

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту

Завідувач кафедри

Войтік А.В.

“ ” 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній рівень)

на тему **«УДОСКОНАЛЕННЯ ГВИНТОВОГО ДОЗАТОРА ПРИ
РОЗДАВАННІ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ.»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім

Спеціальність 208

«Агроінженерія»

Карман В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Головатюк А.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Олег Кепко

(прізвище та ініціали)

м. Умань - 2023 рік

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінженерії
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Войтік А.В..
« ____ » _____ **2023 р.**

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студенту Карману Вадиму Анатолійовичу

Тема роботи: Удосконалення елементів підготовки та роздавання кормосумішей мобільним кормороздавачем..»

Керівник роботи: к. с-г. н. Головатюк Анатолій Анатолійович
затверджено наказом Уманського НУС від «14 листопада 2023 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи – «25» листопада 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи літературні джерела, технологічні та технічні рішення, методичні вказівки, методики.

4. Перелік питань, які потрібно розробити Вступ. 1. Огляд літератури. 2. Умови, схема та методика проведення дослідження. 3. Результати дослідження. Висновки. Список використаних джерел.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна ефективність	Головатюк А.А.		
Охорона праці	Прокопенко Е. В.		

6. Дата видачі завдання – «____» _____ 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Завершення наукових досліджень	30.08.23 р.	
2.	Вступ	04.09.23 р.	
3.	Огляд літератури	18.09.23 р.	
4.	Умови, схема і методика проведення дослідження	02.10.23 р.	
5.	Результати дослідження	16.10.23 р.	
5.1.	Технологічна частина	23.10.23 р.	
6.	Висновки	30.10.23 р.	
7.	Охорона праці	06.11.23 р.	
8.	Економічна ефективність	13.11.23 р.	
9.	Список використаних джерел	20.11.23 р.	
10.	Додатки (матеріали для презентації)	20.11.23 р.	
11.	Подання студентом роботи	25.11.23 р.	

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Прогресивним та перспективним напрямом розвитку тваринництва є дозована роздача концентрованих та комбінованих кормів залежно від продуктивності, причому значення даних кормів у частці кормового балансу з кожним роком збільшується.

Застосовувані дозуючі пристрої у кормоцехах та на фермах господарств мають ряд суттєвих недоліків : складність конструкції, велика металомісткість, низька якість дозування, висока вартість і т.д.

Для складних конструкцій дозаторів підвищуються витрати праці та коштів на їх ремонт та технічне обслуговування, таким чином, ефективність їх використання знижується. Крім цього, надлишки комбікорму, виданого тварині та з'їдені нею, не в повному обсязі компенсуються отриманої продукцією, що призводить до нераціонального витрати кормів.

У зв'язку з цим дана робота присвячена розробці більше якісного способу дозованої видачі сухих концентрованих кормів та створення відповідного дозатора, що відповідає зоотехнічним технологічним нормам та вимогам сучасного виробництва продукції тваринництва.

Мето роботи – є підвищення точності дозування сухих концентрованих кормів дійним коровам шляхом обґрунтування конструктивно- технологічних параметрів спірально-гвинтового дозатора.

1. Дослідити робочий процес спірально-гвинтового дозатора та виявити аналітичні залежності для розрахунку його конструктивно- технологічних параметрів.

2. Дослідити фізико-механічні властивості основних видів комбікормів, що згодовуються у тваринництві та впливають на робочий процес дозатора.

3. Експериментально досліджувати вплив конструктивних факторів та режимів роботи спірально-гвинтового дозатора на показники процесу дозування та визначити раціональні конструктивно- технологічні параметри розробленого дозатора для дозованої видачі комбікормів.

4. Провести виробничі випробування розробленого спірально -гвинтового дозатора і дати оцінку його економічної ефективності.

Розроблений дозатор може бути застосований у системах автоматичного годування комбікормами,

Структура та обсяг: робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури, що включає 29 найменування. Робота викладена на 95 сторінках машинописного тексту, містить 58 рисунків та 10 таблиць.

Зміст

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
1.1 Зоотехнічні вимоги до дозування комбікормів дійним коровам	7
1.2 Кратність годівлі та норми видачі комбікормів дійним коровам.	10
1.3 Технологічні лінії та засоби роздачі комбікормів дійним коровам.	11
1.4 Дозатори сухих концентрованих кормів для корів Дозатори безперервної дії.	24
1.5 Стан досліджень процесу дозування сипких кормів.	31
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПІРАЛЬНО-ГРУНТОВОГО ДОЗАТОРА СИПУЧИХ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ	35
2.1 Обґрунтування та опис конструктивно-технологічної схеми спірально-гвинтового дозатора для дозованої видачі сипучих концентрованих кормів.	35
2.2 Теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів спірально-гвинтового дозатора.	37
2.3 Методика експериментальних досліджень	56
2.4 Опис експериментальної установки	56
2.5 Методика виробничих досліджень	61
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.	65
3.1 Результати визначення фізико-механічних властивостей сипучих концентрованих кормів.	65
3.2 Результати теоретичних досліджень щодо обґрунтування конструктивно-технологічного спірально-гвинтового дозатора.	67
3.3 Визначення подачі спірально-гвинтового дозатора при безперервному режимі роботи.	70
3.5. Результати виробничих випробувань.	81
РОЗДІЛ 4. Охорона праці	82
4.1 Аналіз умов та заходів з охорони праці	82
4.2 Розробка організаційно-технічних заходів з охорони праці під час роздавання кормів.	85
4.3 Моделювання виробничих небезпек при зварювальних роботах.	87
5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВСТАНОВЛЕННЯ ДЛЯ ДОЗОВАНОЇ ВИДАЧІ КОМБІКОРМІВ	89
5.1 Методика розрахунку річної ефективності	89
ВИСНОВКИ	92
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	93

