1.11)$$

де q_i - добова необхідність у концентрованих кормах на 1 голову;

j - щільність концентрованого корму, кг/м^3 (взято середнє значення);

η - ступінь використання сховища, [1, стр. 34];

K - коефіцієнт обліку втрат корму, (15%), коефіцієнт запасу.

Площу зерноскладу визначаємо за наступною формулою:

$$F = \frac{V_m}{h_3} = \frac{609,8}{4} = 152,45 \text{ м}^2, \quad (1.12)$$

де h_3 - висоту зернового складу, приймаємо 4 м з врахуванням вимог до зберігання зерна.

Розраховуємо необхідну довжину зернового складу за наступною формулою:

$$l^{\text{об}} = \frac{V_m / h}{B} = \frac{F}{B} = \frac{152,45}{12} = 12,7 \text{ м}, \quad (1.13)$$

де B - ширина споруди взята з врахуванням вільного в'їзду транспорту з причепом (ширина воріт 3 м), [5].

Необхідний річний об'єм коренеплодів визначаємо за формулою: [5].

$$V_m = \frac{\sum q_i \cdot M_i \cdot D_k}{j\eta} \cdot K = \frac{3 \cdot 250 \cdot 220}{540 \cdot 0,8} \cdot 1,1 + \frac{4 \cdot 250 \cdot 220}{540 \cdot 0,8} \cdot 1,1 = 942,085 \text{ м}^3, \quad (1.14)$$

де q_1, q_2 - добова потреба коренеплодів, [2].

Розрахунок площі коренеплодосховища визначаємо за наступною формулою: [2]

$$F = \frac{V_m}{h} = \frac{942,085}{3} = 314,02 \text{ м}^2, \quad (1.15)$$

де h - висота бурта.

Загальну довжину коренеплодосховища визначаємо за наступною формулою:

$$l_m^{об} = \frac{F}{B} = \frac{314,02}{12} = 26,168 \text{ м}, \quad (1.16)$$

де B - розрахункова ширина будівлі, [2].

Розрахунок річного обсягу коренеплодів визначаємо за наступною формулою:

$$V_m = \frac{\sum q_i \cdot M_i \cdot D_k}{nj} \cdot K = \frac{21 \cdot 500 \cdot 120}{700 \cdot 0,9} \cdot 1 = 2000 \text{ м}^3, \quad (1.17)$$

де q_i -добове виділення сечі та калу однією твариною.

$$F = \frac{V_m}{h} = \frac{2000}{2} = 1000 \text{ м}^2, \quad (1.18)$$

Розрахунок загальної довжини гноєсховища визначаємо за наступною формулою:

$$l_m = \frac{F}{B} = \frac{1000}{15} = 66,66 \text{ м}. \quad (1.19)$$

Беремо 1 гноєсховище з розмірами 36×36 м.

1.2. Розрахунок лінії роздавання кормів

Для роздавання кормів на проєктованій фермі, приймаємо мобільний кормороздавач, для якого визначимо вантажопідйомність, тривалість одного рейсу (циклу) і загальну кількість кормороздавачів для ферми.

Таблиця 1.1 - Добовий раціон молодняка ВРХ при силосному способі годівлі, кг

Група тварин, місяців	Солома	Силос	Концентровані корми	Коренеплоди
240 голів віком від 12 до 15	5	22	1,3	4
240 голів віком від 15 до 18	6	28	1,3	5

Вантажопідйомність мобільного кормороздавача G_p визначаємо за наступною формулою: [5]

$$G_p = V_6 \beta_z \rho, \text{ кг}, \quad (1.20)$$

де V_6 – об'єм бункера роздавача, м^3 ; [5]

β_z – коефіцієнт завантаження бункера, $\beta_z = 0,8 - 1$; [5]

ρ – щільність корму, $\text{кг}/\text{м}^3$; [1].

$$G_p = 10 \cdot 0,8 \cdot 280 = 2240 \text{ кг}.$$

Кількість циклів $i_{\text{ц}}$, що може виконати один кормороздавач за термін роздачі корму: [5]

$$i_{\text{ц}} = \frac{T_p}{t_{\text{ц}}}, \quad (1.21)$$

де T_p – допустимий час роздачі корму, год ($T_p = 1,5 \dots 2$ год [2]);

$t_{\text{ц}}$ – час, за який необхідно виконати один рейс роздачі, год.

$$t_{\text{ц}} = (t_x + t_z + t_m + t_p) \cdot k_o, \text{ год}, \quad (1.22)$$

де t_x – тривалість переміщення порожнього кормороздавача до місця завантаження: [5]

$$t_x = \frac{L}{V_x}, \text{ год}, \quad (1.23)$$

де L – середня відстань від корівника до місця завантаження, км (приймаємо $L = 5$ км);

V_x – швидкість переміщення кормороздавача, км/год. ($V_x = 35 \dots 40$ км/год).

$$t_x = \frac{5}{35} = 0,14 \text{ год};$$

де t_3 – тривалість завантаження кормом кормороздавача визначаємо за формулою:

$$t_3 = \frac{G_p}{Q_3}, \text{ год}, \quad (1.24)$$

де Q_3 – продуктивність завантажувача корму, кг/год (ПФ–0,75).

$$t_3 = \frac{3,44}{50} = 0,1 \text{ год};$$

t_m – тривалість переміщення завантаженого кормороздавача до місць роздавання корму визначаємо за формулою: [5]

$$t_m = \frac{L}{V_m}, \text{ год}, \quad (1.25)$$

де V_m – швидкість переміщення завантаженого кормороздавача, км/год. [5]

$$t_m = \frac{5}{20} = 0,25 \text{ год};$$

t_p – тривалість роздачі кормів, год. [5]

$$t_p = \frac{G_p}{Q_p}, \text{ год} \quad (1.26)$$

де Q_p – продуктивність кормороздавача при роздачі кормів, кг/год, [2],

$$t_p = \frac{2240}{8000} = 0,28 \text{ год};$$

k_o – коефіцієнт, з врахуванням вимушених зупинок на розвороти тощо, $k_o = 1,1 - 1,2$.

$$t_y = (0,14 + 0,1 + 0,25 + 0,28) \cdot 1,2 = 0,92 \text{ год};$$

$$i_y = \frac{2}{0,92} = 2,18.$$

Загальна кількість кормороздавачів для годування становить:

$$i_o = \frac{G_{раз}}{G_p}, \quad (1.27)$$

де $G_{раз}$ – необхідна кількість корму для одного годування, [5]

$$i_o = \frac{3436,7}{2240} = 1,53.$$

Отже, потрібна кількість кормороздавачів складає:

$$n = \frac{i_o}{i_y} = \frac{1,53}{2,18} = 0,7. \quad (1.28)$$

Прийmemo $n_p = 1$.

1.3. Розрахунок лінії водозабезпечення ферми

Система водопостачання тваринницької ферми є одним із ключових технологічних елементів у технологічному виробництві..

Основними споживачами води є: тварини, процеси приготування кормів, працівники ферми, а також система поливу зелених насаджень.

Схематичне зображення водопровідної мережі наведено на рисунку 1.1..

Розрахунок середньодобової витрати води проводиться за встановленими нормативами для кожної категорії споживачів.

- для напування тварин:

$$Q_G = q \cdot m = 30 \cdot 50 = 15000 \text{ л/доб}; \quad (1.29)$$

де q - середньодобова норма споживання води молодняком ВРХ, л/доб; [5];

m - кількість тварин, гол.

- для приготування корму: $Q_F = 18000 \text{ л/доб}$.

Нерівномірність добового споживання води визначаємо за наступною формулою: [5];

$$Q_{доб.мах} = Q_{ср.доб} \cdot K_{доб}, \quad (1.30)$$

де $Q_{доб.мах}$ - добова максимальна витрата води, л/доб; [5];

$K_{сут}$ - коефіцієнт добової нерівномірності використання води, $K_{доб} = 1,3 \dots 1,5$. [5];

$$Q_{доб.мах G} = 15000 \cdot 1,4 = 21000 \text{ л/доб};$$

$$Q_{доб.мах F} = 18000 \cdot 1,4 = 25200 \text{ л/доб.}$$

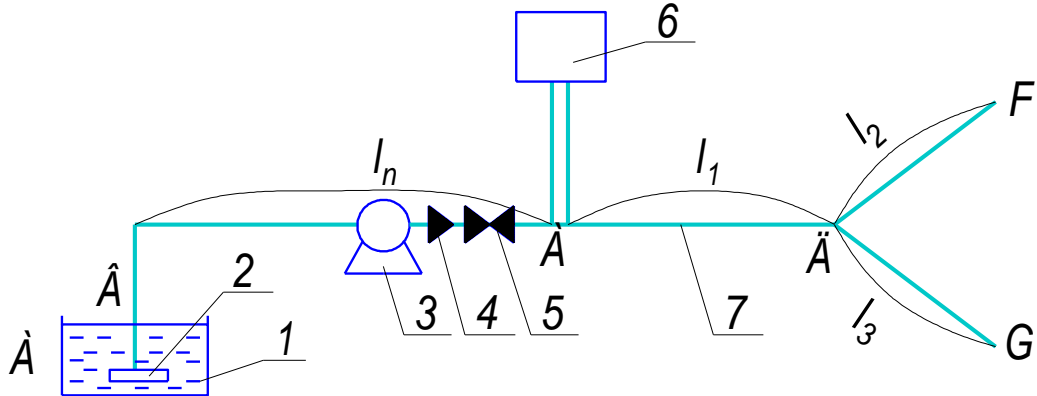


Рисунок 1.1 – Розрахункова схема водопровідної мережі:

1 – джерело води; 2 – всмоктувальний клапан; 3 – насосна станція; 4 – зворотній клапан; 5 – засувка; 6 – водонапірна башта; 7 – зовнішня водонапірна мережа; F, G – водоспоживачі, відповідно кормоцех, ферма; A, B, C, D, F, G – нівелірні позначки.

