

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

УДК 631.3

Кваліфікаційна робота на правах
рукопису

КОЛЕСНЄВ Володимир Олексійович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ ДОЗУВАННЯ
КОРМОРОЗДАВАЧА ДЛЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ**

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

(підпис)

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
к.т.н., доц. Медведський О.В.

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Колеснев В. О. **Удосконалення механізму дозування кормороздавача для великої рогатої худоби.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023 р.

У кваліфікаційній роботі виконана оцінка серійних кормороздавачів для ферм ВРХ. Встановлено основні переваги та недоліки конструкційних рішень у роздавачів кормів відомих фірм-виробників. Визначено основні шляхи удосконалення дозувального механізму вітчизняних кормороздавачів.

Кваліфікаційна робота вирішує проблему підвищення точності дозування кормової суміші до годівниць відгодівельного поголів'я ВРХ. Запропоновано конструкцію роторного дозувального механізму, який може використовуватись для внесення підстилкового матеріалу у стійлову зону тварин.

Проведені розрахунки технологічних та конструкційних параметрів запропонованого роторного вивантажувача, виконана оцінка економічної доцільності використання запропонованого рішення.

Ключові слова: ротор, потужність приводу, частота обертання, подача транспортера, швидкість руху.

ANNOTATION

Kolesnev V. O. **Improvement of the dosing mechanism of the feed dispenser for cattle.** – Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 – agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023

In the qualification work, the evaluation of serial feed dispensers for cattle farms was carried out. The main advantages and disadvantages of construction solutions of feed dispensers of well-known manufacturing companies have been established. The main ways of improving the dosing mechanism of domestic feed dispensers have been determined.

The qualification work solves the problem of increasing the accuracy of the dosing of the feed mixture to the feeders of cattle feedlots. The design of a rotary dosing mechanism is proposed, which can be used to introduce bedding material into the stall area of animals.

Calculations of technological and structural parameters of the proposed rotary unloader were carried out, the economic feasibility of using the proposed solution was assessed.

Key words: rotor, drive power, rotation frequency, conveyor feed, movement speed.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА ФЕРМАХ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ	7
1.1. Технологічні та конструкційні вимоги до кормороздавачів для ферм ВРХ	7
1.2. Оцінка кормороздавачів для ферм ВРХ	8
Висновки до розділу 1	13
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДОЗУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОРМОРОЗДАВАЧА	14
2.1. Розробка конструктивної та функціональної схеми кормороздавача	14
2.2. Технологічний розрахунок бітерно-транспортного механізму удосконаленого кормороздавача	16
2.3. Розрахунок параметрів та режимів роботи розробленого ротора	19
Висновки до розділу 2	21
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ РОЗРОБЛЕНОГО ДОЗУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ	22
3.1. Визначення конструкційних параметрів вала роторного вивантажувача	22
3.2. Встановлення параметрів ланцюгової передачі	23
3.3. Заходи технічної експлуатації удосконаленого кормороздавача	24
3.4. Ефективність запропонованих удосконалень кормороздавача	26
Висновки до розділу 3	28
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31
ДОДАТКИ	33

ВСТУП

Актуальність теми. Роздавання кормів на тваринницьких підприємствах вважається важливим технологічним процесом. Від кількості отриманого корму за одне роздавання залежить продуктивність великої рогатої худоби. Тому, рівномірність роздавання кормів вздовж фронту годівлі має відповідати зоотехнічним вимогам до процесу кормо роздавання та кормороздавача зокрема.

Насьогодні ринок кормороздавачів для тваринницьких підприємств ВРХ досить насичений. Виробники різних країн Європейського союзу та вітчизняні підприємства пропонують споживачам своє обладнання. Оцінка існуючих серійних машин для роздавання кормів на фермах ВРХ вказала на ряд недоліків, що робить їх недостатньо конкурентоспроможними на ринку. Основним недоліком можна вважати досить суттєва нерівномірність роздавання корму. Цей параметр залежить від якості подрібнення кормових компонентів, особливо якщо в кормовому раціоні присутні листостебельні корми. Багато представлених моделей кормороздавачів відомих світових виробників позбавлені можливості внесення підстилкового матеріалу. Деякі моделі, зокрема вітчизняний кормороздавач КТУ-10А, може дообладнуватись окремим механізмом, який недостатньо ефективний при безприв'язному утриманні тварин на глибокій підстилці.

Таким чином, удосконалювати кормороздавачі необхідно у напрямку вирішення проблем, які пов'язані із якісним дозуванням. Наслідком такого кроку може бути вища рівномірність видачі кормів. Окрім цього, механізм дозування удосконаленого кормороздавача повинен бути універсальним. Тобто, він має забезпечити не тільки дозовану видачу в заданих межах кормову сімішку у годівниці тварин, а, також, реалізувати ефективне внесення подрібненого підстилкового матеріалу. При цьому подача підстилкового матеріалу не повинна обмежуватись зоною стійла при прив'язному утриманні ВРХ. Використання універсальної машини дозволить механізувати процес

внесення підстилкового матеріалу, особливо для відгодівельних підприємств ВРХ із утриманням на глибокій підстилці.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності кормороздавача шляхом удосконалення дозувального механізму з можливістю внесення підстилкового матеріалу в зоні перебування тварин.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз відомих конструкційних рішень серійних кормороздавачів та їх дозувальних механізмів;
- встановити переваги та недоліки дозувальних механізмів відомих конструкцій кормороздавачів з метою встановлення напрямків удосконалення;
- розробити технологічну схему кормороздавача із удосконаленим механізмом дозування;
- розробити конструкційну схему розвантажувально-дозувального механізму роторного типу;
- визначити технологічні параметри бітерно-транспортного та вивантажувального механізмів удосконаленого кормороздавача;
- виконати конструкційні розрахунки елементів розробленого дозувального механізму кормороздавача;
- виконати аналіз ефективності роботи розробленого механізму дозування.

Об'єкт досліджень – технологічний процес роздавання кормів кормороздавачем на тваринницькому підприємстві ВРХ.

Предмет досліджень – конструкційно-технологічні параметри роторного дозувального механізму для роздавання кормів та внесення підстилки.

Методи досліджень. Поставленні завдання вирішували із застосуванням основних положень та законів теоретичної механіки, використання відомих аналітичних моделей встановлення конструкційних параметрів машин та механізмів. Для деяких теоретичних досліджень використовувалось програмне середовище Microsoft Excel та інші доступні програми.

Апробація результатів роботи. Результати пошукових та теоретичних досліджень за тематикою кваліфікаційної роботи пройшли належну апробацію – доповідались на внутрішньо вузівських та міжфакультетських конференціях, відображені у наступних друкованих працях:

1. Колеснев В. О. Удосконалення дозувального пристрою кормороздавача. Матеріали науково-практичної конференції *I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей*. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 16–18.

2. Медведський О. В., Колеснев В. О. Технологічні та конструкційні вимоги до кормороздавачів для ферм ВРХ. *Наукові читання–2023* : матеріали науково-практичної конференції. 19 квітня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. Т. 2. С. 21–22.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота включає вступ, три розділи основної частини, загальні висновки, список використаних літературних джерел (24 найменування), викладена на 33 сторінках комп'ютерного тексту.

