

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

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Мельнічук Євген Олександрович

УДК 631.171:631.363:636.2

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Удосконалення процесів механізації на фермі ВРХ з
модернізацією кормороздавача
208 “Агроінженерія”**

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

**Керівник роботи
Боровський В.М.
старший викладач**

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Мельнічук Євген Олександрович. Удосконалення процесів механізації на фермі ВРХ з модернізацією кормороздавача. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У кваліфікаційній роботі розглянуто підвищення ефективності механізації виробничих процесів на фермі великої рогатої худоби шляхом модернізації багатофункціонального агрегату АКМ-9. Актуальність теми зумовлена необхідністю зменшення затрат ручної праці, підвищення продуктивності, покращення якості приготування і роздавання кормових сумішей та раціонального використання технічних засобів у тваринництві. У технологічному розділі проаналізовано механізацію основних процесів у корівнику на 200 голів ВРХ, зокрема поїння, доїння, видалення гною, вентиляцію, освітлення та роздавання кормів. Виконано розрахунки добового виходу гною, площі гноєсховища, продуктивності транспортера, повітрообміну, потреби в кормах і тривалості циклу їх роздавання. Встановлено, що добова потреба кормів становить 6480 кг, а максимальна разова видача – 2400 кг. У конструкторській частині розглянуто будову та принцип роботи агрегату АКМ-9. Запропоновано модернізацію дозуючо-вивантажувального вузла із застосуванням шнекового робочого органу з гідроприводом, що забезпечує регулювання норми видачі корму, підвищує рівномірність роздавання кормосуміші, зменшує втрати кормів і покращує умови праці оператора. У розділі охорони праці визначено небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час експлуатації агрегату АКМ-9 і запропоновано заходи щодо безпечної роботи, електро- та пожежної безпеки, захисту рухомих частин, дотримання санітарно-гігієнічних вимог і використання засобів індивідуального захисту. У техніко-економічному розділі обґрунтовано доцільність впровадження модернізації. Річний економічний ефект становить 394090 грн, строк окупності капітальних вкладень – 0,49 року, що підтверджує ефективність запропонованого рішення. Практичне значення роботи полягає у можливості використання модернізованого агрегату АКМ-9 на фермах ВРХ для підвищення рівня механізації, зниження трудомісткості, скорочення витрат палива, зменшення втрат кормів і покращення умов праці персоналу.

Ключові слова: велика рогата худоба, ферма, механізація, кормороздавання, кормосуміш, багатофункціональний агрегат, АКМ-9, модернізація.

ANNOTATION

Yevhen Oleksandrovych Melnychuk. Improving mechanisation processes on a cattle farm through the modernisation of the feed dispenser. – Qualification work on the rights of the manuscript.

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

This thesis examines ways of improving the efficiency of mechanisation in production processes on a cattle farm through the modernisation of the AKM-9 multi-purpose unit. The relevance of the topic stems from the need to reduce manual labour costs, increase productivity, improve the quality of feed mixture preparation and distribution, and ensure the rational use of technical equipment in livestock farming. The technical section analyses the mechanisation of key processes in a 200-head cattle shed, specifically watering, milking, manure removal, ventilation, lighting and feed distribution. Calculations have been made for daily manure output, manure storage area, conveyor capacity, air exchange, feed requirements and the duration of the feed distribution cycle. It was established that the daily feed requirement is 6,480 kg, and the maximum single feed ration is 2,400 kg. The design section examines the structure and operating principle of the AKM-9 unit. A modernisation of the dosing and unloading unit is proposed, utilising a hydraulically driven screw conveyor, which ensures regulation of the feed dispensing rate, improves the uniformity of feed mixture distribution, reduces feed losses and enhances the operator's working conditions. The occupational health and safety section identifies hazardous and harmful production factors during the operation of the AKM-9 unit and proposes measures regarding safe working practices, electrical and fire safety, protection of moving parts, compliance with sanitary and hygiene requirements, and the use of personal protective equipment. The technical and economic section justifies the feasibility of implementing the modernisation. The annual economic benefit amounts to 394,090 UAH, with a payback period of 0.49 years, confirming the effectiveness of the proposed solution. The practical significance of the work lies in the possibility of using the modernised AKM-9 unit on cattle farms to increase the level of mechanisation, reduce labour intensity, cut fuel costs, minimise feed losses and improve working conditions for staff.

Keywords: cattle, farm, mechanisation, feed distribution, feed mixture, multifunctional unit, AKM-9, modernisation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1. Механізація виробничих процесів у корівнику.....	9
1.2. Існуючі схеми приготування та роздачі кормів.....	13
1.3. Запропонована схема роздачі кормів.....	15
1.4. Технологічний розрахунок.....	17
1.5. Розрахунок тривалості роздачі корму в корівнику.....	20
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	22
2.1. Машини та обладнання кормових ліній.....	22
2.2. Опис конструкції, що розробляється.....	24
2.3. Розрахунок вивантажувального шнека.....	26
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	36
3.1. Аналіз умов праці та небезпечних чинників.....	36
3.2. Вимоги безпеки під час експлуатації АКМ-9.....	37
3.3. Розрахунок параметрів безпечних умов праці.....	38
3.4. Санітарно-гігієнічні та організаційні заходи.....	41
Висновки до розділу.....	42
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	43
4.1. Вихідні дані для економічного розрахунку.....	43
4.2. Розрахунок капітальних вкладень у модернізацію.....	44
4.3. Розрахунок трудових витрат і економії заробітної плати.....	45
4.4. Розрахунок економії палива і втрат кормів.....	45
4.5. Розрахунок річного економічного ефекту.....	47
4.6. Визначення строку окупності та техніко-економічних показників.....	48
Висновки до розділу.....	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасний розвиток тваринництва в Україні значною мірою залежить від рівня механізації та автоматизації виробничих процесів на фермах великої рогатої худоби. В умовах зростання вартості енергетичних ресурсів, дефіциту трудових кадрів у сільській місцевості та необхідності підвищення продуктивності праці особливої актуальності набуває удосконалення технічних засобів, які забезпечують виконання основних технологічних операцій на фермах. До таких операцій належать приготування, транспортування і роздавання кормів, очищення приміщень, догляд за тваринами, підтримання належного санітарного стану та створення комфортних умов утримання худоби.

Ферми великої рогатої худоби є складними виробничими об'єктами, де ефективність роботи залежить від узгодженої дії технологічного обладнання, машин, агрегатів і обслуговуючого персоналу. Недостатній рівень механізації окремих процесів призводить до збільшення затрат ручної праці, порушення технологічних режимів, зниження якості виконання операцій та підвищення собівартості продукції. Тому важливим завданням є впровадження універсальних і багатофункціональних машин, які здатні виконувати кілька технологічних операцій, зменшуючи потребу в окремих технічних засобах.

Одним із таких технічних засобів є багатофункціональний агрегат АКМ-9, який може використовуватися для виконання різних робіт на фермах великої рогатої худоби. Його застосування дає змогу підвищити рівень механізації виробничих процесів, скоротити витрати праці та покращити організацію обслуговування тварин. Водночас аналіз умов експлуатації подібних агрегатів свідчить про необхідність їх подальшого удосконалення з метою підвищення продуктивності, надійності, зручності обслуговування та якості виконання технологічних операцій.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності удосконалення механізації процесів на фермі великої рогатої худоби шляхом

модернізації багатофункціонального агрегату АКМ-9. Такий підхід дозволяє підвищити ефективність використання техніки, зменшити трудомісткість виробничих процесів, покращити умови праці обслуговуючого персоналу та забезпечити стабільне виконання технологічних операцій відповідно до зоотехнічних вимог.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності механізації процесів на фермі великої рогатої худоби за рахунок модернізації багатофункціонального агрегату АКМ-9.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан механізації виробничих процесів на фермах великої рогатої худоби;
- розглянути технологічні особливості виконання основних операцій на фермі;
- дослідити конструкцію, принцип роботи та умови експлуатації багатофункціонального агрегату АКМ-9;
- виявити недоліки існуючої конструкції агрегату та обґрунтувати напрями його модернізації;
- розробити конструктивно-технологічне рішення з удосконалення агрегату;
- виконати необхідні інженерні розрахунки основних параметрів модернізованого вузла;
- оцінити очікувану ефективність запропонованої модернізації;
- розглянути питання охорони праці та безпеки під час експлуатації агрегату.

Об’єктом дослідження є технологічні процеси на фермі великої рогатої худоби.

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні параметри багатофункціонального агрегату АКМ-9 та напрями його модернізації для підвищення ефективності виконання виробничих операцій.

Методи дослідження. У процесі виконання кваліфікаційної роботи використано методи аналізу технологічних процесів, порівняльної оцінки технічних засобів механізації, інженерних розрахунків, узагальнення виробничого досвіду, а також методи техніко-економічного обґрунтування запропонованих рішень.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Грудовий Р.С. Король Д.Р., Мельниченко Н.В., **Мельнічук Є.О.**, Добранський С.С. Енерго- та ресурсозбереження в механізованих системах транспортування і дозування кормів на свинокомплексі Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 120-122.

2. Боровський В.М., Мельниченко Н.В., **Мельнічук Є.О.**, Горай І.О. Перспективи використання штучного інтелекту для автоматизації тваринницьких ферм. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/borovskyj_26-2.pdf (дата звернення 07.06.2026).

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована модернізація багатофункціонального агрегату АКМ-9 може бути використана для підвищення продуктивності праці на фермі великої рогатої худоби, зниження затрат ручної праці, покращення якості виконання технологічних операцій та раціональнішого використання машинно-тракторного парку господарства.

Отже, удосконалення механізації процесів на фермі великої рогатої худоби з модернізацією багатофункціонального агрегату АКМ-9 є важливим напрямом підвищення ефективності тваринницького виробництва, забезпечення стабільної роботи ферми та покращення умов праці обслуговуючого персоналу.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 22 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 59 сторінок комп'ютерного тексту, містить 6 рисунків, 23 таблиці та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Механізація виробничих процесів у корівнику

Корівник розрахований на 200 голів великої рогатої худоби. У ньому передбачається механізація таких виробничих процесів: поїння, видалення гною, доїння та первинна обробка молока, роздача кормів.

Надійне забезпечення тварин водою – неодмінна умова нормального функціонування ферм з виробництва молока. Вода надходить з водонапірної вежі по водопроводу в корівник. У корівнику вода розподіляється по водопроводу в поїлки ПА-1А-М, встановлені одна на дві корови, що стоять поруч. Для напування тварин на пасовищах використовуються пересувні установки ПАП-10А і природні водойми.

Важливим показником при утриманні тварин є підтримка мікроклімату всередині приміщення. Однією з умов підтримки мікроклімату є своєчасне видалення гною. Воно здійснюється скребковим транспортером ТСН-160А. Гній скребками скидається в гнойовий жолоб, потім вмикають транспортер, який скидає гній в гнойоприймач, з якого він видаляється похилим транспортером. Похилий транспортер вивантажує гній з гнойового жолоба в візок 2ПТС-4. Потім трактором гній вивозиться в гнойосховище.

