

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

УДК 631.31:2

Кваліфікаційна робота на правах
рукопису

ГРИЦЮК Тарас Романович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ ДОЗУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ РОЗДАВАЧА
КОРМІВ ДЛЯ МОЛОЧНОЇ ФЕРМИ**

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., доцент О. В. Медведський

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Грицюк Т. Р. **Удосконалення дозувального пристрою роздавача кормів для молочної ферми.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота подається на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025 р.

Кваліфікаційна робота вміщує оцінку відомих на ринку кормороздавальних пристроїв та механізмів для роздавання кормів на молочних фермах ВРХ. Мобільні роздавачі кормів мають переваги перед стаціонарними над годівницями проте потребують покращення порівняно із змішувачами роздавачами.

Запропоноване рішення удосконалення дозувального пристрою кормороздавача. Розроблений блочно-бітерний дозувальний пристрій дозволяє підвищити ефективність кормороздавача шляхом покращення рівномірності подачі з одночасним змішуванням компонентів.

Технологічні розрахунки дозволили встановити основні конструкційні та кінематичні параметри розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою, визначена економічна доцільність використання запропонованих удосконалень.

Ключові слова: бітер, гвинтова лінія, подача, змішування

ANNOTATION

Hrytsyuk T. R. **Improvement of the dosing device of the feed dispenser for a dairy farm.** – Qualification work in the form of a manuscript.

The qualification work is submitted for the first degree of bachelor in specialty 208 – agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification work contains an assessment of the feed dispensing devices and mechanisms known on the market for distributing feed on dairy cattle farms. Mobile feed dispensers have advantages over stationary ones over feeders, but need improvement compared to mixer dispensers.

The proposed solution for improving the dosing device of the feed dispenser. The developed block-beater dosing device allows you to increase the efficiency of the feed dispenser by improving the uniformity of feeding with simultaneous mixing of components.

Technological calculations allowed to establish the main structural and kinematic parameters of the developed block-beater dosing device. The economic feasibility of using the proposed improvements was determined.

Keywords: beater, screw line, supply, mixing

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА МЕХАНІЗОВАНОГО РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА МОЛОЧНИХ ФЕРМАХ ВРХ	7
1.1. Встановлення вимог технологічного процесу роздавання кормів на молочних фермах ВРХ	7
1.2. Мобільні технічні засоби роздавання кормів	9
1.3. Стаціонарні кормороздавальні пристрої	13
Висновки до розділу 1	14
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУЮВАННЯ БЛОЧНО-БІТЕРНОГО ПРИСТРОЮ КОРМОРОЗДАВАЧА	15
2.1. Обґрунтування конструкційної схеми блочно-бітерного пристрою	15
2.2. Розрахунок параметрів та режимів роботи розробленого блочно-бітерного пристрою	17
2.3. Оцінка міцності приводного вала бітерного блоку	20
2.4. Визначення параметрів механізму приводу блочно-бітерного пристрою	22
Висновки до розділу 2	24
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗДАВАЧА КОРМІВ З РОЗРОБЛЕНИМ БЛОЧНО-БІТЕРНИМ ПРИСТРОЄМ	25
3.1. Правила використання роздавача кормів із розробленим блочно-бітерним пристроєм	25
3.2. Встановлення економічної доцільності використання розробленого блочно-бітерного пристрою	27
Висновки до розділу 3	30
ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32
ДОДАТКИ	34

ВСТУП

Актуальність теми. Годівля тварин є одним із головних технологічних процесів на тваринницькому підприємстві. Від своєчасності технологічного процесу роздавання кормів та правильності встановлення раціону залежить продуктивність тварин і як наслідок прибутковість господарства. Окрім своєчасності технологічного процесу роздачі кормів більш важливим є рівномірність роздавання кожній тварині. Так, для тваринницьких ферм допускається відхилення до 10% вздовж фронту годування тварин [1]. У зв'язку із чим виробники пропонують машини та механізми різні за конструкційним виконанням та налагодженням на потрібну норму подавання кормових кормів до годівниці тваринам.

Відомі конструкції кормороздавачів як вітчизняних так і закордонних виробників для роздачі кормів на молочних фермах ВРХ мають як переваги так і деякі недоліки. Основною перевагою більшості представлених закордонних кормороздавачів є суміщення в одній машині процесу змішування із наступною подачею корму до годівниць тваринам. Проте такі роздавачі досить дорогі по вартості і експлуатації що є вадой у широкому поширенні особливо у фермерських господарствах. Окрім цього, механізми дозованої подачі кормового матеріалу мають єдиний механізм вивантаження у вигляді стрічкового транспортера. У роздавачах для подачі готової кормової суміші досить недосконалий механізм дозування, який включає забагато механізмів які потребують узгодження у роботі. Також не передбачено додаткових пристроїв покращення рівномірності подачі, що збільшує відхилення від заданої для тварини норми до 10-15% під час технологічного процесу [1, 2]. Недоліком можна вважати і відсутність пристрою для змішування компонентів, що потребує додаткового обладнання у вигляді подрібнювачів та змішувачів. Додатковий набір обладнання та машин може зробити нерентабельним таку технологічну схему роздачі кормів на фермі.

Важливим у конструкції сучасних роздавачів кормів є система дозованого подавання кормів до годівниці. Тому удосконалення дозувального пристрою роздавача кормів є актуальною задачею сьогодення.

Мета і завдання дослідження. Мета проведення досліджень у кваліфікаційній роботі полягає в підвищенні ефективності роздачі кормів шляхом удосконаленні дозувального пристрою кормороздавача

Досягнути поставлену мету можливо шляхом вирішення наступних задач:

- оцінити серійні роздавачі кормів на молочних фермах ВРХ;
- встановити конструкційні особливості пристрої для дозованої подачі кормів до годівниць тваринам, визначити позитивні та негативні сторони та можливі шляхи їх подолання;
- розробити технологічну схему роздавача кормів із удосконаленим дозувальним пристроєм;
- розробити конструкційну схему блочно-бітерного дозувального пристрою із можливістю додаткового змішування компонентів корму;
- виконати розрахунок технологічних параметрів розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою;
- виконати розрахунок кінематичних режимів роботи та елементів конструкції розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою.

Об'єкт досліджень – дозувальний пристрій роздавача кормів для молочних ферм ВРХ.

Предмет досліджень – конструкційні та кінематичні параметри блочно-бітерного дозувального пристрою.

Методи досліджень. Вирішити задачі досліджень покликані основні положення теоретичної механіки, теорії машин та механізмів, основ проектування технічних систем, математичне аналітичне моделювання з використанням відомих методик розрахунку машин і обладнання. Для узагальнення результатів обчислень використовували програми Microsoft Excel та деякі інші.

Апробація результатів роботи. Результати аналітичних досліджень та практичних результатів виконаної кваліфікаційної роботи доповідались на

студентських науково-практичних конференціях та відображені у таких роботах:

1. Грицюк Т. Р. Параметричний аналіз мобільних причіпних кормороздавачів для ферм ВРХ. *Студентські читання–2024* : матеріали науково-практичної конференції. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. Ч. 2. С. 6–10.

2. Грицюк Т. Р. Конструкційно-функціональна схема удосконаленого кормороздавача. *Наукові читання – 2025* : збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 3–5.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів основної частини, висновків за роботою, списку літературних джерел та додатків, написана державною мовою загальним обсягом 43 сторінки друкованого тексту.