ВСТУП

Найважливішими завданнями сільськогосподарського виробництва є збільшення виробництва тваринництва, підвищення ефективності праці та зниження собівартості одержуваної продукції. Реалізацію даних завдань можна досягти лише за цілісної механізації трудомістких процесів та впровадження сучасних технологій. Результативність виробництва та обсяг тваринницької продукції безпосередньо залежать від рівня та якості годівлі тварин, а також збалансованості раціонів з урахуванням поживності кормів. Для створення міцної кормової бази тваринництва разом із соковитими та грубими кормами необхідно приділяти особливу увагу концентрованим кормам. Прогресивним та перспективним напрямком розвитку тваринництва є дозована роздача концентрованих та комбінованих кормів залежно від продуктивності, причому значення даних кормів у частки кормового балансу з кожним роком збільшується. Ефективність годівлі комбінованими кормами пояснюється поєднанням у них окремих концентрованих компонентів та мікроелементів. У зв'язку з цим необхідно, щоб технічні засоби видавали задану кількість комбікорму індивідуально кожній тварині або групі тварин, залежно від раціону відповідно до зоотехнічних вимог та продуктивності.

Застосовувані дози в кормоцехах і фермах господарств мають ряд істотних недоліків: складність конструкції, велика металоємність, низька якість дозування, висока вартість тощо. Для складних конструкцій дозаторів підвищуються витрати праці та коштів на їх ремонт та технічне обслуговування, таким чином ефективність їх використання знижується. Крім цього, надлишки комбікорму, виданого тварині та з'їдені нею, не в повному обсязі компенсуються отриманою продукцією, що призводить до нераціональної витрати кормів.

Вітчизняні дозатори об'ємного виду, що випускаються в даний час для дозування концентрованих кормів не потрібні на сучасних фермах і комплексах, оскільки ці дозатори видають значно менше чи значно більше

встановленої норми, що у своє чергу призводить до невиправданим затратам [12].

На підставі вищевикладеного слідує висновок, що розробка дозатора для видачі концентрованих кормів, що забезпечує ефективне використання комбікормів, нормальний розвиток та зростання продуктивності дійних корів, високий рівень механізації та автоматизації, виконання встановлених зоотехнічних та інших вимог, на даний момент часу є актуальним завданням та вимагає вивчення з урахуванням результатів наукових досліджень про.

У зв'язку з цим дана робота присвячена розробці якіснішого способу дозованої видачі сухих концентрованих кормів та створенню відповідного дозатора, що відповідає зоотехнічним технологічним нормам та вимогам сучасного виробництва продукції тваринництва.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

1.1 Зоотехнічні вимоги до дозування комбікормів дійним коровам.

Великою кількістю зоотехнічних досліджень встановлено [11, 13, 19, 26 та ін.], що годівлі сільськогосподарських тварин, зокрема великої рогатої худоби, має відбуватися на підставі потреби їх організму в конкретних поживних речовинах, мікроелементах та вітамінах. Даний обсяг необхідного кормового матеріалу визначається з урахуванням виду (групи) тварини, її віку, статі, фізіологічного стану, а також від обсягу, кількості та якості отримуваної продукції.

Для кожної групи тварин з урахуванням норми годівлі визначається і складається свій (індивідуальний) раціон, збалансований за протеїном, мінеральними речовинами та вітамінами.

Неякісне годівлі, що включає неправильне складання раціону (недолік чи надлишок у раціоні компонентів корму) і перегодівлю або недокорм дійних корів, призводить до зниження їх продуктивності, порушення відтворювальних функцій та більшої ймовірності розвитку захворювань [14].

Прості концентровані корми над повною мірою задовольняють потреби дійних корів у необхідних поживних речовинах, оскільки мають вузький перелік мінеральних елементів.

Комбікорм – складна однорідна суміш подрібнених до певної крупності різних кормів та мікродобавок, що забезпечує збалансоване та повноцінне годівлі тварин [4, 15].

Відомо, що включення комбікормів до раціону дійних корів, підвищує їх надої на 10 – 20 % і спричиняє зниження кількості кормів формування молока на 7 – 15 %, що у сукупності дозволяє знизити собівартість продукції.

Підприємства виробляють різні комбікорми, призначені для певного виду тварин з урахуванням їхнього фізіологічного стану. Годівлі невідповідного виду комбікорму не дає необхідного ефекту і може негативно вплинути на здоров'я тварини [13].

Рецептура приготування комбікормів ґрунтується на складі раціону тварини. Наприклад, у літній період, коли зелені корми багаті на протеїн, коровам слід давати комбікорм з малою кількістю протеїну.

Дійним коровам переважно згодовують розсіпні концентрати, хоча відомо, що гранульований комбікорм тварини поїдають швидше. Цей факт слід враховувати при згодовуванні концентрованих кормів у доїльних залах при доїнні дійних корів. Гранулювання кормів скорочує втрати поживних елементів під час їх зберігання та годівлі. Годівлі корму як гранул змінює процес травлення в рубці тварини – повільніше утворюється аміак, а мікроорганізми, що у рубці, використовують його ефективніше [7, 10].

Крім диференціації годівлі тварин з урахуванням їхнього життєвого циклу, варто враховувати, що підвищення інтенсивності годівлі корів молочного напрямку позначається на ефективності утворення молока. Так, об'ємне збільшення кормів на одну тварину на рік із 3500 до 5100 корм. од., у тому числі комбікормів з 250 г до 450 г на 1 кг отриманого молока, супроводжується підвищенням молочної продуктивності з 3000 до 5000 кг та зниженням витрат кормів на одиницю отриманої продукції з 1,16 до 0,93 корм. од. (14 - 11,25 МДж) [19].

За рекомендаціями науково-дослідного інституту генетики та розведення сільськогосподарських тварин у раціоні дійних корів з річним надоем молока 8000 кг і більше вміст комбікормів у період роздою досягає 60-70% [19]. Невеликі дози комбікорму можна роздавати вручну, але для більших норм потрібна механізація. З урахуванням вищевикладеного, можна сказати що: - для підвищення продуктивності корів молочного напрямку при їх годівлі в раціоні повинні бути комбікорми; - для кожної групи корів варто згодовувати відповідний склад комбікормів; - важливо нормувати годівлю тварин у зазначених діапазонах із використанням механізованих засобів видачі комбікормів.