Годинна нерівномірність витрат води (л/год) з врахуванням коефіцієнту нерівномірності визначається за формулою: [5];

$$Q_{годмах} = \frac{Q_{доб.мах} \cdot K_{год}}{24}, \text{ л/год} \quad (1.31)$$

де $K_{час} = 2,5$.

$$Q_{час.махG} = \frac{21000 \cdot 2,5}{24} = 2187,75 \text{ л/год};$$

$$Q_{час.махF} = \frac{25200 \cdot 2,5}{24} = 2625 \text{ л/год.}$$

Так як $Q_{сек.мах}$ є вузловими витратними відповідно, на вузлах G та F (рис. 1.1), тоді:

$$Q_{сек.махG} = Q_G; \quad Q_{сек.махF} = Q_F.$$

Підбір діаметра трубопроводу та визначення потер напору по довжині.

Для трубопроводу DF транзитна витрата Q_F , для $DG: Q_G$, $DC: Q_F + Q_G$.

Підбираємо для ділянок DF та DG, DC , з врахуванням умов економічно вигідних швидкостей [3]. Ттранзитна витрата відрізнятиметься від довідкових даних, що відповідають стандартному діаметру трубопроводу.

Отже, отримаємо: на ділянці л/сек: беремо трубу \varnothing 50 мм. Втрати напору за довжиною кожної з ділянок:

$$h_n = \frac{Q^2}{K^2} \cdot \alpha \cdot K_m, \quad (1.32)$$

де h_n – втрата тиску;

Q – розрахункова транзитна витрата ділянки л/сек;

K – витратна характеристика трубопроводу (для \varnothing труби 50 мм 9,9К)

л/сек;

α – протяжність ділянки водопроводу, м;

K_m – коефіцієнт, що враховує місцеві втрати напору (повороти, стики, засувки тощо), $K_m = 1,1$. [5];

Довжина трубопроводу на ділянці $CD = 85$ м; $DG = 40$ м; $DF = 50$ м.

$$h_m^{CD} = \frac{1,336^2}{9,9^2} \cdot 85 \cdot 1,1 = 1,7 \text{ м};$$

$$h_m^{DG} = \frac{0,6^2}{9,9^2} \cdot 40 \cdot 1,1 = 0,16 \text{ м};$$

$$h_m^{DF} = \frac{0,729^2}{9,9^2} \cdot 50 \cdot 1,1 = 0,29 \text{ м}.$$

Визначення висоти водонапірної башти.

«Водонапірна башта має бути достатньою для того, щоб забезпечити необхідний вільний напір у приміщеннях з урахуванням втрати напору по довжині трубопроводу та різниці нівелірних позначок основи водонапірної вежі та тваринницьких приміщень» [6]. Нівелірні точки: $A = 5$ м; $C = 13$ м; $F = 13$ м; $G = 15$ м.

Визначаємо п'єзометричні позначки вузла FG:

$$h_{п'єз}^F = h_{св}^F + h_n^{GD} + h_2^{CD} + h_{нив}^F = 10 + 0,29 + 1,7 + 12 = 23,99 \text{ м}; \quad (1.34)$$

$$h_{п'єз}^G = h_{св}^G + h_n^{GD} + h_2^{CD} + h_{нив}^G = 10 + 0,16 + 1,7 + 14 = 25,86 \text{ м}; \quad (1.35)$$

де $h_{п'єз}^F$, $h_{п'єз}^G$ - п'єзометричні позначки вузла F , G : м;

$h_{св}^F$, $h_{св}^G$ - величина вільного тиску на вузлах F , G : м;

h_n^{GD} , h_n^{FD} , h_2^{CD} - втрати напору на ділянках DF і DG , DC , м;

$h_{нив}^F$, $h_{нив}^G$ - нівелірні позначки вузлів F , G (за топографічною схемою місцевості), м.

Далі для розрахунків беремо максимальне значення п'езометричної позначки

$$h_{\text{п'ез}}^{\text{max}} = 25,86 \text{ м.}$$

Висота опори башти (м):

$$h_0 = h_{\text{п'ез}}^{\text{max}} - h_{\text{нив}}^C = 25,86 - 13 = 12,86 \text{ м.} \quad (1.36)$$

Розрахункова висота водонапірної вежі, м:

$$H_{\bar{o}} = h_0 + h_{\bar{o}} = 12,86 + 4 = 16,86 \text{ м,} \quad (1.37)$$

де $h_{\bar{o}}$ - висота бака водонапірної башти, м, $h_{\bar{o}} = 4$ м – береться як найчастіше застосовувана.

Щоб підібрати необхідний насос треба знати напір і продуктивність насосної станції. Орієнтовну продуктивність насосної станції знайдемо виходячи з [8]:

$$Q_n = \frac{\sum Q_{\text{доб.мак}}}{T_n \cdot 3600} = \frac{Q_{\text{доб.мак G}} + Q_{\text{доб.мак F}}}{T_n \cdot 3600} = \frac{21000 + 25200}{12 \cdot 3600} = 1,07 \text{ л/сек,} \quad (1.38)$$

де $\sum Q_{\text{доб.мак}}$ - добове споживання, л/добу; [8];

T_n - орієнтовна тривалість час роботи станції, год.

Діаметр всмоктувального та нагнітального трубопроводу вибираємо добору трубопроводів водопровідної мережі з врахуванням економічно вигідних швидкостей руху води. [8].

Втрати насоса у всмоктувальному та нагнітальному трубопроводах (м) визначаємо за наступною формулою:

$$h_n^H = \frac{Q_n^2}{K^2} \cdot \alpha \cdot K_m = \frac{0,111^2}{8,9^2} \cdot 115 \cdot 1,1 = 0,02 \text{ м,} \quad (1.39)$$

де h_n - загальна протяжність всмоктувального та нагнітального трубопровода;

$\alpha_{\text{нач}}$ - 100 м;

$\alpha_{\text{всмोक}}$ - 15 м.

Необхідний напір насосу:

$$H_n = h_n^H + H_{\bar{o}} + (h_{\text{нив}}^C - h_{\text{нив}}^A) = 0,019 + 16,86 + (13 - 5) = 24,9 \text{ м,} \quad (1.40)$$

де $h_{\text{нив}}^C - h_{\text{нив}}^A$ - різницю нівелірних позначок точок A і C .

Відповідно до характеристик насоса (рис. 1.2) 2К-6 визначаємо фактичну продуктивність насоса.

Зважаючи на те, що за умовами загальна протяжність всмоктувального та нагнітального водопроводів невеликі, то його характеристику відкладаємо як пряму, паралельно осі ГО, з ординатою. Точка А визначається як точка перетину витратної характеристики насоса з витратною характеристикою трубопроводів. [8].

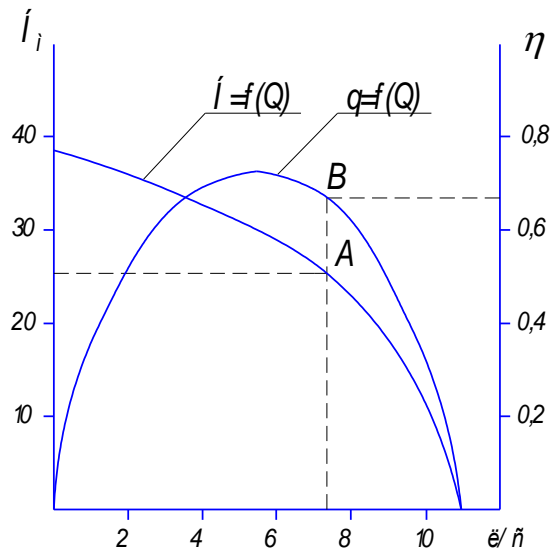


Рисунок. 1.2 – Розрахунок робочого режиму насосу 2К-6.

Фактична продуктивність насосу з робочої точки А проводимо вертикаль насоса на вісь ОО, перетину з вертикаллю визначити фактичну продуктивність насоса Q_{ϕ} (л/с), визначаємо ККД насосу із точки А відкладемо вертикальну пряму до перетину з кривою $\eta = f(a)$ в точці В. Із точки В на вісь η відкладаємо горизонталь та вибираємо ККД насосу в необхідному режимі роботи.

Визначання потужності електродвигуна приводу насоса здійснюємо за допомогою формули:

$$N = \frac{j \cdot Q_{\phi} \cdot H_n}{102 \cdot \eta_n} = \frac{1,72 \cdot 24,88}{102 \cdot 0,7} = 2,06 \text{ кВт}, \quad (1.41)$$

де N – потужність двигуна, кВт; j – питома вага води; Q_{ϕ} – фактична продуктивність насоса, л/с (рис. 1.2); H_n – напір насоса, м; η_n – ККД насоса за рис. 1.2.

Практично визначена потужність електродвигуна має бути збільшена з врахуванням коефіцієнту запаса в 1,5 рази:

$$N_0 = N \cdot K = 2,058 \cdot 1,5 = 3,77 \text{ кВт}, \quad (1.42)$$

де K – коефіцієнт запаса, $K = 1,5$, [8].

Тривалість роботи насоса протягом доби визначаємо за формулою:

$$T = \frac{\sum Q_{\text{сут. max}}}{Q_{\phi} \cdot 3600} = \frac{462000}{7,3 \cdot 3600} = 0,7 \text{ год.} \quad (1.43)$$

Розраховуємо об'єм водонапірної башти з урахуванням запаса 15%:

$$V = \frac{0,15 \cdot 46200}{1000} = 6,93 \text{ м}^3.$$

1.4. Механізація створення мікроклімату у приміщенні

Розрахунок і добір обладнання для системи вентиляції.