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА МЕХАНІЗОВАНОГО РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА МОЛОЧНИХ ФЕРМАХ ВРХ

1.1. Встановлення вимог технологічного процесу роздавання кормів на молочних фермах ВРХ

Технологія роздавання кормів на тваринницькому підприємстві складається із декількох послідовних технологічних операцій. Першочерговим завданням є приготування кормів до стану придатного для формування кормової суміші відповідно до раціону встановленого технологами тваринницького підприємства. [1, 3] До даного процесу належать операції очищення кормів (якщо потрібно), їх подрібнення, додаткова термічна обробка (якщо потрібно), дозування, подача до змішувача, змішування, вивантаження у роздавач отриманої кормової суміші, транспортування до тваринницького приміщення, перевантаження у засоби роздавання (якщо потрібно), переміщення вздовж годівниць і подача дозована корму.

Відповідно до прийнятої на фермі технології утримання корів роздача кормів може бути із застосуванням мобільних роздавачів в агрегаті із трактором та стаціонарні кормороздавачі, які весь час знаходяться у приміщенні для тварин. [4] У більшості випадків на тваринницьких молочних фермах використовується агрегат трактора із причіпним роздавачем кормів, хоча останні тенденції вказують на поширення роздавання кормів із використанням стаціонарних пристроїв.

Незалежно від типу роздавальної кормів системи інженеру необхідно володіти інформацією щодо встановлених державними стандартами вимог до механізмів роздавача кормів: [3, 5, 6]

- мати пристосованість до всіх видів кормів котрі можуть бути використані для годівлі тварин;

- системи регулювання подачі корму до годівниць тваринам мають мати широкий діапазон регулювань для задоволення всіх вікових груп тварин на тваринницькій фермі даного виду;
- продуктивність роздавача кормів має задовольняти потреби всіх вікових груп тварин на тваринницькій фермі даного виду;
- розмір роздавача кормів за габаритним параметром має відповідати можливості використання у тваринницькому приміщенні побудованого за типовим проектом приміщень тваринницького об'єкту заданого виробничого спрямування;
- експлуатація кормороздавача та виконання заходів технічного обслуговування повинна бути легкою та безперешкодною;
- роздавач кормів повинен мати високу надійність усіх складових частин та елементів;
- роздавач кормів повинен бути простий за будовою та достатньо маневреним для скорочення часу на розвороти;
- матеріали із яких виготовляються складові роздавача кормів повинні мати достатню корозійну стійкість;
- робочі органи роздавача кормів повинні приводиться у роботу із мінімальними витратами потужності трактора;
- не повинно бути надмірне використання матеріалів для досягнення умови мінімальної матеріаломісткості;
- удосконалений роздавач кормів повинен мати дієві переваги перед прототипом;
- роздавач кормів не повинен бути джерелом травматизму для тварин та обслуговуючих працівників;
- роздавач кормів не повинен бути джерелом надмірного шуму, не мати викидів забруднюючих оточуюче середовище речовин;
- роздавач має бути сучасним відповідно до прийнятого рівня технічності та технологічності.

Відповідність роздавача кормів встановленим вимогам є запорукою ефективної та нормованої годівлі тварин і як наслідок забезпечення високої продуктивності поголів'я молочної ферми.

1.2. Мобільні технічні засоби роздавання кормів

Широкого поширення на тваринницьких підприємствах набув роздавач кормів марки КТУ-10А (рис. 1.1) який агрегується із тракторами тягового класу 0,9-1,4. Такий роздавач відзначається можливістю роздавати готову кормову суміш із кормів власного виробництва у широкому діапазоні дозованої подачі (5,5-72 кг/м.п.) на тваринницьких фермах ВРХ. [6-9]



Рис. 1.1. Роздавач кормів КТУ-10А виробництва ТОВ «Завод Мороза» (Україна, Запорізька обл., Оріхівський р-н, с. Преображенка): а – загальний вигляд; б – блок бітерний; в – поздовжній подаючий механізм [9]

Дозована подача кормової сумішки роздавачем кормів (рис. 1.1) здійснюється поздовжнім транспортером, блоком бітерів та поперечним транспортером які змонтовані у кузові причепа. Змінити норму подачі корму можна шляхом зміни швидкості руху поздовжнього транспортера за допомогою храпового механізму. Перевагою такого кормороздавача є його простота конструкції та експлуатації, можливість використання як причіп який має здатність до саморозвантаження [9, 10]. Такі переваги, котрі суміщені із можливістю сільськогосподарського підприємства виробляти корми власного виробництва, спонукає до попиту на такого типу роздавач. Як відомо попит необхідно задовольняти, тому в Україні зосереджене виробництво такого роздавача кормів у с. Преображенка Оріхівського району Запорізької області за прийнятною ціною 384 000 грн.

Основним недоліком кормороздавача є недостатня рівномірність роздавання кормів вздовж годівниць (відхилення $\pm 15\%$), що негативно впливає на повноцінне забезпечення корів кормами в повному обсязі [6]. Причиною може бути недосконалий механізм дозування із-за низької ефективності елементів конструкції, зокрема, блоку бітерів та поздовжнього транспортера. Привод поздовжнього транспортера здійснюється за допомогою кривошипного механізму, тому він має періодичний поступальний рух. За рахунок такого періодичного руху кормова маса подається до блоку бітерів непостійно із перервами, коли робоча собачка храпового механізму здійснює холостий рух. Такий незначний проміжок часу не дає можливості підвищити рівномірність подачі корму.

До недоліків, також, можна віднести можливість роздачі тільки наперед приготованої кормової сумішки відповідно до раціону на тваринницькому підприємстві.

На ринку присутній роздавач кормів мобільний Strautmann FVW 120 (рис. 1.2) з приводом від трактора тягового класу 1,4 [11]. Аналогічно до роздавача кормів КТУ-10А має об'єм кузова у 10 м^3 . Але форма стінок кузова виконана профільованою та зміцненою до днища, використовується один поздовжній транспортер у напрямних що краще впливає на експлуатаційну надійність

роздавача кормів. Одновісна ходова система робить роздавач більш маневреним, а відсутність ресорної підвіски дозволяє знизити центр ваги, що позитивно впливає під час обслуговування годівниць типу «кормовий стіл».



а



б

Рис. 1.2. Роздавач кормів Strautmann FVW 120 (Німеччина): а – загальний вигляд; б – блок бітерний та подаючий транспортер [11]

Привод подаючого транспортера є безступінчастий, що дозволяє забезпечити рівномірну подачу корму до двох бітерів, а це збільшує рівномірність подачі корму до годівниць до 90 %, що краще ніж для КТУ. Зважаючи на конструкційні особливості продуктивність роздавача дещо менша і знаходиться в межах 5-55 кг/м.п. [11], що цілком достатньо для обслуговування тварин різних вікових груп ВРХ, а прийнятна вартість у 585 000 грн (б/у 2017 року випуску [12]) робить роздавач конкурентоспроможним на ринку аналогічного обладнання для тваринницьких ферм.

До недоліків слід віднести роздавання корму тільки на один бік, що потребує повторного переміщення вздовж другого ряду годівниць. Особливо це відчувається у чотирирядних корівниках на 400 голів під час голодних періодів у році – вдвічі довше залишаються відкритими вхідні ворота.