1.2 Кратність годівлі та норми видачі комбікормів дійним коровам.

У разі прив'язного вмісту корів основний вид корму (грубі та соковиті) видають у рівній кількості для всієї групи, а концентровані корми – індивідуально, з урахуванням добового надою молока при контрольній доїнні.

Загальний раціон для груп тварин складають на підставі їх фізіологічного стану та добового надою молока. При годівлі високопродуктивних дійних корів необхідно враховувати поїдання комбікормів у процесі доїння. Відомо, що дійні корови можуть поїдати до 2,5 кг розсипних і близько 3 кг гранульованих комбікормів протягом 8-10 хвилин [4, 12].

Перерозподіл обсягу згодовуваних комбікормів за періодами лактації (45–60% в перший період) збільшує концентрацію енергії в сухій речовині раціону, а прийнята система годівлі (2–3 рази на добу) викликає погане поїдання основного виду корму. Чи В.Д. наводить дані для різної кратності годівлі дійних корів концентрованими кормами, але не встановлені оптимальні кратності та інтервал часу годівлі [24].

Тому проведено дослід, що визначають оптимальні кратності та тимчасові інтервали між роздачею комбікормів. Дослід проводились методом латинського квадрата у першому випадку – 4*4, вивчалася 2-, 3-, 6-, 8-кратне годівлі комбікормами, у другому 3–3, вивчалася 2,5-, 3- та 4-х годинний інтервал між годівлями. Контрольне годівлі проводили раз на декаду протягом двох днів. Раціон годівлі змінювали двічі на місяць за підсумками контрольної доїння.

За підсумками проведених дослідів встановлено, що для високопродуктивних дійних корів кратність годівлі комбікормами в першу фазу лактації має бути до 6 разів на добу, у другу 3 – 4 рази та у третю фазу лактації 2 – 3 рази. Максимальний обсяг порції комбікормів під час годівлі не повинен перевищувати 3 кг за один раз. При шестиразовому годуванні дійних корів комбікормами оптимальний інтервал видачі становить 3 години.

Приблизні норми видачі комбікормів коровам з річним надоєм молока 4500 - 6000 кг у різні періоди лактації є: 380 - 410 г комбікорму в перші 100

днів лактації на 1 кг отриманого молока, 290 - 360 г у другі 100 днів 40 і 140 третина [19].

Для забезпечення видачі необхідної кількості та періоду годівлі дійних корів необхідно використовувати автоматизоване дозування концентрованих кормів.

Проведений аналіз дозволяє сказати таке:

- з фізіологічної точки зору індивідуальне дозування комбікормів є найбільш ефективним;
- залежно від періодів лактації слід коригувати обсяг комбікормів, включених у добовий раціон, а також кратність годівлі, це дозволяє збільшити продуктивність дійних корів та знизити собівартість продукції;¹⁴
- варто визначити технологічну схему та дозатор, що дозволяють забезпечити вищеписані вимоги.

1.3 Технологічні лінії та засоби роздачі комбікормів дійним коровам.

Як було зазначено вище, у тваринництві однією з найважливіших чинників, підтримують оптимальний стан здоров'я тварин та його продуктивність, є годівлі повноцінним збалансованим раціоном. В даний час на сільськогосподарських підприємствах значну роль в організації годівлі грають різні машини і механізми, які дозволяють підвищити якість кормів, що подаються.

До таких механізмів відносяться кормороздавачі, призначені для автоматизованої подачі концентрованих кормів, а також зерна та мінералів. При транспортуванні та роздачі на фермах можуть використовуватися кілька видів кормороздавача.

Першим видом подібних механізмів є пересувний кормороздавач, який є візком з пристроєм для роздачі і спеціальним бункером для корму. Цей пристрій переміщують тракторами або монтують в автомобільну раму замість кузова. Пересувний кормороздавач використовують при роздачі сухих, твердих,

рідких та напіврідких видів корму, а також для подачі подрібненої трави та силосу.

Найбільшого поширення серед таких кормороздавачів, що використовуються в господарствах, отримав причіпний кормороздавач КТУ – 10, призначений для прийому подрібнених кормів, злакових або бобових трав, подрібненої соломи, сінажу, різаних коренеплодів, а також повнораціонних кормових сумішей, транспортування та роздачі їх під час руху годівницю.

Норму видачі корму регулюють зміною швидкості руху поздовжнього транспортера налаштуванням храпового механізму та поступальної швидкості трактора [8].

Другим видом пристроїв для роздачі кормів є кормороздавачі-змішувачі, які широко застосовуються в тваринництві, які змішують інгредієнти корму безпосередньо під час його роздачі. У бункері таких пристроїв знаходяться ріжучі шнеки, призначені для ретельного подрібнення і змішування компонентів, що завантажуються до отримання однорідної сировини. Після отримання однорідної маси корм вивантажують для годівлі тварин, використовуючи транспортер. Одним із найважливіших елементів даного механізму є система зважування. У простіших моделях вона представлена електронними вагами, а складніші машини припускають наявність комп'ютерної системи з великим екраном. Ця система може запам'ятати більше десятка різноманітних видів раціону.

До виду таких роздавачів належить подрібнювач-змішувач-роздавальник кормів (рисунок 1.1), що широко використовується на молочно-товарних фермах.

Він призначений для подрібнення та змішування різних видів кормів з використанням електронної системи зважування кормової суміші, яка забезпечує можливість програмування 50 рецептів із 30 компонентів. Тут концентровані корми поєднуються в загальній масі з усіма видами кормів. Зліва та/або праворуч роздавача, встановлений вивантажувальний транспортер із гідроприводом. Норма видачі кормосуміші регулюється шибберною заслінкою

вивантажувального люка, що відкривається за допомогою гідроциліндра. Величина відкриття шибера візуально контролюється за положенням важеля, пов'язаного зі штоком гідроциліндра, і міткам, нанесеним на спеціальній лінійці, закріпленої на передній стінці бункера [5].