Система вентиляції призначена для видалення з тваринницьких приміщення забрудненого та надмірно вологого повітря і його заміни на свіже зовнішнє повітря з нижнім рівнем вологості. Її основна функція – підтримання оптимального гігієнічного мікроклімату для тварин і персоналу, а також забезпечення безпечного стану будівельних конструкцій.

Основою для розрахунку та добору вентиляційного обладнання є нормативні показники, встановлені для мікроклімату в тваринницьких приміщеннях.

Повітрообмін за годину, що необхідний для підтримання допустимого рівня вмісту вуглекислого газу, визначається за відповідною формулою:

$$\alpha_{CO_2} = \frac{c \cdot m}{c_1 - c_2} = \frac{82 \cdot 500}{2,5 - 0,3} = 18636,36 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.44)$$

де c - кількість вуглекислого газу, що виділяється однією твариною, л/год (нормативні дані) [7];

m - кількість голів в приміщенні, [7];

c_1 - допустима кількість вуглекислоти в повітрі приміщення (див. будівельні норми та правила проєктування сільськогосподарських приміщень) [7];

c_2 - вміст CO_2 у свіжому повітрі $c_2 = 0,3 \dots 0,4$ л/м³.

Повітрообмін за годинну з вмістом вологи визначаємо за формулою:

$$H_{H_2O} = \frac{W \cdot m \cdot \beta}{d_1 - d_2} = \frac{261 \cdot 500 \cdot 1,2}{8,1 - 1,8} = 24857,5 \text{ м}^3/\text{год}; \quad (1.45)$$

$$d_1 = \frac{\omega \cdot d_{\max}}{100} = \frac{75 \cdot 10,8}{100} = 8 \text{ год/м}^3, \quad (1.46)$$

де W - кількість водяної пари, що виділяється однією твариною [7];

β - коефіцієнт, що враховує випаровування вологи з підлоги, автонапувалок і т.д, $\beta = 1,2$;

d_i - допустима кількість водяної пари в повітрі тваринницького приміщення [7];

ω - нормативний об'єм повітря у споруді, %; [7];

d_{\max} - максимальний об'єм повітря при 12°C, $d_{\max} = 75\%$.

Розраховуємо необхідну кратність повітрообміну за наступною формулою: [7]

$$K = \frac{\alpha}{V} = \frac{24857}{4987} = 5 \quad (1.47)$$

де V - об'єм приміщення.

Повітрообмін у тваринницьких приміщеннях, зазвичай забезпечується шляхом комбінованого поєднання природної та примусової вентиляції. Природна вентиляція є конструктивно простішою та економічнішою в експлуатації. Її дія базується на природній циркуляції повітря, що виникає завдяки різниці температур між внутрішнім і зовнішнім середовищем.

У таких умовах загальний переріз витяжних і припливних повітряних каналів визначається за наступною формулою:

$$F_g = \frac{L}{3600 \cdot g} = \frac{24857,14}{3600 \cdot 1,19} = 5,808 \text{ м}^3, \quad (1.48)$$

де L - годинний повітрообмін, м³/год;

g - швидкість проходження повітря в каналі, м/с:

$$g = 2,2 \cdot \sqrt{\frac{h \cdot (t_g - t_{нв})}{273}} = 2,2 \cdot \sqrt{\frac{3,5 \cdot (12 - (-11))}{273}} = 1,19 \text{ м/с}, \quad (1.49)$$

де h - висота витяжного каналу (беремо 3,5 м);

$t_в$ - температура повітря в приміщенні; $t_в = 12^\circ\text{C}$; [7]

$t_{нв}$ - температура зовнішнього повітря, $t_{нв} = - 11^\circ\text{C}$; [7].

Необхідну кількість витяжних каналів визначаємо наступним чином:

$$n_в = \frac{F_в}{f} = \frac{5,81}{0,5} = 11,65 \approx 12 \text{ шт.}, \quad (1.50)$$

де f - площа перерізу одного каналу; $f = 0,5 \text{ м}^2$. [7].

Зважаючи на те, що робота природної вентиляції залежить від погодних умов, поєднаємо її з примусовою вентиляцією.

$$\alpha_{вс} = 1,15 \cdot \alpha = 1,15 \cdot 24857,14 = 28586 \text{ м}^3/\text{год} \quad (1.51)$$

т.к. $\alpha_{вс} > 8000 \text{ м}^3/\text{год}$ беремо схему з декількома вентиляторами.

Кількість вентиляторів визначаємо з умови:

$$n_в \geq \frac{\alpha_{вс}}{8000} = \frac{28586}{8000} = 3,6 \approx 4 \text{ шт.}, \quad (1.52)$$

де $8000 \text{ м}^3/\text{год}$ – максимальний повітрообмін, який може забезпечити 1 вентилятор з \varnothing робочого колеса 800 мм;

$n_в$ - округляємо у більшу сторону.

Визначаємо продуктивність одного вентилятора за умови:

$$\alpha_в = \frac{\alpha_{вс}}{n_в} = \frac{28585,7}{4} = 7146,5 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (1.53)$$

Розраховуємо діаметри головного та припливного повітроводів за формулою:

$$D = \frac{1}{30} \cdot \sqrt{\frac{\alpha_{вд}}{\pi \vartheta}}, \text{ м}^2, \quad (1.54)$$

де ϑ - швидкість повітря у повітроводі, м/с [7].

Відповідно до прийнятої схеми вентиляції будівлі, повітря, що подається вентиляторами, надходить спочатку в головний повітропровід, а потім розподіляється по чотирьох припливних повітроводах, тобто система передбачає централізовану подачу з подальшим розгалуженням повітряного потоку.

$$\alpha_{вд}^{nl} = \alpha_в;$$
$$D = \frac{1}{30} \cdot \sqrt{\frac{7146,4}{3,14 \cdot 8}} = 0,57 \text{ м};$$

$$D = \frac{1}{30} \cdot \sqrt{\frac{7146,4/4}{3,14 \cdot 8}} = 0,3 \text{ м.}$$

Напір, створюваний вентилятором, повинен бути більше суми втрат тиску на тертя і в місцевих опорах:

$$H = H_{mp} + H_{mc} = \frac{\rho \vartheta^2}{2} \left(\lambda \frac{l}{2d} + \sum \xi \right) = \frac{1,2 \cdot 8,2}{2} \left(0,02 \cdot \frac{60}{0,56 \cdot 2} + 1,2 \right) = 87,4 \quad \text{Па,} \quad (1.55)$$

де H - повні втрати напору, Па;

H_{mp} - втрати натиску на тертя, Па;

H_{mc} - втрати на місцевих опорах, Па;

ρ - щільність повітря, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ [7];

ϑ - швидкість повітря в повітроводі [7];

λ - коефіцієнт трубопроводного опору руху повітря, $\lambda = 0,02$ [7];

l - довжина трубопроводу від вентилятора до кінцевої точки відповідно до прийнятої схеми, м;

d - діаметр трубопроводів, м;

$\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих втрат (повороти, переходи, калориферні грати) (взято приблизно) [7].

На основі α_g і H технічних характеристик вентиляторів марки Ц4-70 було обрано саме дану модель, оскільки вона найбільш оптимально підходить для вентиляції приміщення.

1.4. Розрахунок лінії збирання та транспортування гною

Розрахунок об'єму виходу гною на проєктованій тваринницькій фермі.

Для розрахунку режиму роботи обладнання з прибирання, транспортування та зберігання гною передусім необхідно визначити його добовий вихід. Обсяг гною залежить від ряду виробничих чинників: складу і маси щоденного раціону, кількості тварин, виду та норми використання підстилкового матеріалу, а також обраної технології прибирання й транспортування.

Добовий вихід гною q_n від однієї тварини визначаємо за наступною формулою:

$$q_n = \frac{50[q_1(1-k_1) + q_2(1-k_2) + q_3(1-k_3) + q_4(1-k_4)]}{100 - W} + q_p = \frac{50[6 \cdot (1-0,2) + 28 \cdot (1-0,65) + 1,2 \cdot (1-0,14) + 4 \cdot (1-0,82)]}{100 - 86} + 2 = 60,4 \text{ т/гол,} \quad (1.55)$$

k_1, k_2, k_3, k_4 - коефіцієнти вологості кормів добового раціону, відповідно для соломи, силосу, концкорму, коренеплодів [6];

q_1, q_2, q_3, q_4 - добова норма видачі кормів відповідно соломи, силосу, концкорму, коренеплоди, [6];

Розрахунок сумарного виходу гною з ферми:

$$Q_n^{sym} = q_n \cdot m = 30200 \text{ кг}, \quad (1.56)$$

де m - кількість тварин, гол.

Обсяг трудових витрат та періодичність очищення станків визначаються рядом чинників, зокрема: видом та віком тварин, системою утримання типом підлоги та ін.

Для визначення добової трудомісткості очищення станків, призначених для утримання молодняку великої рогатої худоби, використовуються дані з [6].

У проєкті тваринницької ферми передбачено тип підлоги з трудомісткістю очищення 0,006 люд.-год. Та кратністю очищення – двічі на добу [6].

Добова трудомісткість S очищення станків визначаємо за наступною формулою:

$$S = c \cdot m \cdot b = 0,06 \cdot 2 \cdot 500 = 6 \text{ люд.-год}, \quad (1.57)$$

де c - питома трудомісткість очищення, люд/год. [6];

m - кількість тварин, гол., [6];

b - кратність очищення станків, [6].

