

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту допускається
завідувач кафедри
агроінжинірингу

Шуляк М. Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за магістерським рівнем вищої освіти
на тему: «Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів
гвинтового робочого органу для дозування сипучих кормів»

Виконав:

(підпис)

Данілов М. О.

(прізвище, ініціали)

Група:

ЗМЕХ 2301м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Воліна Т. М.

(прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «**Магістр**»

Спеціальність **208 Агроінженерія**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“ _____ ” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ
ОСВІТИ

Данілову Михайлу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гвинтового робочого органу для дозування сипучих кормів», керівник роботи: Воліна Тетяна Миколаївна, к. т. н., доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від “ _____ ” _____ 2024 року № _____
2. Строк подання здобувачем роботи: “ _____ ” _____ 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: вимоги міжнародних, регіональних, національних стандартів, законодавчих документів; науково-технічна література, патенти та авторські свідоцтва, інтернет-ресурси; нормативно-технічна документація.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): виконати огляд та аналіз досліджень механізації роздачі комбікормів дійним коровам; теоретично обґрунтувати параметри спірального дозатора сипких кормів; провести експериментальні дослідження спірального дозатора; розробити заходи з охорони праці; дослідити техніко-економічну доцільність впровадження пропонованих рішень.
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування			
Охорона праці			

7. Дата видачі завдання: “ _____ ” _____ 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної (магістерської) роботи
1.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики		
2.	Складання плану роботи		
3.	Написання вступу		
4.	Підготовка розділу «Огляд та аналіз літературних джерел»		
5.	Підготовка розділу «Теоретичне обґрунтування параметрів спірального дозатора сипких кормів»		
6.	Підготовка розділу «Експериментальні дослідження»		
7.	Підготовка розділу «Охорона праці»		
8.	Підготовка розділу «Техніко-економічне обґрунтування пропонованих рішень»		
9.	Написання висновків та пропозицій		
10.	Подання роботи на перевірку унікальності		
11.	Подання роботи до експертної ради факультету		
12.	Подання роботи на рецензування		
13.	Подання до попереднього захисту		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Данілов М. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної (магістерської) роботи

_____ (підпис)

Воліна Т. М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота містить:

- пояснювальну записку: 72 стор., 34 іл., 7 табл., 16 використаних джерел, додатки;
- мультимедійну презентацію.

Дослідження спрямовані на забезпечення більшої точності дозування кормового матеріалу в господарствах, що спеціалізуються на виробництві молочної продукції, шляхом впровадження модернізованого робочого органу шнекового типу та обґрунтування параметрів його роботи. Об'єктом дослідження є робочий орган шнекового типу, а предметом – вплив його конструктивних параметрів на якість процесу дозування кормової суміші.

В роботі проведено огляд та проаналізовано дослідження, що стосуються процесу дозування сипучих кормів. Теоретично обґрунтовано параметри спірального дозатора сипких кормів. Виконано експериментальні дослідження спірального дозатора. Наведені основні вимоги охорони праці на сільськогосподарських підприємствах, викладено відповідні рекомендації. Досліджено техніко-економічну оцінку пропонованого рішення.

За результатами досліджень викладено висновки та пропозиції.

ДОЗАТОР, КОРМИ, ТОЧНІСТЬ ДОЗУВАННЯ, СПІРАЛЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Огляд та аналіз процесу дозування сипучих кормів	9
1.1. Зоотехнічні вимоги до дозування комбікормів дійним коровам	9
1.2. Кратність годівлі і норми видачі комбікормів дійним коровам	11
1.3. Технологічні лінії та засоби роздачі комбікормів дійним коровам	13
Висновки до розділу 1	31
2. Теоретичне обґрунтування параметрів спірального дозатора сипких кормів	33
2.1. Обґрунтування і опис конструктивно-технологічної схеми дозатора	33
2.2. Теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів спірального дозатора	35
2.3. Розрахунок потужності на привід дозатора	49
Висновки до розділу 2	50
3. Експериментальні дослідження спірального дозатора	52
3.1. Програма та методика експериментальних досліджень	52
3.2. Методика планування експерименту і визначення раціональних параметрів дозатора	55
3.3. Результати експерименту	57
Висновки до розділу 3	59
4. Охорона праці	61
4.1. Основні відомості. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	61
4.2. Вимоги до операторів та засоби їх захисту під час виконання робіт	62
4.3. Алгоритм дій при виникненні надзвичайної ситуації	63
Висновки до розділу 4	65

5 Техніко-економічне обґрунтування пропонованих рішень	66
Висновки до розділу 5	69
Загальні висновки	70
Список використаних джерел	71
Додатки	73

ВСТУП

Основними завданнями у сфері сільськогосподарського виробництва є збільшення обсягів продукції тваринництва, підвищення продуктивності праці та зменшення витрат на виробництво. Досягти цього можливо лише завдяки комплексній механізації найбільш трудомістких процесів і впровадженню сучасних технологій. Ефективність виробництва та кількість отриманої продукції тваринництва значною мірою залежать від організації годівлі: важливо забезпечити високоякісне та збалансоване харчування, враховуючи поживні властивості кормів.

Для створення стабільної кормової бази поряд із соковитими та грубими кормами особливу увагу варто приділяти концентрованим. Одним із перспективних напрямків розвитку тваринництва є точне дозування концентрованих і комбінованих кормів відповідно до продуктивності тварин. Це підхід, який поступово набуває більшої ваги, оскільки частка таких кормів у загальному раціоні постійно зростає.

Ефективність використання комбінованих кормів зумовлена оптимальним поєднанням концентрованих компонентів і мікроелементів. Це створює необхідність у технічних засобах, здатних точно дозувати потрібну кількість корму для кожної тварини чи групи, враховуючи раціон, зоотехнічні норми та рівень продуктивності. Однак сучасні дозуючі пристрої, які застосовуються в кормоцехах і на фермах, мають ряд суттєвих недоліків. Серед них: складність конструкції, висока вартість, значна металоємність, низька точність дозування, а також збільшені витрати на ремонт і технічне обслуговування. Це призводить до зниження їх ефективності та економічної доцільності.

Окрім того, надмірна кількість виданого корму, який не окупується продуктивністю тварин, викликає значну перевитрату ресурсів. Об'ємні дозатори концентрованих кормів, які були розроблені раніше, не відповідають сучасним вимогам, оскільки часто видають значно більшу або меншу норму,

що збільшує витрати і знижує економічну ефективність.

Отже, актуальною задачею є створення нового типу дозатора, який забезпечить точне дозування кормів, оптимізує їх використання, сприятиме належному розвитку тварин, підвищить їх продуктивність, а також відповідатиме сучасним стандартам автоматизації та зоотехнічним вимогам. У цьому дослідженні основна увага приділяється розробці вдосконаленого способу дозованої видачі концентрованих кормів і конструкції дозатора, який повністю задовольнятиме потреби сучасного тваринницького виробництва.

Мета дослідження – забезпечення більшої точності дозування кормового матеріалу в господарствах, що спеціалізуються на виробництві молочної продукції, шляхом впровадження модернізованого робочого органу шнекового типу та обґрунтування параметрів його роботи. Об'єктом дослідження є робочий орган шнекового типу, а предметом – вплив його конструктивних параметрів на якість процесу дозування кормової суміші.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз сучасних технологій і конструкцій дозаторів для сипких комбікормів.
2. Вивчити роботу спірального дозатора, розробивши аналітичні залежності для визначення його ключових параметрів.
3. Провести експериментальні дослідження, щоб оцінити вплив конструктивних і режимних факторів на ефективність роботи спірально-гвинтового дозатора, а також визначити оптимальні параметри його конструкції.
4. Оцінити розроблений дозатор з погляду вимог охорони праці.
5. Провести техніко-економічний аналіз ефективності запропонованої конструкції спірального дозатора для сипких кормів.

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДОЗУВАННЯ СИПУЧИХ КОРМІВ

1.1. Зоотехнічні вимоги до дозування комбікормів дійним коровам

Годівля сільськогосподарських тварин, зокрема великої рогатої худоби, повинна базуватися на їхніх потребах у певних поживних речовинах, мікроелементах та вітамінах [1]. Необхідна кількість кормових матеріалів розраховується з урахуванням виду (групи) тварин, їхнього віку, статі, фізіологічного стану, а також обсягу, кількості та якості отримуваної продукції. Для кожної групи тварин розробляють індивідуальний раціон, збалансований за протеїном, мінералами та вітамінами, який відповідає нормам годівлі. Неналежна годівля, що включає неправильно складений раціон (дефіцит чи надлишок компонентів) та порушення режиму годівлі дійних корів, знижує їх продуктивність, порушує репродуктивні функції та підвищує ризик виникнення хвороби поголів'я.

Стандартний кормовий раціон із комбікорму не забезпечує повністю дійних корів необхідними поживними речовинами, оскільки містять обмежений набір мінералів. Комбікорм являє собою складну, однорідну суміш змінного фракційного складу та мікродобавок, що дозволяє забезпечити збалансований раціон поголів'я, та їх застосування стимулює зростання надоїв на 10–20 % і знижує витрати кормів для виробництва молока на 7–15 %, що допомагає зменшити затрати виробництва. Профільні виробники випускають різні комбікорми, розроблені для конкретних видів поголів'я на якому спеціалізується господарство. Використання не відповідного складу корму може мати виражений зворотній ефект та негативно вплинути на здоров'я тварин [4].

Рецептура комбікормів базується на складі раціону тварини, що безпосередньо вирощується. Дійних корів зазвичай годують розсипними концентрованими кормами незважаючи, що споживання ними гранульованого складу відбувається значно швидше. Наведене вище доцільно мати на увазі

при планування технологічного процесу при якому годування поголів'я відбувається безпосередньо в приміщенні де проходить його доїння.

Гранулювання кормів допомагає скоротити втрати поживних речовин при їх зберіганні та згодовуванні. Згодовування кормів у формі гранул також впливає на більш повільне утворення аміаку, який мікроорганізми рубця можуть ефективніше використовувати.

Окрім врахування життєвого циклу тварин, варто зазначити, скорочення терміну годівлі при забезпеченні сталої калорійності та складу має прямий вплив на ефективність виробництва молока. Так, збільшення обсягу корму на 45%, тільки в частині комбікорму на 200 г/кг молока, сприяє підвищенню молочної продуктивності на 2000 кг [8].

При вирощування дійних корів продуктивністю 2500÷3000 кг частка комбікорму в раціоні складає 14÷18 % від загальної поживної цінності раціону; при 4500÷5000 кг – 31–36%, а для корів; при 6000 кг та вище – 39÷42 %; при 8000 кг – до 70 відсотків [13]. При відносно незначній частині комбікормів у раціону можливо ручне дозування, але такий підхід є не раціональним та збільшує собівартість продукції у порівнянні з механізованою реалізацією процесу.

З огляду на вищевикладене, можна зробити такі висновки:

- для підвищення показників ефективності виробництва молочної продукції у раціоні мають бути присутні комбікорми;
- формування раціону дійних корів в частині застосування комбікормів має бути диференційним з урахуванням конкретного обраного поголів'я;
- точність дозування корму поголів'я має знаходитись в діапазоні прийнятних значень із застосуванням механізованих засобів для видачі комбікормів.

1.2. Кратність годівлі і норми видачі комбікормів дійним коровам

У разі стійлового утримання корів основні види кормів, такі як грубі та соковиті, розподіляються рівномірно серед усієї групи тварин. Водночас концентровані суміші подаються індивідуально, залежно від кількості молока, отриманого під час контрольного доїння. Розрахунок раціону для груп здійснюється з урахуванням їхнього фізіологічного стану та продуктивності. Для годівлі тварин із високим рівнем молочної продуктивності враховується здатність споживання комбікорму під час доїння. Зокрема, встановлено, що за 8–10 хвилин тварини з'їдають близько 2 кг сипучого або до 3 кг гранульованого корму [5].

Розподіл комбікормів залежно від періоду лактації (45–60 % у першому періоді) підвищує калорійність сухої складової корму. Планування сеансів годування з двох-трьох кратною періодичністю може знижувати поїдання основного корму. Існують рекомендації щодо періодичності годування поголів'я, але загально прийнятих довідкових даних для його планування не розроблено. Тому дослідження для визначення оптимальної кратності та інтервалів між роздачами комбікормів є актуальними.

Натурні експерименти виконувались із застосуванням алгоритму так званого методу «Латинського квадрату» : у першому випадку за схемою 4×4 для вивчення годівлі комбікормами з кратністю 2, 3, 6 та 8 разів на добу, у другому – за схемою 3×3 для дослідження 2,5-, 3- та 4-годинного інтервалу між годуваннями. Контрольна годівля проводилася протягом двох днів кожні 10 днів з коригуванням раціону кожні 15 днів виходячи з фактичних показників отриманої продукції за цей період [7].

За результатами досліджень встановлено, що для високопродуктивних дійних корів оптимальна добова кількість прийомів їжі у першій лактаційній фазі становить менше 5 раз, у другу фазу – 3–4 рази, а в третю – 2–3 рази.

Максимальна порція комбікормів за одне годування не має перевищувати 3000 г, у першому випадку оптимальна періодичність складає

три години. Рекомендації щодо дозування комбікорму в раціоні дійних корів при відповідному періоді лактації наступні:

- перший період – 380÷410 г/кг молока;
- другий період – 290÷360 г/кг молока;
- третій період – 140÷240 г/кг молока.

Рекомендовані показники наведено нижче в графічному вигляді, при проте обсяг комбікормів не повинен перевищувати 12÷14 кг [14].

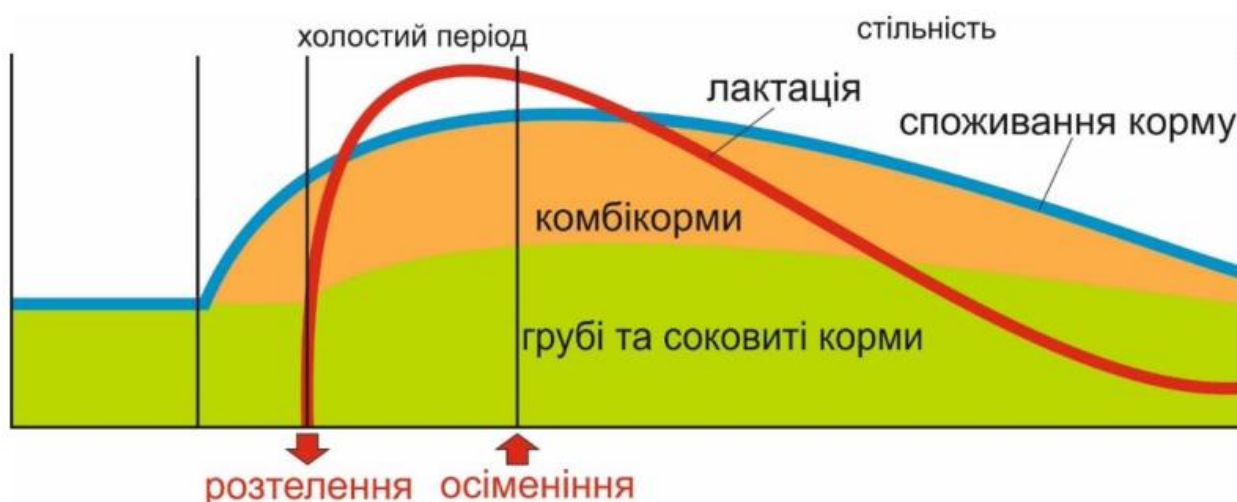


Рисунок 1.1 – Графік роздачі соковитих, грубих і концентрованих кормів

Щоб забезпечити оптимальний режим харчування великої рогатої худоби, доцільно впроваджувати автоматизовані системи кормоподачі. Отже:

- найкращим підходом є персоналізоване налаштування кількості комбікормів, що відповідає фізіологічним потребам тварин;
- обсяг корму та частота годування мають змінюватися залежно від стадії лактації, оскільки це сприяє збільшенню надоїв та зменшенню витрат на виробництво;
- необхідно визначити технологічні рішення і вибрати обладнання, яке дозволить дотримуватися цих принципів.

1.3. Технологічні лінії та засоби роздачі комбікормів дійним коровам

1.3.1. Кормороздавачі і системи годівлі комбікормами

Підтримання здоров'я та продуктивності худоби значною мірою залежить від організації раціонального харчування. У сучасному тваринництві значну роль у процесі годівлі відіграють спеціалізовані машини та механізми, які покращують якість подачі кормів. До таких механізмів належать автоматизовані кормороздавачі концентрованих кормів, зернових сумішей і мінеральних добавок.

Для транспортування і розподілу кормів на фермах застосовують різні типи кормороздавачів. Одним із найбільш поширених є пересувний кормороздавач — пристрій у вигляді візка з бункером для корму та механізмом для його роздачі. Ці пристрої можуть пересуватися за допомогою тракторів або встановлюватися на автомобільні рами замість кузова. Пересувні кормороздавачі підходять для роботи з різними типами кормів: сухими, твердими, рідкими, напіврідкими, а також із подрібненою травою чи силосом [6].

Серед кормороздавачів, що використовуються у сільськогосподарських господарствах, найбільш поширеним є причіпний кормороздавач КТУ-10. Цей пристрій призначений для прийому та транспортування подрібнених кормів, злакових і бобових трав, сінажу, соломи, подрібнених коренеплодів, а також повнорационних кормових сумішей із подальшою їх роздачею в годівниці під час руху. Кількість поданого корму можна регулювати, змінюючи швидкість поздовжнього транспортера через налаштування храпового механізму та швидкість трактора [10].

Ще одним типом є кормороздавачі-змішувачі, які широко застосовуються в сучасному тваринництві. Їхня особливість полягає у змішуванні інгредієнтів корму безпосередньо під час роздачі. У бункері такого обладнання розташовані ріжучі шнеки, що забезпечують подрібнення

компонентів і ретельне перемішування до отримання однорідної маси. Після цього корм подається до годівниць за допомогою транспортера [15].

Важливою складовою таких механізмів є система зважування. У простих моделях вона представлена електронними вагами, а у вдосконалених – комп'ютерною системою з дисплеєм, що може зберігати десятки різних раціонів. Прикладом такого обладнання є подрібнювач-змішувач-роздавач ІСРК-12 «Господар» (рис. 1.2), який активно використовується на молочно-товарних фермах. Цей пристрій дозволяє подрібнювати і змішувати до 30 видів компонентів за 50 запрограмованими рецептами. Концентровані корми рівномірно інтегруються з іншими складниками загальної кормової суміші. Для вивантаження використовуються транспортери з гідроприводом, розташовані з одного чи обох боків механізму.



Рисунок 1.2 – Подрібнювач-змішувач-роздавач кормів ІСРК-12

Кількість поданого корму регулюється шиберною заслінкою, розташованою у вивантажному люці. Управління її відкриттям здійснюється за допомогою гідроциліндра. Ступінь відкриття контролюється візуально: положення важеля, з'єданого зі штоком гідроциліндра, зіставляється з мітками на спеціальній лінійці, закріпленій на передній частині бункера.

Іншим типом механізмів для роздачі кормів є стаціонарні кормороздавачі. Ці пристрої представляють собою довгі транспортери, встановлені в приміщеннях для утримання тварин. Їх робота забезпечується електродвигунами, що дозволяє використовувати їх для роздачі різноманітних видів кормів.

Стаціонарне обладнання монтується так, щоб забезпечити подачу корму до кожної годівниці, з можливістю точного дозування для кожної тварини [11]. Окремі конструкції таких кормороздавачів передбачають їх розміщення прямо над годівницями, що дозволяє автоматично подавати точно відміряні порції корму безпосередньо у місця годування (рис. 1.3).

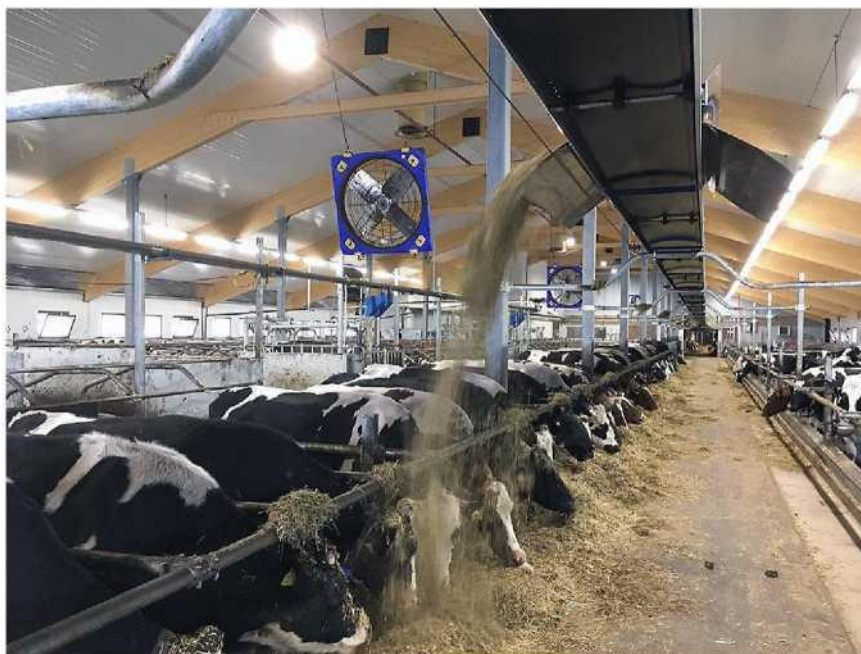


Рисунок 1.3 – Стаціонарний роздавач кормів

Мобільні кормороздавачі мають суттєву перевагу над стаціонарними, оскільки їх конструкція не прив'язана до годівниць. Це забезпечує їм високу маневровість і можливість пересування як у приміщеннях, так і за їх межами – в полі, у кормосховищах чи кормоприготувальних відділеннях [3].

Окрім транспортування та роздачі кормів, такі агрегати можуть виконувати додаткові функції, зокрема брати участь у заготівельних операціях, а також перевозити різні вантажі. Проте мобільні кормороздавачі

мають низку негативних сторін. Вони потребують широких кормових проходів, а використання тракторів для переміщення спричиняє забруднення повітря у корівниках. Крім того, ці пристрої не завжди забезпечують високу точність дозування кормів, є нераціональними при нерівномірному розташуванні тварин, і вони можуть стати джерелом поширення хвороб.

Останнім часом у деяких господарствах популярності набули маломобільні кормороздавачі (рис. 1.4). Вони оснащені напрямними рейками, розташованими в кормових проходах, вздовж яких пересувається самохідний візок із бункером та дозуючим механізмом. Це рішення поєднує мобільність і більшу точність у роздачі кормів.