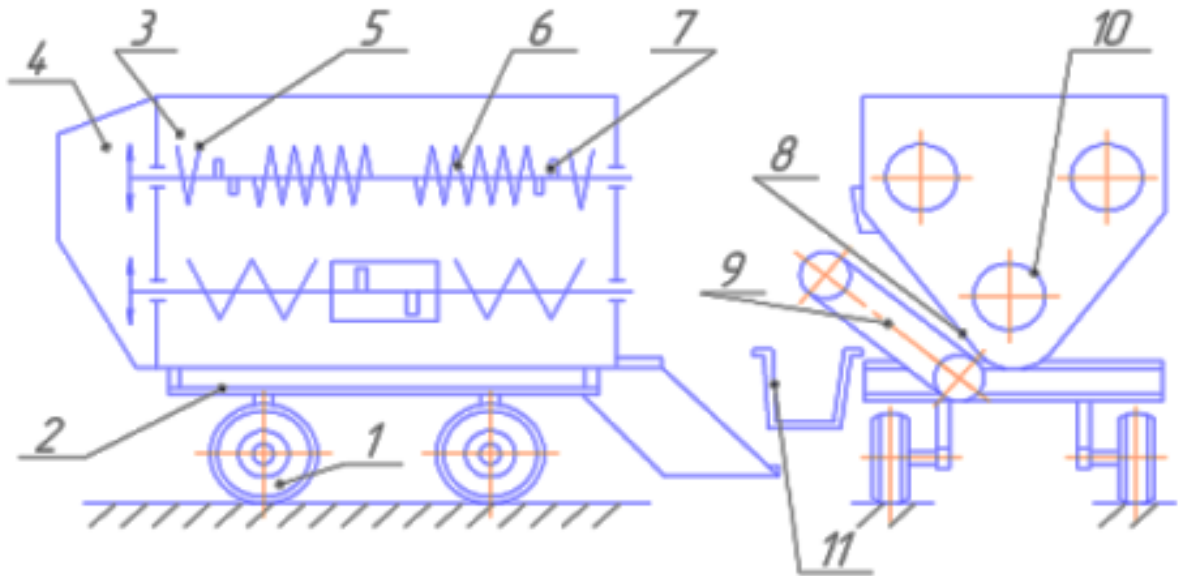


Рисунок 1.1 – Подрібнювач-змішувач-роздавальник кормів: 1 – ходова частина; 2 – рама; 3 – кузов; 4 – коробка ланцюгових передач; 5 – відбійні стрічки; 6 – верхні шнеки; 7 – пальці; 8 – засувка; 9 – вивантажувальний транспортер; 10 – нижній шнек; 11 – годівниця.

Наступним видом пристроїв для роздачі кормів є стаціонарні кормороздавачі. Пристрій є довгим транспортером, який встановлюють у приміщенні, де утримують тварин. Функціонування таких механізмів забезпечується рахунок включення електричних двигунів. Цей пристрій можна використовувати для роздачі різних видів кормів. Обладнання встановлюється таким чином, що забезпечує подачу сировини в кожную годівницю та дозволяє визначати дозування корму для кожної тварини [8, 11, 15, та ін.].

Існує така конструкція даного виду роздавача, яка передбачає його розміщення безпосередньо над годівницями і подачу точно відмірянних порцій корму (рисунок 1.2).

Перевага мобільних кормороздавачів у порівнянні зі стаціонарними полягає в тому, що вони не мають конструктивного жорсткого зв'язку з годівницями, тому подібні кормороздавачі відрізняються високою мобільністю, можливістю

переміщатися всередині та поза приміщенням – на полях, кормосховищах, кормопідготовчих відділеннях тощо. Приводять у дію агрегати від тракторів. Крім основної своєї функції (транспортування та роздачі кормів), вони виконують багато інших завдань, наприклад, їх можна використовувати в процесі заготівлі сінажу, силосу, інших кормів. Також такі агрегати дозволяють транспортувати різні вантажі. Але є в них і низка істотних недоліків.



Рисунок 1.2 – Стационарний роздавач кормів.

Для їх використання потрібні великі кормові проїзди. Агрегатуються з тракторами, які у свою чергу забруднюють повітря усередині корівника. Вони не повністю забезпечують задану точність дозованої видачі корму їх складно використовувати.

Останніми роками у деяких господарствах добре себе зарекомендували роздавачі обмеженої мобільності (рисунок 1.3). Для таких роздавачів характерна наявність у кормовому проході або над годівницями направляючих рейок, якими переміщається самохідний візок з бункером і дозуючим органом. Їх перевага полягає у суворій відповідності заданого раціону та приготовленої, а також виданої кормової суміші групі тварин. Відсутність людського фактору дозволяє проводити видачу за встановленим розкладом протягом доби, навіть уночі. При використанні даної системи годівлі кормовий стіл залишається завжди чистим, тому що відсутній трактор, який рухається вздовж кормового

проїзду, на колесах якого є вуличний бруд, у зимовий період зберігається тепло всередині корівника [87].



Рисунок 1.3 – Роботизована система годівлі тварин із роздавачем обмеженої мобільності

В останні роки світова наука та практика розробили ряд прогресивних систем годівлі тварин. Однією з найперспективніших є технологія диференційованої годівлі великої рогатої худоби, відповідно до якої всі види кормів роздають тваринам одночасно у вигляді збалансованої поживності кормосуміші, приготованої у подрібнювачах-змішувачах-роздавачах кормів. При цій технології з метою забезпечення диференційованої годівлі тварин необхідно формувати групи за функціональним станом (строками отелення), продуктивності, віку, періодам виробничого циклу відгодівлі молодняку та інших.