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА ФЕРМАХ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

1.1. Технологічні та конструкційні вимоги до кормороздавачів для ферм ВРХ

Технічні засоби роздавання кормів на фермах великої рогатої худоби повинні бути універсальними машинами. Це дасть можливість для роздавання різних видів кормів у межах тваринницького підприємства де утримується різні відо-вікові групи тварин. В такому випадку можна забезпечити регулювання норми видачі кормів у встановлених межах від мінімального до максимального значення. [1-3]

При цьому, кормороздавач повинен мати достатню продуктивність засобів дозування кормів. Механізми кормороздавача не повинні створювати надмірного шуму в тваринницькому приміщенні, бути зручним для швидкого очищення від залишків корму та бруду під час технічного обслуговування та налагодження. Термін окупності кормороздавача не повинен перевищувати двох років, а коефіцієнт технічної готовності не менше 0,98. [4-6]

До кормороздавачів висуваються наступні зоотехнологічні вимоги: [6-9]

- відповідати вимогам універсальності;
- забезпечувати бажану продуктивність для виконання технологічного процесу кормороздавання на тваринницькому об'єкті;
- забезпечення регулювань щодо зміни норми видачі корму наявним відо-віковим групам тварин на підприємстві;
- габаритні розміри кормороздавача повинні бути адаптовані до архітектури тваринницьких приміщеннях;
- зручність забезпечення технічного обслуговування;
- висока надійність в роботі та зручність керування;
- проста конструкція та висока маневреність;

- корозійна стійкість робочих органів кормороздавача до агресивної дії кормів;
- забезпечувати мінімальні витрати енергії на привод робочих органів;
- конструкція кормороздавача має мати мінімальну матеріаломісткість;
- високі техніко-економічні показники, порівняно із прототипом;
- відсутність травмування тварин та обслуговуючого персоналу під час виконання роздавання кормів;
- не створювати додаткових забруднюючих факторів для оточуючого середовища;
- відповідати сучасному рівню техніки.

Одна із головних умов отримання високої продуктивності тварин полягає у забезпеченні високої якості годівлі, а це неможливо без якісного ефективного процесу кормороздавання на тваринницькому підприємстві. [7-9]

Тому, конструкція кормороздавача повинна відповідати поданим вище вимогам. З цією метою виконаємо оцінку відомих конструкцій серійних кормороздавачів на предмет відповідності зоотехнологічним вимогам.

1.2. Оцінка кормороздавачів для ферм ВРХ

Найбільш поширеним серед кормороздавачів при використанні традиційної технології кормороздавання є мобільний тракторний кормороздавач КТУ-10А (рис. 1.1). [2-4]

Він використовується для транспортування від кормового двору та дозованого роздавання заздалегідь приготовленої кормосумішки у годівниці тварин на правий бік по напрямку руху, або на обидва боки у дворядному приміщенні. Кормосуміш складається із подрібнених листостеблових кормів та інших видів кормів (силос, коренеплоди і т. д.) залежно від прийнятої системи годівлі. Може використовуватись не тільки у тваринницьких приміщеннях, а й на вигульних майданчиках та літніх таборах. [6-8]

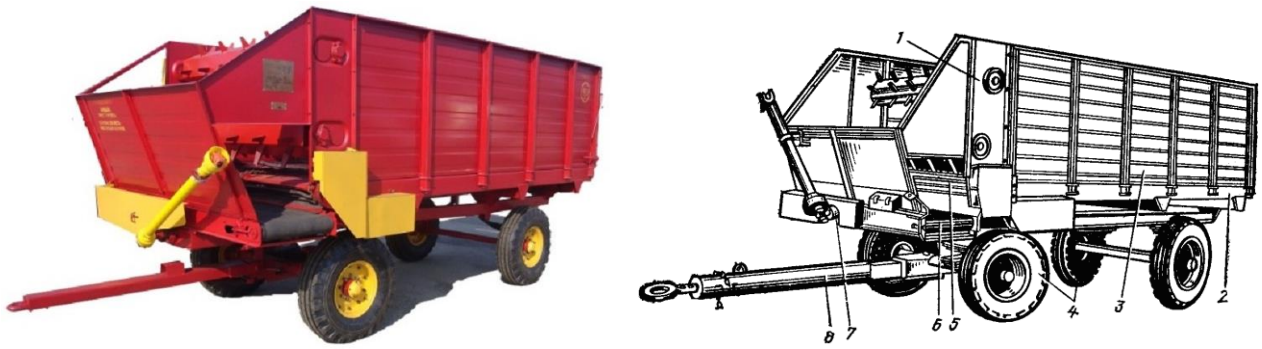


Рис. 1.1. Універсальний кормороздавач КТУ-10А виробництва «Орсельмаш» (Україна): 1 – блок бітерів; 2 – днище; 3 – боковий борт; 4 – ходова частина; 5 – поздовжній транспортер; 6 – поперечний транспортер; 7 – привод; 8 – сниця

Кормороздавач КТУ-10А використовується, також, для перевезення різного типу вантажів. При цьому, поздовжній транспортер здійснює зворотній рух, а вивантаження відбувається через відкритий задній борт кузова. Кормороздавач може виконувати функцію живильника-дозатора у технологічних лініях приготування кормових сумішей, а також під час заповнення сховищ кормів відповідною сировиною. Привод робочих органів здійснюється через ВВП трактора тягового класу не нижче 1,4 [6-8]

Кормороздавач КТУ-10А має досить просту конструкційну будову: ходова частина з рамою, внутрішній поздовжній транспортер, бункер у вигляді кузова, блок бітерів та поперечний транспортер. Таке конструкційне виконання має деякі переваги, зокрема спрощуються операції технологічного налагодження та обслуговування машини.

Але використання підвіски із напівеліптичними листовими ресорами не можна назвати гарним рішенням саме для технічного засобу роздавання кормів. Окрім цього, підвіска ресорна вимагає удорожчання машини та додаткових операцій технічного налагодження.

Привод робочих органів відбувається через карданну передачу від ВВП трактора. Далі через редуктор та систему ланцюгових передач привод передається до поздовжнього транспортера, блоку бітерів та поперечного

транспортера. При цьому, привод поздовжнього транспортера здійснюється через кривошипно-шатунний ексцентриковий механізм який забезпечує зміну його швидкості та напрямки руху. [7-11]

До недоліків кормороздавача КТУ-10А можна віднести його низьку експлуатаційну надійність – коефіцієнт технічної готовності менше 0,98. Окрім цього, велика нерівномірність розподілу кормів по довжині годівниць ($\pm 15\%$) негативно впливає на реалізацію продуктивного потенціалу тварин.

Серійний мобільний кормороздавач СРК-10 (рис. 1.2) призначений для роздавання стеблових кормів у суміші із іншими високоенергетичними видами кормів на фермах великої рогатої худоби. [5, 8]



а



б

Рис. 1.2. Кормороздавач СРК-10: *а* – вигляд загальний; *б* – вигляд зсередини

Особливість кормороздавача СРК-10, порівняно із КТУ-10А, полягає в наявності додаткового бункера та механізму дозування сухого розсипного комбікорму. Це дає можливість дозування комбікормів групах тварин залежно від їх продуктивності. Відповідно до даних фірми виробника, рівномірність роздавання корму по довжині годівниці становить на менше 90 %, що на 5 % більше ніж у КТУ-10А.