До недоліків слід віднести можливість використання роздавача тільки із наперед приготованою кормовою сумішкою, що потребує додаткового кормоприготувального та навантажувально-розвантажувального обладнання. Незважаючи на вищу рівномірність роздавання кормів, порівняно із КТУ-10А, роздавач КР-Ф має аналогічний недолік – низька ефективність блоку бітерів щодо рівномірності подачі та додаткового змішування компонентів кормової суміші яка подається до розвантажувального транспортера.

Широкого поширення на тваринницьких фермах ВРХ у країнах Західної Європи набули фермські комбайни (рис. 1.3). Фермський комбайн представляє собою мобільний змішувач кормів який роздає корми вздовж ряду годівниць у приміщення та приводиться в рух від трактора різного тягового класу, залежно від об'єму бункера.



Рис. 1.3. Змішувач-роздавач кормів Siloking Compact [12]

Перевагою, як вважають деякі науковці, є суміщення у даної машини операцій приготування кормової суміші та роздавання безпосередньо у приміщеннях для утримання тварин. Але не варто забувати, що для

завантаження компонентів кормів у бункер роздавача необхідно використовувати додаткове обладнання – мобільні завантажувачі, кількість яких залежить від кількості компонентів кормів у раціоні тварин. Незважаючи на спрощений технологічний процес приготування та роздавання кормів, висока вартість змішувача-роздавача (1 351 250 грн з об'ємом бункера 10 м³ [13, 14]) стримує його широке використання на теренах нашої країни. Особливо це стосується підприємств з використанням для годівлі тварин власної кормової бази.

1.3. Стационарні кормороздавальні пристрої

На фермах ВРХ використовуються, також, стаціонарні системи для роздавання кормів (рис. 1.4).

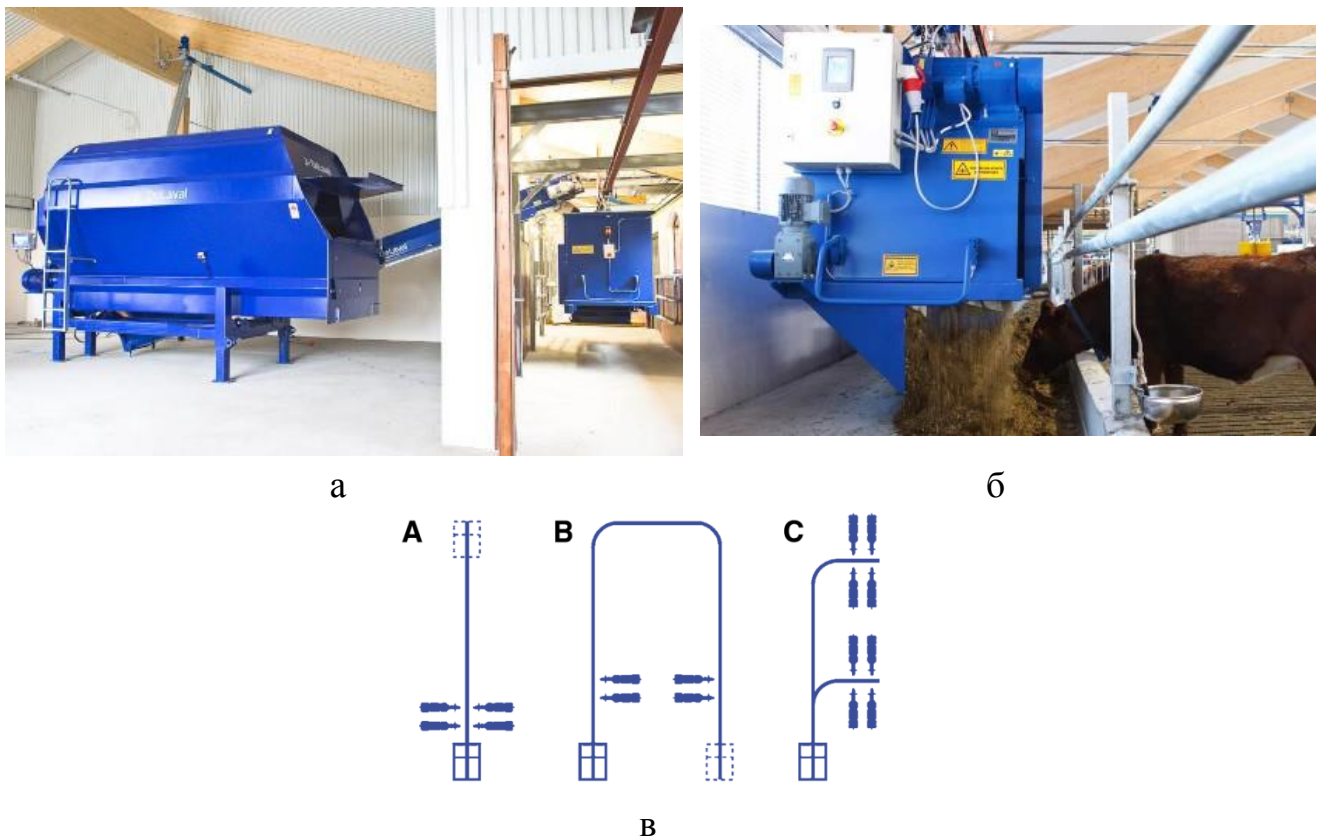


Рис. 1.4. Рейковий роздавач RA135 фірми DeLaval (Швеція): а – змішування кормів та їх завантаження; б – роздавання кормів; в – схеми руху роздавача у приміщенні з тваринами [15]

Стационарні кормороздавачі у виконанні кормового вагона (рис. 1.4) можуть використовуватись у приміщеннях де недостатньо місця для проїзду трактора із мобільним роздавачем кормів.

Використання такої технології у нових приміщеннях дозволяє зменшити ширину проїздів для трактора та за рахунок цього збільшити корисну площу для тварин. Окрім цього, до переваг можна віднести можливість автоматизації технологічного процесу роздавання кормів.

Проте, для приготування кормової сумішки необхідно використовувати додаткове обладнання (рис. 1.4, а), кормовий вагон рухається по рейковому шляху тільки в одному приміщенні який потребує додаткових ресурсів на монтування та експлуатацію. Тому, така система по вартості відповідає затратам на придбання фермського комбайна, що досить затратно для вітчизняного товаровиробника.

Висновки до розділу 1

1. Роздавання кормів на тваринницькому підприємстві вимагає значних трудових та матеріальних ресурсів. Промисловість для задоволення потреб виробників пропонує різні технологічні схеми роздавання кормів та різні за способом реалізації процесу технічні системи. Найбільшого поширення на вітчизняних та закордонних тваринницьких фермах набули причіпні кормороздавачі із приводом від трактора.

2. Аналіз технологічних схем та технічних засобів як вітчизняного так і закордонного виробництва вказав на переваги та недоліки. Більш прийнятними для вітчизняних ферм можна вважати кормороздавачі типу КТУ та FVW 120 завдяки незначній вартості. Проте, недосконалість механізму дозування призводить до значної нерівномірності дозованої подачі корму до годівниць тваринам.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУЮВАННЯ БЛОЧНО-БІТЕРНОГО ПРИСТРОЮ КОРМОРОЗДАВАЧА

2.1. Обґрунтування конструкційної схеми блочно-бітерного пристрою

Кормороздавання на тваринницькій фермі, особливо з виробництва молока, потребує використання технічних засобів які б виконували технологічний процес із найвищою якістю та найменшими експлуатаційними видатками.