За кордоном проводять поділ дійного стада на функціональні групи за трьома критеріями: числу днів після отелення, добової продуктивності та вгодованості корів за п'ятибальною шкалою. Однак на вітчизняних фермах, особливо на невеликих, важко розділити стадо на виробничі групи, а отже забезпечити організацію диференційованої годівлі тварин високоенергетичними кормами за допомогою роздавачів-змішувачів кормів. У цих випадках частину концентрованих кормів згодовують у складі кормосуміші, а частину, що залишилася, роздають вручну високопродуктивним

тваринам залежно від їх продуктивності. Для зниження витрат праці доцільно розробити прості устрою для механізації зазначеної операції. Аналогічна ситуація має місце і за невеликого поголів'я на відгодівельних фермах молодняку ВРХ та на свинарських фермах [13, 30].

Так як процес видачі комбікорму тварин може здійснюватися різними способами та засобами, то для виділення певних напрямків у проектуванні перспективних пристроїв годівлі тварин зробимо аналіз існуючих пристроїв для роздачі комбікормів на фермах ВРХ. На рисунку 1.4 представлено класифікацію технологічних ліній для годівлі ВРХ комбікормами [16].

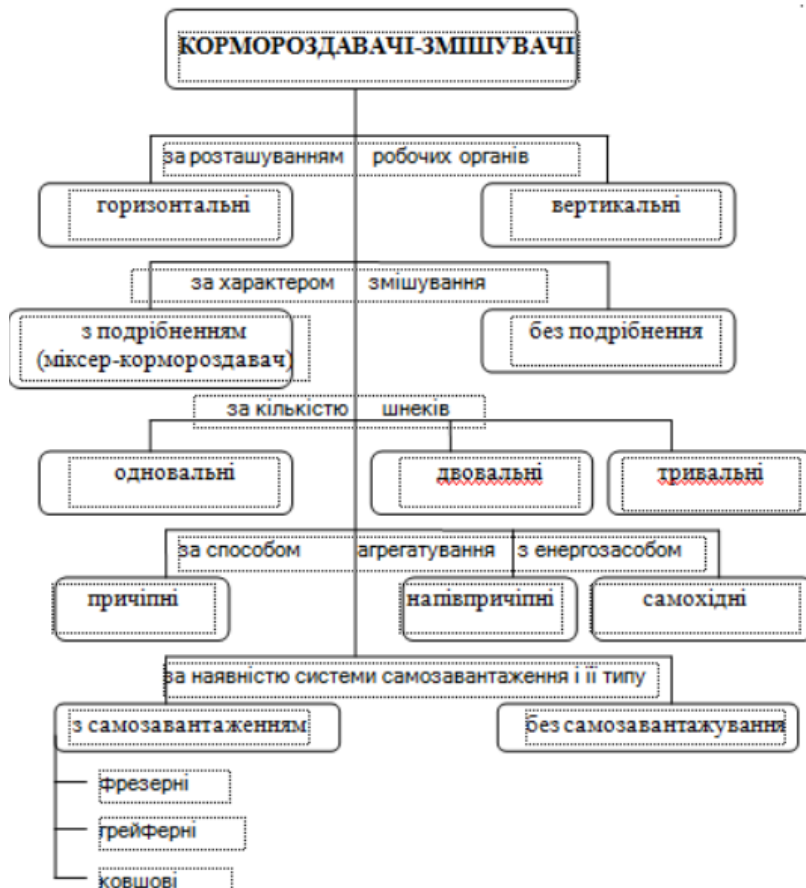


Рисунок 1.4 – Класифікація пристроїв роздачі сухих комбікормів

Для здійснення одночасної роздачі концентрованих, грубих та соковитих кормів при мінімальних витратах праці та засобів та підвищення точності дозування призначені пристрої ПКТУ-10 та ПРММ-5. Вони дозволяють здійснювати дозовану видачу розсипних або гранульованих (діаметром до 12

мм) концентратів у годівниці тварин як окремо, так і одночасно з іншими видами кормів (рисунок 1.5).

Пристрій встановлений на передній частині кормороздавача і складається з бункера для концентрованого корму, приводу з дозатором та огороження.

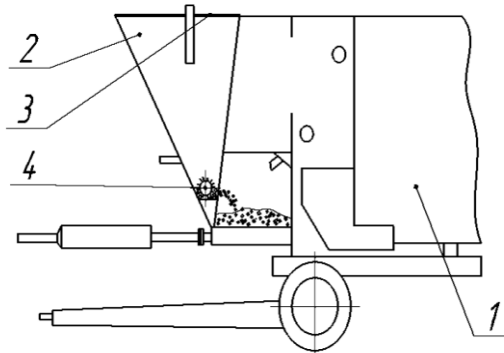


Рисунок 1.5 – Кормороздавач КТУ-10 із пристосуванням ПКТУ-10: 1 – кормороздавач КТУ-10; 2 – бункер ПКТУ-10; 3 – кришка; 4 – дозатор.

У верхній частині бункера є завантажувальна горловина з виступаючими бортами. На передній стінці вмонтовано оглядове вікно для контролю завантаження та витрат комбікормів. У нижній частині задньої стінки є кормовихідний отвір з похилим лотком та захисним козирком. Внизу бункера встановлений барабанний дозатор з 24 осередками [8].

Для роздачі комбікормів тваринам при прив'язному утриманні в зарубіжних господарствах застосовуються засоби обмеженої мобільності – монорейковий роздавач типу "Mobitron" (рисунок 1.6) фірми "Westfalia" [17].

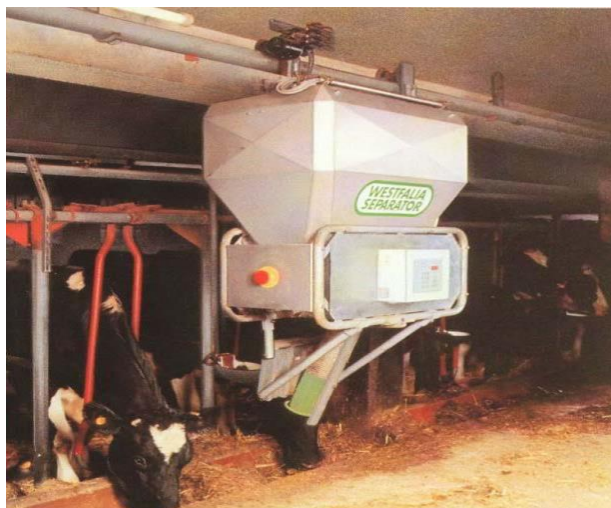


Рисунок 1.6 – Підвісний монорейковий роздавач концентрованих кормів фірми Westfalia.