Рисунок 1.4 – Роботизована система годівлі тварин з роздавачем з обмеженою мобільності

Перевагою такої системи є точне дотримання встановленого раціону для конкретних груп тварин та забезпечення рівномірного розподілу підготовленої кормової суміші. Відсутність впливу людського фактору дозволяє виконувати годівлю за фіксованим графіком, включно з нічними годинами [16].

Ця система також сприяє підтриманню чистоти на кормовому столі,

оскільки трактори, що зазвичай заносять бруд із вулиці, не використовуються. До того ж, у зимовий період така технологія дозволяє зберігати тепло всередині приміщення, що важливо для комфортного утримання тварин.

Наука та практика впроваджують інноваційні способи організації харчування худоби. Одним із найефективніших рішень є методика, яка передбачає одночасну подачу всіх необхідних компонентів як суміші, що готується за допомогою подрібнювачів-змішувачів-роздавачів.

Цей підхід передбачає формування груп тварин відповідно до їх функціонального, продуктивного чи вікового стану або етапу виробничого циклу, що дозволяє ефективніше задовольняти їхні харчові потреби.

За кордоном поширеною практикою є розділення корів в дійному періоді на критеріальні стада, в основу яких покладено: тривалість періоду після народження теляти, обсяг добового надою та стан вгодованості, що визначається за п'ятибальною системою оцінювання. Водночас, на вітчизняних фермах, особливо невеликих, реалізація такого підходу ускладнюється. Через труднощі з поділом стада на групи забезпечити диференційоване годування високопродуктивних тварин високоенергетичними кормами за допомогою змішувачів-роздавачів стає непростим [12].

У таких випадках частина концентрованих кормів включається до складу загальної кормової суміші, тоді як залишок роздається вручну, орієнтуючись на продуктивність окремих тварин. Щоб зменшити трудовитрати, доцільним є розроблення простих механізмів для автоматизації цієї операції. Аналогічна ситуація спостерігається і на невеликих фермах, спеціалізацією яких є утриманням свиней або вигодовування телят.

Зважаючи на різноманітність способів і засобів видачі комбікормів, для визначення напрямів вдосконалення пристроїв годівлі тварин варто провести аналіз наявних механізмів для роздачі кормів на фермах ВРХ. Наприклад, пристрої типу ПКТУ-10 і ПРММ-5 розроблені для одночасного або окремого дозування концентрованих, грубих та соковитих кормів при мінімальних

витратах праці. Ці механізми дозволяють точно дозувати розсипні або гранульовані концентрати (з розміром гранул до 12 мм) безпосередньо у годівниці тварин (рис. 1.5). Конструкція пристрою включає бункер для концентрованих кормів та дозуючий механізм, розташований на передній частині кормороздавача, що значно полегшує процес годівлі.

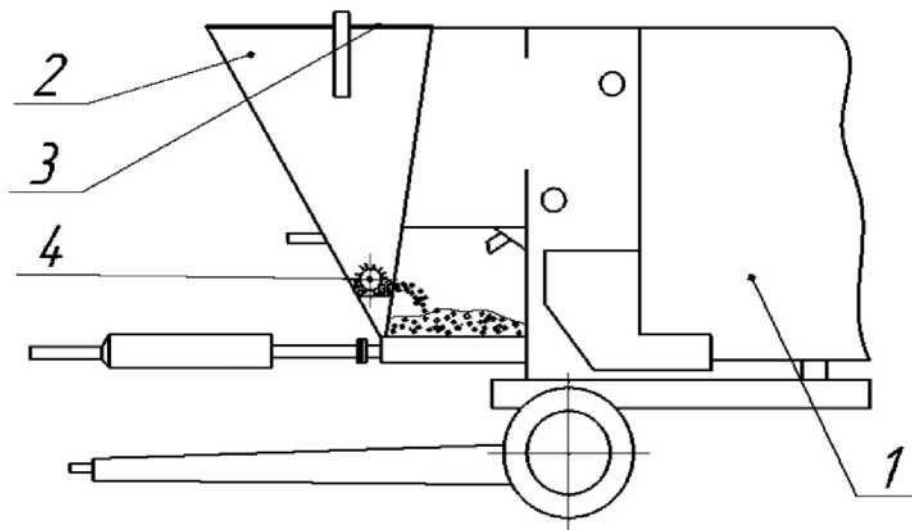


Рисунок 1.5 – Кормороздавач КТУ-10 з пристосуванням ПКТУ-10: 1 – кормороздавач КТУ-10; 2 – бункер ПКТУ-10; 3 – кришка; 4 – дозатор

У конструкції бункера передбачено завантажувальну горловину з піднятими бортами, що розташована у верхній частині для зручності завантаження кормів. На передній стінці бункера є оглядове вікно, яке дозволяє контролювати рівень завантаження та витрати комбікормів. У нижній частині, на задній стінці, знаходиться кормовихідний отвір, обладнаний похилим лотком для вивантаження корму і захисним козирком, що мінімізує втрати під час роздачі. У нижній частині бункера встановлено барабанний дозатор, який забезпечує точне дозування кормів.

Для роздачі комбікормів у системах прив'язного утримання тварин у зарубіжних господарствах використовують пристрої обмеженої мобільності. Одним із таких є монорейковий роздавальник типу Mobitron (рис. 1.6), розроблений компанією Westfalia. Ця технологія поєднує зручність мобільних

систем із точністю і автоматизацією процесу годівлі.



Рисунок 1.6 – Підвісний монорельсовий роздавач концентрованих кормів фірми «Westfalia»

DeLaval виробляє подібні роздавальники, зокрема моделі FeedCar 2 і FeedMaster 500/800 (рис. 1.7). Основним елементом для дозування корму в цих пристроях є гвинтовий коноїд (рис. 1.8, а) або стрічковий механізм (рис. 1.8, б), що забезпечує точне і рівномірне розподілення корму для тварин.

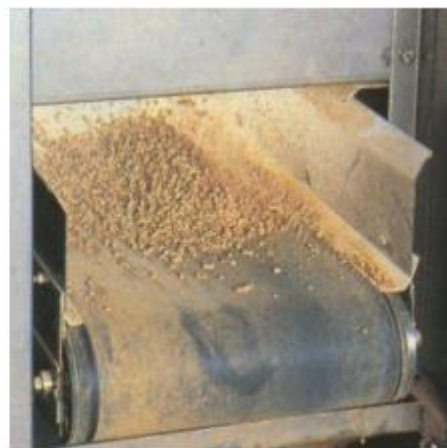


Рисунок 1.7 – Монорельсовий роздавальник комбікормів «DeLaval»

Подавання комбікорму в корівниках організовується відповідно до розміщення тварин: кормову суміш можуть доставляти з одного чи обох боків, по замкнутому маршруту або за схемою човникового руху. При цьому тварин необхідно групувати за такими показниками, як надоя, вага, особливості годування та фізіологічні потреби, що дозволяє оптимізувати процес годування.



а)



б)

Рисунок 1.8 – Дозуючий елемент монорейкового роздавальники:

а – шнекового типу;

б – стрічкового типу

Автоматизована система кормороздачі для м'ясної худоби, розроблена британською компанією «Роуландс Бразерс», представлена на рисунку 1.9. В конструкції передбачено дозуючий пристрій 11 із 4 змінними лопатками, розташований знизу сектору 3. На 6 одиниць зернового матеріалу регламентується одна одиниця концентратів, але завдяки регульованим лопаткам цей показник можна варіювати.

Кормосуміш надходить до транспортера, що живиться від єдиного для нього і для дозуючого пристрою електричного двигуна (0,7 кВт). Конструкція з Г-подібними відведеннями забезпечує послідовне наповнення годівниць: спочатку корм потрапляє в ліву годівницю, а після досягнення відповідної висоти – у праву. Після завершення процесу за сигналом вимірювального

датчика відбувається автоматичне вимкнення електричного приводу.

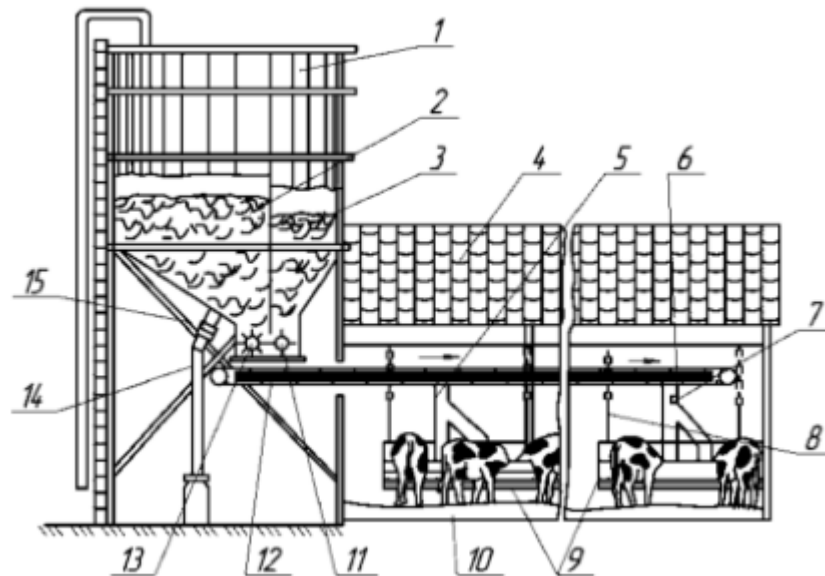


Рисунок 1.9 – Схема автоматизованої лінії для комбікормів: 1 – зовнішній бункер; 2 – відсік для зерна; 3 – відсік для комбікорму; 4 – ферма; 5, 6 – вікно над годівницями; 7 – вимірювальний перетворювач тиску; 8 – підтримуючий ланцюг; 9 – годівниці; 10 – підстилка; 11 – дозатор комбікорму; 12 – скребковий транспортер; 13 – дозатор зерна; 14 – запасний рукав; 15 – заслінка

У разі відсутності прив'язування тварин операція збору молока поєднується з роздачею кормів. Це проводиться за допомогою обладнання, яке передбачає попарне, секційне або кругове доїння, що додатково заохочує тварин прямувати до відповідної зони. У вітчизняних агрегатах для доїння застосовуються механізми для подачі кормів на основі гнучких тросів із рухомими елементами (рис. 1.10) та спеціальними дозуючими пристроями (рис. 1.11). Проте такі системи не завжди дозволяють точно налаштувати індивідуальний обсяг корму для кожної тварини.

Робота цього пристрою організована таким чином: кормова суміш завантажується в резервуар 2, транспортується гнучкою стрічкою чи механізмом із шайбами 8 до дозуючого пристрою 5, розташованого біля доїльного обладнання. Дозатор подає тварині кількість кормосуміші,

відповідну кількість надоеного молока. Клапан 2 (рис. 1.11) рухається зворотно-поступально завдяки вакуумній системі, що включає насос, пульсатор 4, мембрану 3 і пружину 5. У момент відкриття клапана 2 порція корму надходить у годівницю. Після закриття клапана залишки корму зміщуються, що дозволяє підготувати пристрій до подальшого використання.

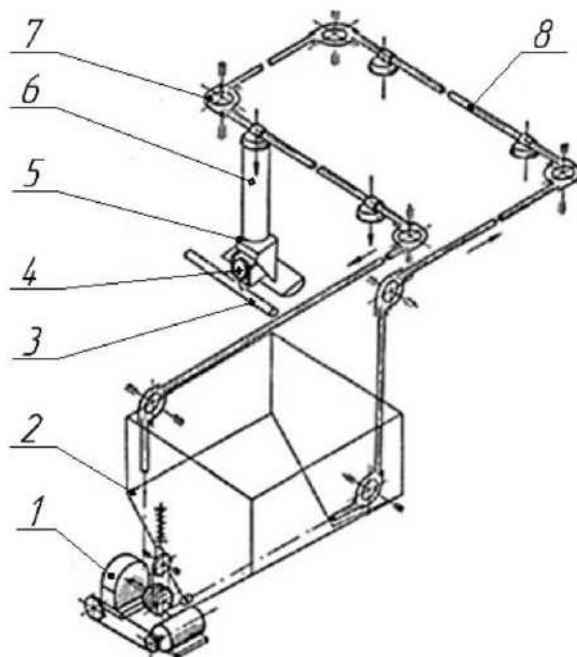


Рисунок 1.10 – Ланцюгово-шайбовий роздавач (живильник) сухих кормів: 1 – привід; 2 – завантажувальний бункер; 3 – вакуумпровід; 4 – пневмокамера; 5 – дозатор; 6 – накопичувач; 7 – поворотний блок; 8 – ланцюгово-шайбовий роздавач

Храповий механізм дозуючого пристрою забезпечує його автоматичну зупинку через визначену вручну оператором кількість доз кормосуміші (1–24). Проте конструкція має низку недоліків. Під час роботи заслінка може перешкоджати рівномірному потоку корму, розпушуючи його. Нульова шорсткість рухомого елемента не забезпечує належного захоплення, що спричиняє прослизання корму. Крім цього, вплив вібрацій та ударів, пов'язаних із рухом заслінки, суттєво знижує точність розподілу порцій.

Системи подачі корму, пропновані компаніями «Gascoignemelot» (рис. 1.12) та «Westfalia» (рис. 1.13, 1.14), призначені для годування тварин в умовах

безприв'язного утримання. Ці бокси забезпечують ефективну організацію харчування, дозволяючи контролювати процес подачі кормів.

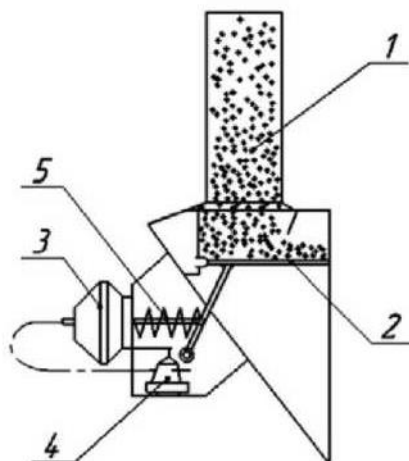


Рисунок 1.11 – Шиберний дозатор доїльної установки УДА-16: 1 – приймальний бункер; 2 – шибер (заслінка); 3 – мембрана; 4 – пульсатор; 5 – поворотна пружина

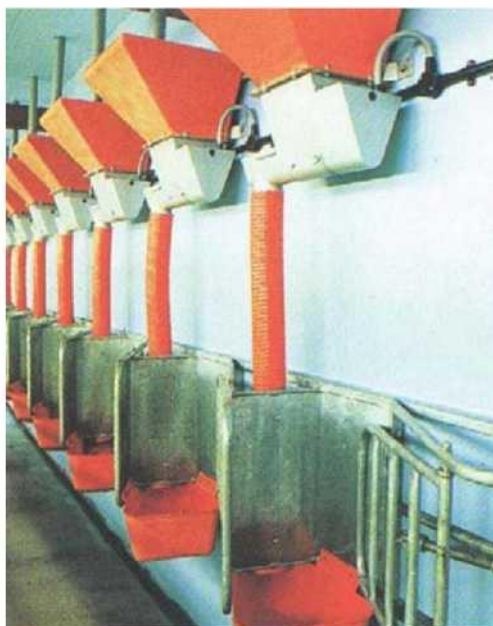


Рисунок 1.12 – Кормові бокси фірми «Gascoignemelot»

Компанія «Gascoignemelot» пропонує 2 типи дозуючих пристроїв: з подачею в межах 9–11 г/сек та в межах 55–65 г/сек. Останній застосовується на підприємствах, де концентровані корми подаються під час надоювання молока.

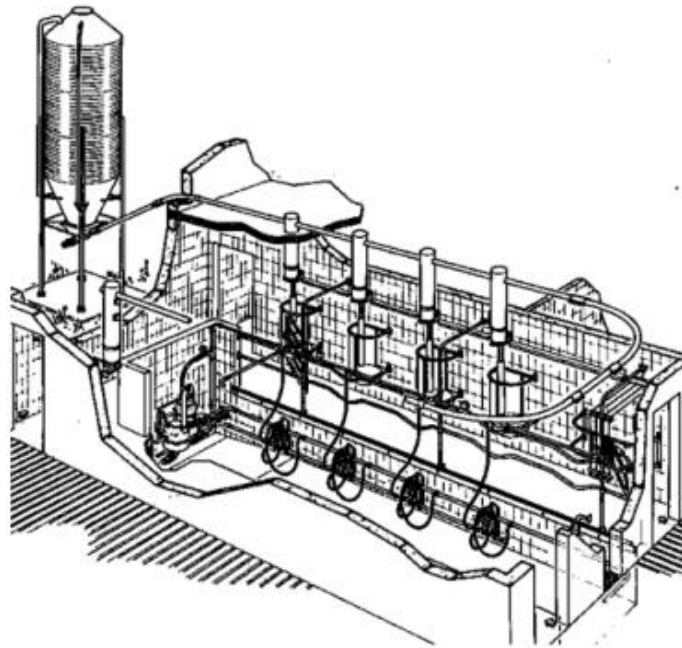


Рисунок 1.13 – Кормові бокси на доїльній майданчику фірми «Westfalia»



Рисунок 1.14 – Кормові бокси всередині ферми фірми «Westfalia»

Автоматизована подача кормів за допомогою апарату MR2000 здійснюється через програмне забезпечення Feeder2, що керує шнековим дозатором. «Westfalia» пропонують спеціалізовані автоматичні системи для подачі різних комбикормів, регульовані через систему CODATRON Dairyplan (рис. 1.15).

Апаратами проводиться як надоювання, так і роздача корму в індивідуальному режимі на великих підприємствах. Кожна тварина оснащена електронним чіпом, що дозволяє їй отримувати унікальний ідентифікаційний

номер. Для точного дозування кормів у годівниці встановлюються спеціальні дозуючі пристрої, які взаємодіють із керуючими системами.

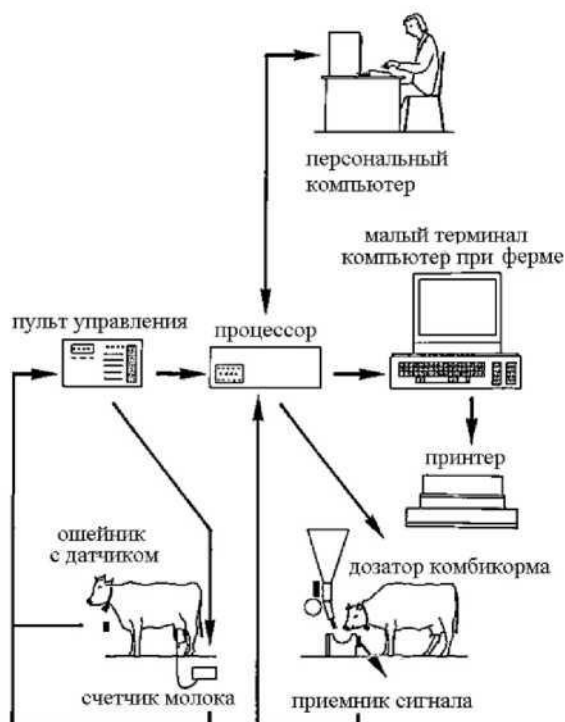


Рисунок 1.15 – Схема керування дозованою видачею комбікормів

Кількість комбікорму, що видається тварині, визначається лактаційною фазою, обсягами надоїв, якісними характеристиками кормової суміші, сезону та ін. Компанія Де Лаваль розробляє кормові станції (рис. 1.16) моделей FSC40 і FSC400, що забезпечують точне дозування комбікорму та мінеральних добавок для кожної тварини. Вони дозволяють коровам отримувати індивідуально підібраний корм, залежно від їх стадії лактації та надоїв, забезпечуючи порційну подачу корму з урахуванням індивідуальних потреб. Підключення до процесора роздачі кормів FP204X дозволяє повністю автоматизувати процес годівлі [2].

Компанія Lely daily equipment виробляє альтернативи кормовим станціям, зокрема мобільні моделі кормороздавачів (рис. 1.17). Мобільна станція LelyCosmixM, яка працює на сонячних батареях, дозволяє забезпечити корів на випасі концентрованими кормами цілодобово.



Рисунок 1.16 – Кормостанція фірми Де Лаваль



Рисунок 1.17 – Мобільна станція роздачі концентрованих кормів LelyCosmix M

Робочим органом моделей усіх фірм є дозуючий пристрій. Найпоширенішими є об'ємні дозатори, хоча також застосовуються вагові системи («Oswald», «SproutOlden», «Bulker», «Саймон Барон», «Toledo» тощо).

Перевагою вагових дозаторів є їх високоточність з відхиленням в межах 0,05 % до 3,0 %. Однак їхня дорожочінність, спричинена використанням

підсилювачів, перетворювачів сигналів, апаратури для фіксації та використання високотехнологічних компонентів, робить їх менш популярними. До того ж, вони є низьконадійними, що обмежує їх застосування.

1.3.2. Дозатори сухих концентрованих кормів для корів

За конструктивними особливостями пристрої для дозування поділяються на тарілчастими або дисковими (рис. 1.18), які найчастіше використовуються для внесення гранульованих засобів підживлення рослин або для їх висівання. Згідно технологічного процесу роботи установок матеріал надходить безперервно до тарілкового робочого органу з послідуочим скиданням до козирку за допомогою скребкового механізму. Однак їхні мінуси включають велику залежність від фізико-механічних властивостей матеріалу та обмежену характеристику кутового моменту при обертанні робочого органу [9].

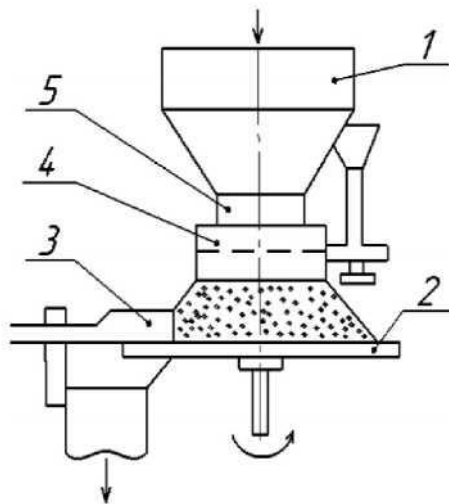


Рисунок 1.18 – Тарілчастий дозатор: 1 – бункер; 2 – тарілка; 3 – скребок; 4 і 5 – рухливий і нерухомий патрубкі

Дозувальні пристрої побудовані на основі шнекового валу (рис. 1.19) мають дещо простішу конструкцію у порівнянні з попереднім типом, та менш

вибагливі до фізико-механічних параметрів матеріалу, проте через особливості регулювання отримали складніший привідний механізм установки.