Затрати на кормо роздавання складаються із сукупності витрат на реалізацію технологічного процесу починаючи від приготування кормів до згодовування і закінчуючи видатками на власне процес роздавання у тваринницькому приміщенні. Однією із складових витрат на роздавання кормів є відрахування на амортизацію технічних засобів які приймають участь у приготуванні і роздаванні, витрати на оплату праці та витрати на покриття витрат енергоносіїв. Зрозуміло, що менша вартість задіяного технологічного обладнання за однакових умов в господарстві має більший пріоритет порівняно із вартісним обладнанням яке потребує значних витрат на експлуатацію із використанням дорогих сервісних організацій.

Відповідно до представленої номенклатури технологічного обладнання для роздавання кормів за показником мінімальних експлуатаційних витрат найбільш прийнятні причіпні роздавачі кормів КТУ-10А вітчизняного виробництва та Strautmann FVW 120 виробництва Німеччини. Ці кормороздавачі використовують схожі системи дозованої подачі корму до годівниці. Корм із бункера за допомогою транспортера на дні кузова спрямовується до двох бітерів. Бітери перенаправляють кормову суміш до вивантажувального транспортера який спрямовує до годівниць або до кормового столу тваринам. Відмінність полягає у конструкційному виконанні бітерів та кількості транспортерів на дні кузова. У роздавача FVW 120 бітери мають виконання шнеків із навивкою від стінок кузова до середини. Така

форма навивки спрямовує корм від стінок до середини кузова створюючи усереднений потік, що не відповідає вимозі рівномірного завантаження вивантажувального транспортера. У роздавача КТУ-10А на бітерах знаходяться штифти які приварені за гвинтовою лінією. Причому верхній бітер має ліве спрямування гвинтової лінії штифтів, а нижній бітер – праве. Таке рішення сприяє більш рівномірному спрямуванню корму до вивантажувального транспортера. Але привод транспортера на дні кузова забезпечує пульсуючу подачу корму, що погіршує рівномірність подача до вивантажувального транспортера. У роздавача FVW 120 привод транспортера на дні кузова здійснюється за допомогою гідромотора, тому рівномірність вища.

У кваліфікаційній роботі пропонується удосконалення системи дозованої подачі корму за рахунок використання позитивних рис притаманних причіпним роздавачам КТУ-10А та FVW 120 [16] з можливістю додаткового змішування компонентів кормового раціону. Структурна схема удосконаленого кормороздавача наведена на рис. 2.1.

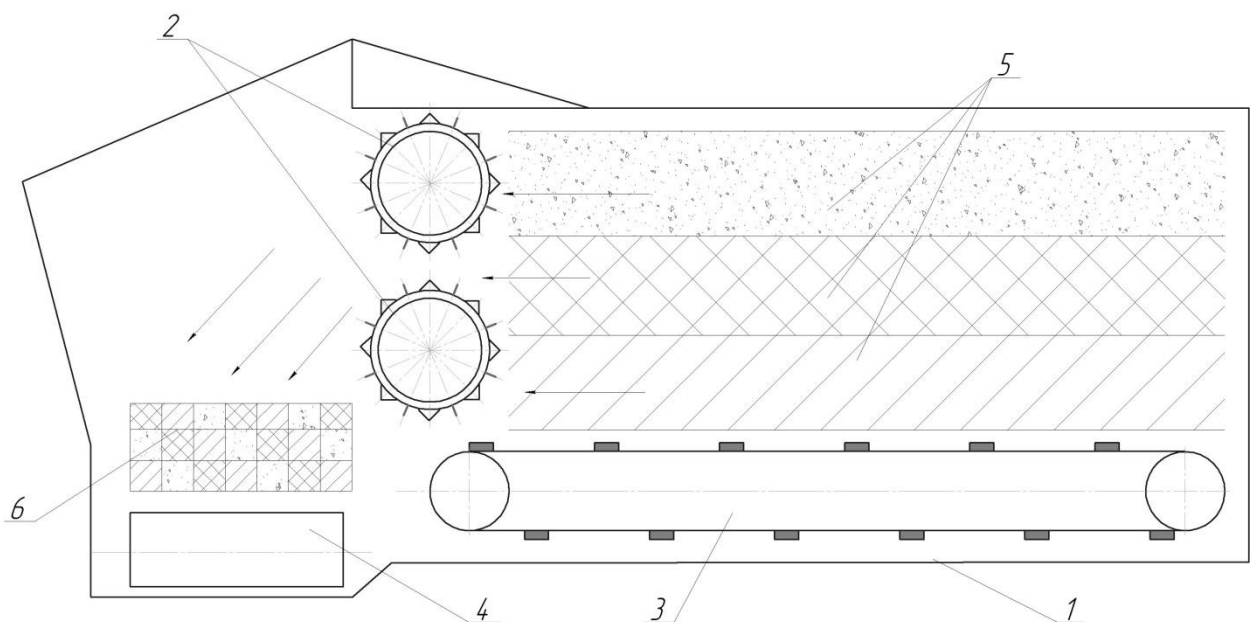
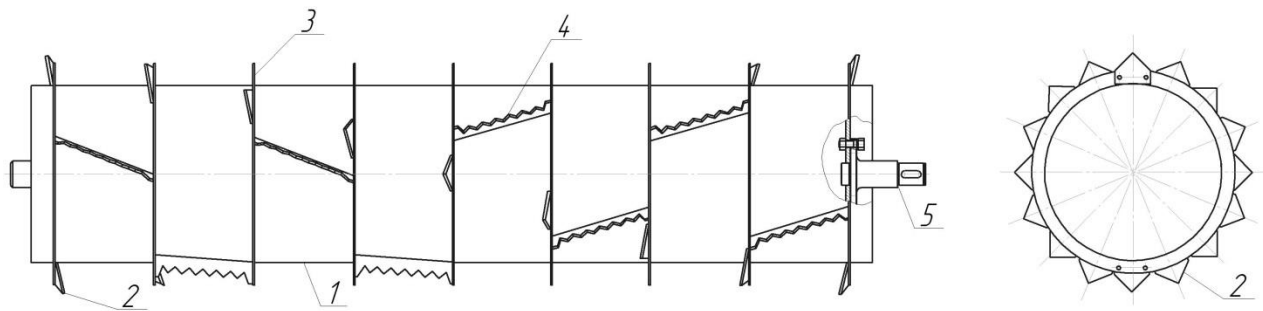


Рис. 2.1. Конструкційна схема удосконаленого кормороздавача: 1 – бункер; 2 – розроблені бітери-змішувачі; 3 – транспортер подаючий; 4 – транспортер вивантажувальний; 5 – компоненти кормової сумішки; 6 – утворення суміш компонентів кормів

Принцип роботи розробленого бітерного блоку наступний. Поздовжній транспортер подає кормові компоненти до блоку бітерного. За рахунок наявності у конструкції бітера (рис. 2.2) ножових елементів та зубчастих лопаток кормові компоненти відокремлюються від загального кормового моноліту та спрямовуються до вивантажувального транспортера.