Фірма "DeLaval" виготовляє подібні роздавачи "FeedCar 2" та "FeedMaster 500\800" (рисунок 1.7). Дозуючим елементом у них є шнек (рисунок 1.8а) або стрічка (рисунок 1.8б) [17].



Рисунок 1.7. Монорейковий роздавальник комбікормів фірми "AlfaLaval"22

Роздача комбікорму здійснюється з урахуванням розташування стійл у корівнику на дві або в одну сторону, по замкнутому колу або човниково. Корів необхідно розбивати на групи залежно від їхньої продуктивності, маси, раціону та фізіологічного стану.



а



б

Рисунок 1.8 – Дозуючий елемент монорейкового роздавача: (а) шнек, (б) стрічка.

Автоматична лінія роздачі та видачі сухих кормів худобі м'ясного спрямування, спроектована фірмою «Роулендс Бразерс» (Англія), представлена на рисунку 1.9. У нижній частині відсіку 3 розташований лопатевий дозатор 11 з

чотирма лопатями. Співвідношення зерна та концентратів у кормовій суміші становить 6:1 відповідно. Змінні лопаті дозаторів дозволяють регулювати співвідношення змішуваних компонентів від 1:1 до 100:1 [13].

Підготовлена до годівлі кормова суміш надходить на гумову стрічку роздавача. Привід транспортера та дозатора наводиться в рух від одного електродвигуна потужністю 0,74 кВт. Наявність Г образного відведення дозволяє послідовно заповнювати годівниці: на початку ліва годівниця, потім, коли комбікорм досягне рівня другого відводу і надходить у нього, заповнюється права годівниця, після цього електропривід лінії вимикає вимірювальний перетворювач тиску.

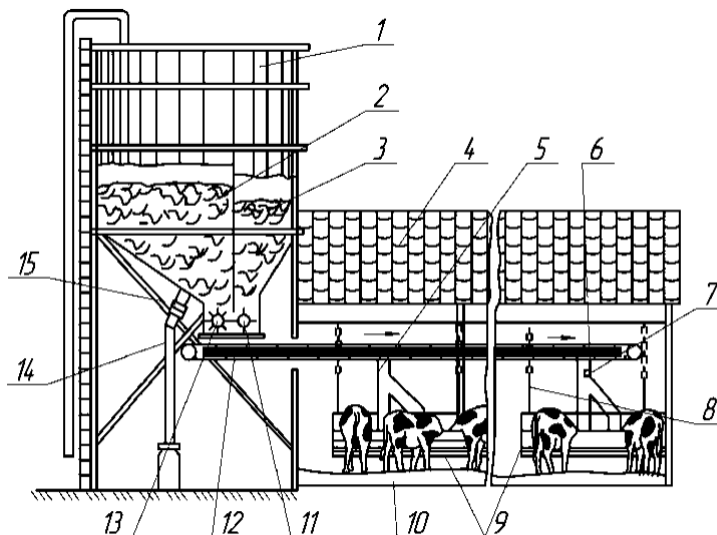


Рисунок 1.9 – Схема автоматичної лінії для комбікормів: 1 – зовнішній бункер; 2 – відсік для зерна; 3 – відсік для комбікорму; 4 – ферма; 5 і 6 – вікно над першою та другою годівницями; 7 – вимірювальний перетворювач тиску; 8 – ланцюг, що підтримує; 9 – годівниці; 10 – підстилка; 11 – дозатор комбікорму;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

При безприв'язному утриманні дійних корів годівлі комбікормами здійснюється під час доїння, коли доїння відбувається на доїльному майданчику установок типу "Тандем", "Ялинка" або карусельного типу. До того ж у корів виробляється стимул для того, щоб прямувати до доїльного залу на доїння.

У доїльних установках вітчизняного виробництва (УДА, УДТ, УДЕ) встановлено ланцюгово-шайбовий роздавач або його аналог - тросово-шайбовий (рисунок 1.10) з шиберним дозатором (рисунок 1.11), в якому важко домогтися індивідуального дозування комбікормів [22].

Процес роботи даного роздавача наступний: комбікорм подається до приймального бункеру 2, далі він переміщається тросово- або ланцюгово-шайбовим транспортером 8 до шиберних дозаторів 5, змонтованих на доїльному майданчику, які видають порцію комбікорму корові з урахуванням надою молока. Шибер (заслінка) 2 (рисунок 1.11) здійснює зворотно-поступальні переміщення, створювані вакуумним насосом, пульсатором 4, мембраною 3 поворотною пружиною 5. При відкритті заслінки 2 порція комбікорму надходить у годівницю. Після її закриття за рахунок тертя частина комбікорму зміщується, тим самим створює умову для видачі наступної дози корму.