Проведемо розрахунок лінії навозовидалення в корівнику на 200 голів. Підрахуємо добовий вихід гною на фермі за такою формулою [1]:

$$G_{\text{доб}} = m \cdot (g_{\text{к}} + g_{\text{м}} + g_{\text{в}} + g_{\text{п}}), \text{ кг} \quad (1.1)$$

де $G_{\text{доб}}$ – добовий вихід гною, кг;

$g_{\text{к}}$ – середньодобове виділення твердих екскрементів однією твариною, кг; $g_{\text{к}} = 25$ кг;

$g_{\text{м}}$ – середньодобове виділення рідких екскрементів однією твариною, кг; $g_{\text{м}} = 12$ кг;

$g_{\text{в}}$ – середньодобова витрата води на змив гною на одну тварину, кг; $g_{\text{в}}$

=5-10 кг ;

g_{Π} – середньодобова норма підстилки на одну тварину, кг; $g_{\Pi} = 5 \dots 6$ кг .

$$G_{\text{доб}} = 200 \cdot (25 + 12 + 7 + 5) = 9800 \text{ кг}.$$

У пасовищний період добовий вихід гною $G'_{\text{доб}}$ на фермі менше:

$$G'_{\text{доб}} = (0,4 - 0,5) G_{\text{доб}} \quad (1.2)$$

$$G'_{\text{доб}} = 0,5 \cdot 9800 = 4900 \text{ кг}.$$

Річний вихід гною $G_{\text{год}}$:

$$G_{\text{год}} = G_{\text{доб}} \cdot \tau_{\text{ст}} + G'_{\text{доб}} \cdot \tau_{\Pi}, \text{ кг} \quad (1.3)$$

де $\tau_{\text{ст}}$ – тривалість стійлового періоду, діб; $\tau_{\text{ст}} = 210$ діб;

τ_{Π} – тривалість пасовищного періоду, діб; $\tau_{\Pi} = 155$ діб.

$$G_{\text{год}} = 9800 \cdot 210 + 4900 \cdot 155 = 2817500 \text{ кг} = 2817,5 \text{ т}.$$

Визначаємо площу гноєсховища, м^2 :

$$F_x = \frac{1}{h} \cdot \left(\frac{G_{\text{доб}} \cdot D_{\text{хр}}}{\rho} \right), \text{ м}^2 \quad (1.4)$$

де F_x – площа гноєсховища, м^2 ;

h – висота укладання гною, $h = 1,5 - 2,5$ м ;

$G_{\text{доба}}$ – добовий вихід гною на фермі від усього поголів'я, кг;

$D_{\text{хр}}$ – тривалість зберігання гною в гноєсховищі, доб;

ρ – щільність гною, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Для стійлового гною $\rho = 700 - 900 \text{ кг}/\text{м}^3$.

$$F_x = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{9800 \cdot 180}{900} \right) = 980 \text{ м}^2.$$

Визначаємо продуктивність транспортера за такою формулою [2]:

$$Q = 3,6 \cdot l \cdot h_{\text{скр}} \cdot v \cdot \rho \cdot \psi, \text{ т/год} \quad (1.5)$$

де l – довжина скребка, $l = 0,4$ м;

$h_{\text{скр}}$ – висота скребка, $h_{\text{скр}} = 0,05$ м;

v – швидкість ланцюга зі скребками, $v = 0,2$ м/с;

ψ – коефіцієнт заповнення міжскребкового простору; $\psi = 0,5 - 0,6$.

$$Q = 3,6 \cdot 0,4 \cdot 0,05 \cdot 0,2 \cdot 900 \cdot 0,06 = 7,8 \text{ т/год}.$$

Тривалість роботи транспортера протягом доби:

$$\tau_{\text{доб}} = \frac{m \cdot G_{\text{доб}}}{1000 \cdot Q} \quad (1.6)$$

$$\tau_{\text{доб}} = \frac{200 \cdot 49}{1000 \cdot 7.8} = 1,3 \text{ год.}$$

Механізація доїння корів здійснюється установкою АДМ-8-0,4 в молокопровід. У корівнику встановлюється вакуумпровід і молокопровід. Вони встановлюються на металевих стійках стійлового обладнання вздовж стійл на висоті 1,7 м з урахуванням нахилу до молочного відділення 0,5-1%. На максимальну висоту 2,1 м молокопровід і вакуумний провід підняті над центральним проходом, вводом їх в молочну і торцях корівника. У молочному відділенні встановлюються вакуумні насоси, вакуумні балони, вакуумні регулятори, в в групі лічильники молока, фільтри, охолоджувач, молочний насос, холодильна установка, обладнання для миття та зберігання доїльних апаратів.

Молоко під час доїння надходить до молочної, де охолоджується і накопичується. Потім воно вивозиться автоцистерною до молокоприймального пункту, де переробляється на кінцевий продукт.

Вентиляція підтримує оптимальні параметри вологості та температури повітря. Щоб визначити, яка вентиляція потрібна, необхідно провести розрахунок.

Визначимо повітрообмін за вмістом вуглекислого газу за такою формулою [1]:

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{C \cdot m}{C_1 - C_2}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (1.7)$$

де L_{CO_2} - годинний повітрообмін, $\text{м}^3/\text{год}$;

C – кількість вуглекислого газу, що виділяється однією твариною, $C=189$ л/год;

m – кількість тварин;

C_1 – допустима кількість вуглекислого газу в повітрі приміщень, $C_1=1,5$ л/м³ ;

C_2 – вміст вуглекислого газу в припливному повітрі, $C_2 = 0,3-0,4$ л/м³.

$$L_{CO_2} = \frac{189 \cdot 200}{1,5 \cdot 0,4} = 34363,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначимо кратність годинного повітрообміну за формулою [1]:

$$K = \frac{L}{V}, \text{ год}^{-1} \quad (1.8)$$

де K – кратність годинного повітрообміну приміщення, м³ ;

V – об'єм приміщення, м³ ;

L – кратність повітрообміну, м³ /год.

$$K = \frac{34363,6}{4725} = 7,3 \text{ год}^{-1}.$$

При $K > 5$ приймаємо примусову вентиляцію з підігрівом повітря, що подається. При прив'язному способі утримання тварин температура в приміщенні повинна бути +10° С, а вологість 10%.

Корівник обладнаний вентиляцією, що включає в себе вентилятор NSЦИ-70 повітропроводи з калориферами; повітроводи підвішені на висоті 3 м в два ряди по всій довжині корівника.

Важливим фактором підтримки мікроклімату в корівнику є освітлення. При використанні ламп розжарювання, освітленість в корівнику повинна бути не менше 20 люксів. Електроосвітлення встановлюється в три ряди по всій довжині корівника на тросових підвісах, на кожній з яких розташовані 12 світильників ПТ-60.

В даний час процес роздачі кормів у корівнику механізований слабо, часто застосовується ручна праця. Роздачу кормів здійснюють мобільним кормороздавачем КТУ-10. У господарстві відсутня можливість приготування кормових сумішей, оскільки немає кормоцеху або мобільних змішувачів кормів.

У зв'язку з цим метою даного дипломного проекту є розробка мобільного електрифікованого роздатчика-змішувача кормів. Це дозволить знизити витрати праці на роздачу корму, забезпечити тварин повноцінним кормом відповідно до необхідного раціону годівлі.

Таким чином, можна отримати наступні переваги від використання кормороздавача:

- зниження витрат праці, а отже зниження собівартості продукції;
- збільшення продуктивності тварин;
- зниження питомої витрати кормів.

1.2. Існуючі схеми приготування та роздачі кормів

Продуктивність тварин залежить як від якості та повноцінності їх годування, так і від своєчасності видачі кормів. Порушення технології режиму дня, часу неприпустимо. За трудомісткістю роздача кормів становить 30-40% загальних витрат на обслуговування тварин.

Кормороздавальні пристрої, конструктивно обумовлені зоотехнічними вимогами, повинні забезпечити рівномірність і точність роздачі корму, його дозування індивідуально кожній тварині або групі тварин; виключити забруднення корму. Відхилення від встановленої норми на голову для стеблових кормів у діапазоні $\pm 15\%$, а для концентрованих кормів в одному приміщенні не повинно перевищувати $\pm 5\%$. Повернення втрат корму не повинно перевищувати $\pm 1\%$, а неповернення не допускається. Тривалість операції роздачі кормів в одному приміщенні не повинна перевищувати 30 хвилин при використанні автомобільних засобів і 20 хвилин при роздачі їх стаціонарними засобами. Кормороздавач повинен бути універсальним, мати високу продуктивність і можливість регулювання видачі корму, не створювати шуму, не забруднювати атмосферу, бути надійним в роботі.

Основним шляхом зниження собівартості продукції тваринництва і підвищення продуктивності праці є впровадження поточних технологічних схем і ліній приготування, роздачі кормів. В даний час існують дві схеми роздачі кормів:

- 1) без попередньої обробки;
- 2) з обробкою перед згодовуванням.

За цією схемою корми роздаються наступним чином (рис. 1.1.):

а) стеблові грубі корми (сіно, солома) завантажуються з місць зберігання в транспортний засіб, перевозяться в корівник і роздаються;

б) соковиті корми (силос, коренеплоди) завантажуються в транспортний засіб, транспортуються, коренеплоди миються і подрібнюються, роздаються тваринам;

в) концентровані корми завантажуються, транспортуються і роздаються.

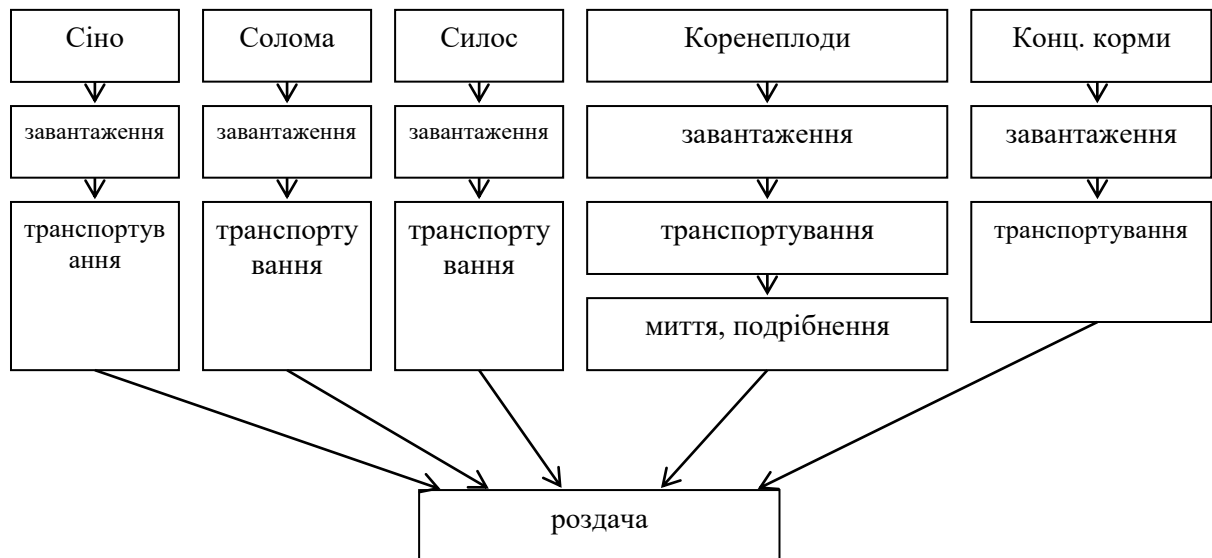


Рис. 1.1. Технологічна схема роздачі кормів без попередньої підготовки до згодовування.

Схема роздачі кормів з їх попередньою обробкою здійснюється наступним чином (рис. 1.2.):

а) грубі корми (сіно, солома) завантажуються, транспортуються, з б подрібнюються, дозуються, подаються на роздачу;

б) соковиті корми (силос, коренеплоди) завантажуються, транспортуються, при необхідності миються, подрібнюються, запарюються, подаються на роздачу;

в) концентровані корми завантажуються, транспортуються, подрібнюються, дозуються, запарюються, подаються на роздачу;

г) трав'яне борошно завантажуються, транспортується, дозується, запарюється і подається на роздачу.

Друга схема має наступні переваги перед першою: корми мають більш високі смакові та поживні властивості, містять різні добавки, все це призводить

до того, що корми краще поїдаються тваринами і засвоюються. До недоліків такого способу приготування кормів можна віднести те, що при цьому необхідний великий набір дорогої техніки, велика кількість обслуговуючого персоналу, що не завжди є здійсненним і раціональним і може призвести до невиправданих витрат. Тому для даного дипломного проекту приймається перша схема приготування і роздачі кормів – без їх попередньої обробки.