2.2. Розроблений бітер роздавача кормів: 1 – корпус циліндричний; 2 – ніж сегментний; 3 – диск напрямний; 4 – зубчаста лопатка; 5 – приводний вал

В процесі відокремлення та подачі до вивантажувального транспортера відбувається додаткове перемішування компонентів. Запропоноване удосконалення дозволить підвищити рівномірність дозованої подачі корму до вивантажувального транспортера за рахунок інтенсифікації процесу доподрібнення та перемішування компонентів. В наслідок цього до годівниць тваринам буде надходити корм із вищим ступенем рівномірності порівняно із роздавачами прототипами.

2.2. Розрахунок параметрів та режимів роботи розробленого блочно-бітерного пристрою

Розрахунок технологічних параметрів роздавача кормів проводиться для встановлення режимів роботи робочих органів. Для виконання розрахунків скористаємося відомою методикою (додаток А), яка наведена у літературних джерелах [17-20].

Основою злагодженої роботи елементів системи дозованої подачі кормів є забезпечення умови неперервності потоку, тобто:

$$Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3, \quad (2.1)$$

де Q_1 – подача вивантажувального транспортера, кг/с;

Q_2 – подача блоку розроблених бітерів, кг/с;

Q_3 – подача транспортера на дні кузова, кг/с;

Подача транспортера на дні кузова, з врахуванням довідникових даних, становитиме, кг/с:

$$Q_3 = 1,6 \cdot 1,20 \cdot 0,06 \cdot 550,4 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 41,37. \quad (2.2)$$

З технологічної точки зору розмір діаметра розробленого бітера повинен задовільняти основну вимогу – це бути більшим від можливого максимального розміру частки компонента корму у кузові. Тому, в більшості випадків діаметр визначається виходячи із конструкційних міркувань та міркувань міцності, в нашому випадку виберемо за аналогією – 400 мм. Знаючи розміри бітера встановимо кут установки елементів конструкції бітера:

$$\alpha = 2 \arcsin \frac{0,240}{0,400} = 65^\circ. \quad (2.3)$$

Для забезпечування функціонального призначення необхідна кількість лопатей на бітері має бути. шт:

$$z = \frac{180^\circ}{\arcsin \frac{0,240}{0,400}} = 3,568. \quad (2.4)$$

Таким чином, лопатей має бути не менше чотирьох на одному колі, а з врахуванням довжини бітера, загальна кількість становитиме 36 шт.

Бітери розробленого блоку повинні мати частоту обертання яка б задовольнила вимоги до якості технологічного процесу, об/хв:

$$n_2 = 30 \cdot 0,06 \cdot 0,8 \cdot \frac{1}{0,4 \cdot \sin^2 \frac{65}{2} \cdot 36} \cdot \frac{1,2 \cdot 0,9}{\text{sek}^2 \frac{50}{2}} = 136,3. \quad (2.5)$$

З врахуванням частоти обертів бітера у роздавачі корму прототипу, можна обрати параметр із відомої технічної характеристики розглянутих роздавачів кормів – 140 об/хв. Такий стан речей пов'язано із відсутності потреби у зміні кінематичних схем системи приводу робочих органів у прототипу.

Кількість кормового матеріалу, який відокремлюється від масиву корму у кузові роздавача становитиме, м³:

$$V_2 = \frac{0,06 \cdot 1,6 \cdot 1,20}{\frac{140}{60} \cdot 36} = 0,00124. \quad (2.6)$$

Відповідно до формули (12) у додатку А, бітерний блок розроблених бітерів повинен забезпечити наступну продуктивність, кг/с:

$$Q_2 = \frac{0,00124 \cdot 550,4 \cdot 36 \cdot 140}{60 \cdot 1,2} = 47,8. \quad (2.7)$$

За результатами розрахунків, можна сказати що умова (2.1) виконується оскільки продуктивність розробленого бітерного блоку перевищує продуктивність транспортера на дні кузова роздавача кормів:

$$47,8 > 41,34.$$

Подача вивантажувального транспортера встановлена постійною, яка має забезпечити максимальну даванку корму при разовому роздаванні коровам

молочним і визначається конструкцією роздавача кормів, який підлягає модернізації. Відповідно до наявних даних продуктивність вивантажувального подаючого транспортера роздавача (Q_1) визначена за формулою (7) додатка А становить не менше 50 кг/с з врахуванням усіх умов приготування та подачі корму до годівниці тваринам, що відповідає умові (2.1).

Привод розробленого бітерного блоку вимагає певної потужності, яка визначається за формулою (22) додатка А. За результатами розрахунку необхідна потужність на привод бітера бітерного блоку становитиме, Вт:

$$N_2 = 1,6 \cdot 0,4 \cdot 500 \cdot \frac{4,396}{0,85} = 1241,22.$$

Отримані розрахунки вказують, що на привод одного розробленого бітера потрібно витратити 1,24 кВт, а для всього блоку бітерів з врахуванням втрат у системі передачі приводу необхідно витратити вдвічі більше, тобто 2482,44 Вт.

2.3. Оцінка міцності приводного вала бітерного блоку

Визначення параметрів складових елементів системи приводу робочих органів роздавача кормів здійснюється за допомогою відомих методик [20-21] викладених у додатку Б. Метою розрахунку є встановлення діаметра приводного вала, схема якого подана на рис. 2.3.

Визначення необхідних зусиль на подолання опорів пов'язаних із відокремленням шматків кормової сумішки від загальної маси у кузові потребує встановлення за формулою (2) додатку Б швидкості кутових двох бісерного блоку, c^{-1} :

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 140}{30} = 14,4. \quad (2.8)$$

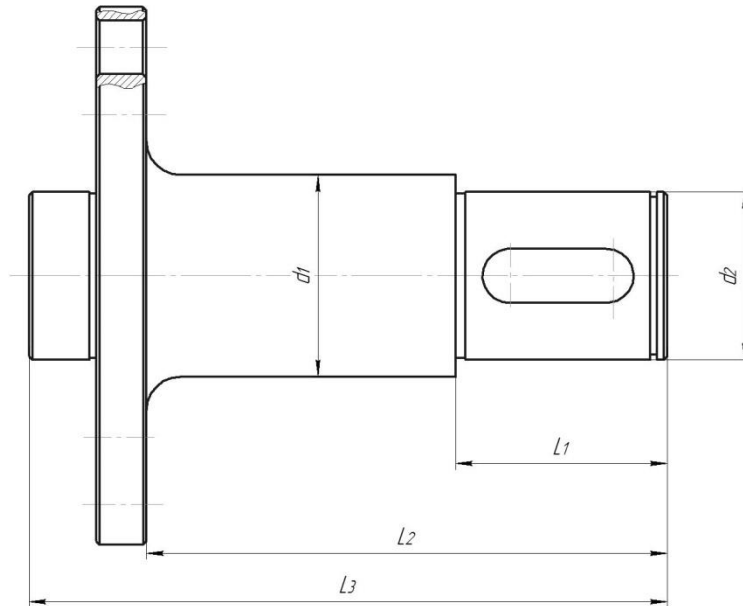


Рис. 2.3. Схема приводного вала розробленого бітера

На основі визначеного кінематичного параметра бітерного блоку, можна встановити необхідну силу прокручування бітерів у кормовій масі за формулою (1) додатку Б становитиме, Н:

$$P_2 = \frac{10 \cdot 2482,44}{14,4 \cdot 0,5} = 3447,8. \quad (2.9)$$

Момент крутний на приводному валу розробленого бітера визначається з врахуванням результатів розрахунку зусиль на привод за формулою (3) додатку Б, становитиме, Н×м:

$$M_2 = \frac{30 \cdot 3447,8}{3,14 \cdot 140} = 235,29. \quad (2.10)$$

Для вибору діаметра приводного вала необхідно виконати розрахунки щоб виконувалась умова подана у формулі (4) додатку Б, становитиме, м:

$$d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{235,29}{0,2 \cdot 40 \cdot 10^6}} = 0,0309.$$

Відповідно до отриманих розрахунків діаметр приводного вала не повинен бути меншим за 31 мм. Проте приводні механізми роздавачів кормів прототипів мають вищі значення цього параметра. З метою узгодження конструкційних елементів та дотримання умови міцності при роботі у важких умовах встановимо опорний діаметр приводного вала та цапфи розробленого бітера (див. рис. 2.3) на рівні 50 мм.