Кормороздавач СРК-10 роздає кормосуміш лише на одну сторону, що звичайно, є недоліком, порівняно із КТУ-10А. Може також використовуватись, як саморозвантажувальний причіп, для перевезення різних вантажів. Розвантаження матеріалу, як і в КТУ-10А, відбувається через задній борт за допомогою поздовжнього транспортера. При цьому, на відміну від КТУ-10А, задній борт СРК-10 відкривається за допомогою гідроциліндра, що значно полегшує умови праці оператора.

Але основна відмінність від КТУ-10А, полягає у безступінчастому регулюванні зміни швидкості руху поздовжнього транспортера. Агрегатують СРК-10 з трактором класу 1,4, який має ВВП із необхідною частотою обертання.

На фермах великої рогатої худоби в країнах Європейського Союзу найбільшого поширення набули фермські комбайни.

Фермський комбайн – це корморозмішувач-роздавач. Тобто, він не потребує додаткового обладнання для приготування кормосумішки у кормоцеху. Таку машину достатньо завантажити компонентами кормового раціону, а під час руху до тваринницького приміщення відбувається змішування робочими органами. [5, 8]

Розглянемо одного із представників фермського комбайна – кормороздавач-змішувач SILOKING Duo (рис. 1.3).

Кормороздавач SILOKING Duo має специфічну форму бункера. За рахунок звуженого бункера отримується більш компактна структура та оптимізована геометрія. Завдяки цьому зростає ефективність використання внутрішнього простору бункера кормозмішувача. Навіть за значного вмісту в

раціоні соломистих кормів у раціоні, досягається ефективно перемішування компонентів. Механізм приводу робочих органів має високий ККД при одночасно мінімальному зносі приводного валу та редуктора. Використовується для обслуговування до 125 голів ВРХ. [5, 8]



Рис. 1.3. Роздавач-змішувач SILOKING Duo (Німеччина)

До особливостей конструкції кормороздавача-змішувача SILOKING Duo належать наступні: [5]

- конічна форма бункера змішувача-кормозмішувача, що дає змогу знизити витрати енергії на приготування кормової сумішки;
- рама інтегрована із системою зважування, що гарантує точне дозування у бункер компонентів кормового раціону;
- додаткові давачі ваги убезпечують кормороздавач від можливих деформацій, спричинених надмірною вагою кормів;
- змішування високої якості забезпечується за рахунок двох турбошнеків та спеціальної форми бункера;
- шини низького тиску забезпечують високу стабільність ходу кормозмішувача;
- використовується заокруглений край бункера типу «Flow-Plus», що покращує роботу навіть при переробці рулонів сіна;

- компактність кормозмішувача-змішувача робить його досить маневреним;
- регульоване положення зчіпки дозволяє підібрати необхідну висоту при з'єднання кормозмішувача з трактором.

Розкидач-змішувач SILOKING Duo обладнаний каменевловлювачем та роторним дозувальним механізмом. Даний механізм дозування можна використовувати для рівномірного розкидання підстилки у приміщеннях утримання ВРХ. Навіть довговолокнуста солома, не створює проблем та може розкидатися без забивання робочих органів. Роторний механізм дозволяє подавати соломисту підстилку на віддаль до 20 м, що цілком достатньо для обслуговування багаторядних тваринницьких приміщень. [5]

Окрім вказаних позитивних ознак кормороздавача SILOKING Duo, наявні певні недоліки. Зокрема, основним недоліком можна назвати значну вартість такого обладнання – приблизно 36000 євро без податків та різних зборів. До недоліків доречно віднести також недостатню обслуговуючу здатність за один рейс, порівняно із кормороздавачем КТУ-10А. Це викликано тим, що за однакової місткості бункера корисний об'єм для корму зменшується із-за змішувальних шнеків.

Висновок до розділу 1

1. Для роздавання кормів на тваринницьких фермах великої рогатої худоби промисловість пропонує кормороздавачі відмінні за конструкційним виконанням та принципом роботи.

2. Аналіз серійних кормороздавачів як вітчизняного так і закордонного виробництва вказав на невідповідність деяким зоотехнічним вимогам до процесу кормо роздавання, що викликає потребу у модернізації чи удосконалення. Зокрема це стосується дозувального механізму та системи подачі корму.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДОЗУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОРМОРОЗДАВАЧА

2.1. Розробка конструктивної та функціональної схеми кормороздавача

Кормороздавач для ферм великої рогатої худоби повинен втілювати позитивні риси відомих серійних машин, бути простим та надійним у роботі. Цьому опису підходить кормороздавач КТУ-10А, але необхідно виконати деякі удосконалення. Це, в першу чергу стосується підвищення універсальності кормороздавача як на роздаванні кормів так і на внесенні підстилки. Особливо це доречно на відгодівельних фермах ВРХ. В такому випадку пропонована конструкція кормороздавача буде мати відмінні від серійної машини риси, а це гарантуватиме кращу конкурентоспроможність з роздавачами-змішувачами, які мають значно більші функціональні можливості.

Таким чином, будемо удосконалювати кормороздавач КТУ-10А, який за вартістю є найбільш конкурентоспроможним на ринку аналогічних за місткістю кузова роздавачів кормів (вартує приблизно 5500 євро). Удосконалення кормороздавача спрямоване на дообладнання машини універсальним роторним вивантажувачем. Перевагою такого вивантажувача є підвищення рівномірності роздавання кормів та можливість вносити підстилковий матеріал в зону стійла тварин. При цьому не потрібно використовувати додаткові технічні засоби або ручну працю. Такий кормороздавач буде незамінним універсальним технічним засобом у технологічному процесі роздавання кормів та внесення підстилкового матеріалу на тваринницьких підприємствах з утримання відгодівельного поголів'я ВРХ на глибокій підстилці.

Структурно-конструкційна схема пропонованого удосконаленого кормороздавача наведена на рис. 2.1. [10]