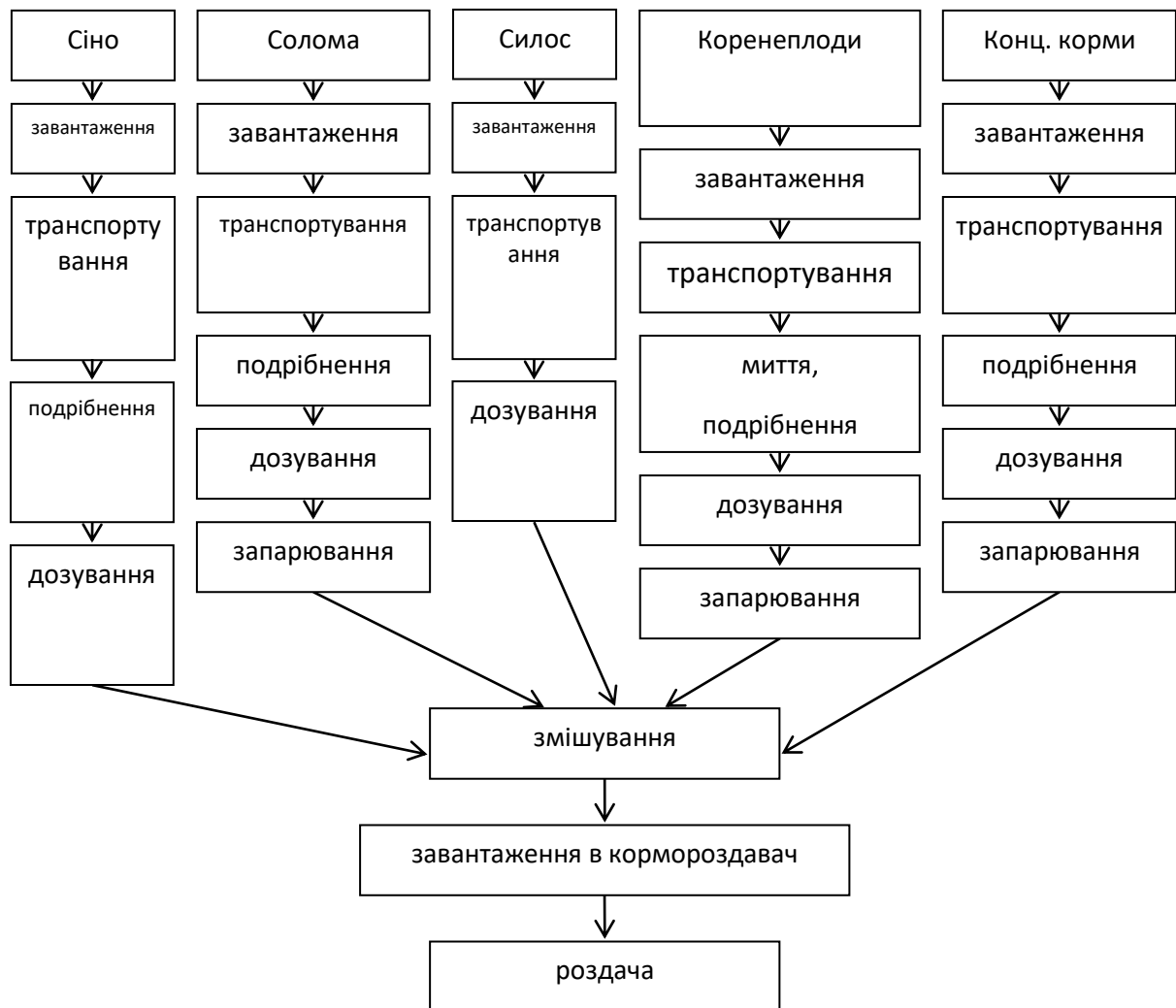


Рис. 1.2. Технологічна схема приготування та роздачі кормів з попередньою їх обробкою.

1.3. Запропонована схема роздачі кормів

Для даного проекту буде ефективним комбінований агрегат для завантаження і роздачі кормів (навантажувач-розподільник кормів) ПРК-Ф-0,4-5. Він буде використовуватися для завантаження, транспортування і вивантаження кормів в бункер електрифікованого кормороздавача.

Силос завантажується навантажувачем-подрібнювачем ПСК-5 на агрегат ПРК-Ф-0,4-5, а для завантаження сіна і соломи використовується фуражир ФН-1,4. Потім корми транспортуються в корівник і завантажуються в бункер кормороздавача.

Коренеплоди завантажуються і транспортуються агрегатом ПРК-Ф-0,4-5 в корівник, де переробляються коренерізкою КПП-4, а потім завантажуються в бункер кормороздавача.

Концентровані корми завантажуються в місці їх згодовування і транспортуються в корівник з подальшим їх вивантаженням в бункер кормороздавача.

Електрифікований кормороздавач-змішувач розроблений на базі кормороздавача РС-5А, що застосовується на свинарських фермах. Конструкція кормороздавача пристосована для потреб ферм ВРХ: збільшено об'єм бункера, застосовано інший тип змішувача, вивантажувальні шнеки замінено шнеками-змішувачами, на яких встановлено додаткові бункери для концентрованих кормів. У роздатнику застосований новий привід, який складається з трьох незалежних один від одного електроприводів – один на ходову частину, два на робочі органи. Кормороздавач рухається по рейках, обслуговує його один оператор.

Перевагами такого кормороздавача є:

1. Можливість отримання кормових сумішей для годування тварин, що сприятливо позначається на продуктивності тварин;
2. Кормороздавач не створює шуму в приміщенні;
3. Повітря в корівнику не забруднюється вихлопними газами;
4. Роздача кормів відбувається оперативно, в точно встановлений зоотехнічними вимогами час.

1.4. Технологічний розрахунок

Середній річний надій становить 2700 кг на одну корову. При розробці кормороздавача приймемо надій 3000 кг, враховуючи можливу перспективу

підвищення надою корів за рахунок впровадження розроблюваного кормороздавача. Середньодобовий надій буде дорівнювати:

$$a = \frac{l_2}{D}, \text{ кг} \quad (1.9)$$

де a – середньодобовий надій, кг;

l_2 - річний надій, кг;

D – тривалість періоду лактації, $D=300-310$ днів.

$$a = \frac{3000}{300} = 10 \text{ кг.}$$

З довідника зоотехніка визначаємо, що для отримання 1 кг молока потрібно 1 к.о. і 100 г . протеїну. Тоді на 1 корову на добу потрібно 10 к.о. і 1000 г . протеїну.

Для Поліської зони України добовий раціон тварин ВРХ включає:

сіно 10...15%

солома 5...10%

сінаж 10...15%

силос 15...20%

бульбоплоди 20...25%

концентровані корми 25...30%

мінеральні добавки.

Обчислюємо необхідну кількість кормових одиниць в i -ому вигляді корму за формулою:

$$K_i = \frac{K \cdot a}{100}, \text{ к.о.} \quad (1.10)$$

де $K=10$ к.о. – добова норма кормових одиниць на 1 голову;

a – питома вага поживності раціону, що припадає на i -й вид корму, %;

Кількість i -го виду корму розраховуємо за формулою:

$$m_c = \frac{K_i}{K_{io}}, \text{ кг} \quad (1.11)$$

де K_{io} – поживність i -го виду корму, к.о./кг.

Результати розрахунків наведені в таблиці 1.1., з урахуванням кормової бази господарства.

Таблиця 1.1 – Добовий раціон годівлі корів

Вид корму	Кількість корму в добовому раціоні		Поживна 1 кг корму в к.о.	Кількість корму в добовому раціоні, кг	Протеїн	
	у % до загальної кількості	в к.о.			г/кг	всього , г
Сіно	12,8	1,29	0,46	2,8	70	196,0
Солома	7,0	0,70	0,20	3,5	15	52,5
Сенаж	10,5	1,05	0,30	3,5	20	70,0
Картопля	23,9	2,40	0,24	10,0	15	150,0
Силос	18,9	1,90	0,20	9,5	15	142,5
Конц. корму	26,9	2,70	0,9	3,0	140	420,0
Мін. добавки	-	-	-	0,1	-	-
Всього	100	10,04		32,4	275	1031

З табл. 1.1 видно, що добова норма корму на одну голову становить 32,4 кг .

Визначаємо добову потребу в кормах для всього поголів'я за формулою:

$$Q = m \cdot g, \text{ кг} \quad (1.12)$$

де Q – добова кількість корму, кг;

m – кількість тварин;

g – норма видачі корму на голову.

$$Q = 32,4 \cdot 200 = 6480 \text{ кг.}$$

Розподіляємо корми на три годування і дані заносимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Розподіл добової норми кормів за годуванням.

Годування	Вид корму	Поживність, к.о.		Маса, кг	
		Годування	виду корму	виду корму	годування
ранкове	солома	3,30	0,30	1,5	12,0
	силос		0,90	4,5	
	картопля		1,20	5,0	
	конц. корми		0,90	1,0	
денне	сінаж	3,46	1,05	3,5	8,7
	сіно		0,55	1,2	
	конц. корми		1,26	1,4	
	картопля		0,6	2,5	
	мін. добавки			0,1	
вечірнє	сіно	3,28	0,74	1,6	11,7
	силос		1,00	5,0	
	конц. корми		0,54	0,6	
	картопля		0,6	2,5	
	солома		0,4	2,0	

Максимальна разова видача становить 12,0 кг . На 200 голів разова видача складе:

$$200 \cdot 12 = 2400 \text{ кг}$$

З метою зменшення габаритних розмірів кормороздавача і зниження витрати енергії на перемішування кормової суміші приймемо два завантаження кормороздавача за один цикл годування.

Разова маса корму в бункері складе:

$$Q_{\text{раз}} = 2400 / 2 \cdot 1,1 = 1320 \text{ кг.}$$

Цей розрахунок зроблено з урахуванням коефіцієнта запасу корму в бункері роздатчика, що дорівнює 1,05-1,2.

1.5. Розрахунок тривалості роздачі корму в корівнику

Час, що витрачається агрегатом на роздачу кормів двом рядам тварин по 50 голів у кожному, визначається за формулою:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{зав}} + t_{\text{смiш}} + t_{\text{розд}} + t_{\text{хх}}, \text{ год} \quad (1.13)$$

де $t_{\text{ц}}$ – час циклу, год;

$t_{\text{зав}}$ – час завантаження, год;

$t_{\text{смiш}}$ – час змішування, год;

$t_{\text{розд}}$ – час роздачі, год;

$t_{\text{хх}}$ – час переїздів, год.

Час завантаження можна визначити за формулою:

$$t_{\text{загр}} = t_{\text{зс}} + t_{\text{зсил}} + t_{\text{зкор}} + t_{\text{зк}}, \text{ год} \quad (1.14)$$

де $t_{\text{зс}}$ – час завантаження соломи, год;

$t_{\text{зсил}}$ – час завантаження силосу, год;

$t_{\text{зкор}}$ – час завантаження коренеплодів, год;

$t_{\text{зк}}$ – час завантаження конц. кормів, год.

$$t_{\text{загр}} = 0,07 + 0,04 + 0,02 + 0,02 = 0,15 \text{ год.}$$

Час змішування корму визначається з зоотехнічних умов, за якими ступінь нерівномірності змішування для стеблових кормів не повинен перевищувати 15%, а для концентрованих кормів - 5%. Для отримання кормової суміші, що відповідає зазначеним вимогам, змішування проводиться протягом 0,1 год.

Час роздачі корму визначається за формулою:

$$t_{\text{роз}} = \frac{L}{V_{\text{роб}}}, \text{ год} \quad (1.15)$$

де L – загальна довжина ряду корівника з урахуванням середнього поперечного проходу, що дорівнює 63 м ;

$V_{\text{роб}}$ – робоча швидкість при роздачі, що дорівнює 0,85 км/год.

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,063}{0,85} = 0,074 \text{ год}$$

На два ряди буде дорівнювати 0,148 год.

Час холостого ходу, що витрачається кормороздавачем на переїзди всередині корівника, приймаємо рівним $t_{xx} = 0,05$ год.

$$t_{\text{ц}} = 0,15 + 0,1 + 0,148 + 0,05 = 0,448 \text{ год.}$$

Для мобільних кормороздавачів допустимий час циклу 0,5 год, тобто розрахований кормороздавач відповідає вимогам.

Продуктивність кормороздавача при видачі корму складе:

$$W = \frac{Q_{\text{раз}}}{t_{\text{ц}}}; \text{ т/год} \quad (1.16)$$

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Машини та обладнання кормових ліній

Прогнозом розвитку тваринництва в Україні, намічено досягти необхідних рівнів виробництва молока і м'яса за рахунок підвищення продуктивності тварин майже в 2 рази в порівнянні з існуючим рівнем. Продуктивність тварин в першу чергу залежить від рівня їх годування, що визначається кількістю і якістю кормів, можливістю забезпечення деталізованих норм годування худоби, що нормуються за 20-24 факторами в залежності від продуктивності, віку і маси тварин, що забезпечується обладнанням для підготовки і роздачі повноцінних кормосумішей з порційним змішуванням і ваговим дозуванням кормових компонентів. Такі машини отримали широке поширення за кордоном і починають застосовуватися в нашій країні. Так, 30 європейських фірм щорічно виробляють понад 10 тис. подрібнювачів-змішувачів-роздавачів кормів. Для реалізації технології годівлі худоби повноцінними кормовими сумішами розроблено агрегат кормовий багатофункціональний АКМ-9 з вертикальним бункером місткістю 9 м³ і конічним шнеком. Він забезпечує підготовку ваговим способом збалансованих кормосумішей для кожної групи тварин і роздачу їх в годівниці висотою до 750 мм або на кормовий проїзд типу «шведський стіл».