Таке конструкційне рішення приймається не тільки для задоволення умов на скручування та згин, збільшення розміру діаметра необхідно для чисто конструкційних потреб, наприклад для виготовлення шпоночного паза чи виготовлення шліців.

2.4. Визначення параметрів механізму приводу блочно-бітерного пристрою

Для приводу розробленого бітерного блоку будемо використовувати наявну кінематичну схему прототипу. У такому випадку необхідно перевірити ланцюг який використовується у прототипі на можливість приводу розроблених бітерів. Для цього скористаємося методикою яка викладена у додатку Б.

За формулою (5) додатка Б визначаємо необхідний розрахунковий крок ланцюга приводу бітерів, мм:

$$t = 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{235,29 \cdot 2,33}{31 \cdot 40 \cdot 1}} = 14,28. \quad (2.12)$$

У прототипа використовується ланцюг однорядний із кроком 15,875, що більше за отриману за формулою (2.12) величину. Таким чином за

геометричними параметрами параметри ланцюга відповідають заданим умовам роботоздатності.

Для встановлення межових зусиль у діючих шарнірах встановленого ланцюга із заданим кроком необхідно знати з якою має швидкість лінійна руху за формулою (8) додатка Б, становить, м/с:

$$v_2 = \frac{31 \cdot 15,875 \cdot 140}{60 \cdot 10^3} = 1,15. \quad (2.13)$$

За відомою швидкістю руху ланцюгової передачі визначається сила колова на приводному механізмі з врахуванням необхідної потужності за формулою (7) додатка Б, становить, Н:

$$F_{t2} = \frac{2482,44}{1,15} = 2158,64. \quad (2.14)$$

За отриманими значеннями сили на колі а також геометричними параметрами облого привідного ланцюга за формулою (6) додатка Б визначаємо діючі навантажені спричинені виникненням тисків у рухомих елементах, МПа:

$$P_2 = \frac{2158,64 \cdot 2,33}{248} = 20,2. \quad (2.15)$$

Отримане розрахункове значення повинно задовольняти умову міцності ланцюга у системі приводу:

$$P_2 \leq [P], \quad (2.16)$$

де $[P]$ – максимально-можливе зусилля тиску у елементах ланцюга заданого конструкційного виконання, 40 МПа.

Результати розрахунку за формулою (2.15) вдвічі менші ніж гранична величина витримування навантажень під час роботи ланцюгової передачі. Це означає, що параметри ланцюгової передачі задовольняють умову (2.16), тому забезпечується безпечна експлуатація приводного механізму розробленого бітерного блоку.

Висновки до розділу 2

1. Розроблений блочно-бітерний дозувальний пристрій дозволить підвищити рівномірність дозованої подачі корму до вивантажувального транспортера за рахунок інтенсифікації процесу доподрібнення та перемішування компонентів. В наслідок цього до годівниць тваринам буде надходити корм із вищим ступенем рівномірності порівняно із роздавачами прототипами.

2. Визначено технологічні параметри робочих елементів удосконаленого кормороздавача. Встановлено дотримання мови потоковості елементами конструкції роздавача кормів із розробленим блочно-бітерним дозувальним пристроєм. Так, подача розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою становить 47,8 кг/с, що перевищує подачу транспортера на дні кузова, яка становить 41,37 кг/с

3. Виконана перевірка на міцність елементів приводу розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою. Встановлено діаметр приводного вала на рівні 50 мм, а ланцюгова передача із кроком 15,875 задовольняє умови міцності при заданих умовах роботи та навантаження.

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗДАВАЧА КОРМІВ З РОЗРОБЛЕНИМ БЛОЧНО-БІТЕРНИМ ПРИСТРОЄМ

3.1. Правила використання роздавача кормів із розробленим блочно-бітерним пристроєм

Експлуатація роздавача кормів FVW 120 з удосконаленим блочно-бітерним дозувальним пристроєм передбачає виконання цілого комплексу робіт пов'язаних із безпекою праці та технічного налагодження.

Технічне налагодження удосконаленого роздавача кормів передбачає встановлення заданої відповідно до розрахованих технологом тваринницького об'єкту норми корму для тієї чи іншої вікової групи тварин. В першу чергу це встановлення необхідної подачі транспортера на дні кузова, оскільки продуктивність розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою залишається постійною, незмінною є і подача вивантажувального транспортера. Норма корму який надходить до блочно-бітерного дозувального пристрою змінюється за допомогою зміни швидкості руху транспортера на дні кузова шляхом зміни частоти обертів мотор з гідравлічним приводом. За рахунок використання постійної швидкості подачі, роздавач кормів FVW 120 має суттєву перевагу перед роздавачем кормів КТУ-10А, у якого подача здійснюється тільки під час робочого ходу кривошопно-храпового механізму приводу транспортера. Під час холостого ходу транспортер не рухається, тому і погіршується рівномірність роздавання кормів.

Використання розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою у конструкції роздавача кормів FVW 120 (рис. 3.1) не потребує специфічних умов експлуатації. Основне призначення розробки поліпшити якісь дозування корму до вивантажувального транспортера за рахунок додаткового доподрібнення та додаткового змішування компонентів кормової суміші котра могла втратити

свою базову однорідність в процесі транспортування від місця приготування до тваринницького приміщення.