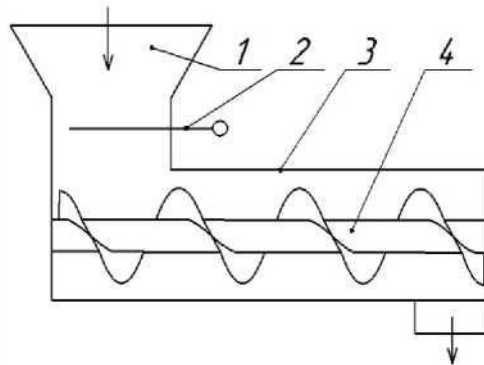


Рисунок 1.19 – Шнековий дозатор: 1 – бункер; 2 – заслінка; 3 – корпус; 4 – шнек

Дозувальні пристрої робочим органом якого є транспортувальна стрічка можуть розподіляти матеріал як за об'ємним так і за ваговим параметром (рис. 1.20).

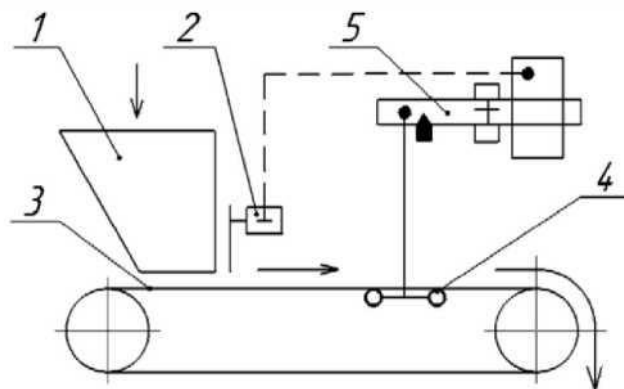


Рисунок 1.20 – Стрічковий дозатор: 1 – приймальний бункер; 2 – блок управління заслінкою; 3 – стрічка; 4 – датчик маси; 5 – балансири

У першому виконанні матеріал надсилається із живильного бункеру через відкриту засувку на рухому транспортерну стрічку, яка переміщує матеріал до місця призначення. Керування заслінкою відбувається за допомогою тензометричного датчику, який монтується безпосередньо під транспортерною стрічкою та керує електричним приводом заслінки у

реальному часі

Основними недоліками цих дозаторів є висока енергоємність під час частих зупинок стрічки та відносно низький рівень точності розподілення матеріалу.

Дозувальні пристрої вібраційної дії (рис. 1.21) функціонують за рахунок високочастотних коливань жолобу, що підвішений на рухомих опорах. Дозатори вібраційного типу дозволяють забезпечити високу точність і стабільність кінематичних параметрів часток матеріалу при його переміщенні вздовж робочого органу.

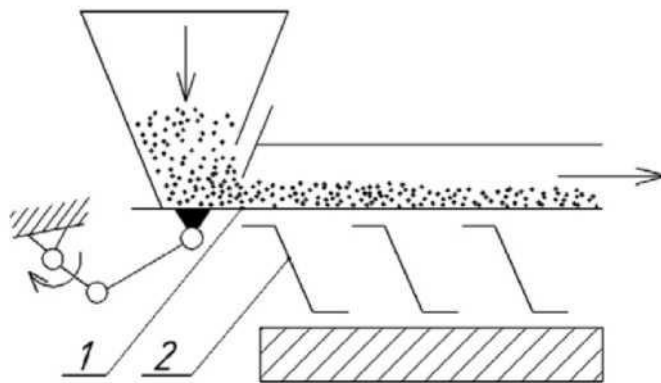


Рисунок 1.21 – Схема вібраційного дозатора: 1 – лоток, 2 – гнучка опора

Вібраційні дозатори мають просту і надійну конструкцію, без обертових елементів, що робить їх компактними і негабаритними.

Вібраційні дозатори не мають у своїй конструкції обертових деталей та складних трансмісійних механізмів, тому мають просту конструкцію та надійну конструкцію. Недоліками вказаного типу дозатору є регулярна необхідність заміни засобів захисту від вібрації та постійне оновлення захисного шару жолоба.

Барабанні дозатори (рис. 1.22) забезпечують постійну подачу корму з незмінною щільністю дозованого комбікорму. Розподілення матеріалу досягається за рахунок механічного спонукання порцій корму, що надсилається до барабану з лопатями через вікно завантаження, та

відвантаження через протилежне відносно руху матеріалу вікно вивантаження. Оскільки отвори та розміри лопатей незмінні, то дозатор подібного типу може працювати тільки з матеріалом певного гранулометричного складу на який він підбирався. Іншими недоліками є низька точність дозування, висока металоємкість.

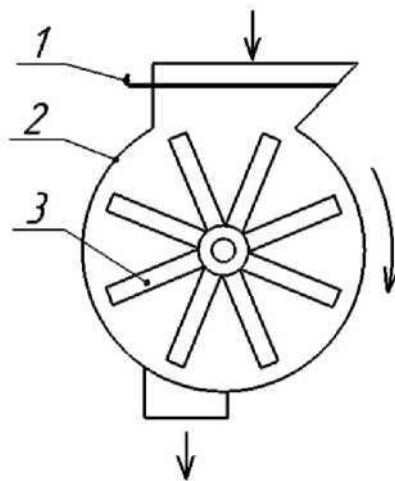


Рисунок 1.22 – Барабанний дозатор: 1 – заслінка; 2 – корпус; 3 – лопатевої барабан

Характеристики та стандарти, яких мають дотримуватись пристрої для подачі кормосумішей, визначаються з урахуванням потреб тваринництва. Відхилення у кількості виданого корму для однієї тварини за добу не повинно перевищувати 5%. Втрати корму мають бути обмежені до 1%, а непоправні втрати виключаються.

Усі пристрої для подачі кормів мають певну неточність у роботі, яка повинна відповідати встановленим стандартам у галузі тваринництва. Рівень похибки вказується у технічній документації обладнання. Наприклад, для шнекового механізму ДК-10 відхилення становить $\pm 5\%$, для тарілчастих пристроїв – $\pm 3\%$, а для вагових систем – менш ніж $\pm 1\%$.

Проведений аналіз дозуючих пристроїв виявив, що вони здатні забезпечити відповідність нормативам у разі подачі сухих кормових сумішей. На точність роботи впливають наступні характеристики:

1. Особливості, пов'язані з властивостями кормових матеріалів: густина, вага в об'ємі, опір зміщенню в масі, швидкість деформації матеріалу під навантаженням, розмір частинок тощо.

2. Особливості, пов'язані з конструкцією та роботою пристрою: швидкість руху корму й елементів механізму, розмір перерізу подачі, конструктивний тип дозатора та його робочі показники.

Відповідно до вимог, що обґрунтовують необхідність точного розподілу комбікорму, сформулюємо ключові характеристики, яким повинні відповідати пристрої для дозування:

– Забезпечувати мінімальні відхилення в кількості виданого корму, дотримуючись встановлених стандартів тваринництва.

– Мати універсальність для роботи з різними типами кормових сумішей.

– Легко й оперативно налаштовуватись для зміни об'єму подачі.

– Підтримувати стабільність точності незалежно від змін у властивостях матеріалу.

– Забезпечувати безперервність функціонування.

– Запобігати втратам корму, його розшаруванню та зниженню харчової цінності.

– Працювати з мінімальним шумовим рівнем.

– Простота очищення від залишків матеріалу після використання.

– Швидко окуповуватись.

– Відрізнятися низьким енергоспоживанням і економічністю у використанні.

– Підходити для монтажу в різних типах господарських приміщень.

– Мати малу матеріалоемність у конструкції.

– Підтримувати автоматизоване управління.

Висновки до розділу 1

Досвід і результати численних досліджень підтверджують, що

збалансоване й регламентоване харчування корів є ключовим фактором для досягнення високої продуктивності та збереження здоров'я тварин. Найвищі показники виробництва молока забезпечуються за умов індивідуальної подачі кормів.

Швидкість споживання концентратів залежить від їх форми: 1 кг сипучого корму засвоюється за 180 с, в гранулах – за 120 с, а рідкого – лише за 60 с.

Вивчення існуючих конструкцій і технологій, що використовуються для розподілу комбікормів, показало, що об'ємні механізми мають найбільший потенціал з точки зору відповідності вимогам тваринництва та економічної доцільності.

Однак, пристрої, які застосовуються на сучасних молочно-товарних фермах для подачі концентратів, не зовсім відповідають підвищеним стандартам щодо точності дозування та якості роздачі кормів.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПІРАЛЬНОГО ДОЗАТОРА СИПКИХ КОРМІВ

2.1. Обґрунтування і опис конструктивно-технологічної схеми дозатора

Класифікація наявних технічних рішень для розподілу сухих кормів показують, що найбільш відповідними сучасним вимогам є механізми, здатні працювати на фермах, у зонах доїння, а також при утриманні корів у стійлах із використанням маломобільних роздавачів. Такі пристрої задовольняють вимоги ефективності, точності й економічної доцільності.

Компоновка дозуючих пристроїв має враховувати спосіб утримання тварин і забезпечувати зручний доступ корів до годівниць, а також полегшувати обслуговування, ремонт, очищення та дезінфекцію. Для зменшення витрат робочого часу важливо, щоб подача корму відбувалася автоматизовано.

Головними компонентами систем подачі комбікормів є дозуючі пристрої, від якості роботи яких залежить продуктивність молочного виробництва. Серед існуючих рішень найбільш перспективними є шнекові механізми та їх різновиди, зокрема спіральні-гвинтові системи.

У конструкції спіральні-гвинтових дозаторів можна виділити ключові вузли:

- Бункер для прийому – служить для накопичення корму, необхідного для подальшої подачі.
- Завантажувальна секція – забезпечує подачу корму зі зберігача до робочого механізму.
- Приводний механізм – приводить у рух всю систему.
- Корпус – утримує корм під час транспортування.
- Спіральний елемент – переміщує матеріал до зони вивантаження.
- Вивантажувальний вузол – направляє корм до годівниць, часто

доповнений спеціальними направляючими.

– Механізм регулювання подачі – дозволяє змінювати норму видачі залежно від потреб.

Особливості конструкції і функціонування цих вузлів залежать від властивостей корму, таких як вага в об'ємі, розміри частинок, рівень вологості та інші характеристики, які чинять вплив на переміщення і подачу матеріалу.

На основі проведеного аналізу було розроблено конструктивно-технологічну схему пристрою для дозування корму. Запропонований спіраль-но-гвинтовий дозуючий пристрій (рис. 2.1) містить такі основні елементи:

- Циліндричний корпус 1.
- Завантажувальна секція 2, через яку матеріал надходить у внутрішню частину корпусу.
- Розвантажувальний отвір 3, призначений для направленої подачі корму до годівниць.
- Спіральний елемент 4, що здійснює переміщення корму від зони завантаження до виходу.
- Приводний механізм 5, який забезпечує обертання спіралі, приводячи систему в дію.

Ця конструкція дозволяє забезпечити рівномірну подачу корму, мінімізувати втрати й адаптувати роботу пристрою до різних умов експлуатації.

Принцип роботи дозатора полягає в наступному: комбікорм із бункера 2 під дією гравітації потрапляє до корпусу 1. У середині корпусу матеріал захоплюється обертовою спіраллю 4, яка приводиться в рух приводним механізмом 5. Спіраль переміщує корм уздовж корпусу до розвантажувального отвору 3, звідки він подається до годівниць.

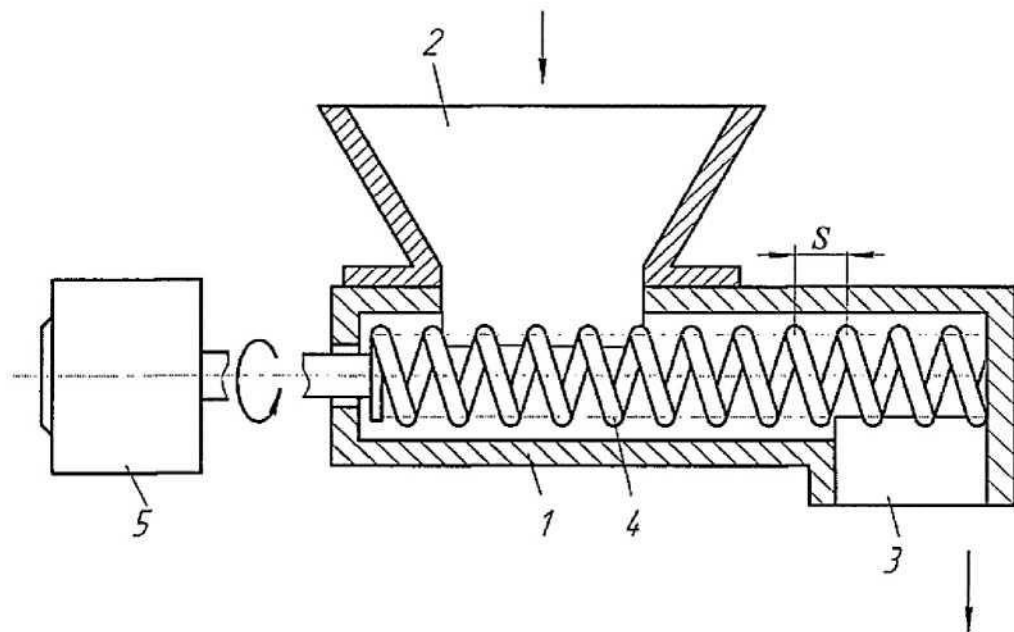


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема експериментального дозатора: 1 – циліндричний кожух; 2 – завантажувальний бункер; 3 – вивантажувальна горловина; 4 – гвинтова спіраль; 5 – привід

2.2. Теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів спірально-гвинтового дозатора

Приведемо основні стадії роботи дозуючого пристрою:

1. Подача матеріалу: комбікорм вивільняється з бункера і заповнює простір між витками спіралі.
2. Переміщення корму: за рахунок обертання спіралі матеріал транспортується вздовж внутрішньої поверхні циліндричного корпусу.
3. Розвантаження: корм виводиться з корпусу через розвантажувальне вікно для подальшого спрямування до годівниці.

Кожен із цих етапів забезпечує безперервність і рівномірність роботи дозатора.

2.2.1. Процес витікання сипкого матеріалу з бункера і заповнення межвиткового простору спіралі

Наповнення гвинтової конструкції кормом відбувається завдяки постійному потоку речовини, яка рухається під дією гравітації. Для аналізу процесу наповнення простору між витками спіралі можна застосувати концепцію суцільних речовин. Виходячи з цієї концепції, робимо такі припущення:

1. Процес моделювання таких матеріалів передбачає уявлення їх як масу дрібних елементів однакових розмірів, що щільно прилягають один до одного. Розміри окремих частин значно менші за загальний обсяг речовини, що дозволяє трактувати її як суцільний об'єкт. Важливо підкреслити, що у разі застосування ємностей великого об'єму тиск всередині може бути значним, а густина матеріалу прагне до величини, притаманної його елементам.

2. Під час переміщення матеріалу його маса не змінюється. Проте на старті процесу розвантаження частина підтримки всередині резервуара втрачається, що змінює тиск на речовину. Це викликає зниження її щільності через розшарування, і з часом вона наближається до найменшого рівня. Після завершення процесу склад може змінювати свій об'єм, стискаючись чи розширюючись, залежно від початкових умов густини та зовнішнього впливу. Якщо вивантаження триває безперервно, його щільність залишається сталою.

3. Фізичні характеристики розсипних речовин однакові по всіх напрямках. Переміщення частин цієї речовини спричиняє зміну їхньої організації, і будь-які відхилення від початкового стану викликають формування сил і їх перерозподілу по системі.

Існує гіпотеза, що стосується процесу руйнування структури: при вивантаженні комбікорму з бункера, над його вихідним отвором виникає специфічна форма, що піддається руйнуванню. Частинки, які проходять через цю структуру, під дією сили власної ваги потрапляють у вихідний отвір.

Відповідно, швидкість виведення речовини не пов'язана безпосередньо

з висотою маси матеріалу в ємності. Проте проведені випробування не підтвердили наявності такої структури, тому ця припущена модель залишається без доказів. Сипкий матеріал, що складається з окремих частинок, приймається за тіло, здатне заповнювати простір контейнера і виводитися з нього, схоже на рідину. Проте рівняння для руху цього середовища має змінний, невідомий коефіцієнт, що ускладнює його вирішення. Цей коефіцієнт відповідає за механічні характеристики речовини і може бути розрахований через її варіативність.

Зазвичай процес вивантаження матеріалу з ємності поділяється на два типи: стандартний і гідравлічний. Виведення сипучого продукту з ємності має складну природу. Заповнення частини оболонки, в якій розташована спіраль, відбувається під впливом гравітації з певною швидкістю, яка визначається властивостями речовини та умовами її переміщення.

Виходячи з припущень, коефіцієнт ущільнення речовини в забірній частині спірального дозатора вважається сталим. Для подальших розрахунків використовуватиметься лише середнє значення швидкості вивантаження матеріалу.

Кінець спіралі, що має довжину, рівну цьому отвору, захоплює частки речовини та переміщує їх у корпус. Проріз вікна зазвичай, складає $h = 0,6 \div 0,8D$, при цьому протяжність прорізу завантаження визначається у відповідності до виразу $l_0 = (1,5 \div 2,5)s$, в якому s – відстань між навитками спірального елемента (рис. 2.2).

Встановлено, що зміна довжини вхідного отвору порівняно з оптимальним значенням призводить до збільшення споживаної потужності, зниження ефективності заповнення простору між витками спіралі та, відповідно, до зменшення подачі матеріалу дозатором Q_D . Швидкість обертання спірального елемента не впливає на протяжність прорізу через який відбувається завантаження матеріалу.

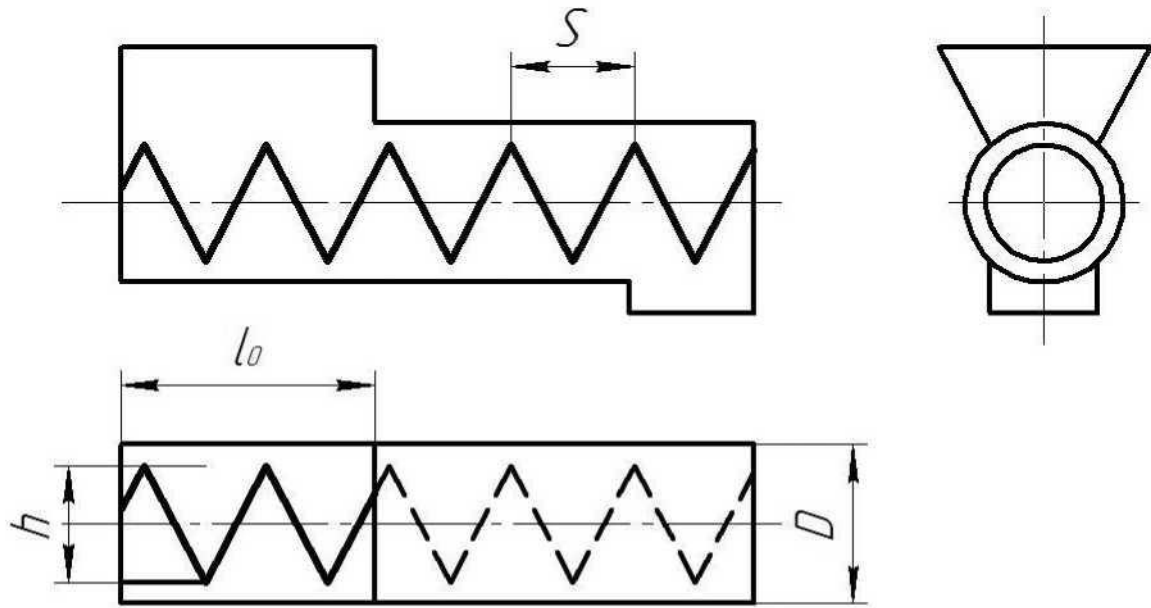


Рисунок 2.2 – Схема спірального дозатора

З теоретичної точки зору, оптимальний розмір вхідного отвору l_0 можна розрахувати, враховуючи параметри механізму: n, D, s . Враховуючи наведене вище, нормальне функціонування пристрою досягається за умови виконання наступної рівності:

$$Q_0 \geq Q_d, \quad (2.1)$$

де Q_0 – це максимальна кількість матеріалу, що може проходити крізь який відбувається завантаження дозатору:

$$Q_0 = \mu \cdot \gamma \cdot g \cdot v \cdot F_0, \quad (2.2)$$

де μ – параметр, який відображає відношення фактичної кількості вивантаженого сипкого матеріалу до його максимально можливої кількості за певних умов роботи системи;

γ – фізична характеристика, яка визначає масу сипучої речовини, що припадає на одиницю її об'єму, включаючи порожнини між частками, кг/м^3 ;

v – показник, що визначає обсяг або масу матеріалу, який проходить через випускний отвір за одиницю часу, залежно від властивостей речовини та умов

вивантаження, м/с;

F_0 – розмір поверхні поперечного перерізу завантажувального отвору, через який матеріал надходить із бункера, м².

Сукупний коефіцієнт витрати речовини обчислюється за формулою:

$$\mu = \sqrt{2} \lambda \cdot \frac{\lambda_1}{3}, \quad (2.3)$$

де λ і λ_1 – сталі, що визначають швидкість виведення речовини, залежать від густини, розміру гранул і діаметра отвору, через який здійснюється подача.

Темп виходу розсипної речовини через подаючий отвір.:

$$v = \sqrt{\frac{gR_r}{f}}, \quad (2.4)$$

де R_r – ефективний радіус прямокутного вхідного отвору, який визначається як відношення площі перерізу отвору до його змоченого периметра, м;

f – стала, яка характеризує опір, що виникає при русі частинок матеріалу одна по відношенню до іншої в межах однієї маси, що визначає рівень тертя між частинками матеріалу.

Величина R_r розраховується у відповідності до виразу:

$$R_r = \frac{F_0}{L}, \quad (2.5)$$

де L – протяжність вхідного отвору, м.