Агрегат (рис. 2.1) включає в себе вертикальний конічний змішувач, відвантажний транспортер, раму, вісь з колесами, системи гальм і електрообладнання та тензометричний зважувальний пристрій.

У бункері змішувача розміщений конічний шнек, на витках якого закріплені ріжучі сегменти. У бункері є вікно, що перекривається заслінкою, для видачі кормових сумішей на відвантажний транспортер. У зону роботи шнека через стінки бункера можуть вводитися протиріжучі пластини. Це робиться у випадках, коли необхідно доподрібнювати грубі корми. Ходова частина агрегату виконана на одновісній низькокліренсній колісній парі, запозиченій від автомобіля ЗІЛ «Бичок». На вимогу замовника агрегат може комплектуватися

імпортними колесами, карданним валом і ріжучими ножами на шнеку.



Рис. 2.1. Модифікації агрегату кормового багатofункціонального АКМ-9

Крім основної моделі агрегату з вивантажувальним транспортером АКМ-9 завод освоїв кілька інших моделей (рис. 2.1): АКМ-9БМ без вивантажувального транспортера, але з вивантажувальним вікном на бічній стінці; АКМ-9Б, оснащений додатковим мультиплікатором; стаціонарний варіант АКМ-9С з приводом від електродвигуна і бункером місткістю 11 м^3 .

Додатковий мультиплікатор дозволяє збільшити частоту обертання робочого органу при подрібненні грубих кормів і підвищити продуктивність агрегату до 20% в порівнянні з вищевказаними аналогами.

Всі моделі агрегату оснащені системою електронного зважування кормів.

Технічна характеристика агрегатів наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика модифікацій агрегату АКМ-9

Показники	АКМ-9А	АКМ-9Б	АКМ-9БМ	АКМ-9С
Тип	мобільний			стаціонарний
Місткість бункера, м ³	9			11
Маса готуваної кормосуміші, кг	250			3000
Час приготування кормосуміші, хв.	15		12-17	15
Обслуговуване поголів'я, гол.	до 700 в режимі приготування корму та роздачі			до 1500 в режимі приготування корму
Габаритні розміри, мм: довжина / ширина / висота	4700/ 2400/2550	4700/ 2500/2550	4700/ 2500/2550	4600/ 2500/2550
Привід робочого органу	від ВОМ трактора тягового класу 1,4 тс, $n = 540$ об/хв			електричний
Кількість технологічних швидкостей обертання робочого органу	1		2	
Швидкість пересування для мобільних типів: транспортування /робоча	12			-
Роздача приготованої кормосуміші	транспортером на протилежній стороні по ходу руху	через вивантажувальні вікна на ліву або праву сторону		вивантажувальним транспортером в мобільний кормороздавач

2.2. Опис конструкції, що розробляється

Подрібнювач-змішувач-розподільник кормів включає в себе встановлений на мобільній рамі 1 конічний бункер 2 у вигляді перевернутого усіченого конуса, нижнє дно якого виконано у вигляді кола, а верхня основа - у вигляді витягнутого відкритого еліпса. Усередині бункера встановлений шнек 3 зі зменшенням діаметра витків від найбільшого в нижній частині до найменшого у верхній. На витках шнека закріплені ножі 4. У передній стінці бункера зі зміщенням від поздовжньої його осі є отвір, за яким встановлено дозуюче-

вивантажувальний пристрій у вигляді шнека 5 з горизонтально розташованим вивантажувальним валом. Шнек встановлений в бункері так, що відбувається захоплення кормової суміші від середини бункера, її транспортування і вивантаження в годівницю.

У обертання шнек приводиться від гідромотора 6. Використання гідромотора має ряд переваг:

- можливість безступінчастого регулювання частоти обертання шнека і в у таким чином регулювання норми видачі корму тваринам;
- зниження шуму, що виробляється кормороздавачем;
- привід від гідромотора має вищий ККД у порівнянні з аналогічним механічним.

Подрібнювач-змішувач-розподільник кормів працює наступним чином. Перед завантаженням кормових компонентів в бункер вимикають вивантажний шнек і вмикають ВВП. Потім завантажують стеблові корми в розсипному або пресованому вигляді. Пресовані корми (рулони, великі тюки) спочатку зависають на шнеку і поступово руйнуються вертикальним ножом на великі частини, які, опускаючись вниз, потрапляють під вплив горизонтальних ножів шнека і ножів ротора. Не чекаючи повного доподрібнення стеблових кормів, агрегат переїжджає в наступні сховища і завантажується кормами іншого виду. Після закінчення завантаження агрегат переїжджає до місць видачі, при цьому корми перемішуються і остаточно доподрібнюються. При наближенні до годівниць водій вмикає вивантажний шнек і, просуваючись уздовж годівниць зі швидкістю, необхідною для забезпечення заданої норми видачі, роздає кормосуміш. Норму видачі кормосуміші можна також змінювати частотою обертання вивантажного шнека.

У порівнянні з прототипом запропонований пристрій дозволяє забезпечити необхідну нерівномірність видачі кормосумішей внаслідок примусового захоплення і винесення з бункера вивантажувальним шнеком частинок матеріалу, знизити енергоємність за рахунок використання гідроприводу.

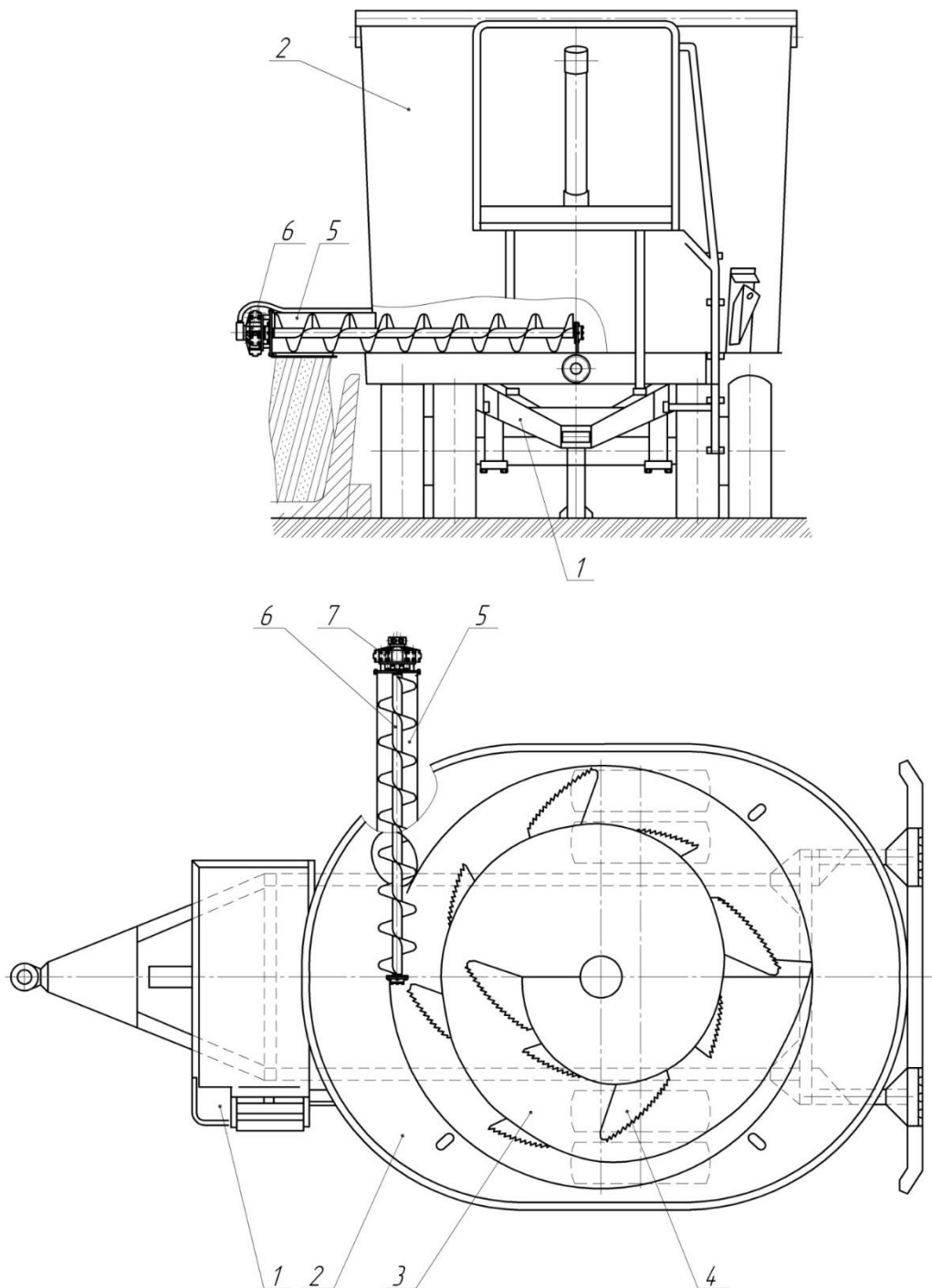


Рис. 2.2. Модернізований кормороздавач: 1 – рама; 2 – бункер; 3 – шнек змішувач; 4 – ніж; 5 – вивантажний шнек; 6 – вал; 7 – гідромотор.

2.3. Розрахунок вивантажувального шнека

Розрахунок проводимо, спираючись на методику, викладену в [4, 5].

Схема до розрахунку шнека представлена на малюнку 3.3. Шнек характеризується наступними параметрами, що визначаються за таблицею 55 стор. 187 [4] і заданими конструктивно:

- відношення кроку витка до діаметра: $\phi = S/D = 0,8 \dots 1,0$; приймаємо $\phi = 1,0$;
- кількість обертів витка за хвилину: $n = 100 \dots 300 \text{ хв}^{-1}$. Приймаємо у частоту обертання $n = 150 \text{ об/хв}$;
- діаметр вала витка: $d = 48 \dots 80 \text{ мм}$; приймаємо $d = 50 \text{ мм}$;
- радіальний зазор витка: $\lambda = 4 \dots 5 \text{ мм}$; приймаємо $\lambda = 4 \text{ мм}$;
- товщина витка $\delta = 2 \dots 3 \text{ мм}$; приймаємо $\delta = 2 \text{ мм}$;
- коефіцієнт заповнення для кормової суміші $\psi = 0,6 \dots 0,8$; приймаємо $\psi = 0,7$.

З попередніх розрахунків та особливостей конструкції встановлено:

необхідна продуктивність $Q = 14,4 \text{ т/год}$;

щільність кормової суміші $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$;

довжина шнека $L = 1,5 \text{ м}$;

кут нахилу шнека до горизонту $\beta = 0^\circ$.

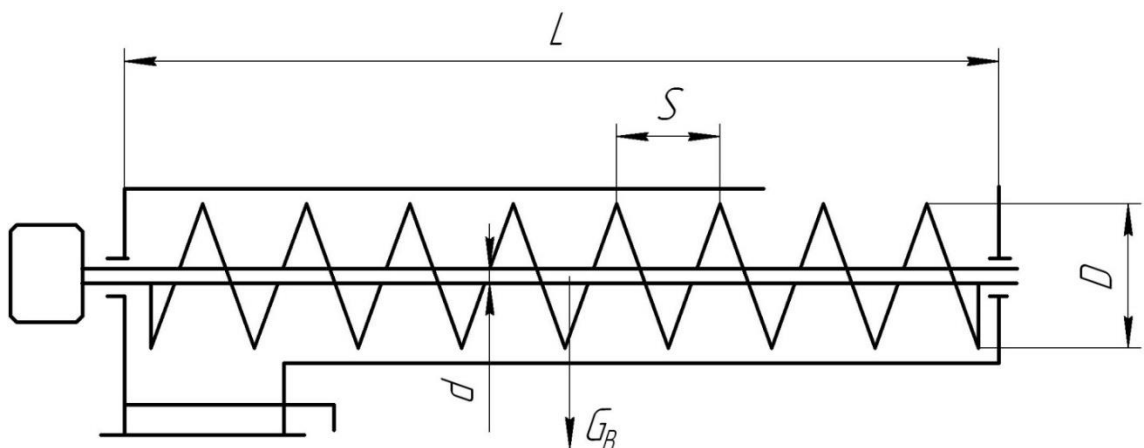


Рис. 2.3. Схема до розрахунку вивантажувального шнека.