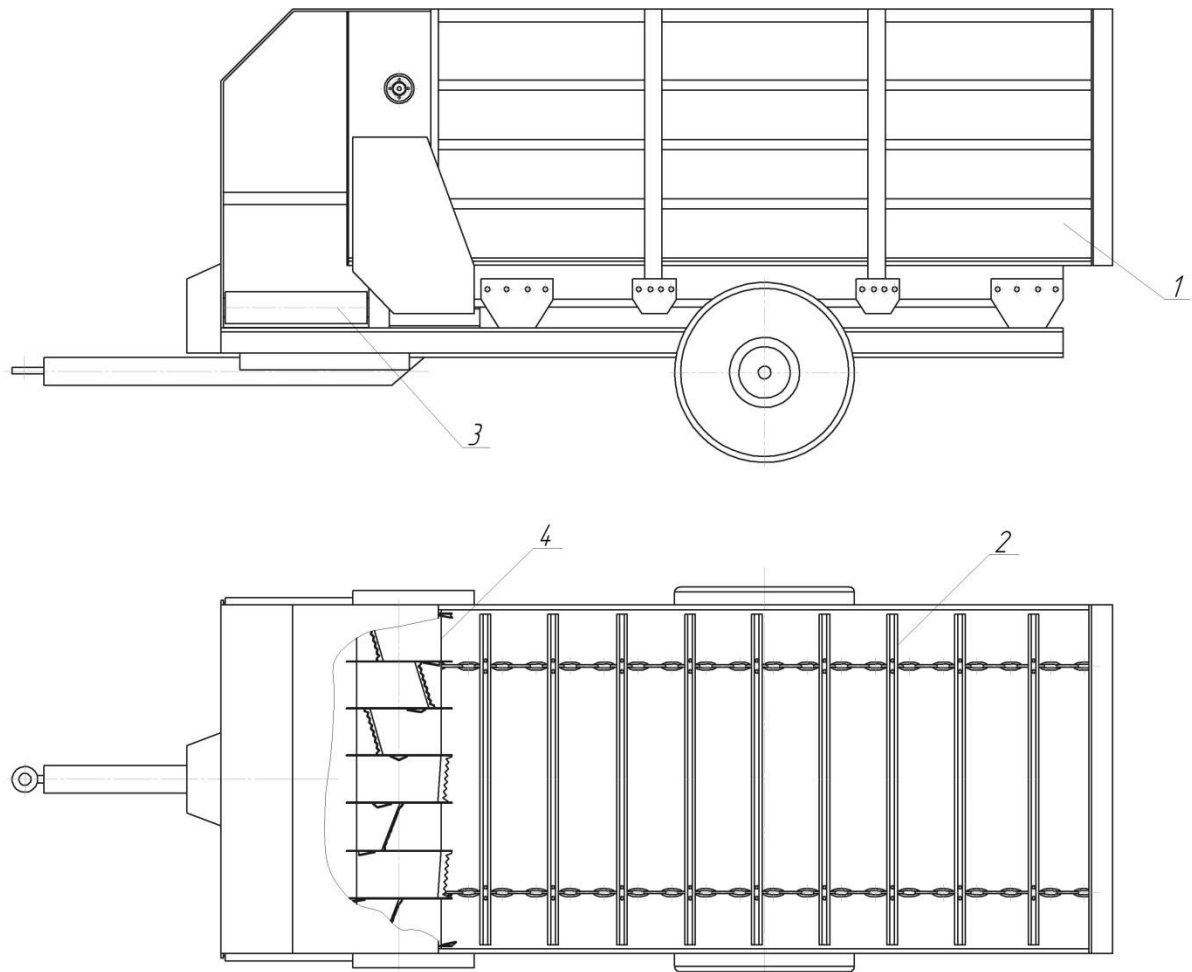


Рис. 3.1. Удосконалений роздавач кормів FVW 120: 1 – кузов; 2 – транспортер кузова; 3 – вивантажувальний транспортер; 4 – розроблений бітерний блок

За рахунок наявності загострених елементів на поверхні розроблених бітерів зростають вимоги безпеки до обслуговування такого пристрою. В першу чергу необхідно слідкувати щоб під час проведення обслуговуючих дій пов'язаних із налагодженням та технічним обслуговуванням вал приводу робочих органів роздавача був від'єднаний від вала відбору потужності енергоджерела. Налагодження та обслуговування роздавача мають виконувати

спеціалісти котрі пройшли відповідну технічну підготовку та інструктаж із техніки безпеки.

Забороняється знаходження людей у кузові під час роботи роздавача кормів на роздаванні кормів та під час використання роздавача як причепа для транспортних робіт на сільськогосподарському підприємстві. Під час виконання обслуговуючих дій біля роздавача кормів не повинно знаходитись люди та тварини. Усі роботи мають виконуватись у спеціально відведених для цього місцях – на підготовчих майданчиках пункту технічного обслуговування та ремонту фермської техніки.

Забороняється експлуатація несправного кормороздавача. Виявлена несправність повинна бути усунута якомога швидше, оскільки незалежно від характеру пошкодження можуть виникнути додаткові небезпечні фактори. Із-за надмірного шуму порушується закріплений у корів стереотип, що в подальшій перспективі може вплинути на продуктивність корів.

Роздавач кормів повинен бути підготовлений до експлуатації відповідно до переліку робіт які передбачають проведення щозмінних та періодичних технічних обслуговування. Несвоєчасне мащення підшипникових вузлів, систем приводу та ін. призводить до передчасного виходу з ладу елементів конструкції роздавача кормів.

3.2. Встановлення економічної доцільності використання розробленого блочно-бітерного пристрою

Економічна доцільність впровадження удосконалень технічних засобів визначається за відомою методикою [18, 19], яка подана у додатку В. Основна мета полягає у проведенні порівняльної оцінки серійного кормороздавача та роздавача кормів із розробленим блочно-бітерним дозувальним пристроєм. З цією метою, спочатку визначаються видатки на експлуатацію роздавачів до складу яких входять витрати на амортизація та оплату праці оператора. При

цьому витрати на пально-мастильні матеріали будемо вважати однаковими як для серійного так і для удосконаленого роздавача кормів.

Вартість роздавачів кормів [9, 11, 12] при постановці їх на баланс відмінна від закупівельної ціни визначається за формулою (3) додатка В, для серійного ($C_{1.1}$) та удосконаленого ($C_{1.2}$) роздавачів кормів становлять, грн:

$$\begin{aligned} C_{1.1} &= 1,3 \cdot 585000 = 760500, \\ C_{1.2} &= 1,3 \cdot 595000 = 773500. \end{aligned} \quad (3.1)$$

Удосконалений роздавач кормів має більшу ціну на 10000 грн за рахунок збільшення вартості розробленого блочно-бітерного дозувального присторою.

Витрати на поновлення технічної системи за рік експлуатації визначається за формулою (5) додатка В, для серійного ($B_{1.1}$) та удосконаленого ($B_{1.2}$) роздавачів кормів становлять, грн:

$$\begin{aligned} B_{1.1} &= \frac{760500 \cdot 15}{100} = 114075, \\ B_{1.2} &= \frac{773500 \cdot 15}{100} = 116025. \end{aligned} \quad (3.2)$$

За виконану роботу оператор роздавача кормів як удосконаленого так і серійного отримує однакову винагороду оскільки маємо ідентичні витрати часу на виконання технологічного процесу роздавання кормів на тваринницькому об'єкті місткістю 400 корів визначається за формулою (6) додатка В з врахуванням тарифного розряду та тарифної ставки [22], для серійного ($B_{2.1}$) та удосконаленого ($B_{2.2}$) роздавачів кормів становлять, грн:

$$\begin{aligned} B_{2.1} &= 544,4 \cdot 115,09 = 62654,996, \\ B_{2.2} &= 544,4 \cdot 115,09 = 62654,996, \end{aligned} \quad (3.3)$$

Сукупні видатки прямі визначаються за формулою (4) додатка В, для серійного (B_1) та удосконаленого (B_2) роздавачів кормів становлять, грн:

$$\begin{aligned} B_1 &= 114075 + 62654,996 = 176729,996, \\ B_2 &= 116025 + 62654,996 = 178679,996. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Використання роздавача із розробленим бітерно-дозувальним пристроєм дозволяє підвищити рівномірність подачі кормової сумішки завдяки додатковому перемішуванню на 7%, що в свою чергу сприятиме підвищенню продуктивності тварин на 4% за рахунок повноти згодовування компонентів. В такому випадку, для базової технології роздавання річна продуктивність корів становить 9000 кг, а при використанні розробленого дозувального пристрою продуктивність збільшиться до 9360 кг.