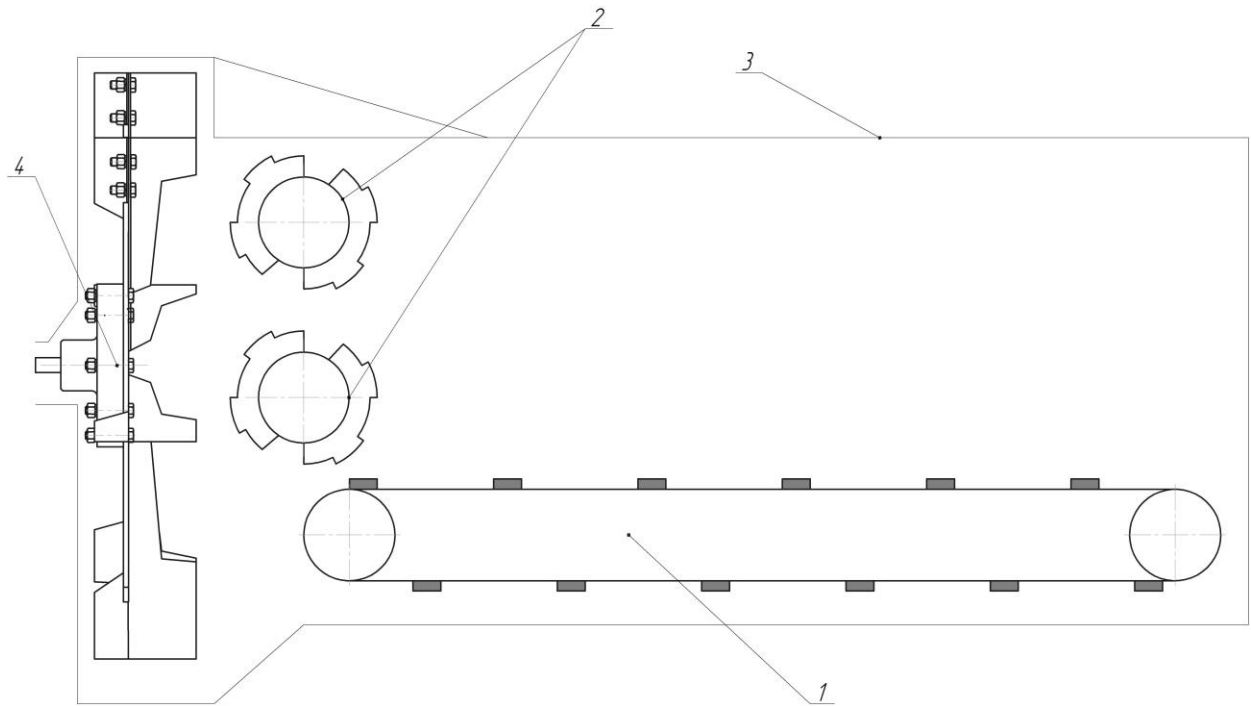


Рис. 2.1. Схема удосконаленого кормороздавача: 1 – транспортер поздовжній; 2 – бітери; 3 – бункер; 4 – роторний розвантажувач.

Окрім вивантажувально-дозувального роторного механізму, пропонуємо замінити бітери. Зокрема, можна використати конструкцію аналогічну до кормороздавача СРК-10. Такі бітери будуть краще відокремлювати корм від загального моноліту у кузові, що сприятиме підвищенню рівномірності дозування.

Принцип роботи удосконаленої машини наступний. Моноліт кормової маси поздовжнім транспортером подається до бітерів, якими зчісується, та спрямовується до, розробленої у дипломному проекті, роторної кидали. Поєднання бітерів та роторної кидалки в одну систему дозування дає змогу забезпечити не тільки рівномірну подачу кормової сумішки до годівниці, але і внесення наперед подрібненого підстилкового матеріалу.

2.2. Технологічний розрахунок бітерно-транспортного механізму удосконаленого кормороздавача

Ефективність роботи системи дозованої подачі корму до роторного вивантажувача можлива при дотриманні умови [11, 12]:

$$Q_{\text{б}} \geq Q_{\text{к}}, \quad (2.1)$$

де $Q_{\text{б}}$ – подача бітерів, кг/с;

$Q_{\text{к}}$ – максимальна подача поздовжнього конвеєра, кг/с.

Максимально можлива подача поздовжнього конвеєра, кг/с [12]:

$$Q_{\text{к}} = B \cdot H \cdot v_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{с}} \cdot K_0 \cdot K_3, \quad (2.2)$$

де $v_{\text{п}}$ – швидкість руху транспортера днищем кузова, для каормороздавача КТУ-10А становить $v_{\text{п}}=0,06$ м/с [11, 12];

B – ширина поздовжнього транспортера, $B=1,4$ м [11, 12];

H – висота кормової суміші у бункері, $H=1,21$ м [11, 12];

K_0 – коефіцієнт проковзування корму відносно транспортера, $K_0=0,8-0,9$ [11-16];

K_3 – коефіцієнт заповнення кузова кормороздавача, $K_3=0,9-1,2$ [13-16];

$\rho_{\text{с}}$ – об'ємна маса кормової сумішки, $\rho_{\text{с}}=552,6$ кг/м³, відповідно до рекомендацій [16-21].

$$Q_{\text{к}} = 1,4 \cdot 1,21 \cdot 0,06 \cdot 552,6 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 40,44 \text{ кг/с}.$$

Отже, максимальна розрахункова подача поздовжнього транспортера становить 40,44 кг/с.

Подачу бітерів визначають за формулою, кг/с [12]:

$$Q_{\text{б}} = \frac{V_{\text{м}} \cdot \rho \cdot z_2 \cdot n_{\text{б}}}{60 \cdot K_p}, \quad (2.3)$$

де $V_{\text{м}}$ – об'єм шару корму, що відокремлюється, м³;

$n_{\text{б}}$ – частота обертання, хв⁻¹;

K_p – ступінь розрихлення корму, $K_p=1,2-1,5$ [13-18].

Частоту обертання бітерів визначають за формулою, хв⁻¹ [12]:

$$n_{\delta} = 30 \cdot v_{II} \cdot K_0 \cdot \frac{1}{D_{\delta}^2 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot z_2} \cdot \frac{K_p \cdot K_3}{\operatorname{sek}^2 \frac{\varphi_{\delta}}{2}}, \quad (2.4)$$

де φ_{δ} – кут внутрішнього тертя корму, $\varphi_{\delta} = 45-55^{\circ}$ [13-16];

D_{δ} – діаметр бітера, м;

α – кут між двома суміжними лопатками, град;

z_2 – кількість зубчатих лопаток на бітері становить, шт.

Виходячи із мінімальних витрат енергії, у роботі має бути одночасно якомога менша кількість лопаток бітерів.

При цьому кут між двома суміжними лопатками, град. [12]:

$$\alpha = 2 \arcsin \frac{m}{D_{\delta}}, \quad (2.5)$$

де m – висота хорди взаємодії корму із лопатками, м.

Діаметр бітера визначається із умови [12]:

$$\pi D_{\delta} \geq l_{cm}, \quad (2.6)$$

тому:

$$D_{\delta} \geq \frac{l_{cm}}{3,14},$$

де l_{cm} – довжина стеблового корму у сумішці, м

Прийmemo конструктивно діаметр барабана бітера рівним 300 мм. Тоді:

$$\alpha = 2 \arcsin \frac{0,240}{0,30} = 65^{\circ}.$$

Оптимальна кількість лопаток становить, шт. [12]:

$$z_2 = \frac{180^{\circ}}{\arcsin \frac{m}{D_{\delta}}}, \quad (2.7)$$

$$z_2 = \frac{180^{\circ}}{\arcsin \frac{0,240}{0,300}} = 3,57.$$

Прийmemo, що по довжині кола бітера буде розташовуватись мінімум чотири лопатки по дві на кожному витку бітера, тобто, загальна кількість лопаток на барабані бітера буде становити 36 шт.

$$n_{\sigma} = 30 \cdot 0,06 \cdot 0,8 \cdot \frac{1}{0,3 \cdot \sin^2 \frac{65}{2} \cdot 36} \cdot \frac{1,2 \cdot 0,9}{\text{сек}^2 \frac{50}{2}} = 123,3 \text{ хв}^{-1},$$

Так як прототип має частоту обертання бітерів 140 об/хв., ми також, приймемо це значення з метою мінімізувати витрати на переоснащення.