Тривалість очищення станків визначаємо за формулою:

$$t_u = \frac{2l_n}{v_p + v_x} + 2 \cdot t_c + t_o, \text{ с}, \quad (1.58)$$

де l_n - відстань переміщення гною, м;

v_p і v_x - робоча швидкість трактора, м/с;

v_x - швидкість холостого ходу трактора, м/с;

t_c - час перемикання передач; $t_c = 4 \dots 5$ с;

t_o - час піднімання та опускання відвалу; $t_o = 1 \dots 2$ с.

$$t_u = \frac{2 \cdot 30}{0,3 + 1,2} + 2 \cdot 5 + 2 = 53 \text{ с.}$$

Розрахунок загального часу прибирання гною складе:

$$T_o = \frac{G_{sym}}{Q_{\delta}} = \frac{90600}{30046} = 3 \text{ год.} \quad (1.59)$$

1.6. Висновки по першому розділу

У даному розділі кваліфікаційної роботи було обґрунтовано та розраховано генплан ферми молодняку ВРХ, лінії роздавання кормів, водо забезпечення, збирання та транспортування гною, а також підібрано обладнання системи вентиляції.

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗДАЧІ КОРМІВ

2.1. Зоотехнічні вимоги до лінії роздачі кормів

Співвідношення кормів різної поживності й фізико-механічних властивостей визначає тип годівлі, що обирається не лише для забезпечення необхідної кількості поживних речовин, а й з урахуванням фізіології тварин. Наприклад, молодняк великої рогатої худоби не можна годувати виключно малими об'ємами концентратів – це може призвести до порушення функцій травної системи через недостатнє наповнення шлунка об'ємними кормами.

Технічне обладнання, що використовується для доставки кормів повинно формувати поточну технологічну лінію. Оскільки мобільні кормороздавачі мають забезпечувати рівномірне розподілення корму згідно з зоотехнічними нормами, необхідно розробити таку систему роздачі, яка забезпечить однорідність розподілу кормів і мінімізує їх втрати.

Результативність годівлі значною мірою залежить від організації процесу роздачі кормів, оскільки дані операції займають близько 25–35% усіх трудових витрат у виробництві молока або м'яса. Для стада з 100 голів великої рогатої худоби щодня потрібно роздати 3–4 т кормів рівномірно й у встановлений час. Відхилення від даних умов негативно вплине на продуктивність тварин.

Технічні засоби процесу роздавання кормів повинні відповідати насущним вимогам [7]:

- забезпечувати дозовану рівномірність та точність роздачі всіх видів кормів [8];
- забезпечувати можливість індивідуального дозування корму для кожної тварини;
- конструкція робочих органів роздавача кормів не повинна погіршувати якість чи спричиняти їх втрати;
- безпечність для тварин і персоналу, зручність експлуатації, надійність і довговічність.

Допустиме відхилення від встановленої норми роздачі стеблових кормів не повинно перевищувати $\pm 15\%$, для концентрованих кормів – $\pm 5\%$.

Втрати корму, що не підлягають відновленню в процесі роздачі, мають бути не більшими за 1%. Тривалість одного циклу роздачі корму в одному

приміщенні не повинна перевищувати 30 хвилин при використанні мобільних засобів і 20 хвилин – при стаціонарних.

Кормороздавачі мають бути універсальними в застосуванні для подачі різних типів кормів в межах ферми, мати можливість регулювання об'єму видачі в широкому діапазоні — від мінімального до максимального рівня, а також характеризуватися високою продуктивністю.

Конструкція обладнання має забезпечувати низький рівень шуму, легкість в очищенні від залишків корму та забруднень, термін окупності близько двох років. Коефіцієнт технічної готовності має бути не нижче 0,98.

Рівномірність норми видачі визначається працівником візуально або шляхом зважування проб, що відбирають із годівниці на ділянках довжиною 1 м.

2.2. Огляд технічних засобів для роздачі кормів

Роздача кормів тваринам включає кілька етапів: завантаження у транспортні засоби, доставка до місця годівлі, перевантаження у роздавальні пристрої, транспортування вздовж годівниць, дозована подача у годівниці та їх очищення [8, 9].

На фермах застосовують мобільні й стаціонарні засоби роздачі. Мобільні кормороздавачі дозволяють уникнути додаткового перевантаження корму, що спрощує технологічну схему: завантаження у мобільний роздавач, доставка, транспортування вздовж фронту, дозована видача та очищення годівниць.

Переважає більшість мобільних кормороздавачів – це причіпні чи напівпричіпні агрегати, які працюють із тракторами. Вони можуть короткочасно експлуатуватися у тваринницьких приміщеннях, не створюючи небезпечної концентрації вихлопних газів. Самохідні кормороздавачі на бензинових двигунах використовують лише для транспортування кормів на значні відстані, оскільки їх експлуатація у приміщеннях заборонена через виділення чадного газу.

До недоліків мобільних роздавачів відносяться:

- необхідність достатньої ширини кормових проходів, що підвищує вартість та площу приміщень;
- забруднення повітря вихлопами, що вимагає кращої вентиляції;
- неможливість автоматизації процесу роздачі. [2, 4].

Кормороздавачі класифікують за типом корму, конструкцією, способом використання та приводом (рис. 2.1). Існують універсальні пристрої, що

здатні роздавати будь-які види кормів, а також спеціалізовані для окремих типів корму.

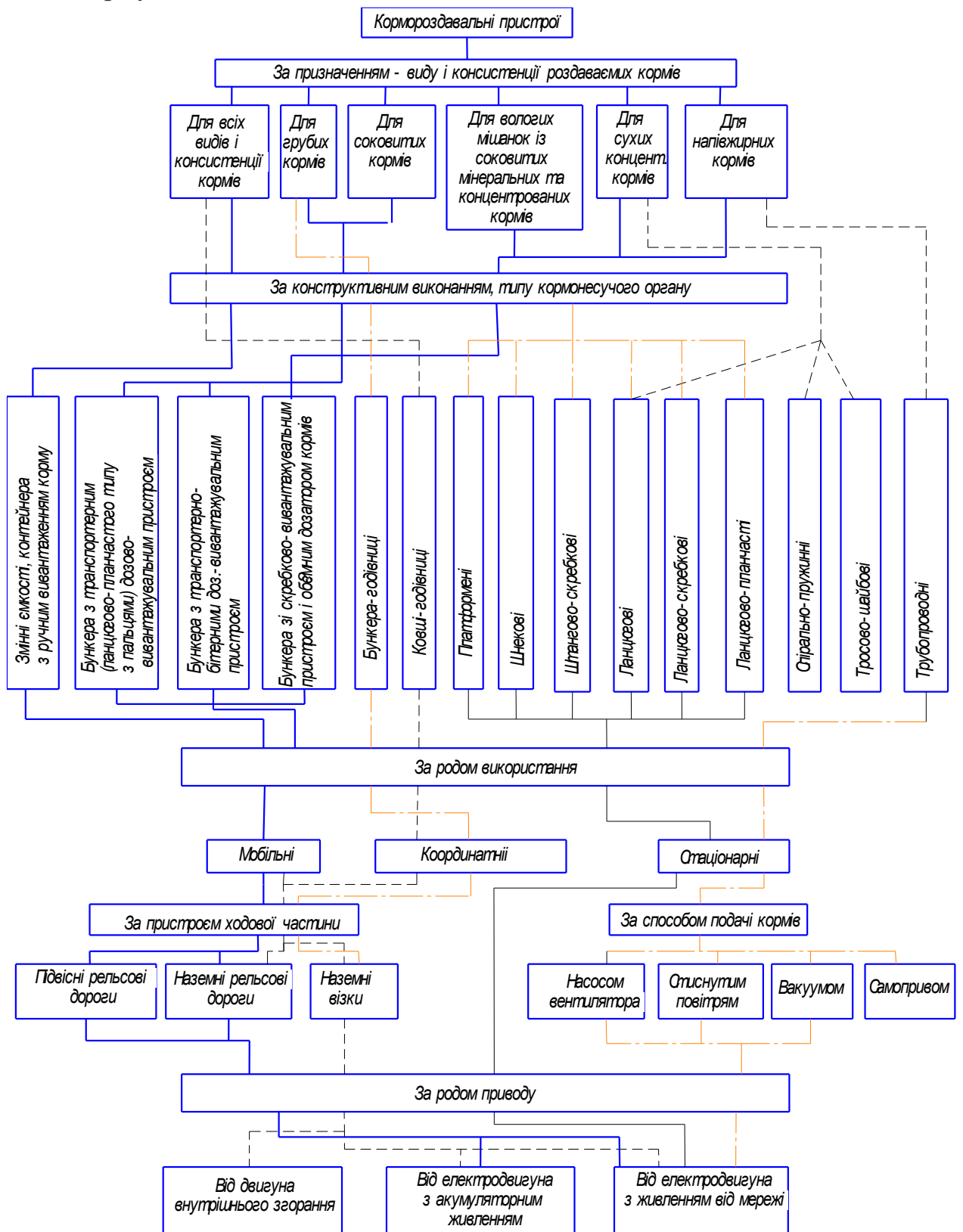


Рисунок 2.1. Класифікація кормороздавачів

За конструкцією розрізняють мобільні, координатні та стаціонарні машини. Мобільні – це бункерні пристрої, які можна переміщати територією

ферми; координатні – обладнані вивантажувальними органами, що рухаються по рейках; стаціонарні – змонтовані у приміщеннях і роздають корм через транспортери. [5-7].

Механізми кормороздавачів можуть отримувати енергію від різних джерел: ДВЗ, електродвигунів, акумуляторів чи електромережі.

Знімні ємності та контейнери з ручним вивантаженням, як правило, переміщуються рейковими шляхами або візками; такі системи універсальні, але малопродуктивні й потребують значних фізичних зусиль.