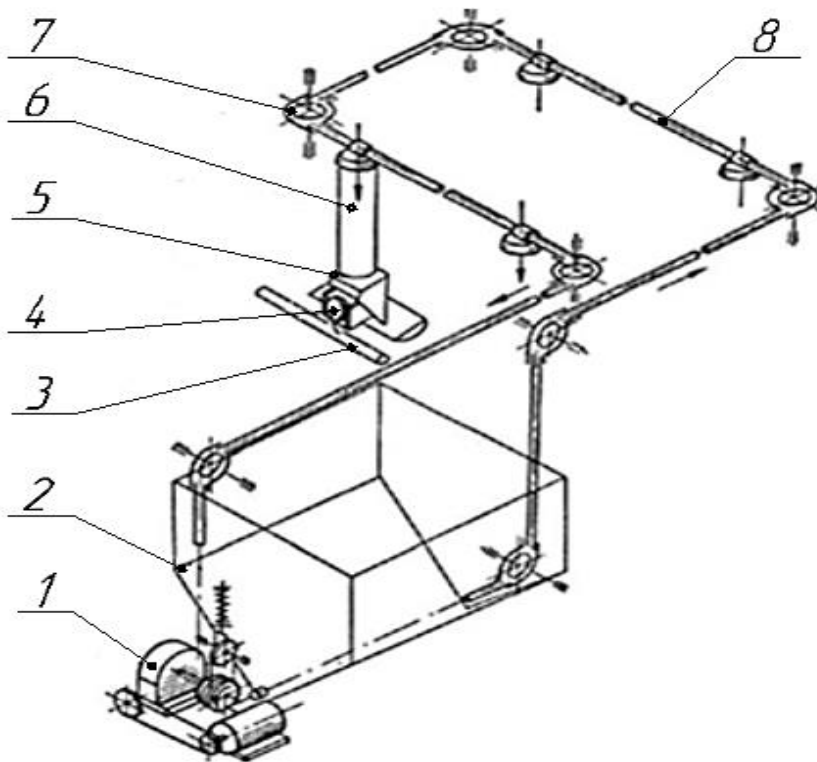


Рисунок 1.10 – Ланцюгово-шайбовий роздавач (живильник) сухих кормів: 1 - привід; 2 - завантажувальний бункер; 3 - вакуумпровід; 4 - пневмокамера; 5 - дозатор; 6-накопичувач; 7 - поворотний блок; 8 - ланцюгово-шайбовий роздавач.

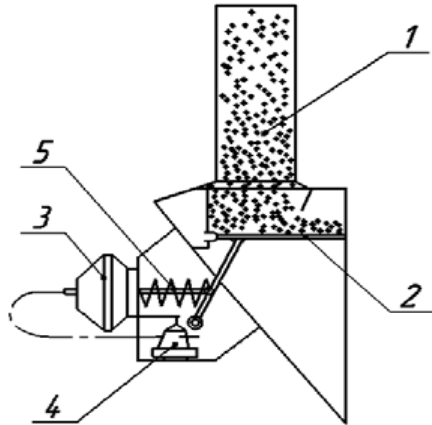


Рисунок 1.11 – Шиберний дозатор доїльної установки УДА – 16: 1 – приймальний бункер; 2 - шибер (заслінка); 3 – мембрана; 4 – пульсатор; 5 – зворотна пружина.

Дозатор має храповий механізм, який автоматично зупиняє дозатор при видачі певної кількості порцій корму (від 1 до 24). Кількість доз встановлюється оператором машинного доїння вручну.

Даний дозатор має такі недоліки: при видачі комбікорму шибером до вивантажувального вікна козирок дозатора заважає просуванню корму і розпушує його, а гладка поверхня шиберу прослизає під комбікормом. Вагомий вплив на точність дозування має властивий динамічний фактор, що виникає через поштовхи при поворотно-поступальному русі шибера.

Бокси для видачі комбікормів фірм Gascoignemelot (рисунок 1.12) [13] і Westfalia (рисунок 1.13 і рисунок 1.14) [14] використовуються для годівлі корів при безприв'язному змісті.



Рисунок 1.12 – Кормові бокси фірми Gascoignemelot.

Фірма "Gascoignemelot" для видачі комбікорму випускає два види дозаторів концентрованих кормів: один із малою подачею комбікорму (10 г/сек), другий із великою подачею комбікорму (60 г/сек). Велика подача корму застосовується на фермах, де корови отримують майже всі концентровані корми в доїльному залі під час доїння.

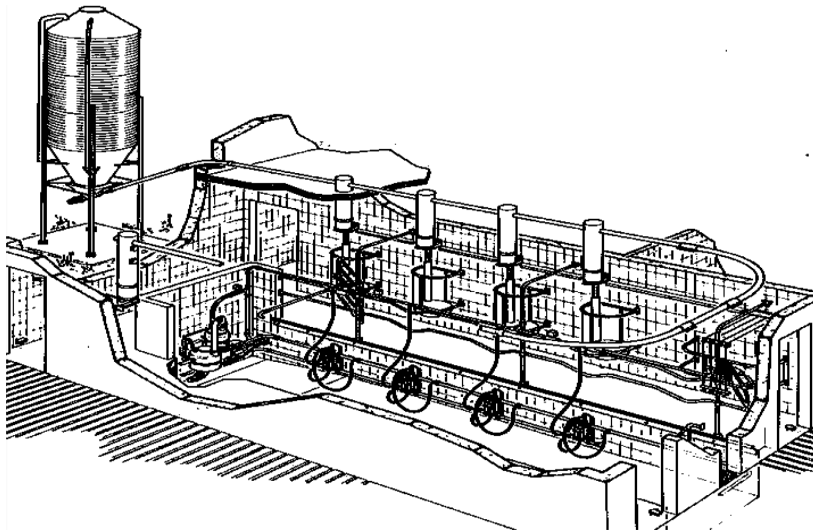


Рисунок 1.13 – Кормові бокси на доїльному майданчику фірми Westfalia.



Рисунок 1.14 – Кормові бокси всередині ферми фірми Westfalia.

Автоматизація видачі комбікормом у системі дозування MR 2000 із використанням шнекового дозатора здійснюється блоком комп'ютерних програм Feeder 2 [13].

У доїльних установках фірми Westfalia є кормові автомати для індивідуальної видачі трьох різних видів концентрованих кормів, видача яких регулюється системою CODATRON Dairyplan. Ці установки забезпечують процес доїння та індивідуальну годівлю дійних корів на фермі з поголів'ям до 5000. Усі корови мають індивідуальний електронний та порядковий номер (чіп). Для здійснення нормованої видачі комбікормів у зоні годівлі встановлені дозатори концентратів, підключені до елементів, що управляють, засобами ЕОМ (персонального комп'ютера) [14]. Обсяг комбікорму, виданого корові, залежить від безлічі факторів, які враховані в програмі, таких як фаза лактації, надій, якість кормів, пора року та ін.