Об'єм шару корму який відділяється лопаткою бітера за один хід можна визначити за залежністю [12]:

$$V_m = \frac{v_{\Pi} \cdot B \cdot H}{\frac{n_{\sigma}}{60} \cdot z_2}, \quad (2.8)$$

$$V_m = \frac{0,06 \cdot 1,4 \cdot 1,21}{\frac{140}{60} \cdot 36} = 0,00121 \text{ м}^3.$$

Отже, подача бітерів становитиме [12]:

$$Q_{\sigma} = \frac{0,00121 \cdot 552,6 \cdot 36 \cdot 140}{60 \cdot 1,2} = 46,8 \text{ кг/с}.$$

Таким чином, умова (2.1) виконується, так як $46,8 > 40,44$ кг/с.

Потужність на привід бітерів визначається за формулою, Вт [12]:

$$N_{\sigma} = B_{\sigma} \cdot D_{\sigma} \cdot p_{num} \cdot v_{\sigma} / \eta_n, \quad (2.9)$$

де v_{σ} – лінійна швидкість бітера, розрахункова $v_{\sigma}=1,93$ м/с;

B_{σ} – довжина бітера, відповідно до конструкції КТУ-10А, $B_{\sigma}=1,9$ м;

η_n – ККД ланцюгової передачі, $\eta_n=0,85$ [14, 16];

p_{num} – питома зусилля зчісування лопатками корму, приймемо $p_{num}=450\text{-}500$ Па [15, 16].

$$N_{\sigma} = 1,9 \cdot 0,3 \cdot 500 \cdot 1,93 / 0,85 = 647,12 \text{ Вт}.$$

Отже, якщо вибрати індивідуальний привід, то для двох бітерів достатньо буде енергоджерела потужністю 1,30 кВт (з врахуванням втрат на передачу крутного моменту). Знаючи потужність на привід можна перевірити наявну ланцюгову передачу на міцність та визначити діаметр цапфи барабана бітера.

2.3. Розрахунок параметрів та режимів роботи розробленого ротора

Для подачі корму від бітерів безпосередньо до годівниці розроблений роторний вивантажувальний механізм (рис. 2.2).

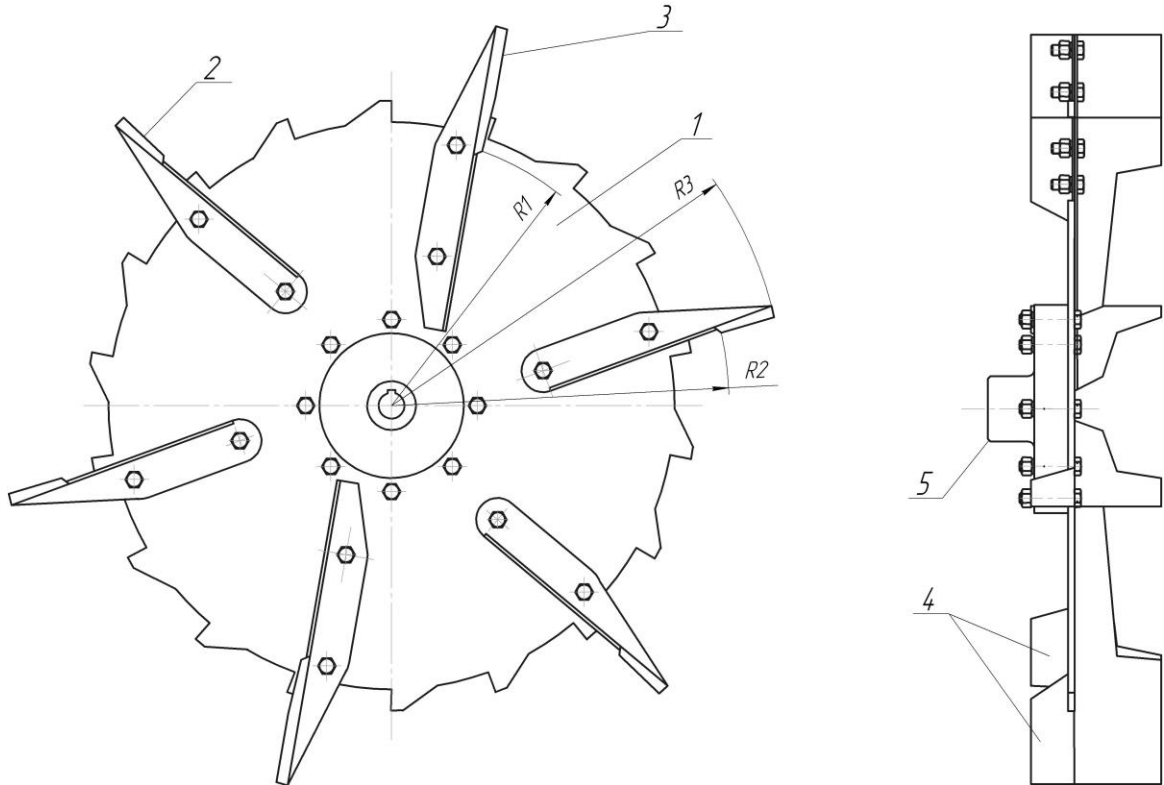


Рис. 2.2. Ротор вивантажувальний: 1 – диск ротора; 2 – лопатка коротка; 3 – лопатка довга; 4 – допоміжна лопатка; 5 – ступиця.

Визначаємо основні параметри роторного вивантажувача [15, 16].

Радіус ротора, м:

$$R = \frac{v_a}{\omega \cdot \sqrt{1 + (\sqrt{f^2 + 1} - f)^2}}, \quad (2.10)$$

де v_a – швидкість руху часток, м/с;

ω – кутова швидкість ротора, с^{-1} ;

f – коефіцієнт тертя корму лопатками ротора, $f=0,3$ [15, 16]

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (2.11)$$

де n – частота обертання ротора, $n=960 \text{ хв}^{-1}$.

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 960}{30} = 100,48 \text{ c}^{-1}.$$

Швидкість руху частинок корму [15, 16]:

$$v_a = 36,5 \cdot \sqrt{\frac{M_c}{(100 - w_c) \cdot l}}, \quad (2.12)$$

де M_c – середній розмір часток, $M_0=0,08$ м [18];

l – довжина найкрупнішої частки, $l=0,10$ м [18];

w_c – вологість корму, %, визначається як [12]:

$$w_c = \frac{\sum w_i \cdot G_i}{\sum G_i}, \quad (2.13)$$

де w_i – вологість i -того компонента кормосумішки, % [13, 21];

G_i – маса i -того виду корму, кг [13, 21]

$$w_c = \frac{15 \cdot 72 + 3 \cdot 14 + 5 \cdot 86 + 4 \cdot 17}{15 + 3 + 5 + 4} = 60,0\%.$$

Таким чином:

$$v_a = 36,5 \cdot \sqrt{\frac{0,08}{(100 - 60,0) \cdot 0,10}} = 5,16 \text{ м/с}.$$

Отже, радіус ротора становитиме:

$$R = \frac{5,16}{100,48 \cdot \sqrt{1 + (\sqrt{0,3^2 + 1} - 0,3)^2}} = 0,65 \text{ м}.$$

Прийmemo, відповідно до конструкційних особливостей кормороздавача КТУ-10А, $R=700$ мм.