На фермах ВРХ широко застосовують причіпні бункерні роздавачі із приводом від ВВП трактора. Найкраще вони працюють за наявності твердого покриття на кормових майданчиках.

Кормові проходи мають бути не менше 3 м завширшки, а висота годівниць – понад 0,75 м.

Прикладом є тракторний кормороздавач КТУ-10 із двосторонньою рис. 2.2) або односторонньою роздачею (рис. 2.3).

У сучасних приміщеннях для безприв'язного утримання тварин ширина проходу може бути більшою, що потребує переобладнання роздавача.

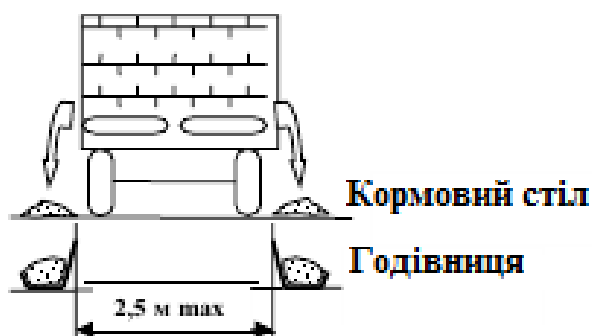


Рисунок 2.2. Двостороння роздача кормів

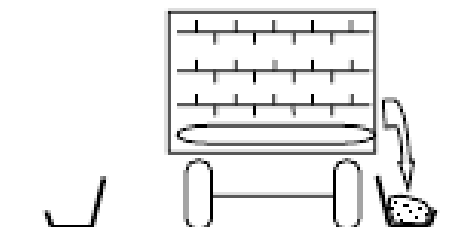


Рисунок 2.3. Одностороння роздача кормів

Кормороздавач КТУ-10А є універсальною тракторною машиною, що призначена для транспортування і рівномірної роздачі подрібнених стеблових кормів у годівниці з одного або обох боків.

Основні складові машини: ходова частина, механізми роздачі корму, гальмівна система та система електрообладнання.

Ходова частина разом із днищем включає осі з колесами, ресори, тяго зчіпний пристрій, а також два лацюгово-планчаті полотна повздовжнього транспортера, які працюють узгоджено і мають натяжні механізми.

До приводу кормороздавача входять: телескопічний вал, приводи повздовжнього і вивантажувального транспортерів, конічний редуктор та блок приводу.

Бітерні дозувальні пристрої складаються з блоку бітерів і поперечного транспортера, які взаємодіють із повздовжнім транспортером. Залежно від напрямку роздачі кормів, використовують або одне полотно для однієї роздачі), або два малі полотна (для роздачі на обидві сторони).

Кількість корму, що подається регулюється зміною швидкості повздовжнього транспортера відносно швидкості руху агрегату.

Кормороздавач агрегується з тракторами тягового класу 14кН. У приміщеннях корм роздають на першій передачі, а на відкритих майданчиках – на другій. Вантажопідйомність становить 3500 кг, місткість бункера з надставками – до 15 м³.

Кормороздавачі-змішувачі ("міксери") останнім часом набули широкого застосування. Вони оснащені вертикальними шнеками та мають горизонтальні шнеки по днищу бункера. Зазвичай мають бічні вивантажувальні вікна з максимальною шириною подачі корму до 2,2 м (рис. 2.4) [7].

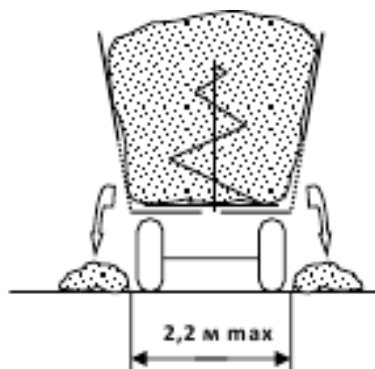


Рисунок 2.4. Схема кормороздавача-«міксера»

За потреби роздачі кормів при ширших кормових проходах, як і у випадку з КТУ-10, необхідно виконувати подачу на один бік двічі або додатково встановити поперечний транспортер, що підвищує загальну вартість машини.

Моделі з горизонтальними шнеками зазвичай підтримують лише односторонню подачу, що є конструктивним недоліком.

Також на деяких фермах використовують кормороздавач РММ-Ф-6, РСП-10, Solomix 2, Siloking VM 9 та ін. [8, 12].

РММ-Ф-6 – мобільний малогабаритний кормороздавач (рис. 2.5.), призначений для транспортування та подачі подрібнених кормів, підстилкових матеріалів тощо. Завдяки компактним розмірам може працювати в проходах шириною від 2 м. Складається з однієї частини

напівпричепа з кузовом, поздовжнього транспортера, бітерів, поперечних транспортерів та механізму приводу. Забезпечує рівномірне дозування корму та ефективне очищення бітерів.

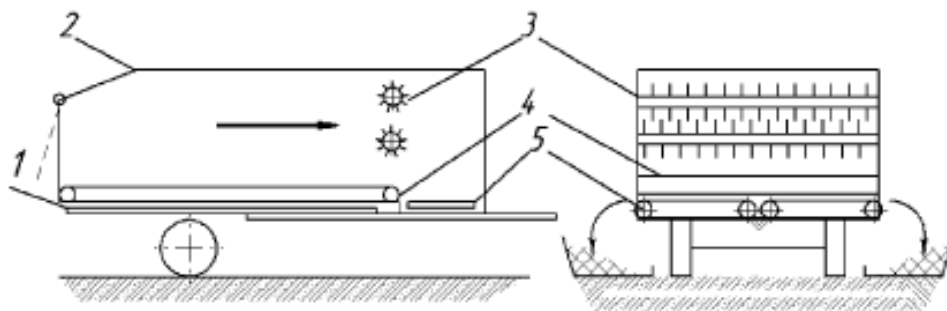


Рисунок 2.5. Кормороздавач РММ-Ф-6 [8]: 1 – рама; 2 – кузов; 3 – бітер; 4 – поздовжній транспортер; 5 – поперечний транспортер

РСП-10 (рис. 2.6) – причіпний змішувач-роздавач із двома верхніми та одним нижнім шнеком. Призначений для приготування, транспортування та роздачі кормосуміші на фермах ВРХ. Обладнаний вивантажувальним ланцюгово-планчастим транспортером, відбивними витками на шнеках та заслінкою для регулювання подачі корму.

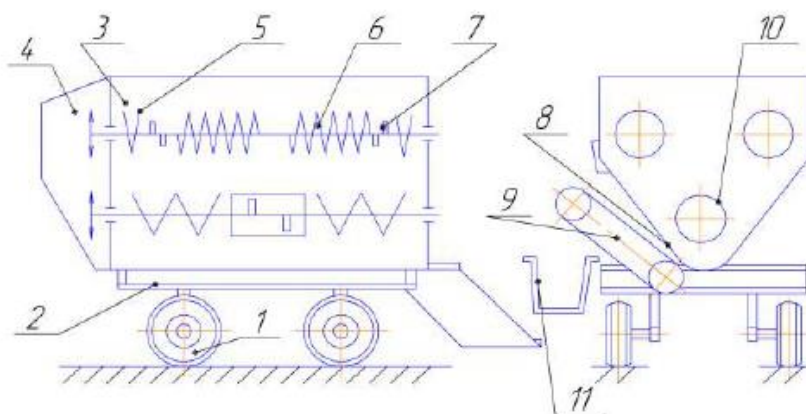


Рисунок 2.6. Змішувач-роздавач РСП-10 [8]: 1 – ходова частина; 2 – рама; 3 – кузов; 4 – коробка ланцюгових передач; 5 – відбивні витки; 6 – верхні шнеки; 7 – пальці; 8 – засувка; 9 – вивантажувальний транспортер; 10 – нижній шнек

Solomix 2 (Нідерланди) – імпортований змішувач-роздавач (рис. 2.7, 2.8) з високою точністю дозування. Оснащений бункером, шнеками, дозуючим клапаном, гідросистемою, ваговим обладнанням і електронним керуванням. Забезпечує змішування, подрібнення та точну подачу кормів. Регулювання натягу ланцюгів, зазорів у підшипниках та зачеплення редукторів здійснюється відповідно до технічного регламенту.

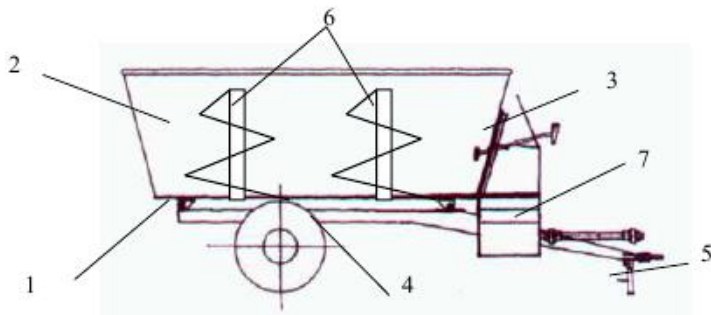


Рисунок 2.7. Конструктивна схема кормороздавача Solomix 2: 1 – рама, 2 – бункер, 3 – дозуючий клапан, 4 - балка з колесами, 5 – стоянкова опора, 6 – шнек, 7 – вивантажувальний транспортер.



Рисунок 2.8. Фотознімок кормозмішувача-роздавача Solomix 2

Даний кормороздавач складається з рами, бункера, дозуючого клапану, гідравлічної системи, балки з колесами, сніці, трапу з майданчиком, стоянкової опори, ручного стоянкового гальма, двох контрножів, електронного вагового пристрою, пульту керування, пневматичної гальмівної системи, привода шнеків й вивантажувального ланцюгово-планчастого транспортера.