Визначаємо діаметр витка шнека ([4], с. 189).

$$D = \sqrt[3]{\frac{14,4}{47,1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 150}} = 0,193 \text{ м} = 193 \text{ мм}. \quad (2.18)$$

За стандартом приймаємо $D = 200 \text{ мм}$ (ДСТУ). За прийнятим діаметром D перераховуємо частоту обертання шнека:

$$n' = n \left(\frac{193}{200} \right)^3 = 150 \left(\frac{193}{200} \right)^3 = 135 \text{ хв}^{-1}.$$

Крок гвинта $S = \phi \cdot D = 1 \cdot 200 = 200 \text{ мм}$.

Визначимо розміри заготовки витка шнека. Ширина гвинта:

$$a = \frac{D - d}{2} \quad (2.19)$$

$$a = \frac{200 - 50}{2} = 75 \text{ мм.}$$

Довжина гвинтової лінії по зовнішньому діаметру:

$$C = \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + S^2} \quad (2.20)$$

$$\tilde{N} = \sqrt{(3,14 \cdot 200)^2 + 200^2} = 659 \text{ мм}$$

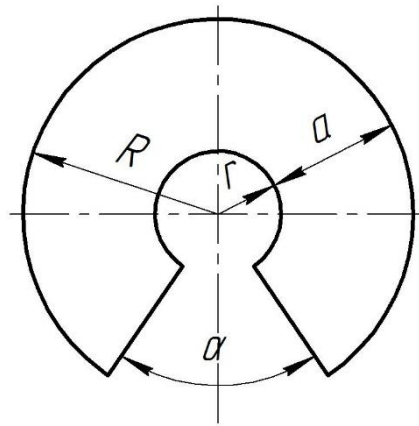


Рис. 2.4 Схема для визначення розмірів заготовки.

Довжина гвинтової лінії по діаметру вала:

$$c = \sqrt{(\pi d)^2 + S^2} \quad (2.21)$$

$$c = \sqrt{(3,14 \cdot 50)^2 + 200^2} = 254 \text{ мм.}$$

Внутрішній радіус заготовки:

$$r = \frac{a \cdot c}{C - c} \quad (2.22)$$

$$r = \frac{75 \cdot 254}{659 - 254} = 47 \text{ мм}$$

Зовнішній радіус:

$$R = r + a \quad (2.23)$$

$$R = 47 + 75 = 122 \text{ мм.}$$

Кут вирізу:

$$\alpha = \frac{2\pi R - C}{2\pi R} \cdot 360^\circ \quad (2.24)$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 122 - 659}{2 \cdot 3,14 \cdot 122} \cdot 360^\circ = 50,4^\circ$$

Для приводу вивантажувального шнека можна запропонувати наступну схему, як найбільш просту при складанні і надійну при експлуатації.

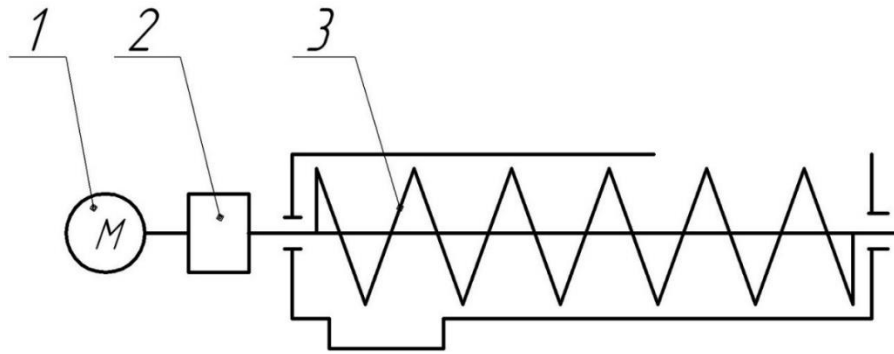


Рис. 2.5. Схема приводу шнека-змішувача: 1 – гідромотор; 2 – пружна втулково-пальцева муфта; 3 – шнек.

Визначаємо вагу матеріалу на в1 м у транспортера:

$$q = \pi/4(D^2 - d^2)\psi \cdot \varepsilon \cdot \gamma_{зм} \quad (2.25)$$

$$q = 3,14/4(0,2^2 - 0,05^2) \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 400 = 8,2 \text{ кг/м} = 80,4 \text{ Н/м}.$$

Погонна вага гвинта шнека: $q_B = 12,5 \text{ кг/м} = 122,5 \text{ Н/м}.$

Осьове зусилля, що діє на гвинт:

$$A = q \cdot L \cdot (\sin\beta + \mu \cdot \cos\beta), \quad (2.26)$$

β – кут нахилу шнека, $\beta = 0$;

L – довжина шнека, $L = 1,5 \text{ м}$;

μ – коефіцієнт тертя кормової суміші об сталь, $\mu = 0,3$.

$$A = 80,4 \cdot 1,5 \cdot (\sin 0 + 0,3 \cdot \cos 0) = 36,2 \text{ Н}.$$

Крутний момент на валу гвинта від опору, що переміщується матеріалу по жолобу і тертя про гвинт:

$$M_1 = 0,5 \cdot D_{cp} \cdot A \cdot tg(\alpha + \gamma), \quad (2.27)$$

D_{cp} – середній діаметр витка шнека, $D_{cp} = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 200 = 160 \text{ мм}$;

α – кут нахилу витка по середньому діаметру:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{S}{\pi \cdot D_{\text{cp}}} \quad (2.28)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{200}{3,14 \cdot 160} = 21,7^\circ;$$

γ – кут тертя матеріалу об гвинт: $\gamma = \operatorname{arctg} \mu = \operatorname{arctg} 0,3 = 16,7^\circ$.

$$M_1 = 0,5 \cdot 0,16 \cdot 36,2 \cdot \operatorname{tg}(21,7^\circ + 16,7^\circ) = 22,9 \text{ Н/м.}$$

Окружна сила на гвинті (осьове навантаження):

$$P = \frac{2M_1}{D_{\text{cp}}} \quad (2.29)$$

$$P = \frac{2 \cdot 22,9}{0,16} = 286,3 \text{ Н.}$$

Момент на валу від опору в опорах:

$$M_2 = P \cdot f \cdot d/2, \quad (2.30)$$

f – коефіцієнт тертя в опорах, $f=0,1$;

$$M_2 = 286,3 \cdot 0,1 \cdot 0,05/2 = 0,72 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Повний крутний момент:

$$M = K \cdot M_1 + M_2, \text{ де} \quad (2.31)$$

K – коефіцієнт, що враховує опір від перемішування і перемелювання матеріалу, $K=1,2 \dots 1,4$. Приймаємо $K=1,4$.

$$M = 1,4 \cdot 22,9 + 0,72 = 32,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Потужність, що витрачається на переміщення і змішування кормової суміші:

$$N = \frac{M \cdot n}{9550} \quad (2.32)$$

$$N = \frac{32,8 \cdot 135}{9550} = 0,46 \text{ кВт}$$

Потужність на валу двигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta}, \quad (2.33)$$

η – ККД приводу двигуна.

$$\eta = \eta_{\text{пк}}^2, \quad (2.34)$$

$\eta_{\text{пк}}$ – ККД підшипників кочення, $\eta_{\text{пк}} = 0,98$ [7], с. 5;

$$\eta = 0,98^2 = 0,96.$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,46}{0,96} = 0,48 \text{ кВт}$$

Крутний момент на валу шнека:

$$T_{\text{шн}} = \frac{N_{\text{шн}}}{\omega_{\text{шн}}} = \frac{30 \cdot N_{\text{шн}}}{\pi \cdot n_{\text{шн}}} \quad (2.35)$$

$$T_{\text{шн}} = \frac{30 \cdot 0,46 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 135} = 32,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для розрахунку вала шнека скористаємося методикою, викладеною в [7], с. 161-167.

Діаметр вихідного кінця вала під муфту визначаємо з розрахунку на кручення при допустимій напрузі $[\tau] = 15 \dots 20 \text{ МПа}$.

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (2.36)$$

T – крутний момент на валу шнека в місці посадки зірочки, $T = 24,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 32,8}{3,14 \cdot 15}} = 2,5 \text{ мм}$$

Узгоджуючи з прийнятим діаметром вала шнека $d_{\text{шн}} = 50 \text{ мм}$, приймаємо $d_{\text{в}} = 16 \text{ мм}$; діаметр вала під підшипник $d_{\text{п}} = 20 \text{ мм}$. На вал будуть діяти наступні навантаження:

$q_{\text{в}}$ – власна вага погонного метра шнека; $q_{\text{в}} = 122,5 \text{ Н/м}$;

q – вага матеріалу в шнеку; $q = 80,4 \text{ Н/м}$;

Замінімо ці навантаження еквівалентним розподіленим навантаженням:

$$q' = q_{\text{в}} + q \quad (2.37)$$

$$q' = 122,5 + 80,4 = 202,9 \text{ Н/м}.$$

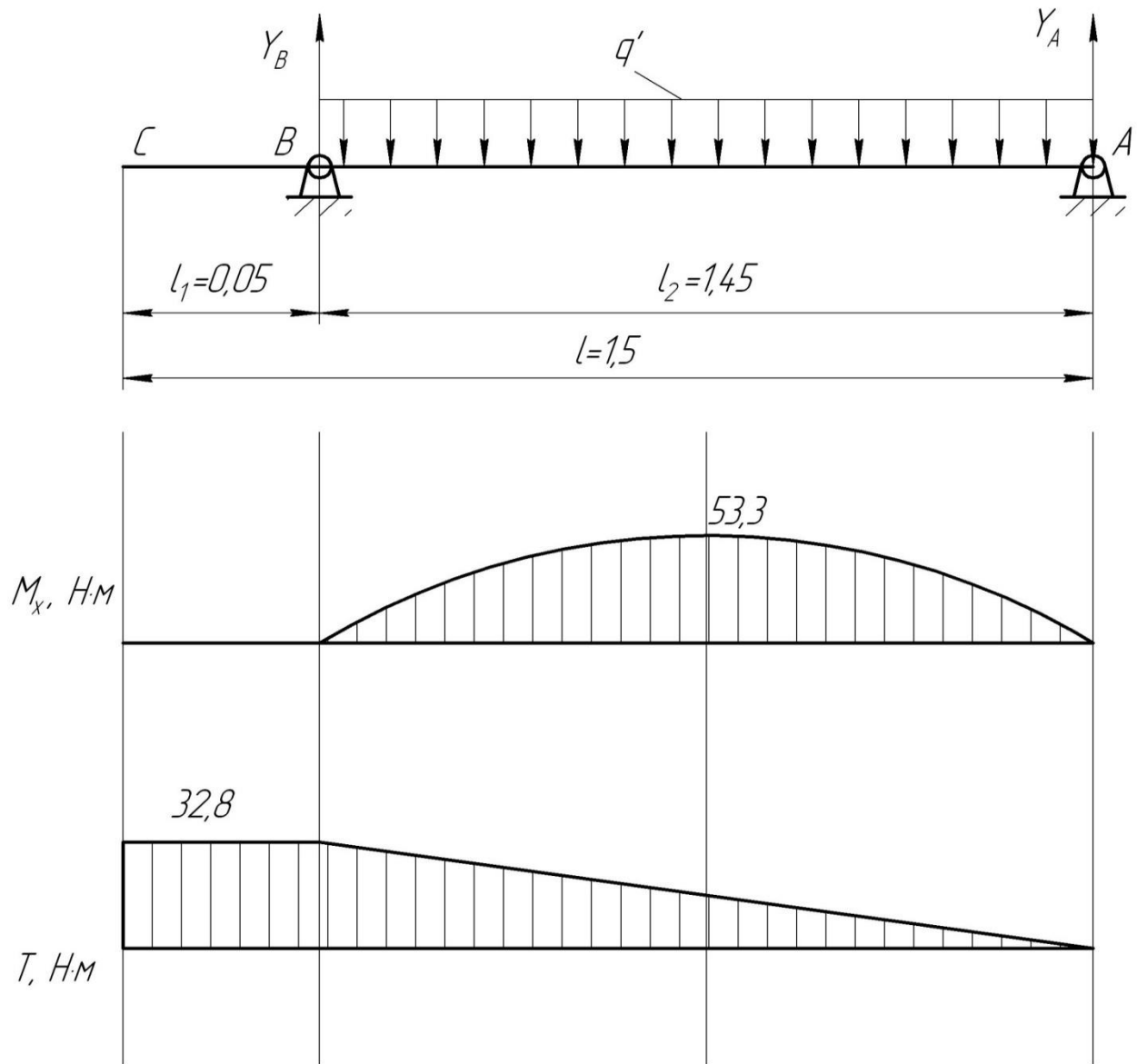


Рис. 2.6. Схема для розрахунку вала.