Максимальна продуктивність ротора при роздаванні кормів, кг/с [12]:

$$Q_p = \pi \cdot R^2 \cdot l_p \cdot \omega \cdot \rho_m \cdot \beta / \mu_y \cdot \rho_{\Pi}, \quad (2.14)$$

де l_p – ширина захвату лопаток ротора, $l_p=0,160$ м;

β – коефіцієнт заповнення ротора, $\beta=0,7-0,8$ [13];

μ_y – коефіцієнт масової долі корму в загальному потоці, $\mu_y=2,0$ [13, 22];

ρ_{Π} – густина повітря, $\rho_{\Pi}=1,29$ кг/м³ при $t=20^{\circ}\text{C}$ [16, 22].

$$Q_p = 3,14 \cdot 0,7^2 \cdot 0,160 \cdot 1,68 \cdot 552,6 \cdot 0,7 / 2 \cdot 1,29 = 62,01 \text{ кг/с}.$$

Максимальна продуктивність ротора вища за максимальну продуктивність бітерів (46,8 кг/с), тому умова потоковості виконується. Практично подача ротора має становити від 13,9 до 9,64 кг/с, що змінюється частотою обертання гідромотора.

Потужність на привод ротор, становитиме [12]:

$$N_p = Q_p \cdot q_n, \quad (2.15)$$

де q_n – питомі витрати енергії на пневмотранспортування, емпірично приймається $q_n=0,01-0,05 \text{ кВт} \times \text{год/т}$ [13, 16]

$$N_p = 50,04 \cdot (0,01 \dots 0,05) = 0,50 \dots 2,502 \text{ кВт} .$$

Для приводу роторної кидали будемо використовувати гідромотор потужність якого має бути вищою за розрахункову. Тому, вибираємо гідромотор марки Г15-23, який має номінальну потужність 3,4 кВт, що вище за максимальну розрахункову.

Продуктивність ротора при внесенні підстилки становитиме 6,78 кг/с.

Висновки до розділу 2

1. В удосконаленому кормороздавачі КТУ-10А пропонується використовувати наново розроблений роторний вивантажувач. Це дозволить підвищити рівномірність роздавання кормів та появиться можливість вносити підстилковий матеріал в зону стійла тварин.

2. Встановлена максимальна розрахункова подача поздовжнього транспортера на рівні 40,44 кг/с, подача бітерного блоку становитиме 46,8 кг/с, що відповідає умові потоковості.

3. Розроблений роторний вивантажувач характеризується наступними параметрами: радіус ротора 700 мм; максимальна продуктивність 62,01 кг/с; потужність приводу 2,502 кВт.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ РОЗРОБЛЕНОГО ДОЗУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

3.1. Визначення конструкційних параметрів вала роторного вивантажувача

Зусилля, яке витрачається на привод ротора [14, 16]:

$$P_p = \frac{10 \cdot N_p}{\omega \cdot D}, \quad (3.1)$$

де D – діаметр ротора, $D=1,40$ м;

ω – кутова швидкість ротора, c^{-1} :

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.2)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 960}{30} = 100,48 \text{ c}^{-1}.$$

Тоді:

$$P_p = \frac{10 \cdot 2500}{100,48 \cdot 1,40} = 177,72 \text{ Н}.$$

Знаючи зусилля на подолання сил опору, визначаємо крутний момент на валу ротора [14, 16]:

$$M_p = \frac{30 \cdot P_p}{\pi \cdot n}, \quad (3.3)$$

$$M_o = \frac{30 \cdot 177,72}{3,14 \cdot 960} = 176,87 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Визначимо діаметр приводного вала таким чином щоб виконувалась наступна умова [14]:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_o}{0,2 \cdot [\tau]}}, \quad (3.4)$$

де $[\tau]$ – допустимі напруження матеріалу цапфи на скручування, для сталі 45 $[\tau]=40$ МПа [16];

M_o – розрахований крутний момент, який діє на вал шнека
 $M_o=176,87 \text{ Н}\times\text{м}$:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{176,87}{0,2 \cdot 40 \cdot 10^6}} = 0,0281 \text{ м}.$$

Отже, діаметр вала за умовою стійкості до скручуючих зусиль повинен бути більшим за 29 мм.

Прийmemo, конструктивно, діаметр вала рівним 40 мм із міркувань пропорційності співвідношення між складовими конструкції та конструктивної особливості самого вала.

3.2. Встановлення параметрів ланцюгової передачі

В системі приводу бітерів використовується ланцюг роликаний однорядний. Визначаємо необхідний крок ланцюга за формулою [16]:

$$t = 2,8^{\cdot 3} \sqrt{\frac{M_o \cdot k_e}{z \cdot [P] \cdot m}}, \quad (3.5)$$

де M_o – крутний момент на валу зірочки бітера, Н \times мм;

k_e – коефіцієнт, який враховує умови монтажу і експлуатації ланцюгової передачі, він рівний $k_e=2,33$ [14, 16];

z – число зубців ведучої зірки, відповідно до кінематичної схеми кормороздавача КТУ-10А, $z=31$;

$[P]$ – допустимий тиск в матеріалах ланцюга, $[P]=40$ МПа [16];

m – число рядів ланцюга, $m=1$.

$$t = 2,8^{\cdot 3} \sqrt{\frac{117,72 \cdot 2,33}{31 \cdot [40] \cdot 1}} = 14,87 \text{ мм}.$$

Отже, цілком підходить ланцюг з кроком $t=15,875$ мм.

Розрахунковий тиск у шарнірах ланцюгової передачі визначаємо за формулою [14, 16]:

$$P = \frac{F_t \cdot k_e}{A_{on}}, \quad (3.6)$$

де A_{on} – площа проекції поверхні шарніра, $A_{on}=248 \text{ мм}^2$ [16];

F_t – колова сила, Н [16]:

$$F_t = \frac{N_{\dot{\sigma}}}{v_n}, \quad (3.7)$$

де v_n – швидкість руху ланцюга, м/с:

$$v_n = \frac{z \cdot t \cdot n_{\dot{\sigma}}}{60 \cdot 10^3}, \quad (3.8)$$

$$v_n = \frac{31 \cdot 15,875 \cdot 140}{60 \cdot 10^3} = 1,15 \text{ м/с}.$$

Отже:

$$F_t = \frac{1178,9}{1,15} = 1025,13 \text{ Н}.$$

Таким чином:

$$P = \frac{1025,13 \cdot 2,33}{248} = 9,63 \text{ МПа}.$$

Отже, умова міцності ланцюга виконується, так як $P < [P]$.

3.3. Заходи технічної експлуатації удосконаленого кормороздавача

Використання кормороздавача КТУ-10А вимагає дотримання правил експлуатації та вимог безпеки праці. Перелік та послідовність дій полягає в наступному.

Перш за все необхідно стежити за справністю транспортуючих та підймальних механізмів під час завантаження кормороздавача кормовою сумішкою. При цьому особливу увагу варто приділяти рухомим частинам та ходовій системі технічного засобу. У випадку виявлення навіть незначних спрацювань місць кріплень та монтування відповідних механізмів, негайно усунути несправність, незважаючи на можливі тимчасові перерви у технологічному процесі. Безпека має бути на першому місці [23, 24].

Якщо ремонт та налагодження відбувається у тваринницькому приміщенні, то тварин необхідно відвести на безпечну відстань. Забороняється чистити робочі органи під час функціонування механізмів кормороздавача. Також забороняється виконувати регулювальні дії, не переконавшись у повній зупинці обертових частин.