Отже, переваги мобільних кормороздавачів:

- поєднання функцій змішування, транспортування та роздачі;
- скорочення трудовитрат;
- можливість обслуговування декількох приміщень за змінним графіком;
- використання на відкритих майданчиках у літній період;
- зниження витрат на механізацію процесу годівлі.

2.3. Висновки по другому розділу

В даному розділі кваліфікаційної роботи обґрунтовано необхідність вдосконалення технологічного процесу роздачі кормів. Наведено зоотехнічні вимоги до лінії роздачі кормів. Здійснено аналіз технічних засобів роздачі кормів

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

3.1. Розробка технологічної та конструктивної схеми кормороздавача

Для ПСП «Україна» с. Почуйки, Житомирського району Житомирської області покупка дорогого сучасного роздавача на даний час не можлива через високу вартість. Так як у господарстві використовується кормороздавач-змішувач кормів з вертикальним розміщенням робочих органів.

Недоліком кормороздавачів-змішувачів даного типу є досить значна потреба в попередньому подрібненні компонентів кормосуміші до розміру, що мають відповідати зоотехнічним нормам. Крім того, в кормороздавачах із горизонтальними шнеками часто виникає проблема часткового намотування стеблових кормів на робочі органи. Це стало підставою для необхідності модернізації конструкції кормороздавача з метою забезпечення його ефективної роботи відповідно до вимог технологічного процесу роздачі різних видів кормів для великої рогатої худоби.

Нами запропонований кормороздавач (рис. 3.1), що складається з циліндричного бункера, всередині якого вертикально встановлений привідний вал 9 на якому розміщена ступиця з лопатями. По бокам бункера діаметрально протилежно один одному розміщені вивантажувальні шнеки 2 і вертикальні направляючі стержні.

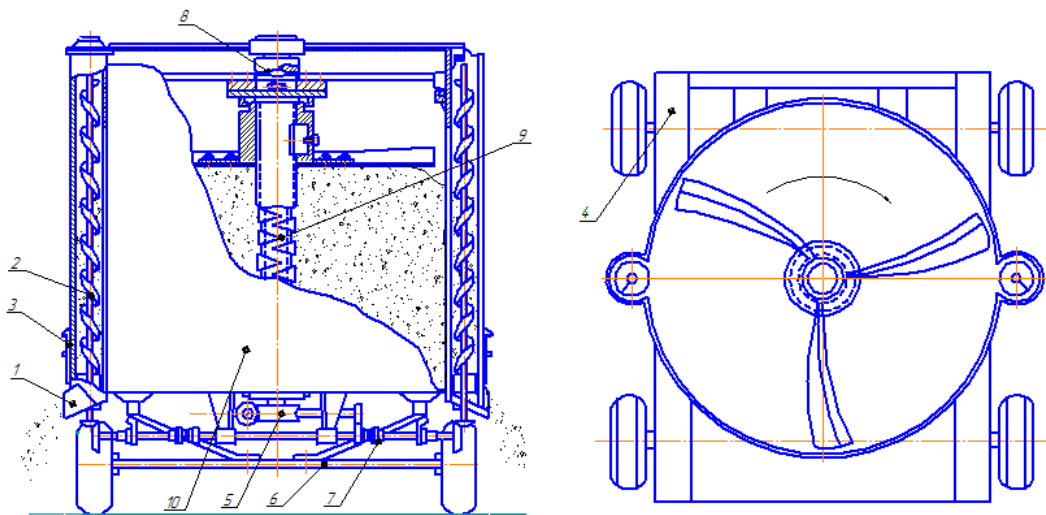


Рисунок 3.1. Кормороздавач: 1 – направляючий лоток; 2 – шнек; 3 – шибер; 4 – рама; 5 – приводна станція; 6 – опора; 7 – муфта; 8 – кришка; 9 – вал; 10 – корпус.

При роботі кормороздавача спеціальним механізмом підйому і опускання ступиці з лопатями, зрізується корм та укладається в бункері, після чого подається до годівниць.

Таким чином, з однієї ємності можна видавати стеблинні (силос, сінаж, подрібнене сіно, солому) та концентровані сухі розсипні корми. Причому в даному випадку ємність для концентрування кормів збільшена в 10 разів, порівняно з ємністю навісного бункера-дозатора. Крім того, виключаються втрати кормів.

Принцип роботи та обслуговування кормороздавача. Завантаження корму в бункер здійснюється за допомогою спеціального завантажувального пристрою. Об'єм завантаження не повинен перевищувати 3 м³. Усереднені бункера розміщені лопаті, які забезпечують подачу корму. Під час роботи машини на роздачу відкриваються вивантажувальні вікна, і корм, перемішуючись по периферії бункера під дією обертальних рухів лопатей, надходить до шнеків, які подають його по лотках годівниці.

Перед початком роботи необхідно виконати щоденні операції технічного обслуговування.

При з'єднанні карданного валу з валом відбору потужності трактора слід переконатись, що вилки шліцьового та круглого валів розташовані в одній площині. Після під'їзду до годівниць працівник переводить лотки у робоче положення, відкриває заслінки та вмикає вал відбору потужності. По завершенні роздачі корму привід вимикається, заслінки закриваються, а лотки повертаються у транспортне положення.

Під час експлуатації потрібно контролювати такі параметри:

- натяг приводних ланцюгів регулюється шляхом пересування відхиляючих зірочок уздовж пазів кронштейна. Правильний натяг досягається, якщо в середній частині прольоту ланцюг відхиляється на 25-40 мм при зусиллі 100 Н;

- зчеплення конічної пари редуктора регулюється зміною кількості прокладок між корпусом редуктора і станком, а також шляхом перестановки прокладок між корпусом та кришкою з однієї сторони на іншу;

- зазори у підшипниках у конічних роликів підшипниках коліс контргайка відкручується, далі гайка затягується до моменту створення певного зусилля обертання колеса, після чого її послаблюють на 1/6 оберту. Обертання має бути плавним і легким;

- у підшипниках приводних зірочок із зовнішнього боку зірочки відгинають стопорну шайбу, затягують гайку до необхідного зусилля, потім відпускають її на 1/6 оберта й фіксують шайбою.

Використання кормороздавача дозволить підвищити точність дозування вивантажувальних кормів незалежно від їх фізико-механічних властивостей шляхом регулювання кількості видавального корму, що надходить у вивантажувальні шнеки, так як опускання лопатей у період вивантажування, а також підйому і переведення їх у вихідне положення здійснюється примусово.

3.2. Технологічний розрахунок кормороздавача

Розрахунки проводяться для визначення маси корму, потрібної в бункері, продуктивності роздавача, об'єму бункера, його розмірів, а також параметрів робочих органів (лопатевого механізму та шнекового конвеєра).

Необхідну масу корму в бункері розраховуємо за наступною ормулою:

$$M_{\sigma} = q_{ip} \cdot m_{ip} \cdot n_p \cdot k_3, \text{ кг}, \quad (3.1)$$

де q_{ip} –видача корму разова на 1 тварину, кг; $q_{ip}=15,4$ кг;
 m_{ip} – кількість тварин у ряду; $m_{ip}=50$;
 n_p – кількість рядів, $n_p=2$;
 k_3 – коефіцієнт запасу корма; $k_3=1,05 \dots 1,1$ [10].

$$M_{\sigma} = 15,4 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 1,08 = 1658 \text{ кг}.$$

Мобільний кормороздавач, що рухається вздовж фронту годівниць, має забезпечувати продуктивність, достатню для подачі необхідної кількості корму на одну голову згідно з установленими в господарстві нормами годівлі [9]:

$$Q = 3600 \cdot \frac{M_{\sigma}}{l} \cdot \vartheta, \text{ т/год}, \quad (3.2)$$

де l – фронт годівлі, м;

ϑ – швидкість кормороздавача, м/с; $\vartheta = 0,47 \dots 0,70$ м/с [4]; приймаємо $\vartheta = 0,6$ м/с.

$$l = \frac{d_k \cdot m_{ip} \cdot n_p}{m_{ok}}, \text{ м}, \quad (3.3)$$

де d_k – довжина одного кормо місця, м; $l_k=0,8$ м [5];

m_{ok} – кількість тварин, в одному кормомісті; $m_{ok}=1$ [8].

Тоді

$$L = \frac{0,8 \cdot 50 \cdot 2}{1} = 80 \text{ м}.$$

$$Q = 3600 \cdot \frac{1,66}{80} \cdot 0,56 = 28 \text{ т/год}.$$

Розраховуємо об'єм бункера за наступною формулою: [8].

$$V_{\delta} = \frac{M_{\delta}}{\rho \cdot \varphi_{\text{зап}}}, \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

де ρ – щільність укладання корму в бункері, кг/м^3 ; [11];

$\varphi_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення бункера, [11].

$$V_{\delta} = \frac{1657,8}{450 \cdot 0,9} = 4,2 \text{ м}^3.$$

Розраховуємо розміри бункера за відповідною формулою:

$$h_{\delta} = \frac{4 \cdot V_{\delta}}{\pi \cdot D^2}, \text{ м}, \quad (3.5)$$

де D – діаметр бункера, м; $D=4$ м;

h_{δ} – висота бункера, м.

$$h_{\delta} = \frac{4 \cdot 4,2}{3,14 \cdot 2^2} = 1,35 \text{ м}.$$

Приймаємо $h_{\delta} = 1,8$ м.

Технологічний розрахунок модернізованого кормороздавача включає визначення параметрів лопатевого кормовивантажувального механізму та шнекового конвеєра. Основними завданнями є обчислення подачі корму, розрахунок потужності, необхідної для приводу механізмів, а також встановлення оптимальної частоти обертання шнека.