Припустимо, що $R_r = 0,8D$, тоді:

$$R_r = \frac{0,4 \cdot D \cdot l_0}{0,8 \cdot D + l_0}, \quad (2.6)$$

А Q_d відповідно розраховуються за наступним виразом:

$$Q_d = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot s \cdot \psi \cdot n \cdot \gamma \cdot k_v}{240}, \quad (2.7)$$

в якому ψ і k_v – Параметри, що визначають ефективність заповнення простору матеріалом та швидкість його переміщення.

При умові рівності виразів (2.2) та (2.7) будемо мати:

$$\gamma \cdot g \cdot \mu \cdot v \cdot F_0 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot s \cdot \psi \cdot n \cdot \gamma \cdot k_v}{240} \quad (2.8)$$

Застосувавши показник (2.6) до виразу (2.4) представивши відстань між навитками через його діаметр, а саме $s = c \cdot D$, отримаємо вираз (2.8) у наступному вигляді:

$$\frac{1,28 \cdot l_0^2}{9} \cdot \frac{0,8 \cdot l_0 \cdot g}{f(0,8 \cdot D + l_0)} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{c \cdot D \cdot n}{60} \cdot \psi \cdot k_v \quad (2.9)$$

Виконавши математичні спрощення вираз набере наступного вигляду:

$$g \cdot l_0^3 = 15 \cdot 10^{-4} (0,8 \cdot D + l_0) \cdot (c \cdot n \cdot \psi \cdot k_v)^2 \cdot D^2 \cdot f \quad (2.10)$$

Розв'язок цього кубічного рівняння відносно l_0 дозволяє визначити потрібну довжину завантажувального отвору, з урахуванням специфічних характеристик спіраль-гвинтового дозатора.

Рисунок 2.3 ілюструє динаміку впливу співвідношення периметру прорізу завантаження до діаметру накопичувальної ємкості від швидкості обертання шнека при різних параметрах s .

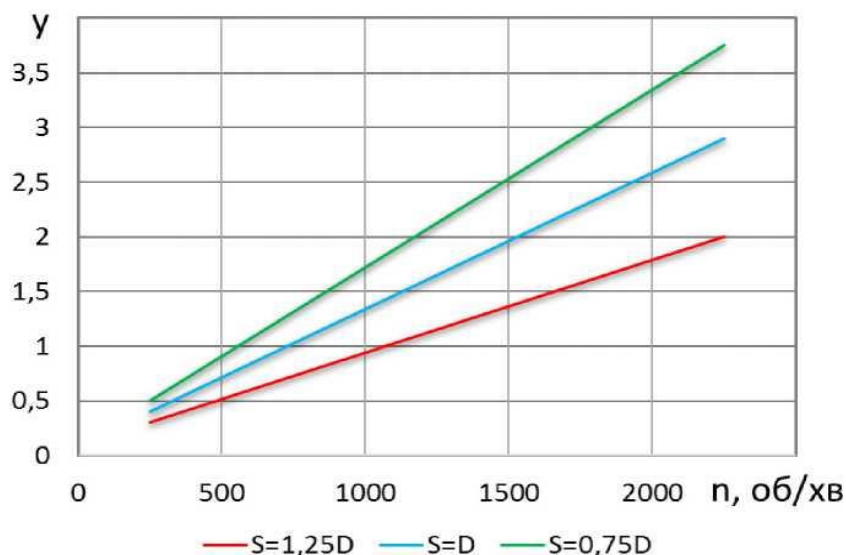


Рисунок 2.3 – Зміна відношення довжини завантажувального вікна до діаметру кожуха $z = \frac{l_0}{S}$ в залежності від частоти обертання спіралі для різних значень кроку $S = 0,75D$, $S = D$, $S = 1,25D$

Рисунок 2.4 ілюструє динаміку зміни співвідношення периметру

завантажувального прорізу та відстані між навитками шнеку залежно від кутової швидкості обертання робочого органу.

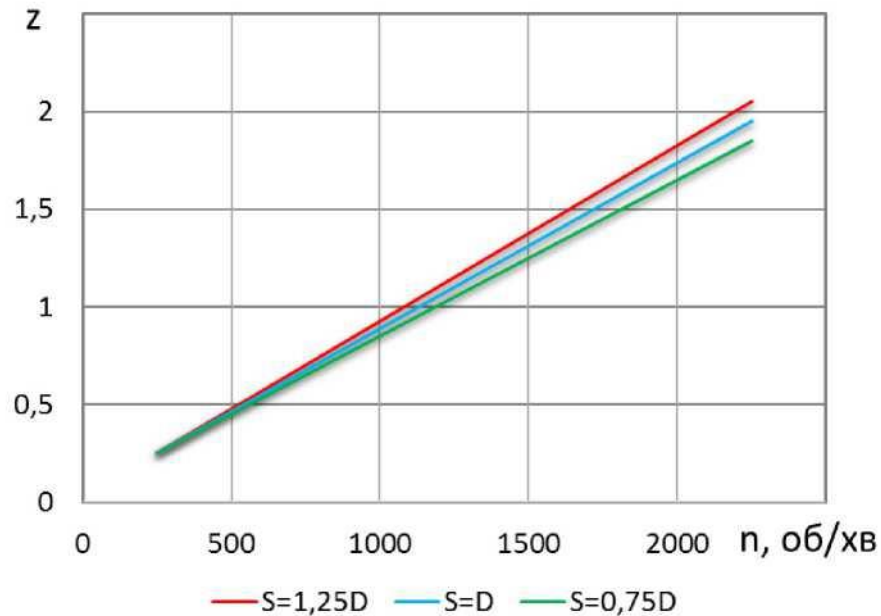


Рисунок 2.4 – Зміна відношення довжини завантажувального вікна до кроку спіралі $z = \frac{l_0}{S}$ в залежності від частоти обертання спіралі для різних значень її кроку $S = 0,75D$, $S = D$, $S = 1,25D$

Отримані у графічному вигляді (рис. 2.4) дані описує вираз:

$$l_0 = (1,37 \cdot 10^{-3} \cdot n - 0,05) \cdot s. \quad (2.11)$$

Отриманий вираз дозволяє виконати розрахунок периметру розвантажувального отвору дозатора з точністю, що придатна до практичного застосування для подальшого вивчення.

2.2.2. Залежність подачі спірального транспортера від кутової швидкості спіралі

В теорії принципи роботи робочого органу описуються наступним виразом:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot s \cdot \psi \cdot n \cdot \gamma \cdot k_v}{240} = \pi \cdot D^2 \cdot v_{cp} \cdot \psi \cdot \gamma \cdot k_v =$$

$$= \pi \cdot D^2 \cdot \omega r \cdot \sin \alpha \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}}{n} \cdot \psi \cdot \gamma, \quad (2.12)$$

де D – діаметральний розмір дозатора;

α – ухил відносно горизонту;

ω – величина, що описує швидкість обертального руху і визначається як відношення кута повороту до часу, за який цей поворот відбувся;

r – радіальний розмір шнеку;

ψ – показник, що характеризує ступінь заповнення об'єму або перерізу робочого елемента матеріалом відносно його максимальної місткості;

γ – характеристика, що визначає вагу корму на одиницю його загального об'єму, включаючи проміжки між частками;

$$\beta = 90^\circ - (\alpha + \beta)$$

φ – кут, що характеризує опір ковзанню матеріалу по спіральній поверхні шнеку, град.

Відповідно до рівняння (2.12), подача спірального транспортера змінюється прямо пропорційно кутовій швидкості обертання спіралі при сталих значеннях інших факторів, що на неї впливають, а отже продуктивність роботи СГД може виражатись через функції залежності ω :

$$Q_{cp} = a_2 \omega, \quad (2.13)$$

$$v_{cp} = a_1 \omega, \quad (2.14)$$

де a_1, a_2 – величина, яка описує відношення зміни певного параметру роботи дозатору до кута, під яким ця величина змінюється.

Зазначені вище співвідношення обчислюються для заданих характеристик спірального транспортера за допомогою статистичного методу мінімальних квадратів. Для значень $D_K = 0,04$ м, $\alpha = 20^\circ$, $\varphi = 56^\circ$ вплив швидкості обертання шнеку на швидкість переміщення матеріалу описує вираз:

$$v_{zMcp} = 0,029 \cdot \omega \quad (2.15)$$

а його графічне представлення на рисунку нижче.

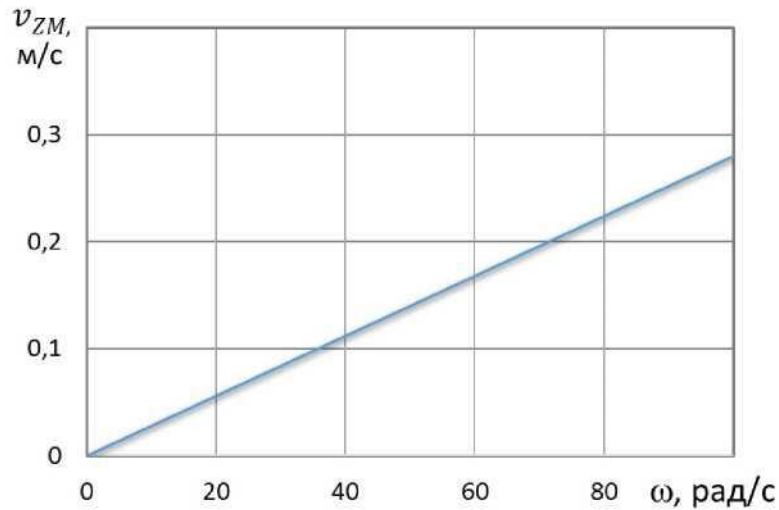


Рисунок 2.5 – Залежність середньої осьової швидкості корму v_{zMcp} від кутової швидкості спіралі ω

Попередні дослідження науковців показують, що зв'язок між подачею і кутовою швидкістю має параболічний вигляд. Це обумовлено тим, що з підвищенням швидкості обертання спіралі та, відповідно, матеріалу, який перебуває безпосередньо між суміжними навитками, зростають відцентрові сили, які перешкоджають вивантаженню корму через завантажувальний отвір. Вищі швидкості спіралі ускладнюють процес забору корму в його вхідній частині і перешкоджають його поступальному руху всередині корпусу. Коли досягається певний критичний рівень швидкості обертання, корм рівномірно розповсюджується по кожуху, утворюючи постійний потік, рухаючись із сталою швидкістю, і внаслідок цього відцентрові сили залишаються незмінними для всіх частинок корму на однакових відстанях від осі.

Для утворення сталого циліндричного шару сипкого матеріалу необхідні певні умови, які показано на рисунку 2.6:

$$P_{ц} \leq mg, \quad (2.16)$$

де $P_{ц}$ – сила відцентрової дії, Н;

m – вага частки, кг.

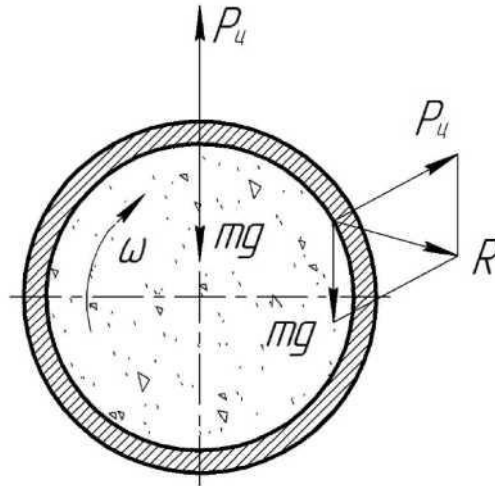


Рисунок 2.6 – Схема до визначення критичної кутової швидкості спіралі

При відсутності відділення окремих гранул матеріалу з сипкої маси в найвищій точці, то в інших точках це також не відбудеться. Відцентрова сила, що діє на частинки, може бути обчислена за допомогою наступного рівняння:

$$P_{ц} = \frac{m\omega^2 r \sin^2 \alpha}{\sin^2(\alpha + \beta)} \cos^2 \beta. \quad (2.17)$$

При підстановці (2.17) в (2.16) маємо:

$$\frac{\omega^2 r \sin^2 \alpha \cos^2 \beta}{\sin^2(\alpha + \beta)} \leq g \rightarrow \omega_{кр} \leq \sqrt{\frac{g}{r}} \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha \cdot \cos \beta}. \quad (2.18)$$

Найменша швидкість обертання робочого органу, що потрібна для утворення безперервної кільцевої маси сипкого матеріалу буде зменшуватись зі зростанням діаметру шнеку та відстані між його сусідніми навитками. При досягненні певного значення кутової швидкості $\omega_{кр}$ припиняється самопливне заповнення міжвиткового простору дозатору під дією сили тяжіння, а її подальше збільшення веде до мінімізації коефіцієнту, а отже і продуктивності. Тобто параметр $\omega_{кр}$ є оптимальним показником для роботи дозатору при якому зберігається його ефективна робота за найвищої швидкості обертання робочого органу.

2.2.3. Подача спірального дозатора при дискретному дозуванні

В попередніх дослідженнях науковців, які вивчали роботу СГД описується його робота як перебіг безперервного переміщення матеріалу. У цьому випадку продуктивність (подача) СГД можна описати наступною загальною рівнянням:

$$Q = V \cdot \frac{v_0}{s}, \quad (2.19)$$

де V – об'єм матеріалу, що переміщує дозатор, м. куб;

v_0 – компонента швидкості гранул матеріалу, яка напрямлена вздовж осі обертання, м/с;

Наведену вище залежність можна записати як:

$$Q = k_{\pi} \cdot F_k \cdot v_c \cdot \gamma_0, \quad (2.20)$$

де k_{π} – показник ефективності роботи дозатору;

F_k – площа перерізу корпусу дозатору, м²;

v_c – середнє значення швидкості, з якою матеріал переміщується вздовж осі руху, м/с;

γ_0 – характеристика, що визначає вагу корму на одиницю його загального об'єму, включаючи проміжки між частками, т/м³.

Формулу (2.20) представимо у вигляді:

$$Q = 450 \frac{\omega \pi d^2}{D} \left(D^2 - \frac{d_{\text{пр}}^2}{\sin \alpha} \right) \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \sin \beta_{\text{ср}}}{\sin(\alpha_p + \beta_{\text{ср}})} \cdot \gamma_0, \quad (2.21)$$

де $d_{\text{пр}}$ – діаметр робочої лопаті із проволоки, м;

α_p – кут підйому шнеку, град;

$\beta_{\text{ср}} = 90^\circ - (\alpha_p + \beta_{\text{ср}})$.

Застосувавши деякі алгебраїчних перетворення, рівняння набуває такого вигляду:

$$Q = 150 \frac{\pi d^2}{D} \left(D^2 - \frac{d_{\text{пр}}^2}{\sin \alpha} \right) \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos(\alpha_p + \beta_{\text{ср}})}{\cos \alpha_p} \cdot \gamma_0. \quad (2.22)$$

При аналізі процесу переміщення кормового матеріалу спірально-гвинтовим транспортером з кількома вивантажувальними секціями, було отримано таке рівняння:

$$Q = \frac{\pi}{4} \left(D^2 - \frac{d_{\text{пп}}^2}{\sin \alpha} \right) v_{z\text{Мср}} \cdot \psi \cdot \gamma_0 = \quad (2.23)$$

$$= \frac{\pi}{4} \left(D^2 - \frac{d_{\text{пп}}^2}{\sin \alpha} \right) \omega r \sin \alpha \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}}{n} \cdot \psi \cdot \gamma_0.$$

Усі параметри окрім швидкості обертання робочого органу, що включені до рівнянь, задаються конструктивними рішеннями пристрою та залишаються незмінними при всіх режимах його роботи. При проведенні лабораторних і натурних випробувань слід оцінювати результати дозування за один такт (оберт), оскільки при застосуванні електричного рушія можуть виникати похибки пов'язані із зміною фізико-механічних характеристик матеріалу, різною його однорідністю, вологістю, тощо.

2.2.4. Робочий об'єм дозатора в окремих випадках

Функціонування СГД можна характеризувати через об'єм матеріалу, що подається за крок:

$$V = \pi r^2 s (1 - \sqrt{1 - \psi}) \ln \operatorname{ctg} \frac{\alpha + \varphi}{2}. \quad (2.24)$$

Цей вираз справедливий лише для ідеалізованого переміщення сипучого матеріалу, який передбачає рівномірний і прямолінійний його переміщення в кожусі. Проте, у реальних умовах рух сипкого матеріалу часто має нелінійний характер через різні фактори.

Наприклад, коли різниця між діаметрами шнека та кожуха значно перевищує розміри частинок, які переміщуються, порція матеріалу, яка переміщується за крок, має трапецеїдальну форму. У такому випадку, матеріал може частково «провалюватися» у технологічний зазор, а сила, яка передає

рух, стає менш однорідною. Цей фактор змінює ефективність подачі і веде до необхідності коригування формули для визначення об'єму транспортуваного матеріалу.

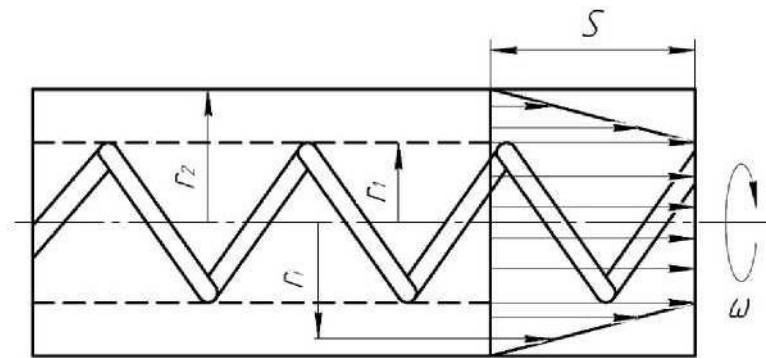


Рисунок 2.7 – Схема руху матеріалу в спіраль-гвинтовому дозаторі і розподіл відносних об'ємів для низькооборотної спіралі

У межах « r_1-r_2 » диференціація переміщення товщі корму залежно від його віддалі від осі обертання робочого органу описується виразом:

$$s_i = \frac{s(r_i - r_2)}{(r_1 - r_2)}, \quad (2.25)$$

де r_i – і-а товщина матеріалу, що переміщується;

r_1 – діаметр шнека;

r_2 – радіус внутрішнього перерізу корпусу.

Вираз нижче описує витрату матеріалу через гіпотетичну площу ds , яка має найменш можливі розміри:

$$dV = s_i ds, \quad (2.26)$$

де s_i – радіальний коефіцієнт;

ds – переріз найменш можливого шару матеріалу, що переміщується вздовж осі обертання шнеку.

Отримаємо теоретичний об'єм переміщення кормового матеріалу за один очерт робочого органу крізь поперечний переріз кожуха шляхом інтегрування попереднього виразу:

$$V = 2\pi \int_0^{r_2} s_i(r)rdr = 2\pi s \left[\int_0^{r_1} rdr + \frac{1}{r_1 - r_2} \int_{r_1}^{r_2} (r_1 - r_2)rdr \right]. \quad (2.27)$$

Та отримаємо:

$$V = \frac{\pi s}{3} (r_2^2 + r_2 \cdot r_1 + r_1^2). \quad (2.28)$$

Цікаве спостереження полягає в тому, як змінюється розподіл, якщо врахувати рух не тільки сипучих, а й несипучих продуктів всередині спіралі. При застосуванні навитків малого діаметру виявляється, що комбікорм, навіть без участі витоків, просувається під впливом поступального впливу і гравітації до вивантажувального отвору. Однак, коли діаметр спіралі збільшується, швидкості переміщення матеріалу перерізом дозатору починають коливатись, і в центральній частині спіралі може виникнути так звана «мертва зона», що має вигляд стрижня з комбікорму.

З практичної точки зору, рівність $r_1 = r_2$ запобігає утворенню активного шару матеріалу в центральній частині, що дозволяє уникнути «мертвої зони». Це важливо для досягнення більш ефективного і рівномірного транспортування матеріалу через всю довжину спіралі.

При значному перевищенні діаметру шнека розмірами часток кормового матеріалу, його розподілення описується схемою, що наведена нижче (рис. 2.8). У цьому випадку переміщення матеріалу на ділянці $r_1 \div r_2$ відбувається за сталою швидкістю, тобто $s_i = s = const$, тоді як на ділянці « $0-r_1$ » шляхи переміщення можна визначити через рівняння ділянки CD , що проходить через $C(s; r_1)$, та $D(k_s; 0)$.

Рівняння цієї прямої можна отримати з урахуванням того, що $x = s_i$, а $y = r$:

$$\frac{s_i - k_s}{s - k_s} = \frac{r}{r_1}. \quad (2.29)$$

Товщина матеріалу відрізка CD на ділянці « $0-r_1$ » запишеться рівнянням:

$$s_{iCD} = \frac{S}{r_1} [r(1 - k) + r_1 k], \quad (2.30)$$

де k – стала, яка характеризує об'ємні зміни матеріалу.

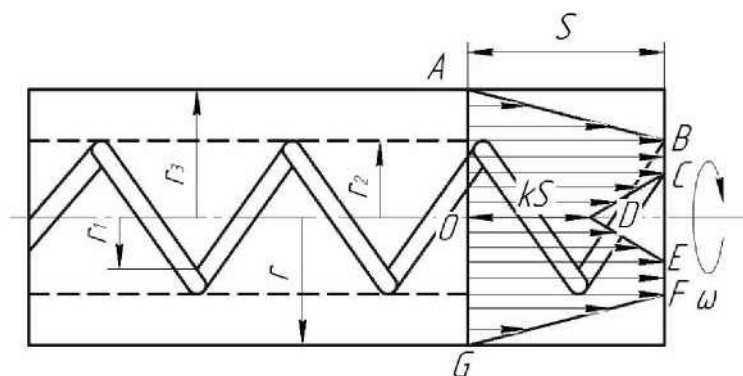


Рисунок 2.8 – Розподіл матеріалу в поперечному перерізі спірального дозатора

Координати точок A і B є наступними: $A(0; r_3)$, $B(s; r_2)$. Тоді, на ділянці « $r_2 - r_3$ » товщина матеріалу запишеться:

$$\frac{s_i - 0}{s - 0} = \frac{r - r_3}{r_2 - r_3}, \quad (2.31)$$

тоді:

$$s_{iAB} = s \frac{r - r_3}{r_2 - r_3}. \quad (2.32)$$

Інтегруванням розглянутих ділянок можна отримати кількість корму, що транспортується за один крок спіралі:

$$V = \frac{\pi S}{3} [(r_3^2 + r_3 \cdot r_2 + r_2^2) - (1 - k)r_1^2]. \quad (2.33)$$

Варто підкреслити, що наведені формули можуть бути застосовані лише за умови повного заповнення робочого органу (відсутності порожніх проміжків між елементами матеріалу).