Постійно контролювати, щоб приводні та натяжні механізми машини були надійно огорожені. Якщо завантажувальні механізми мають електричний привод, необхідно переконатись у наявності надійного заземлення електродвигунів. З цією метою необхідно переконатись у справності (в першу чергу наявності) заземлюючого контуру, що може бути причиною ураження електричним струмом [22, 24].

Перед початком виконання технологічного процесу кормороздавача, оператор повинен переконатись у відсутності людей або інших живих організмів у кузові (бункері). У проходах тваринницького приміщення не повинно бути тварин [24].

Експлуатація мобільного тракторного кормороздавача вимагає від оператора дотримання наступних вимог [24]:

- у місцях повороту необхідно відключати карданну передачу ВВП;
- перед початком роботи оператор повинен подавати попереджувальний звуковий сигнал;
- між трактором та кормороздавачем забороняється знаходитися стороннім особам;
- під час виконання заходів технічного обслуговування необхідно відчепити від трактора кормороздавач та заблокувати його вільне переміщення.

Дотримання встановлених вимог до експлуатації кормороздавача сприятиме підвищення його терміну служби, що позитивно вплине на економічну ефективність використання за призначенням.

Загальний вигляд удосконаленого кормороздавача КТУ-10А з розробленим роторним вивантажувачем наведено на рис. 3.1.

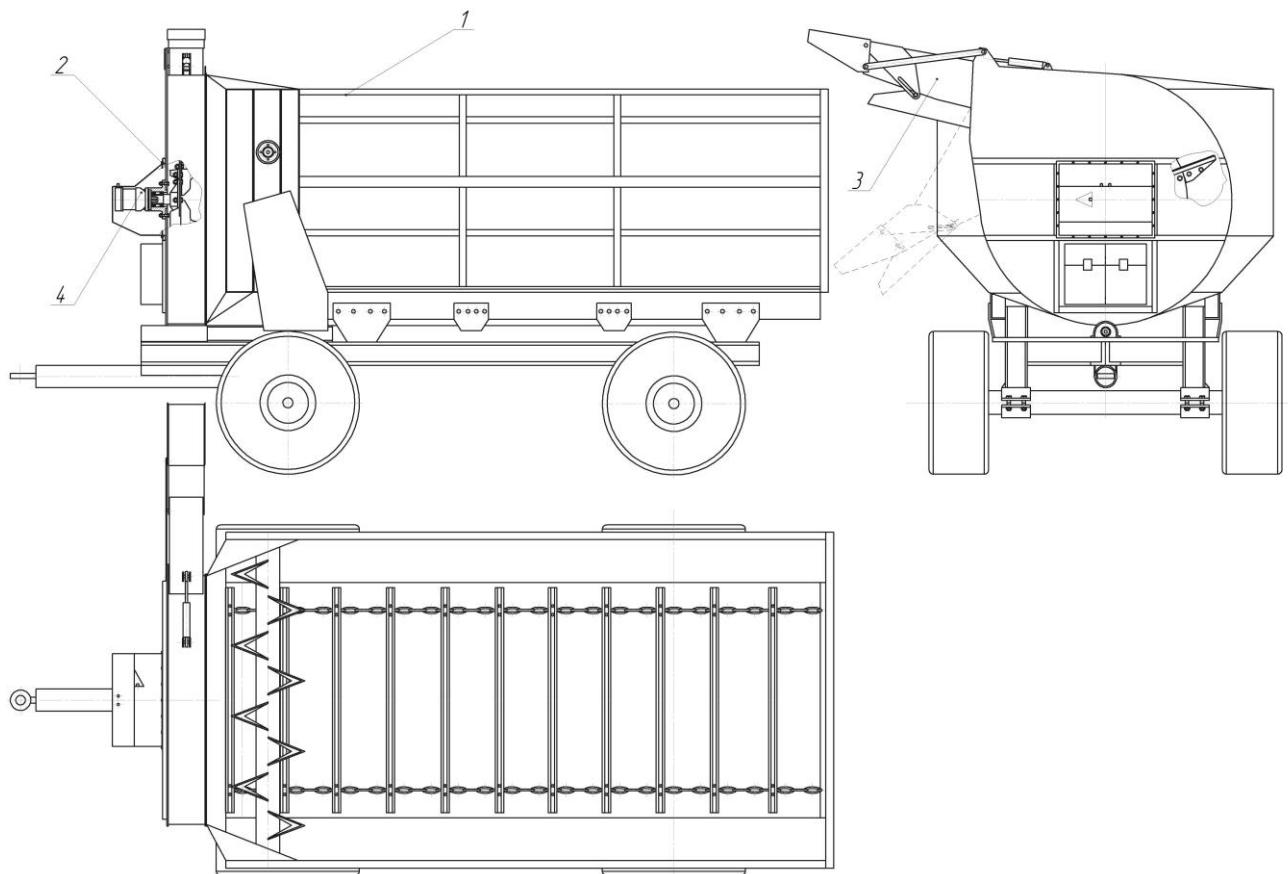


Рис. 3.1. Удосконалений кормороздавач із розробленим роторним вивантажувачем: 1 – кузов; 2 – роторний вивантажувач; 3 – дефлектор роторного вивантажувача; 4 – гідромотор приводу ротора

Дефлектор роторного вивантажувача має два регульовані положення (рис. 3.1). Перше положення відповідає подачі корму до годівниці (штрихова лінія), а друге – під час внесення підстилки.

3.4. Ефективність запропонованих удосконалень кормороздавача

Визначення економічної ефективності запропонованих удосконалень технічних систем проводиться відповідно до відомих [13, 16, 22] методик. В першу чергу, проводиться порівняльна оцінка прототипу та удосконаленого кормороздавача.

Порівняння проводиться за приведеними витратами, які враховують собівартість експлуатації кормороздавача та його балансову вартість. При цьому ефективнішим вважається кормороздавач, приведені видатки на використання якого протягом року є меншими. Результати розрахунку затрат на використання серійного та удосконаленого кормороздавача, а також порівняльна технічна характеристика наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Порівняльна оцінка серійного та удосконаленого кормороздавача КТУ-10А

Показник	Значення	
	серійний	удосконалений
Вантажопідйомність, т	4	4
Місткість кузова, м ³	10	10
Продуктивність (максимальна) при, кг/с:		
роздаванні кормів	70	62,0
внесенні підстилки	-	6,8
Відхилення від заданої норми вдачі кормової суміші, %	±15	±8
Тип механізму дозування	бітерно-транспортний	бітерно-транспортний з роторним вивантажувачем
Тип бітера	барабанно-штифтовий	барабанно-лопатевий
Ціна нового, грн	147000	153272
Приведені витрати, грн/кг	178,7	177,07
Термін окупності капіталовкладень, роки	-	0,31
Габаритні розміри, мм:		
довжина	6670	5900
ширина	2270	2800
висота	2450	2500
Маса, кг	2300	2980

Ефективність удосконаленого кормороздавача, порівняно із серійним кормороздавачем досягається за рахунок вищого рівня рівномірності роздавання кормів. За рахунок цього тварини отримують необхідну, відповідно до зоотехнічних вимог, кількість кормів та поживних речовин, а це сприяє збільшенню продуктивності. Навіть незначне збільшення продуктивності ВРХ на відгодівлі (20 кг/рік) призводить до зниження питомих витрат на експлуатацію удосконаленого кормороздавача, незважаючи на збільшення його балансової вартості.