Продуктивність лопатевого кормовивантажувального механізму визначається за формулою, яка враховує геометричні розміри лопатей, щільність корму, кут їх нахилу та частоту обертання. Ці параметри дозволяють точно розрахувати об'єм корму, що подається за одиницю часу, з урахуванням технологічної потреби подачі на одну голову ВРХ згідно з нормами годівлі, прийнятими в господарстві [11]:

$$Q = \frac{D \cdot \gamma \cdot z \cdot B \cdot v_0}{0,07 \cdot k_{\text{л}} \cdot k_{\text{з}}}, \text{ кг/год}, \quad (3.6)$$

де D – діаметр колеса з лопатями, м, [11];

z – кількість лопатей, [11];

γ – об'ємна маса корму, кг/м^3 ; [11], [11];

B – довжина лопатки, м, [11];

v_0 – швидкість матеріалу, м/с, [11];

$k_{\text{л}}$ – коефіцієнт впливу кута нахилу лопатки та фізико-механічні властивості матеріалу;

$k_{\text{з}}$ – коефіцієнт, що використовується при нерівномірному завантаженні лопатей;

$$Q = \frac{2 \cdot 470 \cdot 3 \cdot 0,16 \cdot 1,4}{0,075 \cdot 2,2 \cdot 1,36} = 3038,5 \text{ кг/год.}$$

Теоретична подача корму, що подається на вертикальний шнек безперервної дії розраховується за формулою [11]:

$$Q_T = \frac{\pi(D_{ш}^2 - d_v^2)Kn_{об}\rho\varphi_3}{4}, \text{ кг/с,} \quad (3.7)$$

де $D_{ш}$ і d_v – діаметри шнеку і його вала, м;

K – крок гвинта, м;

$n_{об}$ – частота обертання, c^{-1} , ρ – об'ємна маса матеріалу, кг/м

φ_3 – коефіцієнт, що враховує заповнення перерізу шнека транспортуючою масою.

Враховуючи конструктивні особливості кормороздавача, приймаємо такі початкові параметри шнекового механізму: [8].

- діаметр шнека $D_{ш}=250$ мм;
- діаметр валу $d_v=100$ мм;
- крок гвинта $K=1 \cdot 250=250$ мм. [8]

Для попереднього розрахунку частоти обертання шнека приймаємо граничне значення, тобто $n_v=n_{v \text{ max}}$.

Максимальну частоту обертання шнека визначаємо за наступною формулою:

$$n_{v \text{ max}} = \frac{H}{\sqrt{D_{ш}}}, \quad (3.8)$$

де H – розрахунковий коефіцієнт, $H=65$ [12];

$D_{ш}$ – діаметр шнека, м. [12].

Максимальна частота обертання шнека буде складати:

$$n_{v \text{ max}} = \frac{65}{\sqrt{0,25}} = 130 \text{ мин}^{-1} = 2,17 c^{-1}$$

Для розрахунків приймається усереднене значення щільності кормової маси відповідно до типів кормів, що зазвичай роздаються за прийнятою на фермі технологією [8].

Для відповідних умов продуктивності шнекового транспортера:

$$Q_T = \frac{3,14(0,25^2 - 0,1^2) \cdot 0,25 \cdot 2,17 \cdot 0,4 \cdot 600}{4} = 19,4 \text{ т/год.}$$

3.3. Енергетичний розрахунок кормороздавача

Визначається потужність, необхідна для приводу шнека та лопатевого механізму, на основі коефіцієнтів опору, довжини шнека, ККД приводу тощо за такою формулою:

$$N = 0.01kQL, \text{ кВт}, \quad (3.9)$$

де k – коефіцієнт, що враховує опір руху корму [11];

L – довжина шнека, м [11];

$$N = 0.01 \cdot 8 \cdot 10.6 = 1.53 \text{ кВт}.$$

Потужність, що споживана приводом лопатевого механізму кормороздавача, розраховується за наступною формулою:

$$N = \frac{k \cdot Q \cdot v_0^2}{2 \cdot 1000 \cdot \eta_k}, \text{ кВт} \quad (3.10)$$

де k - коефіцієнт, що враховує опір у механізмах;

η_k - ККД приводу.

$$N = \frac{2 \cdot 3038,5 \cdot 1,4^2}{2 \cdot 1000 \cdot 0,83} = 7,2 \text{ кВт}.$$

3.4. Розрахунки на міцність

Розрахунок крутного моменту валу шнека:

$$M_{KP} = \frac{N}{\omega}, \quad (3.11)$$

де N – потужність на валу шнека, Вт, [11];

ω – кутова швидкість обертання валу $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ с⁻¹[11].

Підставивши значення у формулу (3.11) отримаємо формулу для розрахунку крутного моменту на валу: [11]

$$M_{KP} = \frac{30N}{\sigma_n}, \quad (3.12)$$

Одержані значення підставляємо у формулу:

$$M_{KP} = \frac{30 \cdot 1,53 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 4,3} = 3402 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розрахунок товщини стінки валу виконаємо за умови міцності при крученні.

Умова міцності на кручення задається наступним чином:

$$\tau_{MAX} = \frac{M_{KP}}{W_o}, \quad (3.13)$$

де W_o – моментт опору при крученні валу дорівнює:

$$W_p = \frac{\pi d_o^2 t_c}{2}, \quad (3.14)$$

де d_b – діаметр валу, м.(рис.3.2).

t_c – товщина стінок порожнього валу,

Розрахунок товщини стін визначається за наступною формулою:

$$t = \frac{2M_{KP}}{\pi d^2 [\tau]}, \quad (3.15)$$

$$t = \frac{2 \cdot 3402}{3,14 \cdot 0,1^2 \cdot 96 \cdot 10^6} = 2,27 \text{ мм.}$$

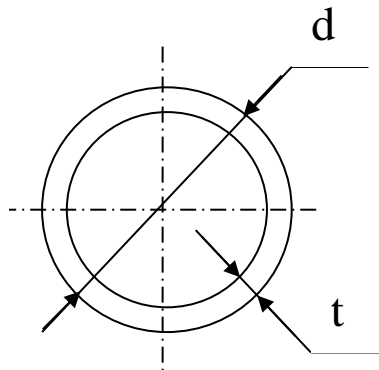


Рисунок 3.2. Схематичне зображення полого валу.

$$\tau_{MAX} = \frac{2M_{KP}}{\pi d^2 t} \leq [\tau]$$

$$\tau_{MAX} = \frac{2 \cdot 3402}{3.14 \cdot 0.2^2 \cdot 0.003} = 72.22 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq 96 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Отже, обрана товщина порожнистого валу відповідає умові міцності на кручення, що підтверджує її придатність для експлуатації в складі механізму.

Розрахунок приводної цапфи

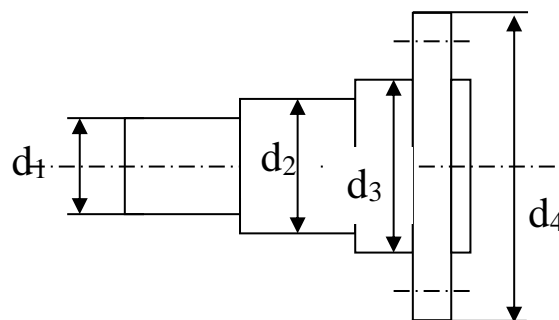


Рисунок 3.3. Схема для розрахунку приводної цапфи

Здійснимо попередньо розрахунок валу по допустимій напрузі.
 $[\tau_K]=0,6[\sigma_B]=0,6 \cdot 570=342$ МПа для Ст 45[11].

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{M}{0,2[\tau_c]}} \quad (3.16)$$

де M – крутний момент на валу шнека, Н·мм; [11].

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{3402 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 342}} = 37,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр валу під приводну шестерню: $d_B = 38$ мм, під підшипник $d_{II}=40$ мм, приймемо радіально-упорний підшипник [7].

Розрахунок болтового з'єднання цапфи зі шнеком на зріз. Для з'єднання цапфи зі шнеком передбачається використання трьох болтів типу М12. Здійснимо перевірку міцності болтів за умовою зрізу:

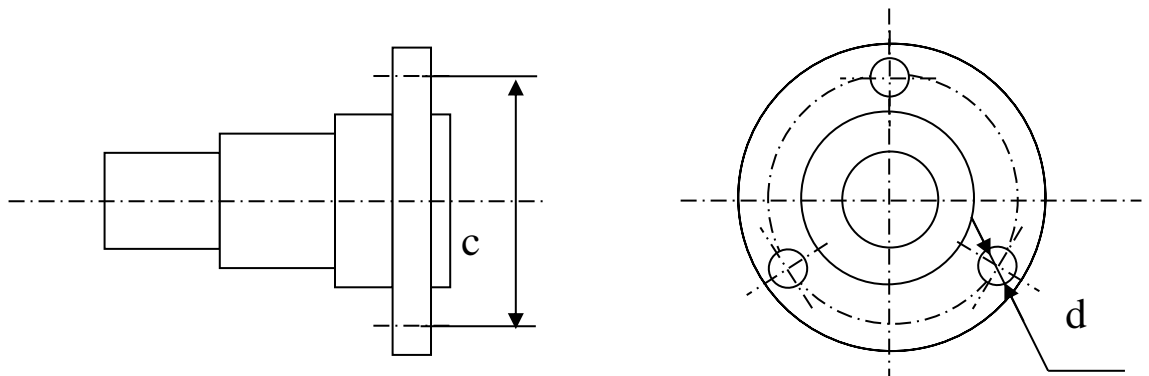


Рисунок. 3.4. Схема для розрахунку болтового з'єднання
 Умова міцності на зріз записується у вигляді:

$$\tau_{max} = \frac{2M_k}{n \cdot P \cdot d_6} \leq [\tau],$$

де n – кількість болтів;

P – площа перерізу одного болта, м,

d_6 – відстань розташування болтового з'єднання, м

$[\tau]$ – допустимі напруження.

$$\tau_{MAX} = \frac{3402}{3 \cdot 0,7 \cdot 3,14 \cdot 0,12^2} = 71,7 \cdot 10^3 \text{ МПа} \leq 96 \cdot 10^6 \text{ МПа}$$

Таким чином, використання трьох болтів М12 забезпечить необхідну міцність зєднання та відповідає умовам експлуатаційного навантаження.