2.3. Розрахунок потужності на привід дозатора

Для розрахунку споживаної потужності (N , кВт) робочого органу, що розташований горизонтально або під нахилом до 20° , використовується така

формула:

$$N = \frac{Q}{367 \cdot \eta} (L_{\text{п}} \cdot w + H) K_1, \quad (2.34)$$

де η – коефіцієнт корисної дії;

$L_{\text{п}}$ – переміщення комбікорму в горизонтальній площині, м;

H – переміщення комбікорму в вертикальній площині, м;

w – коефіцієнт, що характеризує опір переміщення матеріалу робочим органом (комбікорму $w = 1,2$, міндобрив $w = 2,5$);

K_1 – коефіцієнт тертя матеріалу підшипників ($K_1 = 1,2 \dots 1,7$).

При нахилі робочого органу понад 20° має бути враховано коефіцієнт K_2 (табл. 2.1):

$$N = \frac{Q}{367 \cdot \eta} (L_{\text{п}} \cdot w + H) K_1 K_2. \quad (2.35)$$

Таблиця 2.1 – Значення поправочного коефіцієнта K_2

Кут нахилу дозатора β , град	25	30	35	40	45
Поправочний коефіцієнт K_2	1,05	1,13	1,2	1,32	1,4

Двигун має мати наступну потужність:

$$N_{\text{дв}} = K_{\text{п}} \frac{N}{\eta_{\text{пер}}} \quad (2.36)$$

де $\eta_{\text{пер}}$ – коефіцієнт корисної дії;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що враховує можливі перевантаження ($K_{\text{п}} = 1,3 \dots 1,5$).

Висновки до розділу 2

В результаті вивчення принципу роботи дозуючого робочого органу було отримано формули для знаходження його конструктивно-режимних характеристик, серед яких: швидкість транспортування матеріалу; протяжність завантажувального вікна; критична частота обертання спіралі;

подача дозатора; обсяг порції, яка транспортується за крок; потужність дозатора.

Дослідження також показали, що для точного застосування цих формул потрібні додаткові дані, зокрема фізичні і механічні характеристики суміші, особливості конструкції робочого органу тощо. Окрім того, для точнішого визначення параметрів, таких як швидкість транспортування комбікормів та кількість матеріалу за крок, необхідно доповнювати теоретичні розрахунки експериментальними методами.

З метою підвищення ефективності роботи дозатора було визначено оптимальні параметри робочого органу.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПІРАЛЬНОГО ДОЗАТОРА

3.1. Програма та методика експериментальних досліджень

3.1.1. Програма та обладнання

В попередньому розділі встановлено чинники, які мають вплив на його продуктивність та якісне функціонування. Також були визначені ключові конструктивно-технологічні параметри пристрою. Проте окремі характеристики, які входять до складу виявлених залежностей, мають складності в своєму теоретичному визначенні. Саме цим спричинена необхідність експериментального підтвердження теоретичних досліджень з додатковим визначенням величин, які не було враховано в теоретичних розрахунках.

Дослідження великої кількості факторів дозволяє виявити критерії оптимізації, а також спланувати наступні кроки для вдосконалення конструкції дозатора. Це дає змогу покращити, зокрема, міцнісні характеристики та підвищити економічну ефективність.

В програму включено наступні кроки:

1. Опис запропонованої конструкції;
2. Розрахункове дослідження процесу дозування за допомогою запропонованої конструкції;
3. Експериментальні перевірки запропонованої конструкції;
4. Дослідження на основі теорії вірогідностей.

Запропонована конструкція спірально-гвинтового дозатора зображена на рисунку 3.1.

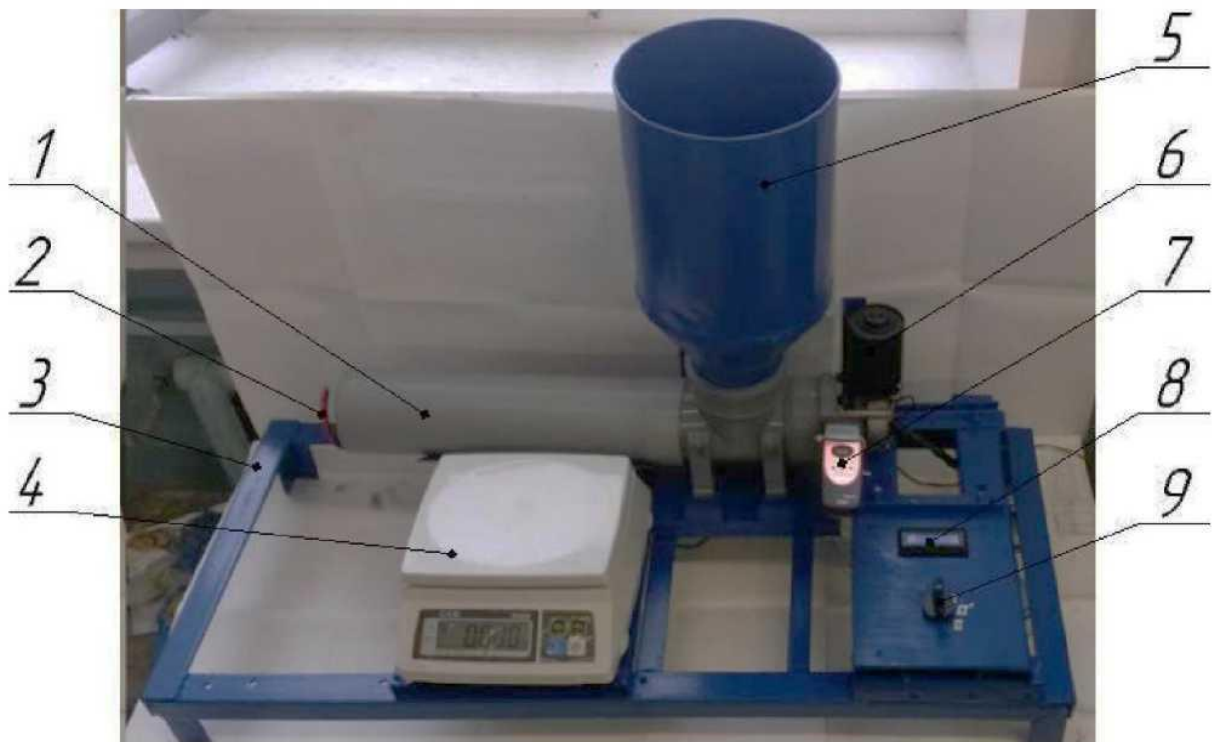


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд експериментальної лабораторної установки: 1 – циліндричний корпус; 2 – спіраль; 3 – рама; 4 – ваги CAS SW-05; 5 – бункер з завантажувальною горловиною; 6 – моторедуктор; 7 – тахометр; 8 – амперметр; 9 – перемикач

Органами спірального механізму для подачі матеріалів є рухомий гвинт і корпус, причому гвинт з'єднується з приводом через муфту. Для оцінки роботи системи були створені та протестовані різновиди гвинтів. Характеристики основних частин пристрою наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри робочих органів дозатора

Діаметр спіралі d , мм	Профіль смуги, мм	Крок спіралі s , мм	Зазор b , мм	Довжина спіралі l , мм
49	4 x 12	0,75d; 1d; 1,25d	2,0	600 ± 50

Застосування приводу з мотором і ексцентриковим механізмом

забезпечує можливість вивчення роботи системи у двох форматах: тривалого подавання матеріалу (неперервний режим) та точного контролю обсягу через кількість обертів гвинта (покроковий).

3.1.2. Визначення подачі дозатора і похибки дозування

Після заповнення бункера пристрою при стабільних умовах експлуатації здійснювалося відмірювання заданого обсягу матеріалу. Вага порції комбікорму фіксувалася за допомогою електронних ваг CAS SW-05. Експеримент включав зміну характеристик дозатора для підтвердження теоретичних припущень.

Алгоритм надсилання матеріалу встановлено формулою (2.19), а його похибка відповідно до виразу нижче:

$$\delta = \frac{|G_p(t) - G_{зад}|}{G_{зад}} 100, \quad (3.1)$$

де $G_p(t) - G_{p(r)}$ – кількість матеріалу, що надсилається кг;

$G_{зад} = Q$ – затверджений об'єм, що надсилається, кг.

Приведена формула після математичних операцій набуває наступного вигляду:

$$\delta = \frac{Q_{p(r)} - Q}{Q} 100. \quad (3.2)$$

Розгляд формул (3.2) та (2.19) показує, що точність подавання безпосередньо пов'язана з кількістю матеріалу, що транспортується одним обертанням гвинтового механізму. Обсяг поданого матеріалу Q можна визначити двома способами: а) розрахунковим методом; б) за середньою масою порцій.

3.1.3. Визначення споживаної потужності на дозування комбікормів

Потужність $N_{дв}$ приводного двигуна, яка складається з потреби в

безпосередньому переміщенні матеріалу, та при роботі без навантаження N_{xx} , розраховується наступним чином:

$$N_{дв} = N_{доз} + N_{xx}. \quad (3.3)$$

З урахуванням коефіцієнтів розрахуємо загальну потужність приводного двигуна, що потребує процес транспортування та розподілення кормового матеріалу:

$$N_{доз} = N_{дв} \cdot \eta_p - N_{xx} \cdot \eta_{xx} = I_p \cdot U_p \cdot \eta_p - I_{xx} \cdot U_{xx} \cdot \eta_{xx}, \quad (3.4)$$

де I_p – сила струму на приводі редуктора під час корисної роботи, А;

U_p – напруга на приводі редуктора під час корисної роботи, В;

I_{xx} – сила струму на приводі редуктора при роботі без навантаження, А;

U_{xx} – напруга на приводі редуктора при роботі без навантаження, В;

η_p – ККД приводного рушія при виконанні корисної роботи;

η_{xx} – ККД рушія при роботі без навантаження.

До розрахунку прийнято ККД $\eta_p = 0,9$ при безпосередньому виконанні роботи двигуном постійного струму, та $\eta_{xx} = 0,75$ при його роботі без навантаження.

3.2. Методика планування експерименту і визначення раціональних параметрів дозатора

Розрахунок теоретичних параметрів роботи дозатора проводився за формулою 2.21. Оцінка якості подавання корму складалася з таких етапів:

1. Визначення відхилення середнього об'єму дози корму, що транспортується одним обертанням гвинтового механізму, від теоретичних розрахунків;

2. Експериментальне дослідження впливу конструктивних характеристик пристрою на стабільність подавання;

3. Оцінювання об'єму матеріалу, що транспортується одним обертанням гвинтового механізму;

4. Аналіз рівномірності подавання;
5. Вимірювання споживаної енергії.

Цей підхід дозволяв оцінити основні параметри роботи спірального механізму для подавання концентрованих кормів залежно від змінних факторів.

Дослідження процесу роботи пристрою та параметрично-режимна оптимізація здійснювалися із використанням методів експериментального проектування. Застосована методика базувалася на принципах планування багатофакторних експериментів. Математичне моделювання об'єкта дослідження виконувалося через регресійний аналіз, що дозволяло створити математичний опис процесу у вигляді відповідної моделі:

$$y(t_i) = b_1 \cdot f_1(t_1) + b_2 \cdot f_2(t_2) + \dots + b_n \cdot f_n(t_n), \quad (3.5)$$

де $y(t_i)$ – кількісна характеристика ефективності;

$b_1 \dots b_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують регресійні процеси в ході експерименту;

$f_1(t_1) \dots f_n(t_n)$ – функції, що представляють залежність між змінними параметрами.

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j, \quad (3.6)$$

де b_0, b_i – коефіцієнти регресії при виділених лінійних членах;

n – загальне число лінійних ефектів;

x_i, x_j – кодоване значення фактора;

b_{ij} – ефекти взаємодій.

Якщо лінійні рівняння не дають достатнього опису, застосовуються рівняння другого порядку для моделювання майже сталого стану. У такій ситуації основний вплив мають параметри при квадратних членах та взаємодії. Формулювання математичної моделі другого порядку буде мати такий загальний вигляд:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i + \sum_{i>j}^n b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} \cdot x_i^2. \quad (3.7)$$

3.3. Результати експерименту

Знаходження питомої продуктивності та точності дозування спіральньо-гвинтовим механізмом проводиться за допомогою розсипчатих висівок. Вплив конструктивних характеристик механізму на процес дозування аналізується на основі спіралей різних варіантів. Процес подавання матеріалу здійснювався як у покроковому режимі, так і в неперервному (за тривалістю роботи пристрою) режимах. Узагальнені дані дослідження наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Фактори, рівні їх варіювання і результати експерименту

№ дос- лід	n, хв ⁻¹	s	N _{рх} , Вт	Q _о , г/об	δ _о , %
1	60	0,75d	44	16,8	1,25
2	60	1d	42	26	1,13
3	60	1,25d	43	30,1	1,68
4	90	0,75d	43	23,2	0,28
5	90	1d	41	29,9	1,63
6	90	1,25d	42	36,2	1,13
7	120	0,75d	43	25,5	1,139
8	120	1d	42	33,7	1,34
9	120	1,25d	40	40,6	1,77

Опрацювання результатів дослідження виконувалось з використанням програмного забезпечення STATISTIKA.

$$N_{px} = 50,0329 - 1,36111 \cdot s - 0,486806 \cdot n - 0,88888 \cdot s^2 + 0,011111 \cdot n^2; \quad (3.8)$$

$$Q_0 = 156,365 - 1,0439 \cdot s - 2,73544 \cdot n - 60,0533 \cdot s^2 + 1,76 \cdot s \cdot n + 0,01382 \cdot n^2; \quad (3.9)$$

$$\delta_0 = 2,48729 - 6,1198 \cdot s + 2,91556 \cdot s^2 - \quad (3.10)$$

$$-0,140667 \cdot s \cdot n + 0,01382 \cdot b^2.$$

Після занесення отриманих експериментальних даних сформовано графічне представлення регресії.

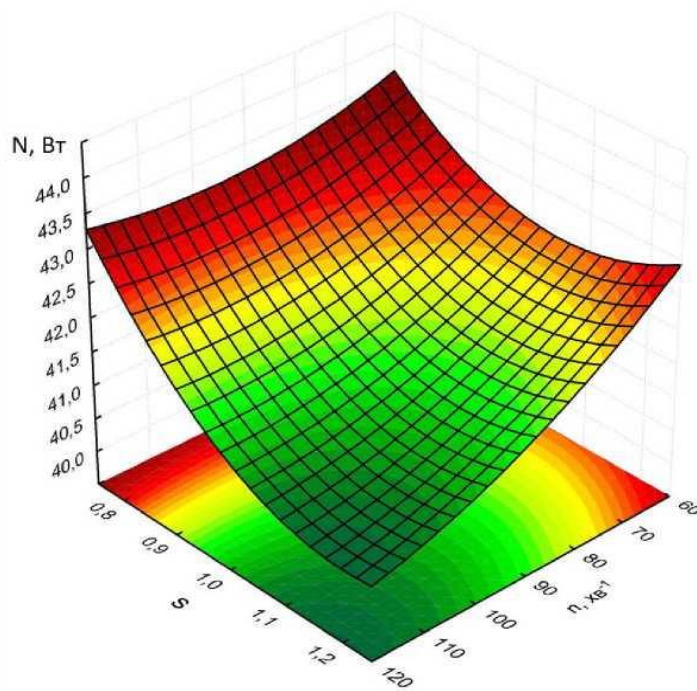


Рисунок 3.2 – Поверхня відгуку що характеризує залежність потужності приводу від частоти обертання і кроку спіралі

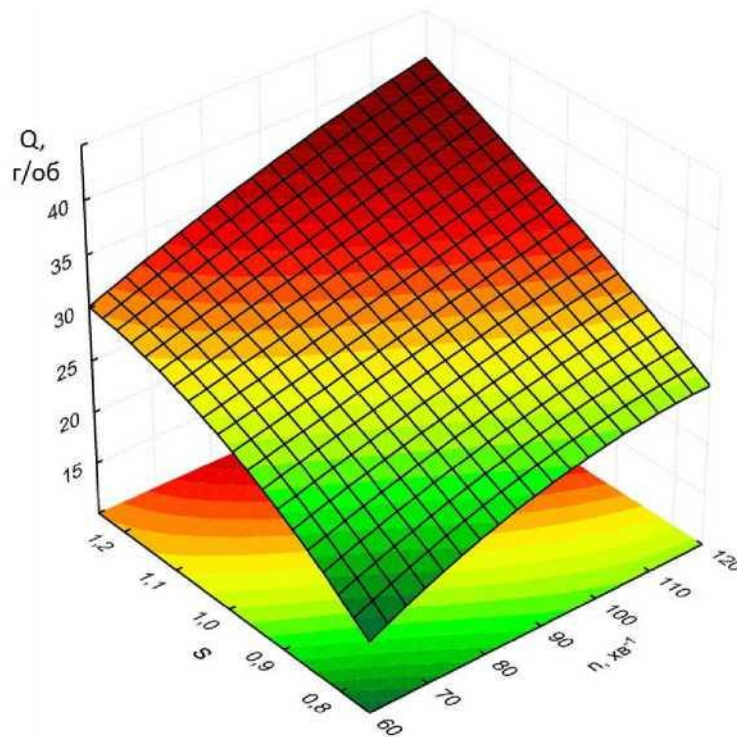


Рисунок 3.3 – Поверхня відгуку що характеризує залежність питомої подачі від частоти обертання і кроку спіралі

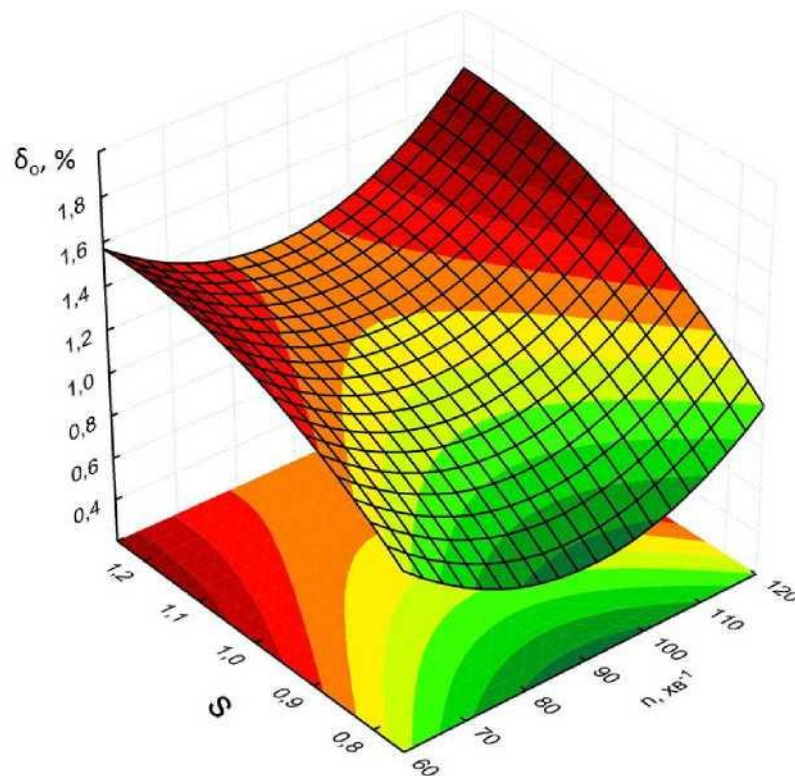


Рисунок 3.4 – Поверхня відгуку що характеризує залежність нерівномірності дозування від частоти обертання і кроку спіралі

Графічний результат вказує, що найменша потужність, яка потребується (N_{px}) сягає 40,2 Вт при параметрах $s = 1,25d$ та $n = 120 \text{ хв}^{-1}$, а найбільше споживання встановлено на рівні 42,5 Вт при $s = 0,75d$ та $n = 60 \text{ хв}^{-1}$.

Відповідно до отриманих графічних даних встановлено, що одиничний показник надсилання матеріалу зростає із збільшенням швидкості обертання валу та зменшенням відстані між навитками шнеку в діапазоні $16,8 \div 42,5 \text{ г/об.}$, та досягає максимального значення при параметрах $s = 1,25d$ та $n = 120 \text{ хв}^{-1}$. Показник рівномірності надсилання матеріалу найнижчий за параметрів $s = 0,75d$ та $n = 90 \text{ хв}^{-1}$ та сягає 0,78%.

В ході експериментальних випробувань встановлено, що найвища продуктивність надсилання корму в 42,5 г/оберт відбувається за максимальному показнику нерівномірності 1,76 %

Висновки до розділу 3

1. На основі проведених випробувань було встановлено математичні вирази для оцінки енергоспоживання, одиничної продуктивності за одне обертання гвинтової частини та варіативності, що залежать від обертальної швидкості та кроку спіралі. За допомогою цих виразів були створені та досліджені графіки.

2. У випадку покрокового режиму, середня кількість сухого матеріалу, що обробляється за одне обертання гвинта діаметром 49 мм, варіюється від 16,8 до 42,5 грамів, а енергетичні витрати коливаються в межах від 40 до 43,6 ватт. Варіативність дозування складає від 0,78 до 1,76 відсотків.

3. Для забезпечення ефективної роботи системи оптимальними є наступні параметри спіралі: радіус – 24,5 мм, крок – 0,76 від її діаметра і швидкість обертання 90 обертів на хвилину. При таких умовах варіативність дозування не перевищує 2 відсотків від загальної маси обробленого матеріалу.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Основні відомості. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Закони України базуються на забезпеченості кожного громадянина безпечними та здоровими умовами праці, що гарантується статтею 43 Конституції України, яка окреслює основні вимоги до безпеки, санітарії праці та умов виробничого середовища. Документ визначає правила співпраці між роботодавцями та працівниками для забезпечення необхідних умов праці.

Охорона праці являє собою систему заходів, що включає правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні аспекти, що спрямовані на збереження здоров'я людини та її здатності виконувати свої професійні обов'язки. Об'єктом підвищеної небезпеки є місце використання, зберігання та/чи транспортування небезпечних речовин у нормах, більших за допустимі, чи інших об'єктів, які є потенційним джерелом надзвичайних ситуацій різного характеру. У разі розгляду дозатора для видачі комбікорму великій рогатій худобі, робленого в рамках дипломної роботи, можна стверджувати, що він не є таким об'єктом. Проте, на території ферми, зокрема в корівнику, зберігаються матеріали, які можуть спричинити пожежу, такі як солома та сіно. Це підвищує ризик загоряння, яке є небезпечним для персоналу, тварин, приміщень та устаткування тощо, а тому відноситься до техногенних надзвичайних ситуацій.