Таким чином, запропоновані удосконалення серійного кормороздавача КТУ-10А підвищують ефективність його експлуатації, що вказує на позитивний результат проектування.

Висновки до розділу 3

1. Розрахунок конструкційних параметрів вала розробленого роторного вивантажувача вказав мінімально допустимий діаметр за умови стійкості до зусиль на скручування 29 мм. Проте, конструкційно доцільним оберемо діаметр вала рівним 40 мм.

2. Розрахунок параметрів ланцюгової передачі приводу удосконалених лопатевих бітерів вказав, що цілком підходить ланцюг із кроком $t=15,875$ мм, за умови витримування максимального тиску у шарнірах 9,63 МПа.

3. Використання запропонованого роторного вивантажувача призводить до здорожчання серійного кормороздавача на 6272 грн. Але за рахунок збільшення технологічної ефективності досягаються менші експлуатаційні витрати. Тому, термін окупності становить незначний період – 0,31 роки.

ВИСНОВКИ

1. В процесі вивчення існуючих серійних машин для роздавання кормів на відгодівельних фермах ВРХ, встановили, що наявні кормороздавачі мають ряд недоліків, що робить їх недостатньо конкурентоспроможними на ринку. Основним недоліком можна вважати досить суттєву нерівномірність роздавання корму, залежність від якості подрібнення кормових компонентів (особливо листостеблових кормів) та відсутність можливості внесення підстилки. Вирішити проблему можна шляхом розроблення нової системи дозування кормів на базі серійного вітчизняного кормороздавача КТУ-10А

2. Запропонована конструкція роторного дозувального механізму, який забезпечує вищу рівномірність дозування кормів та можливість внесення подрібненого підстилкового матеріалу. Це досягається завдяки сумісній роботі з удосконаленим бітером, який інтенсифікує та вирівнює подачу кормового матеріалу від кузова до роторного вивантажувача. Перевагою запропонованого механізму дозування є не тільки універсальність (роздавання кормів та внесення підстилки), а й можливість використання при різній ширині кормового столу у тваринницькому приміщенні.

3. Виконані розрахунки розробленого дозувального механізму, який включає поздовжній транспортер, блок бітерів та роторний вивантажувач, дозволили встановити основні конструкційні та технологічні параметри системи дозування. Встановлено, що максимальна розрахункова подача поздовжнього транспортера буде на рівні 40,44 кг/с, а подача бітерного блоку становитиме 46,8 кг/с. Це відповідає умові потоковості.

4. Встановлено основні параметри розробленого роторного вивантажувача: радіус ротора 700 мм; максимальна продуктивність 62,01 кг/с; продуктивність ротора при внесенні підстилки становитиме 6,78 кг/с; потужність на привод становитиме 2,502 кВт. Для приводу роторного дозатора використовується гідромотор Г15-23 з потужністю 3,4 кВт, що перевищує розрахункову величину. Конструкційними розрахунками встановлено діаметр

вала роторного вивантажувача на рівні 40 мм, що цілком достатньо, за умови стійкості матеріалу вала до зусиль на скручування. Розрахунок конструкційних параметрів ланцюгової передачі приводу удосконалених лопатевих бітерів вказав, що цілком підходить ланцюг із кроком $t=15,875$ мм, за умови витримування максимального тиску у шарнірах 9,63 МПа.

5. Проектування та виготовлення запропонованого роторного вивантажувача призводить до збільшення вартості серійного кормороздавача КТУ-10А на 6272 грн. За рахунок підвищення технологічної ефективності удосконаленого кормороздавача зменшуються на 32,6 грн/гол. експлуатаційні витрати. Завдяки цьому можна отримати річну мінімальну економію коштів в розмірі 26080 грн, порівняно із аналогом для ферми на 800 гол. відгодівельного ВРХ. При цьому, термін окупності додаткових вкладень на модернізацію становить незначний період – 0,31 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хомик Н. І., Довбуш А. Д. *Машини та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 1.* Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.
2. Хомик Н. І., Довбуш А. Д. *Машини та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 2.* Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.
3. *Посібник-практикум: машини та обладнання для тваринництва / І. І. Ревенко та ін. К.:Кондор, 2011. 396 с.*
4. Палій А. П., Палій А. П., Науменко О. А. *Інноваційні технології та технічні системи у молочному скотарстві. Х., 2015. 323 с.*
5. *Машини для тваринництва та птахівництва. / за ред. В. І. Кравчука та Ю. Ф. Мельника. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. 207 с.*
6. *Машини та обладнання для тваринництва: в 2 т. / за ред. І. Г. Бойко. Харків, 2006. 502 с.*
7. Луценко М. М., Іванишин В. В., Смоляр В. І. *Перспективні технології виробництва молока: монографія. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 192 с.*
8. Брагінець А. М., Брагінець С. М. *Сучасні енергозощаджуючі технології приготування та роздавання кормів. Праці ТДАТУ. 2010. Вип.10. Т5. С. 18-27.*
9. Медведський О. В., Колеснев В. О. *Технологічні та конструкційні вимоги до кормороздавачів для ферм ВРХ. Наукові читання–2023 : матеріали науково-практичної конференції. 19 квітня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. Т. 2. С. 21–22.*
10. Колеснев В. О. *Удосконалення дозувального пристрою кормороздавача. Матеріали науково-практичної конференції I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 16–18.*

11. Механізація виробництва продукції тваринництва. / І. І. Ревенко, Г. М. Кукта, В. М. Манько та ін.; за ред. І. І. Ревенка. К.: Урожай, 1994. 264 с.
12. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машина та обладнання для тваринництва. К.: Кондор, 2009. 731с.
13. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. / І. І. Ревенко, В. Д. Роговий, В. І. Кравчук ; за ред. І. І. Ревенка. К.: Урожай, 1999. 192с.
14. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин: підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Ю. С. Рудь; 2-е вид., перероб. – Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с
15. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва: учбовий посібник / за ред. Скорика О. П. та Полупанова В. М. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – 429 с.
16. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлице. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
17. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва / Г. М. Калетнік, М. Ф. Кулик, В. Ф. Петриченко, В. Д. Хорішко та ін.; за ред. Г. М. Калетніка, М. Ф. Кулика, В. Ф. Петриченка. – Вінниця: «Енозіс», 2007. – 584 с.
18. Підпала Т. В. Скотарство і технологія виробництва молока та яловичини. Миколаїв.: Видавничий відділ МДАУ, 2007. 369 с.
19. Рубан Ю.Д. Скотарство і технологія виробництва молока та яловичини. Х.: Еспада, 2005. 576 с.
20. Бусенко О. Т., Столюк В. Д., Могильний О. Й. Технологія виробництва продукції тваринництва. К.: Вища освіта, 2005. 496 с.
21. Технологічні карти з виробництва продукції тваринництва. / Д. І. Мозоренко, О. А. Науменко, Є. З. Петруша, І. Г. Бойко. – Харків.: ХНТУСГ, 2007. 148 с.
22. Дипломне та курсове проектування. / за ред. О. В. Дацишина. К.: Урожай, 1996. 192 с.

23. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. 5-те вид., випр. і доп. К.: Т-во „Знання”, КОО, 2007. 422 с.

24. Катренко Л. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці. 2-ге вид. Суми: ВДТ „Університетська книга”, 2007. 496 с.