Визначаємо опорні реакції. У вертикальній площині складаємо суму моментів усіх сил відносно точки В:

$$\Sigma M_B = Y_A \cdot l_2 - (q' \cdot l_2^2) / 2 = 0$$

$$Y_A = \frac{(q' \cdot l_2^2) / 2}{l_2} = \frac{(202,9 \cdot 1,45^2) / 2}{1,45} = 147,1 \text{ Н}$$

Складаємо суму моментів усіх сил відносно точки А:

$$\Sigma M_A = -Y_B \cdot l_2 + (q' \cdot l_2^2) / 2 = 0$$

$$Y_B = \frac{(q' \cdot l_2^2) / 2}{l_2} = \frac{(202,9 \cdot 1,45^2) / 2}{1,45} = 147,1 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$Y_A + Y_B - q' \cdot l_2 = 0$$

$$147,1 + 147,1 - 202,9 \cdot 1,45 = 0$$

$$0 = 0$$

Визначаємо згинальний момент в середині довжини шнека:

$$M = Y_A \cdot l_2/2 - q' \cdot l_2^2/8 = 147,1 \cdot 1,45/2 - 202,9 \cdot 1,45^2/8 = 53,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо приведений момент в середині довжини шнека:

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\text{и}}^2 + T^2}; \quad (2.38)$$

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{53,3^2 + 32,8^2} = 62,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо напруження (за III теорією міцності):

$$\sigma = \frac{M_{\text{пр}}}{W} = \frac{M_{\text{пр}}}{0,1 \cdot d^3}$$

$$\sigma = \frac{62,5 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 50^3} = 5 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження для вала шнека (матеріал сталь):

$$[\sigma] = \frac{0,8\sigma_{\text{т}}}{n}, \quad (2.39)$$

$\sigma_{\text{т}}$ – межа плинності матеріалу, $\sigma_{\text{т}} = 250 \text{ МПа}$;

n – запас міцності, $n=2$.

$$[\sigma] = \frac{0,8 \cdot 250}{2} = 100 \text{ МПа}.$$

т.к. $\sigma \leq [\sigma]$, умова міцності виконана, тобто валу забезпечена міцність.

Оскільки вал зазнає значного осьового навантаження, то вибираємо радіально-упорні роликові підшипники під діаметр цапфи $d_{\text{п}} = 20 \text{ мм}$. За ДСТУ приймаємо підшипник 6204 з основними параметрами: $d \times D \times B = 20 \times 47 \times 14 \text{ мм}$, динамічна вантажопідйомність: $C = 15,6 \text{ кН}$, статична вантажопідйомність $C_0 = 8,3 \text{ кН}$.

На підшипники в опорах шнека діють такі навантаження:

- максимальне радіальне зусилля; $F_{\text{rmax}} = 147,1 \text{ Н}$;
- максимальне осьове зусилля; $F_{\text{amax}} = 286,3 \text{ Н}$.

Режим навантаження – II (середній рівноімовірний). Можливі короткочасні перевантаження до 150% номінального навантаження. Умови застосування підшипників - звичайні. Очікувана температура роботи $t_{роб} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для змінного типового режиму навантаження II коефіцієнт еквівалентності $K_E = 0,63$. Обчислюємо еквівалентні навантаження, приводячи змінний режим навантаження до еквівалентного постійного:

$$F_r = K_E \cdot F_{rmax} \quad (2.40)$$

$$F_r = 0,63 \cdot 147,1 = 92,7 \text{ Н.}$$

$$F_a = K_E \cdot F_{amax} \quad (2.41)$$

$$F_a = 0,63 \cdot 286,3 = 180,4 \text{ Н.}$$

Перевіряємо дані підшипники на довговічність. Розрахункове навантаження підшипника становить:

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_{\phi} \cdot K_T, \quad (2.42)$$

X – коефіцієнт радіального навантаження, $X = 0,56$;

V – коефіцієнт при обертанні внутрішнього кільця, $V = 1$;

F_r – радіальне навантаження на підшипник;

Y – коефіцієнт осьового навантаження, $Y = 1,99$;

F_a – осьове навантаження на підшипник;

K_{ϕ} – коефіцієнт безпеки, $K_{\phi} = 1,2$;

K_T – коефіцієнт температури, $K_T = 1$.

$$P = (0,56 \cdot 1 \cdot 92,7 + 1,99 \cdot 180,4) \cdot 1,2 \cdot 1 = 493,1 \text{ Н.}$$

Довговічність підшипника:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^3, \quad (2.43)$$

n – частота обертання шнека, об/хв.

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 135} \left(\frac{15600}{493,1} \right)^3 = 390,1 \cdot 10^4 \text{ годин}$$

Оскільки розрахункова довговічність L_h більша за допустимий термін служби, то остаточно приймаємо радіально-упорні роликові підшипники, описані вище.

На валах шнеків будемо встановлювати призматичні шпонки за ДСТУ. На зминання перевіримо шпонку під ведену зірочку. Діаметр валу в місці установки шпонки $d=20$ мм. Основні розміри шпонки: $b \times h \times l=6 \times 6 \times 30$. Глибина паза валу $t_1=3,5$ мм.

Напруження зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d(l-b)(h-t_1)}; \quad (2.44)$$

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 32,8 \cdot 10^3}{20(30-6)(6-3,5)} = 54 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження для сталевих маточин при спокійному навантаженні $[\sigma_{см}] = 90 \dots 100$ МПа, тому міцність шпонки забезпечена.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Аналіз умов праці та небезпечних чинників

У кваліфікаційній роботі розглядається ферма великої рогатої худоби на 200 голів, у якій механізовано напування, видалення гною, доїння, первинну обробку молока та роздавання кормів. У попередніх розділах встановлено, що добова потреба в кормах для всього поголів'я становить 6480 кг, максимальна разова видача – 2400 кг, а тривалість одного циклу роздавання двом рядам тварин дорівнює 0,448 год. Тому безпечна організація годівлі має важливе значення для зниження травматизму та поліпшення умов праці.

Модернізований агрегат АКМ-9 має бункер, вертикальний змішувальний шнек із ножами, дозуючо-вивантажувальний шнек, гідромотор, раму, ходову частину та привід від трактора. Перевагою модернізації є можливість регулювання норми видачі кормосуміші та зменшення енергоємності завдяки гідроприводу. Разом із цим наявність обертових робочих органів, карданної передачі, гідросистеми та руху агрегату в обмеженому кормовому проході створює підвищену небезпеку для оператора і працівників ферми.

До основних небезпечних і шкідливих виробничих чинників належать: захоплення одягу або рук рухомими деталями; наїзд під час маневрування; травмування під час очищення бункера; підвищений шум; запиленість при завантаженні сіна, соломи і концентрованих кормів; слизька підлога; контакт із біологічними забрудненнями; пожежна небезпека сухих кормів; можливе ураження електричним струмом від стаціонарного обладнання освітлення і вентиляції.

Усі роботи з АКМ-9 повинні виконувати працівники, які пройшли інструктажі з охорони праці, навчання безпечним методам роботи, перевірку знань і медичний огляд. Оператор повинен знати будову агрегату, порядок аварійної зупинки, правила роботи з ВВП, гідросистемою та засобами

пожежогасіння. Заборонено допускати до роботи осіб у стані втоми, хвороби або без засобів індивідуального захисту.

Таблиця 3.1 – Небезпечні чинники та профілактичні заходи

Операція	Небезпечний чинник	Можливі наслідки	Заходи безпеки
Завантаження кормів	Падіння корму, пил, робота біля краю бункера	Забиття, подразнення органів дихання	Завантажувати механізовано, не ставати на раму і борти, використовувати респіратор
Змішування	Обертання шнека, ножів і карданного вала	Захоплення одягу, порізи, травми рук	Працювати тільки з огороженнями; очищати після зупинки ВВП і двигуна
Роздавання	Рух агрегату і вивантажувального шнека	Наїзд, притискання, травмування тварин	Подавати сигнал, не допускати людей у прохід, рухатися на робочій швидкості
Обслуговування	Залишковий тиск у гідросистемі, несподіваний пуск	Травмування при ремонті	Заглушити двигун, скинути тиск, встановити упори під колеса, вивісити попередження

3.2. Вимоги безпеки під час експлуатації АКМ-9

Перед початком роботи оператор оглядає агрегат і перевіряє справність захисних кожухів карданного вала, огорожень приводів, гальм, світлової сигналізації, зчіпного пристрою, рукавів гідросистеми, кріплення ножів і шнека. Не допускається робота за наявності витікання оливи, пошкоджених рукавів, тріщин у рамі, ослабленого кріплення ножів, несправних гальм або відсутніх захисних щитків. Проїзд корівника перед роздаванням корму очищають від сторонніх предметів, слизьких нашарувань гною та залишків корму.

Завантаження кормових компонентів у бункер необхідно виконувати механізовано. Під час завантаження заборонено перебувати між агрегатом і навантажувачем, стояти на дишлі, рамі або бортах бункера, проштовхувати корм руками, відкривати оглядові люки та торкатися рухомих органів. Якщо виникло зависання корму, його усувають лише після вимикання ВОМ, зупинки двигуна трактора, повної зупинки шнека та встановлення попереджувального знака про заборону пуску.

Під час роздавання оператор повинен рухатися тільки робочою швидкістю, контролювати рівномірність видачі, покази вагового пристрою та роботу гідроприводу. Люди не повинні перебувати в зоні руху агрегату, біля вивантажувального шнека, між колесом і годівницею. Під час маневрування необхідно подавати звуковий сигнал, а біля воріт, поворотів і місць можливого перебування тварин швидкість зменшувати до мінімальної.

Після завершення роботи агрегат установлюють на рівному майданчику, вимикають ВОМ, глушать двигун, ставлять трактор на стоянкове гальмо, підкладають упори під колеса та очищають зовнішні поверхні від корму і пилу. Очищення бункера, ножів і шнеків виконують лише інструментом з довгою рукояткою. Під час технічного обслуговування працівники повинні користуватися рукавицями, захисним взуттям, а при запиленості – респіратором і окулярами.

3.3. Розрахунок параметрів безпечних умов праці

Для обґрунтування заходів охорони праці виконаємо розрахунки повітрообміну, освітлення, шумового навантаження, безпечної відстані під час руху агрегату та кількості первинних засобів пожежогасіння.

3.3.1. Розрахунок повітрообміну

Повітрообмін у корівнику визначимо за вмістом вуглекислого газу:

$$L_{CO_2} = (C \cdot m) / (C_1 - C_2), \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.1)$$

де $C = 189$ л/год – виділення CO_2 однією твариною; $m = 200$ гол.; $C_1 = 1,5$ л/м³ – допустимий вміст CO_2 у приміщенні; $C_2 = 0,4$ л/м³ – вміст CO_2 у припливному повітрі.

$$L_{CO_2} = (189 \cdot 200) / (1,5 - 0,4) = 34364 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Об'єм корівника приймаємо за довжиною 63 м, шириною 21 м і середньою висотою 3,2 м:

$$V = 63 \cdot 21 \cdot 3,2 = 4234 \text{ м}^3. \quad (3.2)$$

Кратність повітрообміну:

$$K = L_{CO_2} / V = 34364 / 4234 = 8,1 \text{ год}^{-1}. \quad (3.3)$$

Оскільки $K > 5 \text{ год}^{-1}$, для забезпечення безпечних умов праці необхідна примусова вентиляція з рівномірною подачею припливного повітря. Вентиляційні повітроводи не повинні створювати протягів у зоні роботи оператора та біля годівниць.