Під час роздачі кормів у корівнику, відповідно до державного стандарту, оператор може піддаватися впливу різних небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища.

До фізичних факторів відносяться: забруднене повітря в робочій зоні, яке містить шкідливі гази та має підвищену вологість через діяльність тварин; зміни температури поверхні обладнання та матеріалів у разі відсутності систем опалення приміщень; можливість травмування кінцівок оператором при

взаємодії з тваринами; наявність гострих країв, задирок або шорсткості устаткування, з яким взаємодіє персонал; занадто високий рівень напруги в електричній мережі, що може бути джерелом ураження електричним струмом через замикання, особливо при використанні електродвигунів з напругою 220 В.

До біологічних факторів належать продукти життєдіяльності тварин і підстилка, які можуть становити загрозу для здоров'я. Психофізіологічні фактори включають фізичні перевантаження, зокрема при виконанні операцій вручну.

4.2. Вимоги до операторів та засоби їх захисту під час виконання робіт

До роботи з дозатором сипких кормів можуть бути допущені тільки повнолітні особи за умови проходження ними медичного огляду, виробничого навчання, інструктажів з охорони праці (вступний та первинний), а також отримання ними першої кваліфікаційної групи з електробезпеки. Допуск до самостійної роботи здійснюється після стажування під наглядом досвідченого наставника протягом не менше двох змін.

При роботі з дозатором можуть виникати небезпечні та шкідливі фактори, до яких потрібно ставитися з підвищеною обережністю: рухомі механізми, частки корму або сторонні предмети, запиленість, небезпека ураження електричним струмом, можливість утворення вибухонебезпечних сумішей та пожежа. Перед початком роботи оператор повинен перевірити робоче місце, забезпечити герметичність обладнання, підготувати інструменти і засоби захисту, а також оглянути вентиляцію і освітлення. Не дозволяється перевантажувати дозатор і допускати потрапляння сторонніх предметів до нього. У разі заклинювання або виникнення інших несправностей дозатор необхідно терміново зупинити.

Після завершення роботи потрібно відключити електроживлення,

очистити обладнання і робоче місце від залишків корму, перевірити стан підлоги і вжити необхідних заходів безпеки. У випадку виявлення ознак аварії одразу слід припинити роботу обладнання, відключити електроенергію та покинути небезпечну зону, попередивши інших працівників.

Для забезпечення захисту оператора від шкідливих та небезпечних факторів, що можуть виникнути під час роботи, необхідно застосувати як організаційні, так і технічні заходи.

До організаційних заходів належить своєчасне проведення відповідних інструктажів. Всіма прийнятими на роботу працівниками має бути пройдено вступне інструктування, що проводить відповідальний фахівець з охорони праці. Безпосередньо перед виконанням обов'язків на робочому місці має бути проведено первинний інструктаж, який два рази на рік дублюється у вигляді повторного інструктажу. Позаплановий та цільовий інструктажі проводяться без жорстко визначеної періодичності у відповідності до потреби.

Слід окремо зупинитися на технічних заходах захисту персоналу під час роботи з дозатором. Серед таких виділяють захисні огороження на устаткуванні, які захищають від травмування його рухомими елементами; захисні вимикачі, які автоматично спрацьовують у разі виникнення електричного замикання, для уникнення ураження струмом; засоби захисту органів слуху, які захищають від ураження у випадку перевищення рівня шуму; засоби захисту дихальних шляхів, в тому числі справні вентиляційні системи, які дозволяють уникнути ураження забрудненим повітрям (небезпечним чи шкідливим газом).

4.3. Алгоритм дій при виникненні надзвичайної ситуації

Надзвичайна ситуація характеризується виникненням загрози для життя та здоров'я великої кількості людей, суттєвим погіршенням екологічного стану навколишнього середовища, значними майновими чи грошовими втратами, зупинкою діяльності підприємства у повному чи частковому обсязі.

Надзвичайні ситуації можна класифікувати на природні, техногенні та соціальні, зокрема у випадку сільськогосподарського виробництва найбільш імовірною є техногенна ситуація, така як пожежа. Якщо виникає пожежа, кожен працівник має діяти за наступним планом:

- терміново сповістити керівника робіт, пожежну охорону та підняти тривогу за допомогою сирени або іншого звукового сигналу;
- викликати необхідні аварійні служби та почати гасити пожежу доступними засобами (вогнегасником, піском тощо);
- під час гасіння пожежі слід ізолювати горючі матеріали від кисню, охолоджуючи їх, і стежити за тим, щоб не виникли інші небезпечні фактори (вибухи, обвали тощо);
- при загорянні електропроводів відключити лінію від електричного струму або обрубати проводи за допомогою інструментів з сухою дерев'яною ручкою, вживаючи технічні засоби безпеки, наприклад, гумові рукавички або дерев'яну підставку;
- організувати евакуацію та по можливості убезпечення майна.

Посадова особа, що першою прибуде на місце події, повинна:

- впевнитися в тому, що відповідні аварійні служби та керівник установи сповіщені про виникнення пожежі;
- організувати евакуацію людей, якщо це необхідно, та забезпечити безпеку тих, хто не бере участь у ліквідації пожежі;
- за необхідності припинити роботу на об'єкті (окрім заходів з пожежогасіння);
- знеструмити устаткування та приміщення загалом, перевіривши при цьому наявність електричного живлення систем пожежогасіння;
- зустріти бригади аварійних служб та допомогти їм знайти найкоротший шлях до джерела загоряння та пожежних резервуарів.

Висновки до розділу 4

У розділі визначено чинники, що можуть бути небезпечними або шкідливими для персоналу при його роботі з дозатором. Сформульовано вимоги до операторів та засоби їх захисту при виконанні своїх обов'язків. Викладено алгоритм дій при настанні аварійної ситуації.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

До порівняння приймається технологічний етап надсилення комбикормів при вирощуванні великої рогатої худоби у кількості 200 голів з використанням устаткування ГЩД10 заводського виконання та конструктивно-технологічного, що пропонується. Вихідними даними для розрахунків є вартість обладнання, його потужність, питома ефективність, необхідний склад персоналу для експлуатації. Необхідні для економічного аналізу показники наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані

Характеристики	Порівнювані конструкції	
	ГЩД10	пропонована
Кількість дозаторів, шт	1	1
Продуктивність, т/год	0,32	0,32
Потужність, кВт	0,75	0,55
Персонал, люд.	1	1
Добова норма комбикорму, т	0,78	0,78
Балансова вартість дозатора, грн	26900	24200
Витрати на переобладнання, грн	-	4850
Тривалість роботи дозатора, год./добу	2,4	2,4

Зведені витрати на при експлуатації визначаємо відповідно до формули:

$$EB = EB_z + EB_p + EB_a + EB_e, \quad (5.1)$$

де EB_z – заробітна плата персоналу, грн;

EB_p – витрати на утримання устаткування у справному стані, грн;

EB_a – амортизаційні відрахування, грн;

EB_e – оплата електроенергії, грн.

Перший з цих показників становить:

$$EB_3 = ntmf\delta D, \quad (5.2)$$

де n – кількість необхідного персоналу, чол. Прийнято рівним одиниці у обох випадках (табл. 5.1);

t – тривалість роботи. У обох випадках прийнято 2,4 год./добу;

$m = 1$ – кількість змін за добу, шт;

f – годинна тарифна ставка, грн./год. Приймається 8,0 тис. грн (станом на 01.04.24), що у погодинному еквіваленті становить 48 грн/год;

$\delta = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату;

$D = 366$ днів – кількість робочих днів в 2024 році.

Отже з виразу вище, заробітна плата персоналу для обох конструкцій становить:

$$EB_3 = 1 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 48 \cdot 1,22 \cdot 366 = 51439,10 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонтно-обслуговуючі роботи розраховуються наступним чином:

$$EB_p = C \cdot \frac{\beta}{100}, \quad (5.3)$$

де C – балансова вартість дозаторів (табл. 5.1), грн;

$\beta = 11\%$ – норма витрат на ремонтно-обслуговуючі роботи.

За формулою (5.3) відповідно до конструкції отримаємо:

- ГШД10:

$$EB_{pb} = 26900 \cdot \frac{11}{100} = 2959 \text{ грн,}$$

- пропонована:

$$EB_{pp} = 24200 \cdot \frac{11}{100} = 2662 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію становлять:

$$EB_a = C \cdot \frac{\alpha}{100}, \quad (5.4)$$

де $\alpha = 12\%$ – норма амортизаційних відрахувань.

Із наведеного вище відповідно до конструкції отримаємо:

- ГШД10:

$$EB_{аб} = 26900 \cdot \frac{12}{100} = 3228 \text{ грн},$$

- пропонована:

$$EB_{ап} = 24200 \cdot \frac{12}{100} = 2904 \text{ грн}.$$

Затрати на оплату електроенергії становлять:

$$EB_e = NtmDc_e, \quad (5.5)$$

де N – потужність обладнання, кВт (табл. 5.1);

$c_e = 8,08$ грн/кВт.год. – вартість електроенергії для малих не побутових споживачів класу напруги 27,5 кВ і вище, що вводяться в дію з 01 грудня 2024 року.

За формулою (5.5) відповідно до конструкції отримаємо:

- ГШД10:

$$EB_{еб} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 366 \cdot 8,08 = 5323,10 \text{ грн},$$

- пропонована:

$$EB_{еп} = 0,55 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 366 \cdot 8,08 = 3903,61 \text{ грн}.$$

Отже, за формулою (5.1) загальні експлуатаційні витрати відповідно до конструкції становлять:

- ГШД10:

$$EB_{г} = 51439,10 + 2959 + 3228 + 5323,10 = 62949,20 \text{ грн},$$

- пропонована:

$$EB_{п} = 51439,10 + 2662 + 2904 + 3903,61 = 60908,71 \text{ грн}.$$

Таким чином, при впровадженні пропонованої конструкції питома економічна вигода при річній експлуатації складатиме:

$$E = EB_{г} - EB_{п} = 2040,49 \text{ грн}. \quad (5.6)$$

Доцільно розрахувати строк окупності капіталовкладень при впровадженні пропонованої конструкції:

$$T = \frac{K}{E}, \quad (5.7)$$

де K – витрати на переобладнання устаткування, грн (табл. 5.1).

$$T = \frac{4850}{2040,49} = 2,38 \text{ роки.}$$

Результати техніко-економічної оцінки впровадження пропонованого рішення зведено в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність впровадження пропонованого рішення

Показники	Порівнювані конструкції	
	ГШД10	пропонована
Балансова вартість дозатора, грн	26900	24200
Витрати на переобладнання, грн	-	4850
Експлуатаційні витрати, грн, в тому числі:	62949,20	60908,71
- заробітна плата персоналу	51439,10	51439,10
- ремонтно-обслуговуючі витрати	2959	2662
- витрати на амортизацію	3228	2904
- оплата електроенергії	5323,10	3903,61
Річна економія експлуатаційних витрат, грн	-	2040,49
Строк окупності капіталовкладень, років	-	2,38

Висновки до розділу 5

Після виконання аналізу техніко-економічного моделювання конструкторсько-технологічного рішення модифікації дозатора підтвердила її доцільність. При інвестиціях у розмірі 4850,00 грн. на впровадження нової конструкції економічна вигода складе 2040,49 грн./рік, а період окупності складає 2,38 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих конструкцій і технологічних схем дозованої роздачі комбікормів показав, що найбільш перспективними з зоотехнічної та економічної точки зору є об'ємні дозатори. Використовувані на молочно-товарних фермах і комплексах дозатори для видачі концентрованих кормів дійним коровам не в повній мірі задовольняють високі зоотехнічні і техніко-економічні вимоги до якості дозування і роздачі комбікормів.

2. Теоретичні дослідження спіраль-гвинтового дозатора дозволили уточнити вирази для розрахунку режимів та основних параметрів його роботи.

3. Середня подача сухого матеріалу за один оберт спіралі діаметром 49 мм при дискретному режимі роботи змінюється від 16,8 г/об до 42,5 г/об, споживана потужність знаходиться в межах 40–43,6 Вт. Нерівномірність дозування складає 0,78–1,76 %. Оптимальні параметри для якісної роботи спіраль-гвинтового дозатора: діаметр спіралі – 49 мм, крок спіралі $0,75d$ і частота обертання 90 хв^{-1} . При цих параметрах нерівномірність дозування не перевищує 2 % від виданої маси корму, що є в межах зоотехнічних вимог (5 %).

4. На основі нормативної документації, діючих норм, стандартів і правил виявлено потенційно небезпечні фактори для оператора дозатора. Запропоновано заходи та рекомендації щодо безпеки при виконанні робіт.

5. Техніко-економічна оцінка запропонованого конструкторсько-технологічного рішення модифікації дозатора підтвердила її доцільність. При інвестиціях у розмірі 4850 грн на впровадження нової конструкції економічна вигода при її річній експлуатації складе 2040,49 грн у порівнянні із серійними зразками. Окупність інвестицій складає 2,38 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bulatov, S. Yu., Isupov, A. Yu., Nechaev, V. N., Pronin, A. N. (2023). Influence of parameters of a screw dispenser on its dosing accuracy. *Tractors and Agricultural Machinery*, 90(5): 477–486. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-430386>.
2. Bulatov, S. Yu., Pronin, A. N. (2024). Research results of the screw dispenser of dry bulk feed components. *Agricultural science Euro-North-East*, 25(1): 123–133. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.123-133>.
3. Dmytriv, V., Bembenek, M., Banha, V., Dmytriv, I. (2024). Modeling of the efficiency of the centrifugal conical disk dispenser of bulk materials. *Materials* 17(8): 1815. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma17081815>.
4. Dmytriv, V., Dmytriv, I., Gorodnyak, R., Sahan, O. (2021). Simulation of bulk material descent from centrifugal cone disc dispenser. *ISTCIPA*, 55, pp. 43–51. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcipa2021.55.043>.
5. Dörper, A., Gort, G., Veldkamp, T., Dicke, M. (2024). Automatic dispenser of live Black Soldier Fly larvae to feed poultry. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(6): 1063–1075. DOI: <https://doi.org/10.1163/23524588-20230180>.
6. Kalugin, D. S., Kulaev, E. V., Vysochkina, L. I., Danilov, M. V. (2023). Substantiation of the helicoid fertilizer dispenser parameters. *E3S Web of Conferences*, 395, 01003. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339501003>.
7. Kisilov, R., Kropivny, V., Luzan, P., Nesterenko, O. (2023). Design improvement of beaters portioned feed dispenser. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works*. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.101-111>.
8. Lyalin, E. A., Trutnev, M. A. (2018). Improving the accuracy of dosing concentrated feeds with aspiral-screw dispenser. *Rural mechanizer*, 1, 26–27, 29.
9. Lyalin, E. A., Trutnev, M. A. (2018). Discrete method of dosing free-flowing concentrated feed with spiral-screwed feeder. *COMETA 2018 “Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications” Proceedings*, 401–406.

10. Lyalin, E. (2022). Influence of a stopping angle of a spiral coil on the operation of a spiral-screw dispenser. *BIO Web of Conferences*, 52, 00036. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225200036>.
11. Lyalin, E., Trutnev, M., Trutnev, N. (2022). Research of the operating process of the mobile mixed fodder dispenser with a spiral-crewed dosing unit. *BIO Web of Conferences*, 52, 00037. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225200037>.
12. Nikitin, E. A., Kirsanov, V. V., Samarin, G. N., Sidorova, V. Yu. (2024). Improving the technology of feed distribution on dairy farms for cattle. *Agricultural science Euro-North-East*, 25(5): 938–948. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.938-948>.
13. Novoseltseva, M. A., Gutova, S. G., Kagan, E. S. (2022). Modeling spiral dispenser operation based on structural transformations. *Advances in Automation III*, pp. 140–150. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94202-1_14.
14. Rassomakhin, G. K., Yakovlev, N. S., Chernyshov, A. P., Chernykh, V. I. (2023). Investigation of the influence of technological factors on the throughput capacity of the dispenser of a pneumatic sowing machine. *Siberian Herald of Agricultural Science*, 53(12): 104–111. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-12-12>.
15. Sidorova, V. Yu. (2022). Small-sized feed dispenser with optimal parameters for small farms. *Agrarian science*. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-121-125>.
16. Tie, G., Wang, Sh., Chen, Yu., Jiang, Zh. (2024). Spiral feed polishing uniform removal and compensation strategy of sapphire components. *Optics Express*, Vol. 32, Issue 23, pp. 41462–41482. DOI: <https://doi.org/10.1364/OE.539847>.

ДОДАТКИ



ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА
АВТОМАТИКИ
АГРОПРОМИСЛОВОГО
ВИРОБНИЦТВА НААН
України



НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
України



ІНСТИТУТ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА
ПРИРОДНИЧИХ НАУК
НАЦІОНАЛЬНОГО
ДОСЛІДНИЦЬКОГО ІНСТИТУТУ
(Польща)

МАТЕРІАЛИ
ХІІІ-ї Науково-технічної конференції
«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»

01-18 жовтня 2024 року

*У 2024 році конференція відбулася в рамках проведення
XXXI Міжнародної науково-технічної конференції ІМА АПВ НААН
України «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві»*

Глеваха - Київ
2024

УДК 631.171

Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XIII Міжнародна науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 1-18 жовтня 2024 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2024. - 101 с.

В матеріалах конференції коротко викладені основні результати теоретичних та експериментальних досліджень з пріоритетних напрямків розвитку тваринництва та кормовиробництва. Наведені дані про ефективність результатів наукових досліджень та їх виробничої перевірки.

Матеріали розраховані на науковців та здобувачів наукового ступеня.

Організаційний комітет конференції: *Адамчук В.В.*, д.т.н., проф., академік НААН, директор Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України (голова оргкомітету); *Братишко В.В.*, д.т.н., проф., декан механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України (співголова оргкомітету); *Штробель В.Р.*, доктор наук, директор Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Viacheslav Adamchuk*, д.т.н., професор і завідувач кафедри інженерії біоресурсів в Університеті McGill, Канада, (співголова оргкомітету); *Simone Pascuzzi*, д.т.н., професор кафедри агроecологічних та територіальних наук Університету Варі, Італія, (співголова оргкомітету); *Hristo Beloev*, д.т.н., професор Русенського університету, Болгарія, (співголова оргкомітету); *Maroš Korenko*, д.т.н., професор Словацького університету сільського господарства в Нітрі, Словачія, (співголова оргкомітету); *Jüri Olt*, д.т.н., професор агротехніки Естонського університету наук про життя, Естонія, (співголова оргкомітету); *Ребенко В.І.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України (секретар оргкомітету); *Кузьменко В.Ф.*, к.т.н., с.н.с., завідувач лабораторії техніко-технологічних проблем в заготівлі кормів; *Хмельовський В.С.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Ткач В.В.*, к.т.н., с.н.с. завідувач відділу механіки та автоматики біотехнічних систем у тваринництві ІМА АПВ НААН; *Фененко А.І.*, д.т.н., проф., головний науковий співробітник ІМААПВ; *Голуб Г.А.*, д.т.н., проф., професор кафедри тракторів, автомобілів та біоенергосистем НУБіП України; *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща; *Ревенко І.І.*, д.т.н., проф., професор кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Роговський І.Л.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка; *Заболотько О.О.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Сівак І.М.*, к.т.н., доц., доцент кафедри сільськогосподарських машин і системотехніки ім. П.М. Василенка НУБіП України; *Тимова Л.Л.*, к.т.н., доц., доцент кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка НУБіП України.

Рекомендовано до видання:

вченою радою ІМААПВ НААН України (протокол № 15 від «20» листопада 2024 р.);
вченою радою механіко-технологічного факультету НУБіП України
(протокол № 4 від «14» листопада 2024 року)

Адреси для листування:

08631, Київська обл., Васильківський р-н, смт. Глеваха, вул. Вокзальна, 11
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12, к. 11

E-mail: ima.apv.naan@gmail.com, mtf11k@ukr.net, info@animal-conf.inf.ua

Сайт конференції: <http://animal-conf.inf.ua>

© ІМА АПВ НААН України, 2024

© НУБіП України, 2024

Куць О.А., Ревенко Ю.І.	
Методика оцінки якості технічних виробів	78
Новицький А.В.	
Управління надійністю самохідних засобів для приготування і роздавання кормів	81
Гаврилюк Д.В., Заболотько О.О.	
Сучасні засоби для мікроклімату в корівнику	83
Заболотько О.О.	
Мікроклімат та тепловий стрес корів.....	87
Бурлака Н.В., Заболотько О.О.	
Засоби для напування коней	90
Потапова С.Є.	
Технології прецизійного тваринництва в галузі свинарства	93
Данілов М.О.	
Зоотехнічні вимоги до дозування комбікормів дійним коровам	96
Данілов М.О.	
Кратність годівлі і норми видачі комбікормів дійним коровам	98

припускаючи, що системи можуть попередити фермерів за 2-3 години до події.

Датчики тиску, подібні до тих, що використовуються для великої рогатої худоби, у підніжних пластинах можуть виявляти зміни ходи свиней і виявляти випадки кульгавості раніше.

Отже, вже доступна або в стадії розроблення ціла низка технологій, які можуть допомогти покращити добробут, здоров'я та продуктивність свинарської галузі. Багато з них отримали широке розповсюдження, особливо у промислових виробничих системах ЄС завдяки перевагам на рівні індивідуального догляду за кожною твариною, а також значному зменшенню затрат праці, пов'язаних з автоматизацією та роботизацією.



УДК 636.087.7

ЗООТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ДОЗУВАННЯ КОМБІКОРМІВ ДІЙНИМ КОРОВАМ

Данілов М. О. студент, *m3000857@gmail.com*,
Сумський національний аграрний університет

Наукові дослідження доводять, що годівля сільськогосподарських тварин, зокрема великої рогатої худоби, повинна базуватися на їхніх потребах у певних поживних речовинах, мікроелементах та вітамінах [1]. Необхідна кількість кормових матеріалів розраховується з урахуванням виду (групи) тварин, їхнього віку, статі, фізіологічного стану, а також обсягу, кількості та якості отримуваної продукції. Для кожної групи тварин розробляють індивідуальний раціон, збалансований за протеїном, мінералами та вітамінами, який відповідає нормам годівлі. Неналежна годівля, що включає неправильно складений раціон (дефіцит чи надлишок компонентів) та порушення режиму годівлі дійних корів, знижує їх продуктивність, порушує репродуктивні функції та підвищує ризик захворювань.