3.5. Висновки по третьому розділу

В даному розділі кваліфікаційної роботи запропоновано конструкторську розробку кормороздавача-змішувача. Здійснено технологічний та енергетичний розрахунок кормороздавача, а також розрахунки на міцність.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ КОРМОРОЗДАВАЧА

Для оцінки доцільності впровадження модернізованого кормороздавача необхідно визначити наступні показники:

- витрати на виготовлення машини;
- економія витрат праці;
- річна економія;
- термін окупності капітальних вкладень.

Розрахунок вартості виготовлення кормороздавача визначається за формулою:

$$C_m = C_B + C_P + C_L + C_{Ш} + C_{\text{дм}} + C_{\text{ми}} + C_{\text{сб}} + C_{\text{цн}}, \text{ грн}, \quad (4.1)$$

де C_B - витрати, що пов'язані з виготовлення бункера машини, грн;

C_P - з виготовлення рами машини, грн;

C_L - з виготовленням лопатей, грн;

$C_{Ш}$ - з виготовленням шнеків, грн;

$C_{\text{дм}}$ - витрати, що йдуть на виготовлення оригінальних деталей машини на металорізальних верстатах, грн;

$C_{\text{ми}}$ - витрати, що пов'язані із закупівлею готових виробів, грн;

$C_{\text{сб}}$ - зарплата працівників, що будуть збирати конструкція, грн;

$C_{\text{цн}}$ - витрати на модернізацію машини, грн.

Витрати, що пов'язанні з виготовленням шнеків, лопатей та бункеру машини розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{ш}} = C_L = C_B = Q_c \cdot C_{\text{сд}} \cdot n, \text{ грн}, \quad (4.2)$$

де Q_c - погонний метр заготовки;

$C_{\text{сд}}$ - ціна 1 метра матеріалу заготовки, грн.

$$C_{\text{ш}} = 1,7 \cdot 883 \cdot 2 = 2825,7 \text{ грн.}$$

$$C_L = 1,2 \cdot 1557 \cdot 2 = 2314 \text{ грн.}$$

$$C_B = 5,1 \cdot 1557 \cdot 1 = 7785 \text{ грн.}$$

Для модернізованого кормороздавача використовуємо раму, що була у вжитку, вартість якої становить 7200 грн. Це дозволяє зменшити загальні витрати на виготовлення конструкції.

Витрати на виготовлення деталей на металорізальних верстатах приймаються згідно з калькуляцією виробництва та включають обробку деталей на металорізальних верстатах розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{дм}} = C_{\text{нр.н.}} + C_{\text{м}}, \text{ грн}, \quad (4.3)$$

де $C_{\text{нр.н.}}$ – зарплата виробничих робітників, що задіяні для виготовлення деталей на металорізальних верстатах, з врахуванням додаткової зарплати, грн. [13, 14]:

$$C_{\text{нр.н.}} = t \cdot C_{\text{год.}} \cdot K_{\text{доод}}, \text{ грн}, \quad (4.4)$$

де t – середня трудомісткість виготовлення деталей на металорізальних верстатах, люд-год.; [13, 14];

$C_{\text{год.}}$ – ставка робітників годинна, береться для розрахунку за середнім розрядом, грн.-год.; [13, 14]:

$K_{\text{доод}}$ – коефіцієнт доплати до основної заробітної плати; $K=1,2\dots 1,4$;

$$C_{\text{нр.н.}} = 34,65 \cdot 180 = 6213,86 \text{ грн.}$$

Ціна матеріалу заготовок для деталей на металорізальних верстатах розраховуємо за формулою [14]:

$$C_{\text{м}} = \text{Ц} \cdot Q_{\text{с}}, \text{ грн}, \quad (4.5)$$

де Ц – ціна кілограма матеріалу заготовки, грн; [13, 14]:

$Q_{\text{с}}$ – маса заготовки, кг. [13, 14]:

$$C_{\text{м}} = 43,0 \cdot 248 = 10664 \text{ грн.}$$

Основну зарплату працівників, що зайняті при збиранні машини, розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{сб}} = T_{\text{сб}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{дон}}, \text{ грн}, \quad (4.6)$$

де $T_{\text{сб}}$ – нормативна трудомісткість на збирання, люд.-год. [13, 14]:

$$C_{\text{сб}} = 53,4 \cdot 180 = 10680 \text{ грн.}$$

Вартість готових виробів приймаємо $C_{\text{н.н.}} = 1680$ грн, тоді:

$$C_{\text{м}} = 2825,6 + 2314 + 7785 + 7200 + 621,85 + 10664 + 10680 + 1680 = 49362,45 \text{ грн.}$$

Вартість нового кормороздавача КТУ-10А, 2023 року випуску, становить 290 000 грн.

Ця величина використовується як порівняльна база для економічного обґрунтування доцільності модернізації кормороздавача власними силами.

Розрахунок економічного ефекту за формулою [14]:

$$E_p = (I + E_n \cdot K) - (I' + E_n \cdot K'), \text{ грн,} \quad (4.7)$$

де E_n – коефіцієнт ефективності капіталовкладень, він складає 0,2.

K, K' – капіталовкладення в нову машину та модернізовану відповідно,, грн.

$$E_p = 58000 - 9872,49 = 48127,51 \text{ грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень визначаємо за такою формулою:

$$T = \frac{K}{E_p}, \text{ років} \quad (4.8)$$

$$T = \frac{49362,45}{48127,51} = 1,02 \text{ роки.}$$

Зведені дані щодо розрахунку економічної ефективності застосування модернізованого кормороздавача представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Техніко-економічні показники застосування модернізованого кормороздавача

Показники	Варіанти	
	новий	модернізований
1. Капіталовкладення, грн	290000	49362,45
2. Річний об'єм роботи, т	731,2	731,2
3. Річна економія праці, люд.-год	-	187
4. Річний економічний ефект, грн	-	48127,51
5. Термін окупності капіталовкладень, р.	-	1,02

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі спроектовано технологічні процеси відгодівельної ферми великої рогатої худоби з метою зменшення трудових витрат шляхом впровадження комплексної механізації. Проведено за основними процесами технологічні розрахунки та визначено оптимальний склад технологічного обладнання обґрунтовано доцільність заміни застарілих машин на сучасні аналоги та розроблено раціональні режими їх роботи.

З метою підвищення енергоефективності виробництва запропоновано вдосконалити процес роздачі кормів шляхом модернізації кормороздавача. модернізації кормороздавача. Застосування модернізованої машини дасть змогу забезпечити більш точне дозування кормів незалежно від їхніх фізико-механічних властивостей, завдяки можливості регулювання подачі.

З економічної точки зору модернізація є виправданою, оскільки дозволяє значно знизити виробничі витрати та забезпечує швидке повернення капіталовкладень. Річний економічний ефект від використання модернізованого кормороздавача становитиме 48127,51 грн., а термін окупності капіталовкладень – 1,02 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сиротюк В.М. Машини та обладнання тваринництва: навч. посібник / В.М. Сиротюк. – Львів: «Магнолія плюс», 2004. – 200 с.
2. Методичні вказівки до лабораторної роботи №15 «Будова і аналіз роботи кормороздавачів-змішувачів»/Р.В. Скляр – Мелітополь: кафедра ТСТТ. - ТДАТУ, 2012. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /І.Г. Бойко, В.Г Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. І.Г. Бойко. Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2002. 216с.
3. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник /Науменко О.А., Бойко І.Г., Нанка О.В., Полупанов В.М. та ін.; за ред. І.Г. Бойко. Том 1. Харків: Видавництво ЧП Червяк, 2006. 225 с.
4. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник /Науменко О.А., Бойко І.Г., Грідасов В.І., Дзюба А.І. та ін.; за ред. І.Г. Бойко. Том 2. Харків: Видавництво ЧП Червяк, 2006. 279 с.
5. Ревенко І. І. Машини та обладнання для тваринництва: Підручник / І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. І. Ребенко. – К. : Кондор, 2012. – 731 с.
6. Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва / [І. І. Ревенко, В. М. Манько, С. С. Зарайська та ін.]; за ред. І. І. Ревенка. – К. : Урожай, 1994. – 288 с.
7. Сиротюк В.М. Машини та обладнання для тваринництва: навч. посібник / В.М. Сиротюк. – Львів: Магнолія плюс, – 2004. – 200 с.
8. Рогатинський Р.М. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів / Р.М. Рогатинський, І.Б. Гевко, А.Є. Дячун . - Тернопіль, 2014. – 280 с.
9. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва: підручник/ І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. – К.: Кондор, 2009. – 731 с.
10. Шабельник Б.П., Троянов М.М., Бойко І.Г. та ін. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /За ред. Бойка І.Г. Харків, 2002. 216 с.
11. Деталі машин: курс лекцій / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.
12. Хомик Н.І., Ткаченко І.Г., Довбуш А.Д. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник до курсового проектування / Н. І. Хомик, І.Г. Ткаченко, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 100 с.
13. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В.,

Плекан У.М., Клендїй В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 276 с.

14. *Економіка сільського господарства: навчальний посібник* / С. М. Рогач [та ін.]. К. : ЦП Компринт, 2020. 546 с.