3.3.2. Розрахунок освітлення кормового проходу

Для безпечного руху АКМ-9 потрібно забезпечити достатню освітленість кормового проходу. Площа освітлюваної зони при довжині 63 м і ширині 3 м становить:

$$S = 63 \cdot 3 = 189 \text{ м}^2. \quad (3.4)$$

Кількість світильників визначимо методом коефіцієнта використання світлового потоку:

$$N = (E_n \cdot S \cdot K_z) / (\Phi \cdot \eta \cdot z), \text{ шт.}, \quad (3.5)$$

де $E_n = 50 \text{ лк}$; $K_z = 1,5$; $\Phi = 3600 \text{ лм}$ – світловий потік одного світлодіодного світильника; $\eta = 0,5$; $z = 1,1$.

$$N = (50 \cdot 189 \cdot 1,5) / (3600 \cdot 0,5 \cdot 1,1) = 7,16 \text{ шт.}$$

За розрахунком потрібно 8 світильників. Для підвищення рівномірності освітлення приймаємо 12 світильників, розташованих уздовж кормового проходу. Перевіримо фактичну освітленість:

$$E_\Phi = (12 \cdot 3600 \cdot 0,5) / (189 \cdot 1,5 \cdot 1,1) = 69,3 \text{ лк.} \quad (3.6)$$

Отримане значення перевищує 50 лк, тому прийнята система освітлення забезпечує видимість годівниць, коліс агрегату, вивантажувального шнека та органів керування. Світильники слід застосовувати у пиловологозахищеному виконанні.

3.3.3. Розрахунок шумового навантаження

Приймаємо, що під час змішування і роздавання рівень шуму становить $L_1 = 82 \text{ дБА}$, тривалість одного циклу $t_{\text{ц}} = 0,448 \text{ год}$, кількість циклів за добу – 3. Сумарний час впливу:

$$T_1 = 3 \cdot 0,448 = 1,344 \text{ год.}$$

Додатково врахуємо роботу трактора під час маневрування: $L_2 = 85$ дБА, $T_2 = 0,3$ год. Фоновий рівень у решту зміни: $L_3 = 65$ дБА, $T_3 = 8 - 1,344 - 0,3 = 6,356$ год. Еквівалентний рівень шуму за 8-годинну зміну:

$$L_{\text{екв}} = 10 \lg[(T_1 \cdot 10^{(L_1/10)} + T_2 \cdot 10^{(L_2/10)} + T_3 \cdot 10^{(L_3/10)})/8]. \quad (3.7)$$

$$L_{\text{екв}} = 76,1 \text{ дБА.}$$

Розрахований рівень не перевищує контрольне значення 80 дБА, але при зношуванні підшипників, роботі без мастила або збільшенні тривалості зміни шум може зрости. Тому потрібно своєчасно виконувати технічне обслуговування, підтягувати кріплення, замінювати зношені деталі та за потреби використовувати протишумові вкладки або навушники.

3.3.4. Розрахунок безпечної відстані під час руху

Робоча швидкість агрегату при роздаванні становить $v_p = 0,85$ км/год, або:

$$v_p = 0,85 \cdot 1000 / 3600 = 0,236 \text{ м/с.}$$

Мінімальний зупинний шлях визначаємо за формулою:

$$S_3 = v \cdot t_p + v^2 / (2a), \text{ м,} \quad (3.8)$$

де $t_p = 1$ с – час реакції оператора; $a = 0,8$ м/с² – середнє уповільнення при гальмуванні.

$$S_3 = 0,236 \cdot 1 + 0,236^2 / (2 \cdot 0,8) = 0,27 \text{ м.}$$

З урахуванням нерівностей підлоги, вологості та можливого запізнення гальм приймаємо коефіцієнт запасу 2,5:

$$S_6 = 0,27 \cdot 2,5 = 0,68 \text{ м.}$$

Отже, працівники повинні перебувати не ближче 0,7 м перед агрегатом і поза зоною вивантажувального шнека. Для транспортної швидкості 12 км/год зупинний шлях становить близько 10,3 м, тому на території ферми необхідно витримувати дистанцію 12–15 м.

3.3.5. Розрахунок кількості вогнегасників

Пожежна небезпека пов'язана з наявністю сухих кормів, кормового пилу, електрообладнання, паливно-мастильних матеріалів і нагрітих поверхонь

трактора. Для кормового проходу площею 189 м² визначимо кількість порошкових вогнегасників за умовою один вогнегасник на 200 м² із коефіцієнтом підвищеної пожежної небезпеки $K_{\text{п}} = 1,2$:

$$n = (S / S_1) \cdot K_{\text{п}}, \text{ шт.}, \quad (3.9)$$

$$n = (189 / 200) \cdot 1,2 = 1,13 \text{ шт.}$$

Приймаємо 2 порошкових вогнегасники типу ВП-5 або ВП-6 у зоні кормового проходу. Додатково один справний вогнегасник повинен бути на тракторі, який агрегується з АКМ-9. Місця розташування вогнегасників позначають знаками пожежної безпеки, а доступ до них не захищають кормами, інвентарем або тарою.

3.4. Санітарно-гігієнічні та організаційні заходи

У корівнику необхідно підтримувати справний стан системи вентиляції, освітлення, гнойових каналів і кормового проходу. Підлога не повинна бути слизькою, пошкодженою або захищеною. Кормові залишки, що потрапляють на проїзд, потрібно прибирати після кожного годування, оскільки вони погіршують зчеплення коліс, створюють пил і можуть спричинити падіння працівників.

Працівники повинні бути забезпечені спецодягом, неслизьким захисним взуттям, рукавицями, респіраторами для роботи з пиловими кормами та захисними окулярами при очищенні бункера. Після контакту з кормами, гноєм і забрудненими поверхнями необхідно мити руки, обробляти інструмент і підтримувати санітарний стан робочого місця. У приміщенні має бути аптечка першої допомоги та вивішена інструкція з дій при травмуванні або пожежі.

Для запобігання аваріям у господарстві слід розробити інструкцію з охорони праці для оператора АКМ-9, вести журнал інструктажів, призначити відповідального за технічний стан агрегату, щоденно перевіряти гальма, освітлення, сигналізацію, захисні кожухи і гідросистему. Планово-попереджувальне обслуговування необхідно виконувати за графіком, а несправний агрегат до роботи не допускати.

Висновки до розділу

У розділі визначено основні небезпечні чинники під час експлуатації модернізованого агрегату АКМ-9 на фермі ВРХ та запропоновано технічні, організаційні, санітарно-гігієнічні і протипожежні заходи. Найбільш небезпечними є рухомі робочі органи, карданний вал, рух агрегату в обмеженому проході, шум, пил, підвищена вологість і пожежна небезпека сухих кормів.

Розрахунками встановлено, що необхідний повітрообмін у корівнику становить 34364 м³/год, кратність повітрообміну – 8,1 год⁻¹; для освітлення кормового проходу потрібно прийняти 12 світильників із фактичною освітленістю 69,3 лк; еквівалентний рівень шуму оператора становить 76,1 дБА; безпечна відстань перед агрегатом під час робочого руху – не менше 0,7 м; для кормового проходу потрібно встановити 2 порошкових вогнегасники і додатково один вогнегасник на тракторі.

Впровадження запропонованих заходів забезпечує безпечне використання АКМ-9, знижує ризик травмування працівників, покращує мікроклімат і відповідає загальній меті роботи – підвищенню ефективності механізації процесів на фермі великої рогатої худоби з одночасним поліпшенням умов праці обслуговуючого персоналу.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

4.1. Вихідні дані для економічного розрахунку

Метою техніко-економічного обґрунтування є визначення доцільності впровадження проєктних рішень, спрямованих на удосконалення механізації процесів на фермі великої рогатої худоби з модернізацією багатофункціонального агрегату АКМ-9. У попередніх розділах встановлено, що корівник розрахований на 200 голів, добова потреба у кормах становить 6480 кг, максимальна разова видача корму дорівнює 2400 кг, а тривалість одного технологічного циклу роздавання кормів модернізованим агрегатом становить 0,448 год.

Економічний ефект формується за рахунок зменшення трудомісткості годівлі, скорочення тривалості роботи трактора, зниження витрат дизельного палива, зменшення втрат кормів під час роздавання і поліпшення організації праці. У розрахунку враховано також заходи, передбачені у розділі охорони праці: встановлення захисних огорожень, засобів пожежогасіння, попереджувальних знаків та підтримання безпечних умов роботи оператора.

Базовим варіантом прийнято існуючу технологію, за якої роздавання кормів виконується мобільним кормороздавачем із значним використанням ручної праці під час підготовки, завантаження та контролю видачі кормів. Проєктним варіантом є використання модернізованого АКМ-9 із дозуючовивантажувальним вузлом, гідроприводом і регулюванням норми видачі кормосуміші. Ціни, тарифні ставки та вартість матеріалів прийнято як розрахункові для порівняння варіантів.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Кількість тварин на фермі, гол.	n	200
Добова потреба кормів для поголів'я, кг	Q _д	6480
Кількість годувань за добу	m _г	3
Кількість циклів АКМ-9 на одне годування	m _ц	2
Тривалість одного циклу роздавання, год	t _ц	0,448
Розрахункова тривалість роботи проєктного агрегату за добу, год	T _п	2,688
Тривалість роботи базового агрегату за добу, год	T _б	3,75
Тарифна ставка з нарахуваннями, грн/люд.-год	C _т	95
Ціна дизельного палива, грн/л	C _п	55
Середня розрахункова вартість кормів, грн/кг	C _к	2,8

4.2. Розрахунок капітальних вкладень у модернізацію

Капітальні вкладення за проєктним варіантом визначаються як сума витрат на придбання матеріалів, виготовлення і встановлення модернізованих вузлів, монтаж, налагодження та впровадження заходів безпеки. Оскільки модернізація передбачає використання наявної базової машини, у розрахунок не включається повна вартість нового агрегату, а враховуються лише додаткові витрати, необхідні для реалізації проєктного рішення.

Загальна сума капітальних вкладень визначається за формулою:

$$K = C_m + C_k + C_p + C_{\text{монт}} + C_b + C_{\text{накл}}, \text{ грн}, \quad (4.1)$$

де C_m – вартість матеріалів і заготовок; C_k – вартість комплектуючих; C_p – витрати на виготовлення деталей; $C_{\text{монт}}$ – монтаж і налагодження; C_b – витрати на заходи безпеки; $C_{\text{накл}}$ – накладні витрати.

Таблиця 4.2 – Розрахунок капітальних вкладень у модернізацію АКМ-9

Стаття витрат	Сума, грн
Матеріали для виготовлення елементів бункера, рами, кронштейнів і кожухів	52000
Гідропривід вивантажувального шнека, рукави, регулювальна арматура	31000
Дозуючо-вивантажувальний вузол: шнек, вал, корпус, заслінка	38500
Підшипники, зірочки, ланцюги, кріпильні та ущільнювальні деталі	16000
Захисні огороження, попереджувальні знаки і кожухи приводів	7500
Прилади контролю, електропроводка, дрібні комплектуючі	6000
Засоби пожежної безпеки та організації безпечного робочого місця	9500
Монтаж, регулювання та випробування агрегату	15000
Накладні витрати, 10 % від прямих витрат	17550
Разом капітальні вкладення	193050

Отже, додаткові капітальні вкладення у модернізацію становлять $K = 193050$ грн. Ця величина використовується надалі для визначення річних амортизаційних відрахувань, витрат на технічне обслуговування та строку окупності.

4.3. Розрахунок трудових витрат і економії заробітної плати

У базовому варіанті на одне годування витрачається 1,25 год роботи тракторного агрегату, а з урахуванням допоміжного працівника трудові витрати становлять 2,0 люд.-год на одне годування. За трьох годувань добові трудові витрати дорівнюють:

$$T_{л.б} = 2,0 \cdot 3 = 6,0 \text{ люд.-год/добу.} \quad (4.2)$$

У проєктному варіанті АКМ-9 за одне годування виконує два цикли по 0,448 год, тому добова тривалість роботи агрегату становить:

$$T_{м.п} = 0,448 \cdot 2 \cdot 3 = 2,688 \text{ год/добу.} \quad (4.3)$$

З урахуванням щоденного огляду, підготовки і короткого очищення бункера трудові витрати оператора приймаємо $T_{л.п} = 2,9$ люд.-год/добу. Річна економія заробітної плати визначається за формулою:

$$E_{зп} = (T_{л.б} - T_{л.п}) \cdot Д \cdot C_t, \text{ грн/рік,} \quad (4.4)$$

$$E_{зп} = (6,0 - 2,9) \cdot 365 \cdot 95 = 107492 \text{ грн/рік.}$$

Зниження трудомісткості становить $((6,0 - 2,9) / 6,0) \cdot 100 = 51,7 \%$. Це підтверджує, що модернізація АКМ-9 забезпечує не тільки економію коштів, а й поліпшує організацію праці, оскільки один оператор може виконувати операції, які в базовому варіанті потребували додаткового працівника.