Прості концентровані корми не здатні повністю забезпечити дійних корів необхідними поживними речовинами, оскільки містять обмежений набір мінералів. Комбікорм являє собою складну, однорідну суміш подрібнених до певної крупності різноманітних кормів та мікродобавок, що дозволяє забезпечити збалансовану й повноцінну годівлю тварин.

Дослідження показують, що введення комбікормів у раціон дійних корів підвищує їхні надої на 10–20 % і знижує витрати кормів для виробництва молока на 7–15 %, що допомагає знизити собівартість продукції. Виробники випускають різні комбікорми, розроблені для конкретних видів тварин з урахуванням їх фізіологічного стану. Використання невідповідного виду комбікорму не забезпечує бажаного ефекту і може негативно вплинути на здоров'я тварин.

Рецептура комбікормів базується на складі раціону тварини. Наприклад, у літній період, коли зелені корми багаті на протеїн, коровам слід давати комбікорми з низьким вмістом протеїну. Дійним коровам зазвичай згодують розсипні концентрати, хоча відомо, що гранульований комбікорм тварини поїдають швидше. Цей аспект варто враховувати при згодовуванні концентрованих кормів у доїльних залах під час доїння.

Гранулювання кормів допомагає скоротити втрати поживних речовин при їх зберіганні та згодовуванні. Згодовування кормів у формі гранул також впливає на процес травлення в рубці, спричиняючи більш повільне утворення аміаку, який мікроорганізми рубця можуть ефективніше використовувати.

Окрім врахування життєвого циклу тварин, варто зазначити, що підвищення інтенсивності годівлі корів молочного напрямку має прямий вплив на ефективність виробництва молока. Так, збільшення обсягу кормів на одну корову з 3500 до 5100 кормових одиниць на рік, зокрема комбікормів з 250 г до 450 г на 1 кг молока, сприяє підвищенню молочної продуктивності з 3000 до 5000 кг, а також зниженню витрат кормів на одиницю продукції з 1,16 до 0,93 кормових одиниць (14 ... 11,25 МДж) [1].

Для корів із річним удоєм 2500–3000 кг витрати сухих концентрованих кормів складають 14–18 % від загальної поживної цінності раціону; для корів із удоєм 4500–5000 кг – 31–36%, а для корів із удоєм 6000 кг і більше – 39–42 %. За рекомендаціями генетиків, у раціоні дійних корів із річним удоєм 8000 кг і більше частка комбікормів у період роздоювання може досягати 60–70 % [1]. Малі дози комбікорму можна роздавати вручну, але для більших обсягів потрібна механізація.

З огляду на вищевикладене, можна зробити такі висновки:

- для підвищення продуктивності молочних корів у раціоні мають бути присутні комбікорми;
- кожній групі корів слід забезпечувати відповідний склад комбікормів;
- важливо нормувати годівлю тварин у зазначених діапазонах із застосуванням механізованих засобів для видачі комбікормів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Дубровин А. В. Технологически оптимальное управление углом наклона неподвижной поверхности движения и взвешивания сыпучей кормовой смеси в потоке // Науковий Вісник НУБІП України, 2015, № 209 (1), С. 112–120.



УДК 636.087.7

КРАТНІСТЬ ГОДІВЛІ І НОРМИ ВИДАЧІ КОМБІКОРМІВ ДІЙНИМ КОРОВАМ

Данілов М. О. студент, *m3000857@gmail.com*,
Сумський національний аграрний університет

При прив'язному утриманні корів основний корм (грубий і соковитий) роздають в однаковій кількості для всієї групи, тоді як концентровані корми – індивідуально, залежно від добового надою молока при контрольному доїнні. Загальний раціон для груп тварин розробляється з урахуванням їх фізіологічного стану та добового удою молока. При годівлі високопродуктивних корів необхідно враховувати поїдаємість комбікормів під час доїння. Відомо, що дійні корови здатні споживати до 2,5 кг розсипного комбікорму і близько 3 кг гранульованого за 8–10 хвилин.

Розподіл комбікормів залежно від періоду лактації (45–60 % у першому періоді) підвищує концентрацію енергії в сухій речовині раціону.

Проте, кратність годівлі (2–3 рази на добу) може знижувати поїдання основного корму. Існують рекомендації щодо різної кратності годівлі дійних корів концентрованими кормами, але оптимальна кратність та інтервали між годівлями досі не встановлені. Тому дослідження для визначення оптимальної кратності та інтервалів між роздачами комбікормів є актуальними.

Досліди проводилися методом латинського квадрата: у першому випадку за схемою 4×4 для вивчення годівлі комбікормами з кратністю 2, 3, 6 та 8 разів на добу, у другому – за схемою 3×3 для дослідження 2,5-, 3- та 4-годинного інтервалу між годівлями. Контрольна годівля проводилася раз на декаду протягом двох днів. Раціон годівлі коригувався двічі на місяць за результатами контрольного доїння.

За результатами досліджень встановлено, що для високопродуктивних дійних корів оптимальна кратність годівлі комбікормами в першу фазу лактації складає до 6 разів на добу, у другу фазу – 3–4 рази, а в третю – 2–3 рази. Максимальна порція комбікормів за одне годування не повинна перевищувати 3 кг. При шестикратній годівлі комбікормами оптимальним є інтервал у 3 години. Рекомендовані норми видачі комбікормів для корів із річним удоєм 4500–6000 кг у різні періоди лактації становлять: 380–410 г на 1 кг отриманого молока в перші 100 днів лактації, 290–360 г у другі 100 днів, і 140–240 г в останню третину лактації.

Оптимальне співвідношення комбікормів і основного корму в раціоні дійних корів представлено на рис. 1, при цьому добовий обсяг комбікормів не повинен перевищувати 12–14 кг.

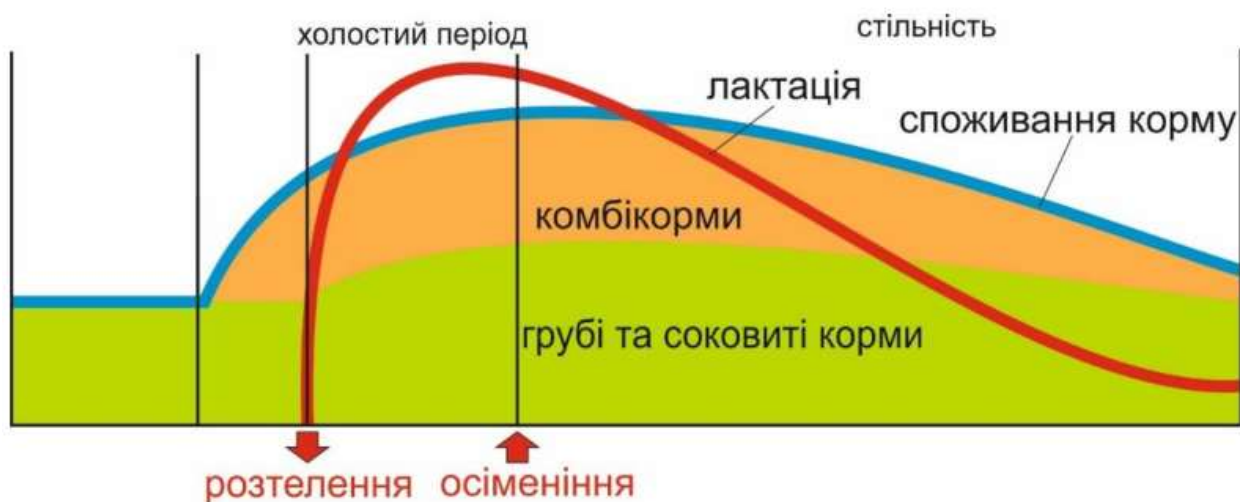


Рисунок 1. Графік роздачі соковитих, грубих і концентрованих кормів

Для забезпечення належної кількості та періодичності годування дійних корів важливо використовувати автоматизовану систему дозування концентрованих кормів.

Проведений аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

- з фізіологічної точки зору індивідуальне дозування комбікормів є найбільш ефективним варіантом;
- залежно від періоду лактації потрібно коригувати обсяг комбікормів у добовому раціоні та кратність годівлі, що сприяє підвищенню продуктивності дійних корів і зниженню собівартості продукції;
- варто визначити технологічну схему та дозатор, які б забезпечували дотримання зазначених вимог.



Наукове видання

Матеріали XIII-ї Науково-технічної конференції
«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»

01-18 жовтня 2024 року

Відповідальні за видання:

В.І. Ребенко, доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України,

В.Ф. Кузьменко, завідувач лабораторії техніко-технологічних проблем заготівлі кормів ІМА АПВ НААН України

Технічний редактор – *О.В. Пономаренко* (ІМА АПВ НААН України)

Інтернет-редактор – *В.І. Ребенко* (НУБіП України)

Підготовка до видання:

відділ механіки та автоматики біотехнічних систем
у тваринництві ІМА АПВ НААН України;

механіко-технологічний факультет НУБіП України

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГВИНТОВОГО
РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ
СИПУЧИХ КОРМІВ

Виконав: Данілов М. О.

Керівник: к.т.н., доц. Воліна Т. М.

Суми – 2024

Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – підвищення точності дозування кормового матеріалу в господарствах, що спеціалізуються на виробництві молочної продукції, шляхом впровадження модернізованого робочого органу шнекового типу та обґрунтування параметрів його роботи.

Об'єктом дослідження є робочий орган шнекового типу, а предметом – вплив його конструктивних параметрів на якість процесу дозування кормової суміші.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз сучасних технологій і конструкцій дозаторів сипких комбікормів.
2. Вивчити роботу спірального дозатора з розробкою аналітичних залежностей для визначення його ключових параметрів.
3. Провести експериментальні дослідження для оцінки впливу конструктивних і режимних факторів спірально-гвинтового дозатора на ефективність його роботи. Визначити оптимальні параметри дозатора.
4. Викласти рекомендації з питань охорони праці.
5. Провести техніко-економічний аналіз ефективності пропонованої конструкції спірального дозатора для сипких кормів.

Аналіз стану ПИТАННЯ

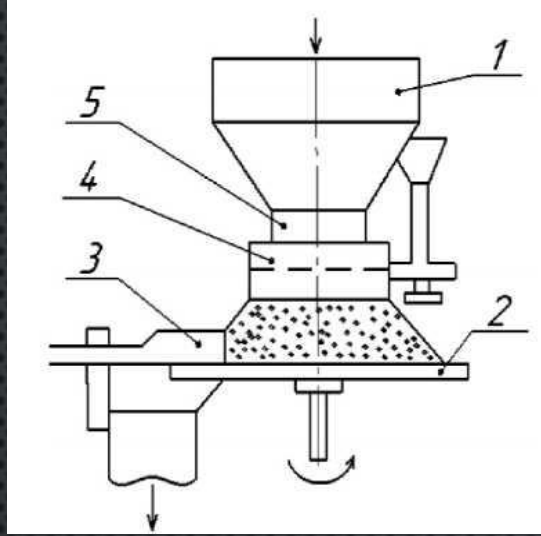


Рисунок 1 – Тарілчастий дозатор: 1 – бункер; 2 – тарілка; 3 – скребок; 4 і 5 – рухомий і нерухомий патрубки

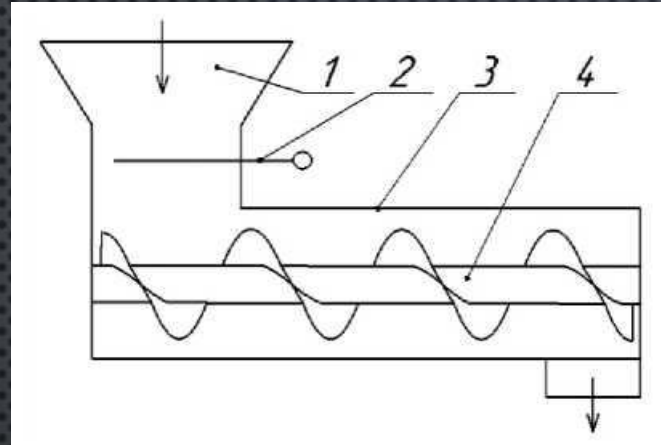


Рисунок 2 – Шнековий дозатор: 1 – бункер; 2 – заслінка; 3 – корпус; 4 – шнек

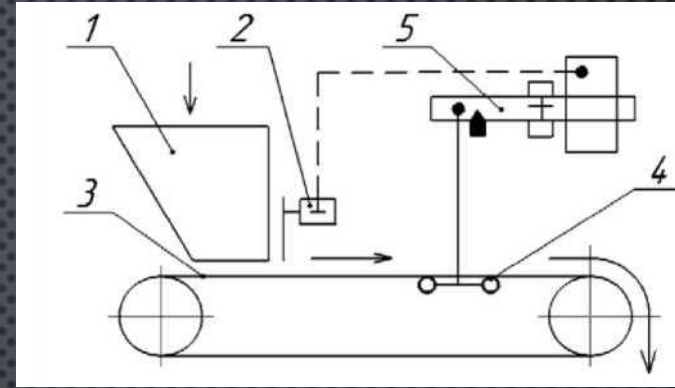


Рисунок 3 – Стрічковий дозатор: 1 – приймальний бункер; 2 – блок управління заслінкою; 3 – стрічка; 4 – датчик маси; 5 – балансир

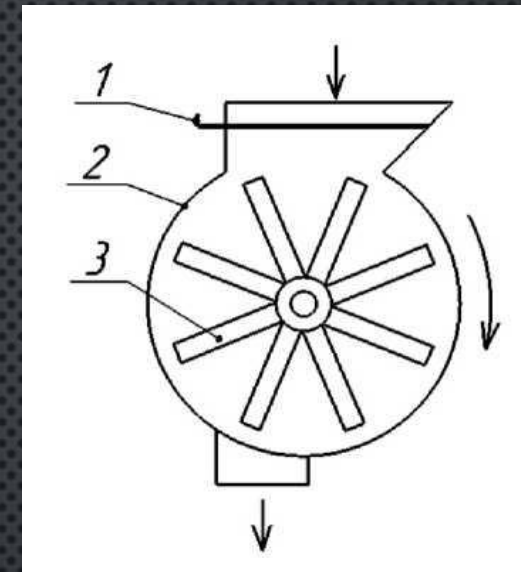


Рисунок 4 – Барабанний дозатор: 1 – заслінка; 2 – корпус; 3 – лопатевий барабан

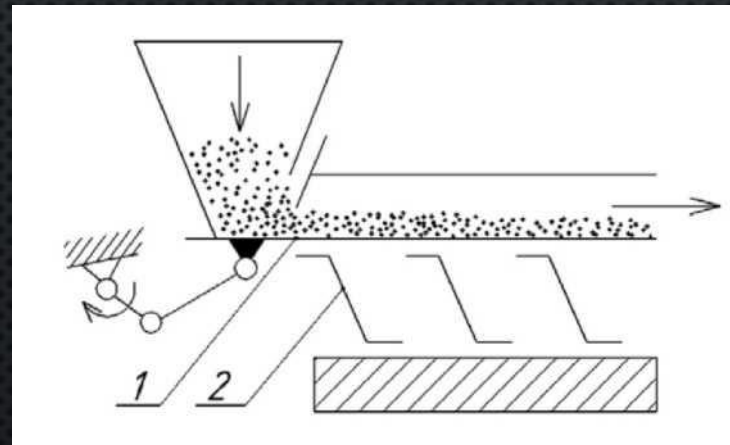


Рисунок 5 – Схема вібраційного дозатора: 1 – лоток, 2 – гнучка опора

Аналіз існуючих конструкцій і технологічних схем дозованої роздачі комбікормів показав, що найбільш перспективними з зоотехнічної та економічної точки зору є об'ємні дозатори. Використовувані на молочно-товарних фермах і комплексах дозатори для видачі концентрованих кормів дійним коровам не в повній мірі задовольняють високі зоотехнічні і техніко-економічні вимоги до якості дозування і роздачі комбікормів.

Теоретичні дослідження

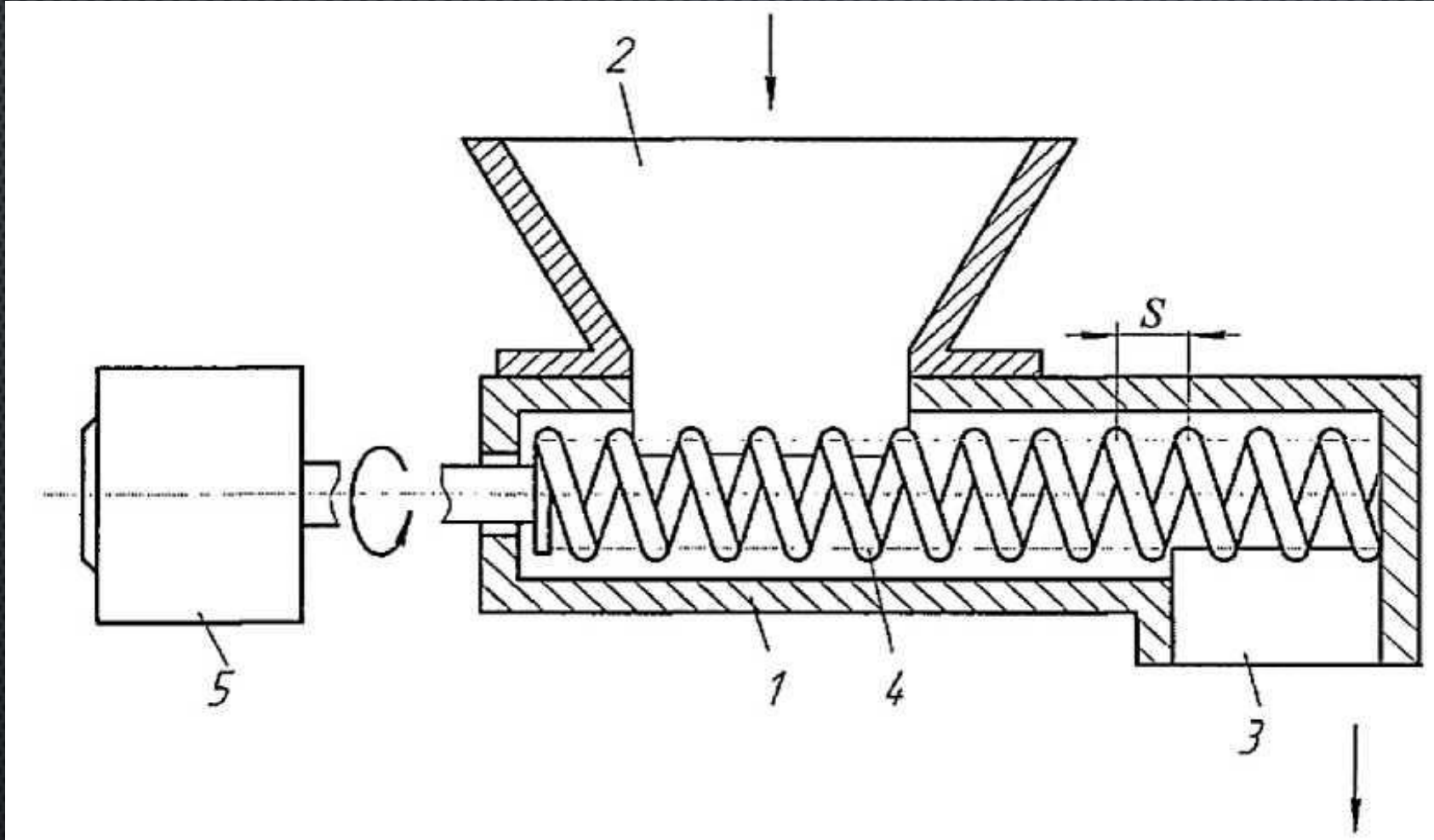


Рисунок 6 – Конструктивно-технологічна схема експериментального дозатора:
1 – циліндричний кожух;
2 – завантажувальний бункер;
3 – вивантажувальна горловина;
4 – гвинтова спіраль;
5 – привід

Процес роботи дозатора наступний: комбікорм з бункера 2 під дією сили тяжіння надходить в циліндричний кожух 1, де обертанням спіралі 4, що приводиться в дію приводом 5, транспортується до вивантажувального вікна 3.