Для подальшого розрахунку будемо використовувати значення приведені до продуктивності тварин. Так капітальні видатки на забезпечення отримання одного кг молока визначається за формулою (2) додатка В, для серійного (K_1) та удосконаленого (K_2) роздавачів кормів становлять, грн/кг:

$$\begin{aligned} K_1 &= 760500 / 9000 = 84,5, \\ K_2 &= 773500 / 9360 = 82,64. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Загальні витрати що поєднують видатки на експлуатацію та видатки на придбання технічних засобів визначаються за формулою (1) додатка В, для серійного (P_1) та удосконаленого (P_2) роздавачів кормів становлять, грн/кг:

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{176729,996}{9000} + 0,15 \cdot 84,5 = 32,312, \\ P_2 &= \frac{178679,996}{9360} + 0,15 \cdot 82,64 = 31,48. \end{aligned} \quad (3.6)$$

Додатковий річний прибуток від впровадження розробленого блочно-бітерного пристрою для дозування визначається за формулою (7) додатка В, становлять, грн:

$$G = (32,312 - 31,48) \cdot 400 \cdot (9360 - 9000) = 119808. \quad (3.7)$$

Запропонований блочно-бітерний пристрій для дозованої подачі корму роздавачем кормів має термін повернення витрат, який визначається за формулою (8) додатка В, становлять, років:

$$F = \frac{773500 - 760500}{119808} = 0,11. \quad (3.8)$$

Незначний період повернення вкладених у розробку блочно-бітерного пристрою коштів вказує на доцільність з економічної точки зору використання удосконаленого роздавача кормів на молочній фермі.

Висновки до розділу 3

1. Використання розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою у конструкції роздавача кормів FVW 120 дозволяє поліпшити якісь дозування корму до вивантажувального транспортера за рахунок додаткового подрібнення та додаткового змішування компонентів кормової суміші котра могла втратити свою базову однорідність в процесі транспортування від місця приготування до тваринницького приміщення.

2. Додаткові видатки на розробку та впровадження блочно-бітерного пристрою для дозування корму повертаються через 1,3 місяці, що вказує на економічну вигоду використання удосконаленого роздавача кормів.

ВИСНОВКИ

1. Для задоволення потреб виробників продукції тваринництва ринок пропонує різноманітні технічні схеми роздавання кормів. Аналіз технологічних схем та технічних засобів як вітчизняного так і закордонного виробництва вказав на їх переваги та недоліки. Більш прийнятними для вітчизняних ферм можна вважати кормороздавачі типу КТУ та FVW 120 завдяки незначній вартості. Проте, недосконалість механізму дозування призводить до значної нерівномірності дозованої подачі корму до годівниць тваринам.

2. Розроблений блочно-бітерний дозувальний пристрій забезпечує вищу рівномірність дозованої подачі корму до вивантажувального транспортера за рахунок інтенсифікації процесу додаткового подрібнення та перемішування компонентів. В наслідок цього до годівниць тваринам буде надходити корм із вищим ступенем рівномірності порівняно із роздавачами прототипами, що покращить рівень споживання та позитивно вплине на продуктивність тварин.

3. Встановлено дотримання умови потоковості елементами конструкції роздавача кормів із розробленим блочно-бітерним дозувальним пристроєм. Визначено подачу розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою на рівні 47,8 кг/с, що перевищує подачу транспортера кузова – 41,37 кг/с. Виконана перевірка на міцність елементів приводу розробленого блочно-бітерного дозувального пристрою. Встановлено, що діаметр приводного вала 50 мм та ланцюгова передача із кроком 15,875 мм задовольняють умову міцності.

4. Додаткові видатки на розробку та впровадження блочно-бітерного пристрою повертаються через 1,3 місяці, що вказує на економічну доцільність використання удосконаленого роздавача кормів на молочній фермі 400 дійних корів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Посібник-практикум: машини та обладнання для тваринництва / І. І. Ревенко та ін. К.:Кондор, 2011. 396 с.
2. Ревнко І. І., Брагінець М. В., Ребнко В. І. Машин та обладнання для тваринництва. К.: Кондор, 2010. 730с.
3. Хомко Н. І., Довбу А. Д. Машини та обладнання для тваринництва. Ч. 1. Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2014. 220 с.
4. Хомко Н. І., Довбу А. Д. Машин та обладнання для тваринництва. Ч. 2. Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2014. 220 с.
5. Палі А. П., Палі А. П., Наумко О. А. Інновації технології та технічні системи у молочному скотарстві. Х., 2016. 320 с.
6. Машина для тваринництва і птахівництва. / за ред. В. І. Кравчук та Ю. Ф. Мельник. Дослідницьк: УкрНДІПВТ ім. Л.Погоріого, 2009. 210 с.
7. Машини і обладнання для тваринництва / за ред. І. Г. Бойк. Харків, 2007. 500 с.
8. Луценка М. М., Іванишина В. В., Смоляк В. І. Перспективна технологія виробництва молока: монографія. К.: Видавничий центр Академія, 2008. 190 с.
9. Кормороздавач КТУ-10А. : веб-сайт. URL : <https://zavodmoroza.com/prichepi/kormorazdatchik-ktu-10a>
10. Грицюк Т. Р. Параметричний аналіз мобільних причіпних кормороздавачів для ферм ВРХ. *Студентські читання–2024* : матеріали науково-практичної конференції. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. Ч. 2. С. 6–10.
11. Fodder distribution wagon. Strautmann FVW 120. : веб-сайт. URL : <https://www.straumann.com/en/fodder-distribution-wagon-fvw#technische-daten-fvw>.
12. Strautmann FVW 120 в лізинг. : веб-сайт. URL : <https://www.truck1.com.ua/leasing/silskogospodarska-tehnika/kormorozdavachi/straumann-fvw-120-a9878116.html>

13. Змішувач-кормороздавач Siloking Compact 8 Classic Trailed : веб-сайт. URL : https://zatechnica.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=3293
14. SILOKING TrailedLine Classic Premium. : веб-сайт. URL : <https://www.uspeh-eu.com.ua/katalog-sh-tehniki/siloking/siloking-trailedline-classic/silokingtrailedlineclassicpremium>
15. DeLaval Optimat. : веб-сайт. URL : <https://www.delaval.com/en-gb/discover-our-farm-solutions/feeding/delaval-optimat/>
16. Грицюк Т. Р. Конструкційно-функціональна схема удосконаленого кормороздавача. *Наукові читання – 2025* : збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 3–5.
17. Рудік О. С. Основи конструювання машин : підручник. Кривий Ріг, 2016. 492 с.
18. Основні перспективні технологія виробництво продукція тваринництва / за ред. Г. М. Калетніка. Вінниця, 2017. 586 с.
19. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. / І. І. Ревенко, В. Д. Роговий, В. І. Кравчук ; за ред. І. І. Ревенка. К.: Урожай, 1999. 192с.
20. Проектовані технологічні і технічні засобів для тваринництва : підручник / за ред. Скорука О. П. Харків, 2019. 430 с.
21. Павлиць А. Т. Основні вимоги до конструювання та розрахунку деталей машин. К.: Вища школа, 2003. 556 с.
22. Водії, машиністи, трактористи, оператори : веб-сайт. URL : <https://frugkh.com/sites/agreement/10>