4.4. Розрахунок економії палива і витрат кормів

Витрата палива залежить від тривалості роботи агрегату і навантаження на трактор. Для базового варіанта приймаємо середню витрату палива 6,5 л/год, для проєктного варіанта – 5,5 л/год. Зниження витрати пояснюється меншою тривалістю циклу, кращим дозуванням корму та раціональнішим режимом роботи приводу.

Річна витрата палива визначається за формулою:

$$G_{\text{п}} = T_{\text{м}} \cdot q_{\text{п}} \cdot D, \text{ л/рік}, \quad (4.5)$$

$$G_{\text{п.б}} = 3.75 \cdot 6,5 \cdot 365 = 8897 \text{ л/рік};$$

$$G_{\text{п.п}} = 2.688 \cdot 5,5 \cdot 365 = 5396 \text{ л/рік}.$$

Вартість палива з урахуванням мастильних матеріалів приймаємо із коефіцієнтом 1,10:

$$C_{\text{пал}} = G_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}} \cdot 1,10, \text{ грн/рік}. \quad (4.6)$$

$$C_{\text{пал.б}} = 8897 \cdot 55 \cdot 1,10 = 538261 \text{ грн/рік};$$

$$C_{\text{пал.п}} = 5396 \cdot 55 \cdot 1,10 = 326468 \text{ грн/рік}.$$

Річна економія на паливно-мастильних матеріалах становить $E_{\text{пал}} = 538261 - 326468 = 211793$ грн/рік. Відносне зниження витрати палива дорівнює 39.3 %.

Додатковим джерелом економічного ефекту є зменшення втрат кормів. У базовому варіанті через ручне підправляння корму, нерівномірне дозування та повторне переміщення кормових залишків втрати приймаємо 3,0 % від річної кількості кормів. У проєктному варіанті завдяки дозуючому вивантажувальному шнеку, регулюванню подачі і рівномірнішій роздачі втрати знижуються до 1,2 %.

Річна вартість втрат кормів визначається за формулою:

$$C_{\text{в.к}} = Q_{\text{р}} \cdot k_{\text{в}} \cdot C_{\text{к}}, \text{ грн/рік}, \quad (4.7)$$

$$Q_{\text{р}} = 6480 \cdot 365 = 2365200 \text{ кг/рік};$$

$$C_{\text{в.к.б}} = 2365200 \cdot 0,030 \cdot 2,8 = 198677 \text{ грн/рік};$$

$$C_{\text{в.к.п}} = 2365200 \cdot 0,012 \cdot 2,8 = 79471 \text{ грн/рік}.$$

Економія кормів у грошовому вираженні становить $E_{\text{к}} = 198677 - 79471 = 119206$ грн/рік. Зменшення втрат кормів відносно базового варіанта становить 60 %.

Таблиця 4.3 – Порівняння експлуатаційних витрат за базовим і проєктним варіантами

Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант	Економія
Трудові витрати, люд.-год/добу	6,0	2,9	3,1
Річні витрати на оплату праці, грн/рік	208050	100558	107492
Витрата палива, л/рік	8897	5396	3501
Вартість палива і мастил, грн/рік	538261	326468	211793
Вартість витрат кормів, грн/рік	198677	79471	119206

4.5. Розрахунок річного економічного ефекту

Загальна річна економія експлуатаційних витрат визначається як сума економії заробітної плати, паливно-мастильних матеріалів і кормів:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{зп}} + E_{\text{пал}} + E_{\text{к}}, \text{ грн/рік.} \quad (4.8)$$

$$E_{\text{заг}} = 107492 + 211793 + 119206 = 438492 \text{ грн/рік.}$$

Для об'єктивної оцінки необхідно врахувати додаткові річні витрати, пов'язані з використанням модернізованих вузлів. До них відносимо амортизаційні відрахування, ремонт і технічне обслуговування, а також інші витрати на утримання обладнання. Розрахунок виконуємо за формулами:

$$A = K \cdot H_a; \quad R = K \cdot H_r; \quad O = K \cdot H_o, \quad (4.9)$$

де $H_a = 0,15$ – норма амортизації; $H_r = 0,06$ – норма витрат на ремонт і технічне обслуговування; $H_o = 0,02$ – інші витрати.

$$A = 193050 \cdot 0,15 = 28958 \text{ грн/рік;}$$

$$R = 193050 \cdot 0,06 = 11583 \text{ грн/рік;}$$

$$O = 193050 \cdot 0,02 = 3861 \text{ грн/рік.}$$

Додаткові річні витрати становлять $C_{\text{дод}} = 28958 + 11583 + 3861 = 44402$ грн/рік.

Річний економічний ефект від впровадження проєктного рішення визначаємо за формулою:

$$E_p = E_{\text{заг}} - C_{\text{дод}}, \text{ грн/рік.} \quad (4.10)$$

$$E_p = 438492 - 44402 = 394090 \text{ грн/рік.}$$

Отриманий результат є консервативним, оскільки у ньому не враховано можливого додаткового доходу від підвищення молочної продуктивності тварин завдяки рівномірнішому змішуванню і точнішому дозуванню кормів. Також не враховано зниження простоїв, зменшення ризику травматизму та поліпшення санітарного стану кормового проходу, хоча ці чинники мають реальне виробниче значення.

4.6. Визначення строку окупності та техніко-економічних показників

Строк окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = K / E_p, \text{ років.} \quad (4.11)$$

$$T_{ок} = 193050 / 394090 = 0.49 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень становить:

$$E_k = E_p / K. \quad (4.12)$$

$$E_k = 394090 / 193050 = 2.04.$$

Оскільки строк окупності менший одного року, а коефіцієнт економічної ефективності значно перевищує нормативний рівень, впровадження проектних рішень можна вважати економічно доцільним. Найбільшу частку річної економії забезпечують паливно-мастильні матеріали і зменшення втрат кормів, однак важливим є також скорочення трудомісткості, оскільки для тваринницьких ферм характерний дефіцит кваліфікованих працівників.

Таблиця 4.4 – Основні техніко-економічні показники проектного рішення

Показник	Значення
Капітальні вкладення у модернізацію, грн	193050
Добова потреба кормів, кг	6480
Річна потреба кормів, кг	2365200
Тривалість роботи проектного агрегату, год/добу	2,688
Зниження трудомісткості, %	51,7
Зниження витрати палива, %	39,3
Зменшення втрат кормів, %	60
Загальна економія експлуатаційних витрат, грн/рік	438492
Додаткові річні витрати, грн/рік	44402
Річний економічний ефект, грн/рік	394090
Строк окупності, років	0,49
Коефіцієнт економічної ефективності	2,04

Висновки до розділу

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування модернізації багатофункціонального агрегату АКМ-9 для ферми великої рогатої худоби на 200 голів. Розрахунок проведено на основі технологічних параметрів, визначених у попередніх розділах: добова потреба в кормах становить 6480 кг, максимальна разова видача – 2400 кг, а тривалість циклу роздавання модернізованим агрегатом – 0,448 год.

Капітальні вкладення у модернізацію становлять 193050 грн. За рахунок зниження трудомісткості, скорочення витрат палива і зменшення втрат кормів загальна економія експлуатаційних витрат становить 438492 грн/рік. Після врахування амортизації, ремонту і додаткових витрат на утримання модернізованих вузлів річний економічний ефект дорівнює 394090 грн.

Строк окупності капітальних вкладень дорівнює 0.49 року, а коефіцієнт економічної ефективності становить 2.04. Отже, запропонована модернізація АКМ-9 є економічно доцільною, забезпечує зниження трудомісткості на 51.7 %, зменшує витрату палива на 39.3 % і скорочує втрати кормів на 60 %. Впровадження проєктного рішення сприятиме підвищенню ефективності механізації процесів на фермі, поліпшенню умов праці та зниженню собівартості виробництва продукції тваринництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто удосконалення механізації процесів на фермі великої рогатої худоби шляхом модернізації багатофункціонального агрегату АКМ-9. Встановлено, що ефективність тваринницького виробництва значною мірою залежить від рівня механізації приготування, транспортування і роздавання кормів, оскільки ці операції є одними з найбільш трудомістких.

У технологічному розділі визначено, що корівник розрахований на 200 голів ВРХ, а основні виробничі процеси – поїння, доїння, первинна обробка молока, видалення гною та частково роздавання кормів – механізовані. Водночас виявлено недоліки в організації кормороздавання, зокрема недостатнє зниження затрат ручної праці, нерівномірне дозування кормів і неповне використання технічних засобів.

За результатами розрахунків добова потреба в кормах для всього поголів'я становить 6480 кг, максимальна разова видача – 2400 кг, а добова норма на одну голову – 32,4 кг. Для зменшення габаритів агрегату та енергетичних витрат прийнято роздавання кормів за два завантаження під час одного циклу годівлі.

У роботі обґрунтовано доцільність модернізації агрегату АКМ-9, призначеного для приготування і роздавання кормосумішей. Запропоновано удосконалити дозуючо-вивантажувальний вузол шляхом використання шнека, гідроприводу та регулювання норми видачі корму. Це забезпечує рівномірніше роздавання кормосуміші, підвищує точність дозування і покращує умови праці оператора.

Розрахунки показали, що тривалість одного технологічного циклу роботи модернізованого агрегату становить 0,448 год, що відповідає зоотехнічним вимогам. Модернізація дає змогу зменшити простої, скоротити кількість ручних операцій і підвищити продуктивність праці.

У розділі охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі фактори під час експлуатації АКМ-9 і запропоновано заходи щодо безпечної

роботи оператора, захисту рухомих частин, електро- та пожежної безпеки, використання засобів індивідуального захисту й підтримання належного санітарного стану робочої зони.

У техніко-економічному розділі встановлено, що капітальні вкладення в модернізацію становлять 193050 грн, загальна економія експлуатаційних витрат – 438492 грн/рік, а річний економічний ефект – 394090 грн. Строк окупності дорівнює 0,49 року, коефіцієнт економічної ефективності – 2,04.

Запропоноване рішення забезпечує зниження трудомісткості на 51,7 %, витрат палива – на 39,3 % і втрат кормів – на 60 %. Отже, модернізація агрегату АКМ-9 є технічно й економічно доцільною, сприяє підвищенню рівня механізації, покращенню якості роздавання кормів, зменшенню затрат праці та палива, підвищенню безпеки персоналу і зниженню собівартості продукції тваринництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сідашенко О. І., Науменко О. А. та ін. Ремонт машин та обладнання : підручник / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Агроосвіта, 2014. 665 с.
2. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
3. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34–41.
4. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
5. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін. Київ : Агроосвіта, 2015. 679 с. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/1712> (дата звернення: 08.05.2026).
6. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
7. Машини та обладнання для тваринництва : підручник / І. І. Ревенко та ін. Київ : ЦП «Компринт», 2018. 567 с.
8. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Кондор, 2012. 731 с.
9. Проектування технологічних процесів у тваринництві : підручник / І. І. Ревенко та ін. ; за ред. І. І. Ревенка, В. С. Хмельовського. Київ : ЦП «Компринт», 2018. 292 с.
10. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін. Київ : Агроосвіта, 2015. 679 с.

11. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
12. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / Д. Г. Войтюк, В. О. Дубровін, Т. Д. Іщенко та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.
13. Костенко В. І. Технологія виробництва молока і яловичини : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2010. 530 с.
14. Скотарство і технологія виробництва та переробки молока і яловичини : підручник / за ред. Ю. Д. Рубана. Харків : Еспада, 2002. 576 с.
15. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин : навч. посіб. / І. І. Ібатуллін та ін. Київ : Аграрна освіта, 2009. 328 с.
16. Гевко Б. М., Гевко І. Б., Радик Д. Л. Технологія сільськогосподарського машинобудування : підручник / за ред. Б. М. Гевка. Київ : Кондор, 2006. 496 с.
17. Гевко Б. М., Гевко І. Б., Радик Д. Л., Матвійчук А. В. Технологія сільськогосподарського машинобудування : підручник. 2-ге вид., переробл. і допов. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2015. 420 с.
18. Іванов М. М. Деталі машин : підручник. Київ : Вища школа, 2002. 408 с.
19. Економіка підприємства : підручник / за заг. ред. С. Ф. Покропивного. Київ : КНЕУ, 2006. 528 с.
20. Гетьман О. О., Шаповал В. М. Економіка підприємства : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 488 с.
21. Тарасюк Г. М., Шваб Л. І. Планування діяльності підприємства : навч. посіб. Київ : Каравела, 2005. 312 с.