Теоретичні дослідження

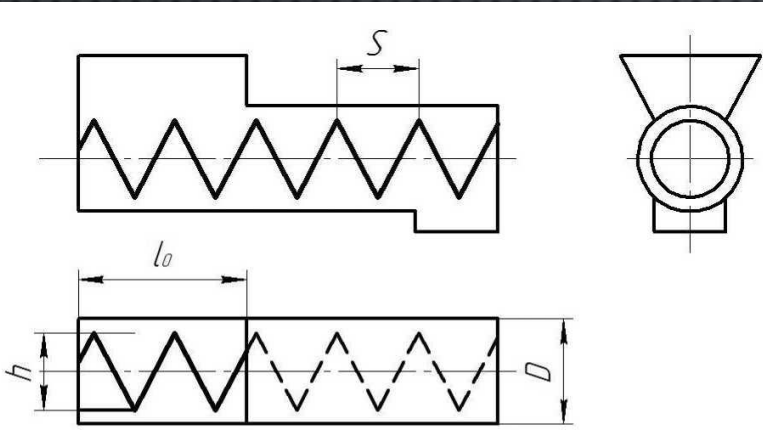


Рисунок 7 – Схема спірального дозатора

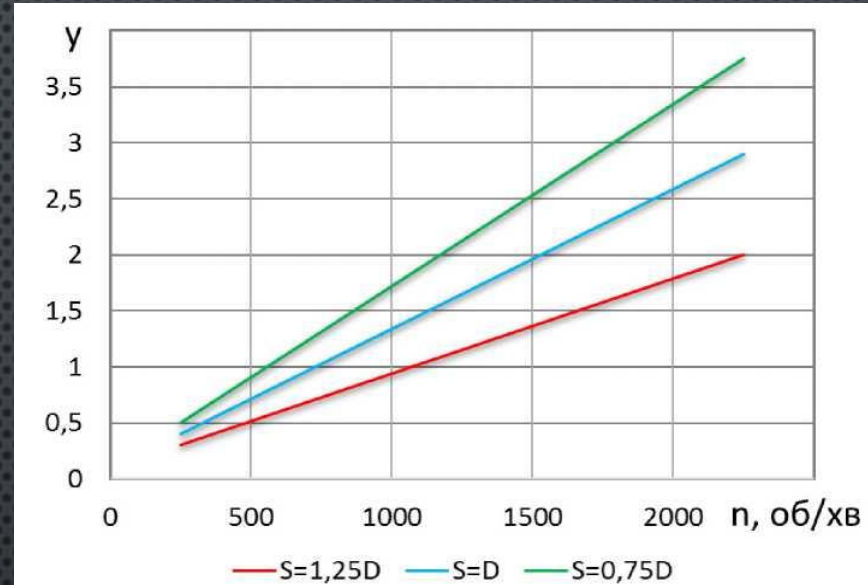


Рисунок 8 – Зміна відношення довжини завантажувального вікна до діаметру кожуха $y=l_0/D$ в залежності від частоти обертання спіралі для різних значень кроку $S = 0,75D, S = D, S = 1,25D$

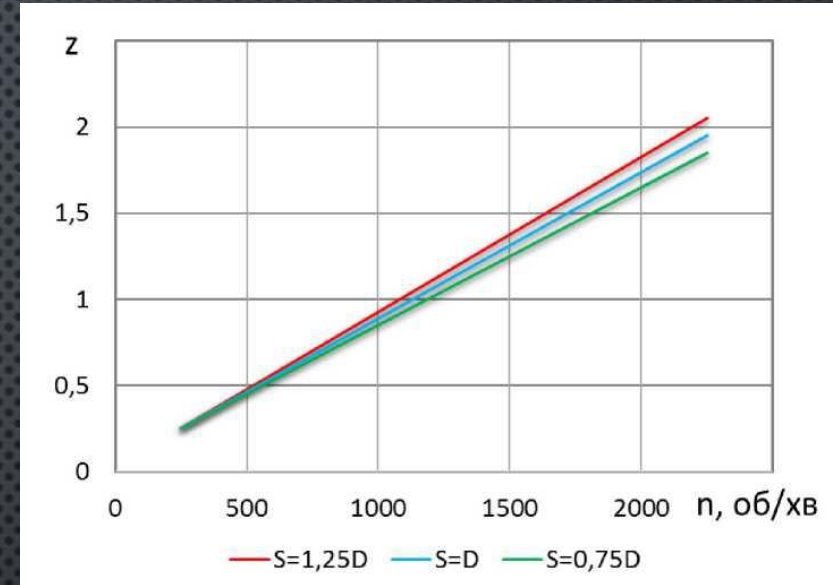


Рисунок 9 – Зміна відношення довжини завантажувального вікна до кроку спіралі $z = l_0/S$ в залежності від частоти обертання спіралі для різних значень її кроку $S = 0,75D, S = D, S = 1,25D$

За графіками на рисунках 8 та 9 для різних значень кроку довжину завантажувального вікна можна визначити за формулою:

$$l_0 = (1,37 \cdot 10^{-3} \cdot n - 0,05) \cdot s.$$

Цей вираз дозволяє визначити необхідну довжину завантажувального вікна для конкретного спірального дозатора без складних математичних обчислень, з точністю, достатньою для практичного застосування.

Теоретичні дослідження

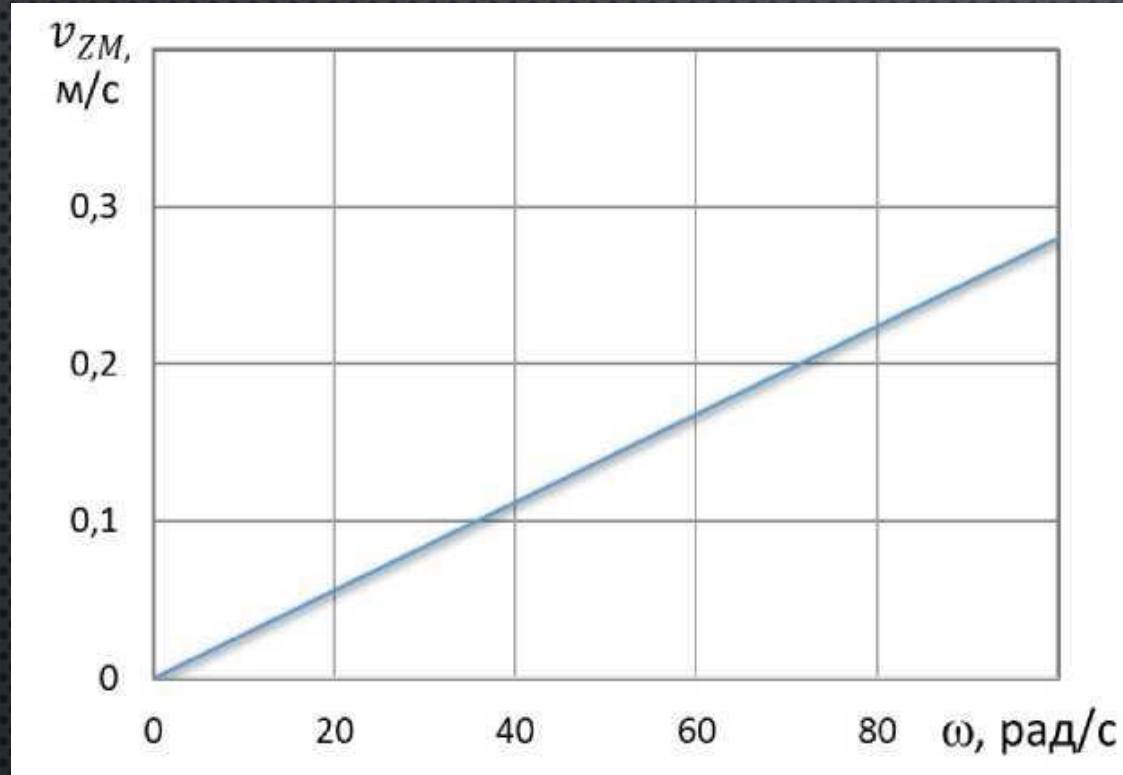


Рисунок 10 – Залежність середньої осьової швидкості корму v_{zMcp} від кутової швидкості спіралі ω

$$\frac{\omega^2 r \sin^2 \alpha \cos^2 \beta}{\sin^2(\alpha + \beta)} \leq g \rightarrow \omega_{кр} \leq \sqrt{\frac{g}{r}} \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha \cdot \cos \beta}$$

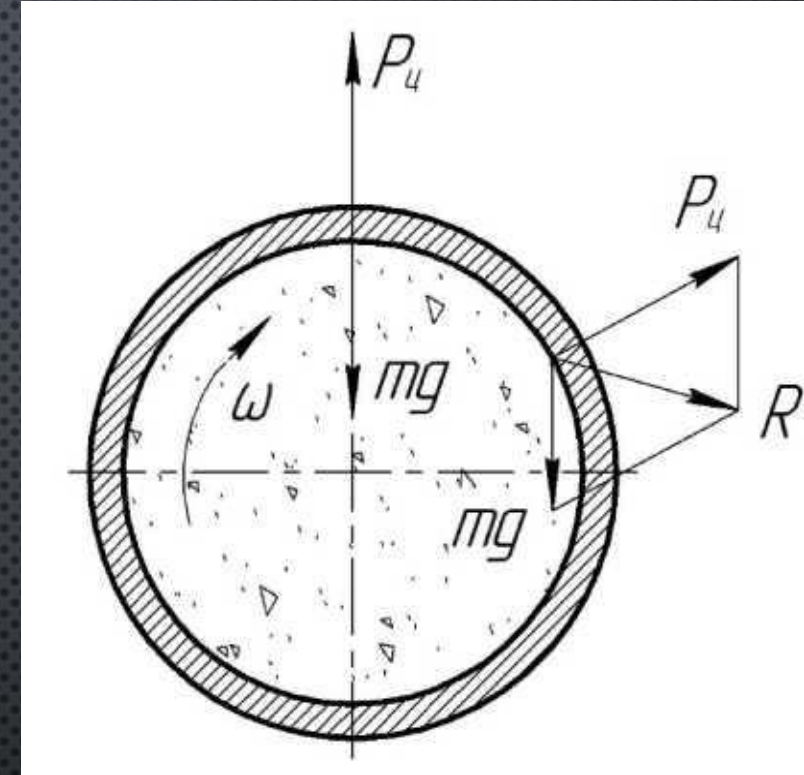


Рисунок 11 – Схема до визначення критичної кутової швидкості спіралі

Мінімальна кутова швидкість спіралі, при якій створюється безперервне сипке тіло кільцеподібної форми, зменшується зі збільшенням діаметра спіралі (кожуха транспортера), а також кроку спіралі. Величина $\omega_{кр}$ показує критичну кутову швидкість спіралі, при якій значно ускладнюється гравітаційне (самопливне) заповнення транспортера сипким кормом.

Експериментальні дослідження

Таблиця 1 – Параметри робочих органів дозатора

Діаметр спіралі d , мм	Профіль смуги, мм	Крок спіралі s , мм	Зазор b , мм	Довжина спіралі l , мм
49	4 x 12	0,75d; 1d; 1,25d	2,0	600 ± 50

Таблиця 2 – Фактори, рівні їх варіювання і результати експерименту

№ досліду	n , хв ⁻¹	s	$N_{рх}$, Вт	Q_0 , г/об	δ_0 , %
1	60	0,75d	44	16,8	1,25
2	60	1d	42	26	1,13
3	60	1,25d	43	30,1	1,68
4	90	0,75d	43	23,2	0,28
5	90	1d	41	29,9	1,63
6	90	1,25d	42	36,2	1,13
7	120	0,75d	43	25,5	1,139
8	120	1d	42	33,7	1,34
9	120	1,25d	40	40,6	1,77

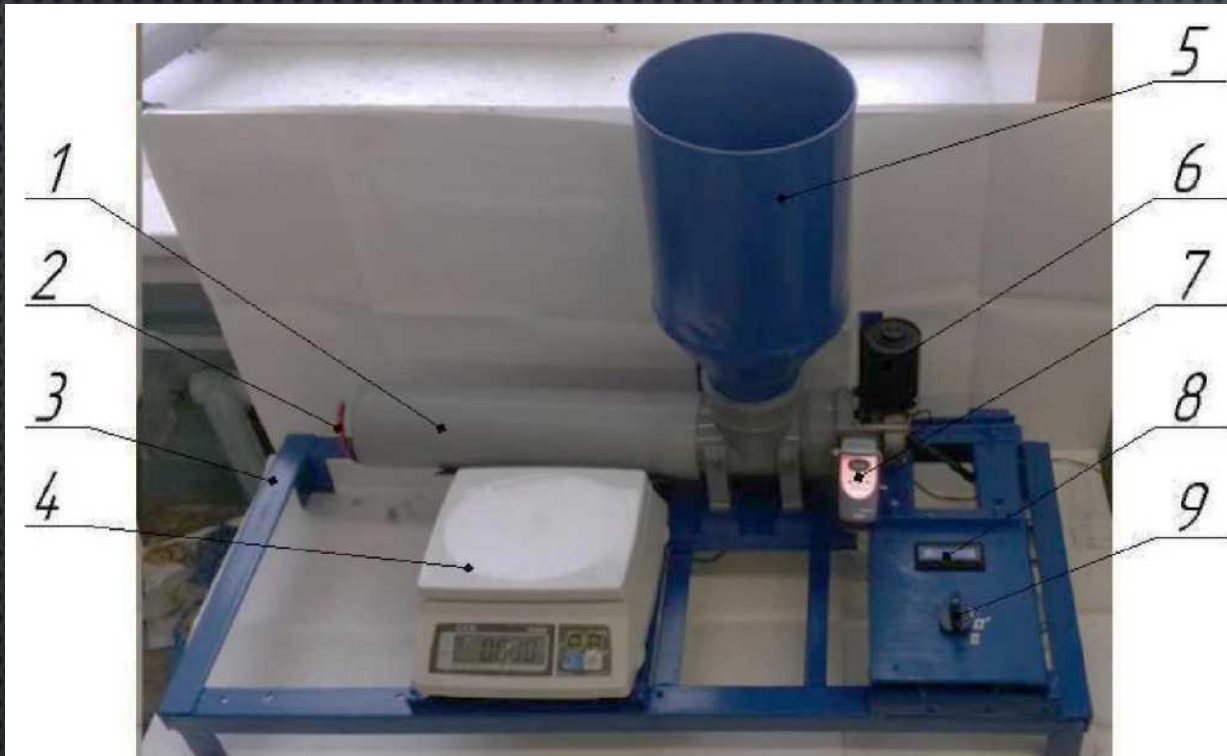


Рисунок 12 – Загальний вигляд експериментальної лабораторної установки: 1 – циліндричний корпус; 2 – спіраль; 3 – рама; 4 – ваги CAS SW-05; 5 – бункер з завантажувальною горловиною; 6 – моторредуктор; 7 – тахометр; 8 – амперметр; 9 – перемикач

Для дослідження процесу дозування комбікормів спіральним дозатором була розроблена його модель, параметри робочих органів якої приведено в таблиці 1.

Експериментальні дослідження проводилися з використанням теорії планування експерименту для двох факторів, зафіксованих на трьох рівнях. Критеріями оптимізації були: споживана потужність, питома подача, нерівномірність дозування.

Експериментальні дослідження

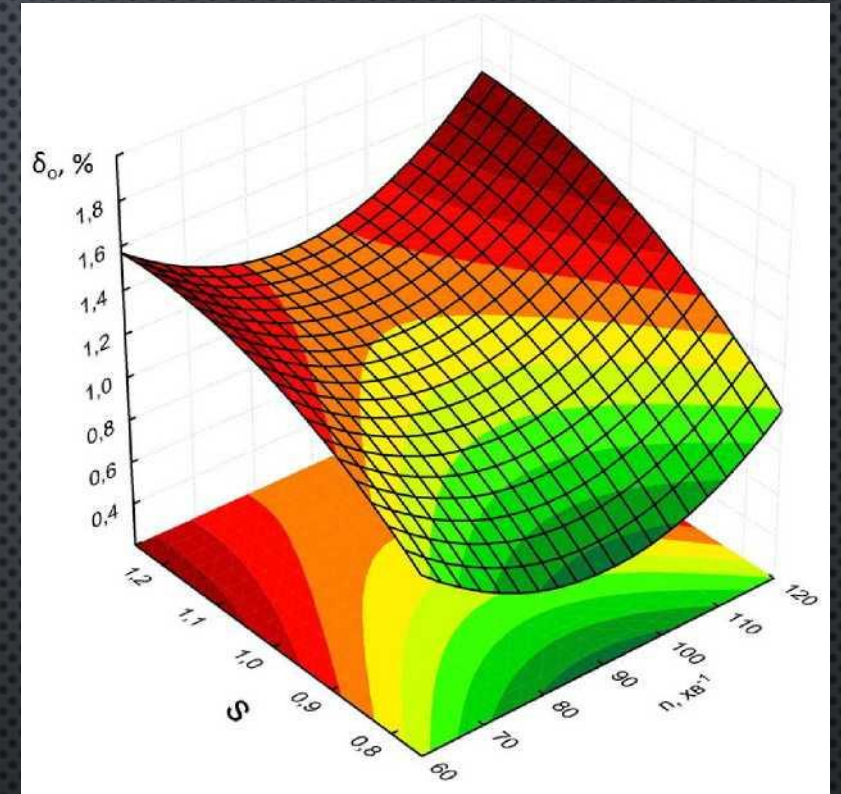
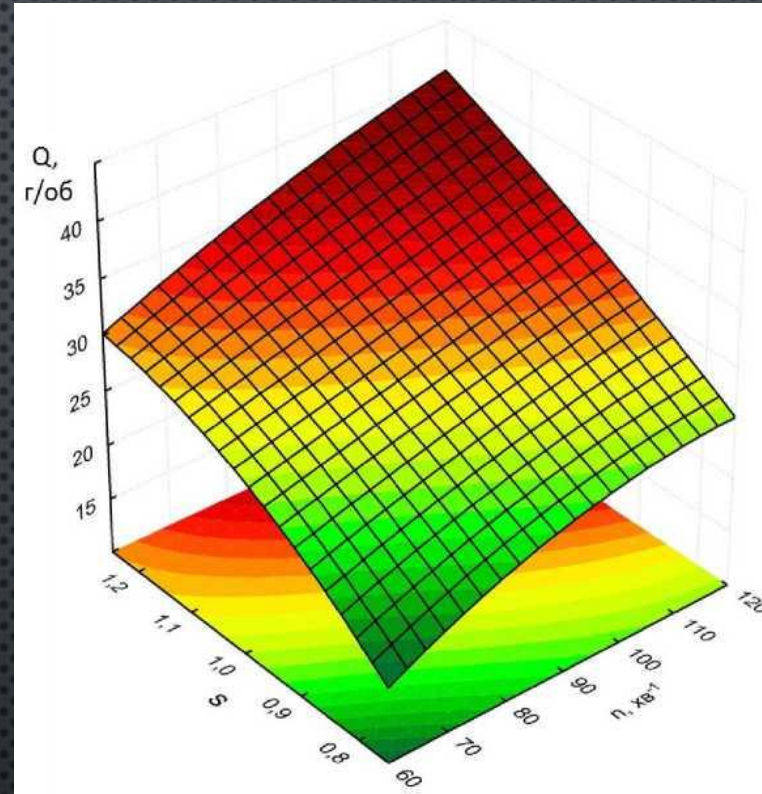
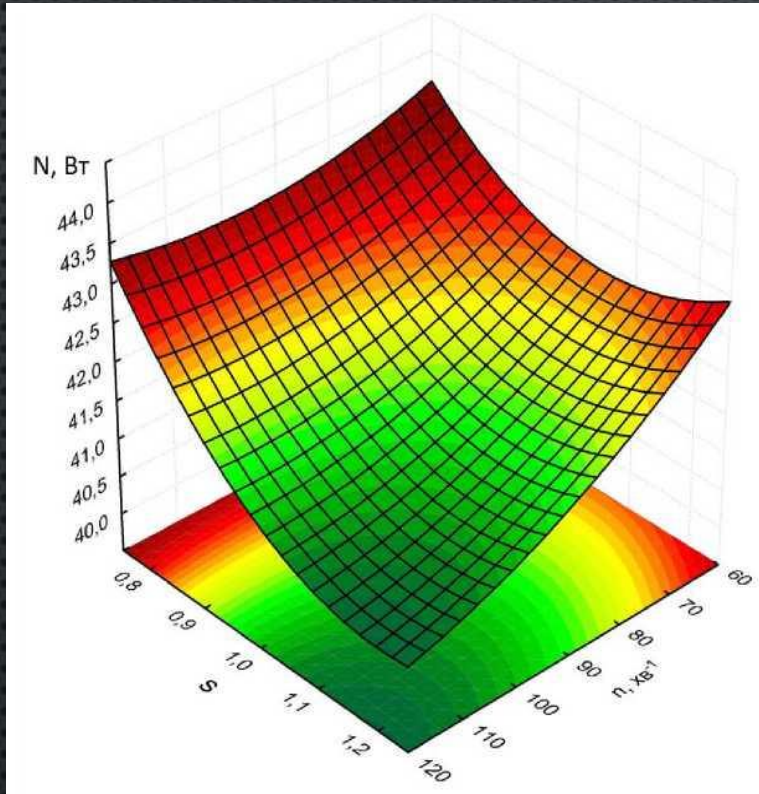


Рисунок 13 – Поверхні відгуку, що характеризують залежності потужності приводу (зліва), питомої подачі (посередині) та нерівномірності дозування (справа) від частоти обертання і кроку спіралі.

Середня подача сухого матеріалу за один оберт спіралі діаметром 49 мм при дискретному режимі роботи змінюється від 16,8 г/об до 42,5 г/об, споживана потужність знаходиться в межах 40-43,6 Вт.

Нерівномірність дозування складає 0,78-1,76 %.

Оптимальні параметри для якісної роботи спіраль-гвинтового дозатора: діаметр спіралі – 49 мм, крок спіралі $0,75d$ і частота обертання 90 хв^{-1} . При цих параметрах нерівномірність дозування не перевищує 2 % від виданої маси корму, що є в межах зоотехнічних вимог (5 %).

Техніко-економічна оцінка

Показники	Порівнювані конструкції	
	ГШД-10	пропонована
Обслуговуючий персонал, чол	1	1
Встановлена потужність обладнання, кВт	0,75	0,55
Час роботи обладнання протягом доби, год	2,4	2,4
Балансова вартість дозатора, грн	26900	24200
Витрати на переобладнання, грн	-	4850
Експлуатаційні витрати, грн, в тому числі:	62949,20	60908,71
- заробітна плата	51439,10	51439,10
- ремонт та ТО	2959	2662
- амортизаційні витрати	3228	2904
- оплата електроенергії	5323,10	3903,61
Річна економія експлуатаційних витрат, грн	-	2040,49
Термін окупності додаткових капіталовкладень, років	-	2,38

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих конструкцій і технологічних схем дозованої роздачі комбікормів показав, що найбільш перспективними з зоотехнічної та економічної точки зору є об'ємні дозатори. Використовувані на молочно-товарних фермах і комплексах дозатори для видачі концентрованих кормів дійним коровам не в повній мірі задовольняють високі зоотехнічні і техніко-економічні вимоги до якості дозування і роздачі комбікормів.
2. Теоретичні дослідження спірально-гвинтового дозатора дозволили уточнити вирази для розрахунку режимів та основних параметрів його роботи.
3. Середня подача сухого матеріалу за один оберт спіралі діаметром 49 мм при дискретному режимі роботи змінюється від 16,8 г/об до 42,5 г/об, споживана потужність знаходиться в межах 40-43,6 Вт. Нерівномірність дозування складає 0,78-1,76 %. Оптимальні параметри для якісної роботи спірально-гвинтового дозатора: діаметр спіралі – 49 мм, крок спіралі $0,75d$ і частота обертання 90 хв^{-1} . При цих параметрах нерівномірність дозування не перевищує 2 % від виданої маси корму, що є в межах зоотехнічних вимог (5 %).
4. На основі нормативної документації, діючих норм, стандартів і правил виявлено потенційно небезпечні фактори для оператора дозатора. Запропоновано заходи та рекомендації щодо безпеки при виконанні робіт.
5. Техніко-економічна оцінка запропонованого конструкторсько-технологічного рішення модифікації дозатора підтвердила її доцільність. При інвестиціях у розмірі 4850 грн на впровадження нової конструкції економічна вигода при її річній експлуатації складе 2040,49 грн у порівнянні із серійними зразками. Окупність інвестицій складає 2,38 року.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!