Фірмою ДеЛаваль випускаються кормостанції (рисунок 1.15) для корів марок FSC40 і FSC400, призначені для індивідуального годівлі точно вимірюваною кількістю концентрованих кормосумішей та мінеральних добавок. Дана станція дозволяє видавати належний раціон для кожної корови з урахуванням стадії лактації та удоїв, тварина здатна регулярно протягом дня отримувати невеликі порції концентратів відповідно до персонального плану годівлі. Станції годівлі підключаються до системи керування стадом або процесора годівлі FP204X [17].



Рисунок 1.15 – Кормостанція фірми ДеЛаваль

Компанія LELY DAIRY EQUIPMENT також випускає аналоги кормових станцій, проте дана компанія випускає ще мобільні станції роздачі концентрованих кормів (рисунок 1.16). Завдяки мобільній станції роздачі концентрованих кормів LelyCosmixM, що працює на сонячних батареях, корови на вигоні додатково отримують цілодобовий доступ до концентрованих кормів [6].



Рисунок 1.16 – Мобільна станція роздачі концентрованих кормів LelyCosmix M

Всі наведені вище імпортні системи роздачі комбікормів досить дорогі та недоступні більшості рядових господарств (крім великих агрохолдингів).

1.4 Дозатори сухих концентрованих кормів для корів Дозатори безперервної дії.

Тарілчасті або дискові дозатори (рисунок 1.17) у більшості випадків застосовують для дозування мінеральних та збагачувальних речовин.

В процесі роботи дозатора інгредієнти з приймального бункера 1 через вивантажувальний отвір потрапляють на плоску тарілку дозатора 2 і скидаються скребком 3 в напрямний козирок. Мінусами є велика залежність від фізико-механічних властивостей матеріалу та обмежена кутова швидкість обертання диска (тарілки) [4, 6].

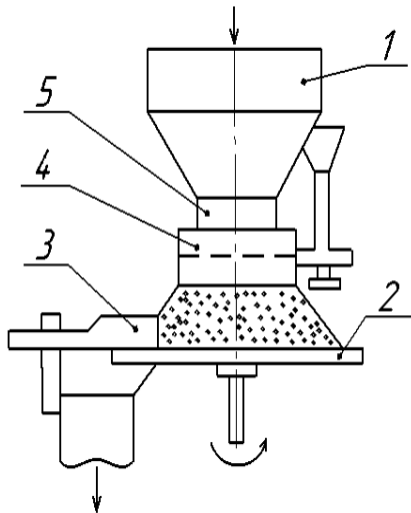


Рисунок 1.17 – Тарілковий дозатор: 1 – бункер; 2 – тарілка; 3 – скребок; 4 і 5 – рухливий та нерухомий патрубки.

Шнекові дозатори (рисунок 1.18) мають простий пристрій, здатні дозувати як сухі, так і вологі корми, надійні та невибагливі при експлуатації. Регулювання порції видачі корму регулюється частотою обертання шнека або шибєрними заслінками, ускладнюється привід [6, 24, 26].

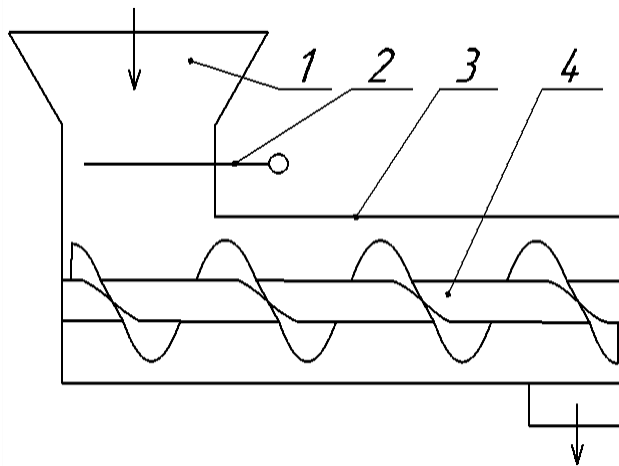


Рисунок 1.18 – Шнековий дозатор: 1 – бункер; 2 – заслінка; 3 – корпус; 4 – шнек

Стрічкові дозатори безперервної дії зустрічаються як масової, і об'ємного типу (рисунок 1.19).

У дозаторів об'ємного типу бункер має засувку. Стрічковий транспортер розташований під вивантажним вікном бункера. При відкритті засувки корм з бункера безперервним потоком надходить на стрічковий і відводиться їм. Під

стрічкою може встановлюватися датчик маси 4 з балансиrom 5, що управляє засувкою, в цьому випадку даний дозатор можна віднести до вагових дозаторів безперервної дії.

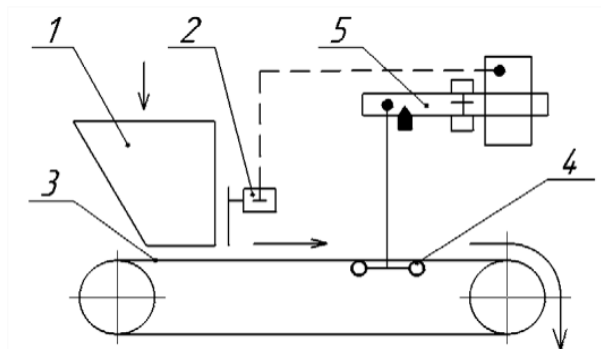


Рисунок 1.19 – Стрічковий дозатор: 1 – приймальний бункер; 2 – блок керування заслінкою; 3 – стрічка; 4 – датчик маси; 5 – балансир

У разі зміни маси комбікорму на стрічці 3 сигнал датчика 4 надходить на механізм приводу заслінки 2, який пересуває її, забезпечуючи задану видачу корму. Висока енергоємність при частих зупинках стрічки пристрою та висока похибка дозування є основними недоліками [2, 5, 16].

Вібраційні дозатори (рисунок 1.20) мають робочий орган у вигляді лотка 1, що коливається, підвішеного на гнучких опорах 2. При вібрації лотка сипкий матеріал переміщається в поздовжньому напрямку. Їх конструкція проста і надійна, не габаритна і не має елементів, що обертаються [1, 4, 11].33

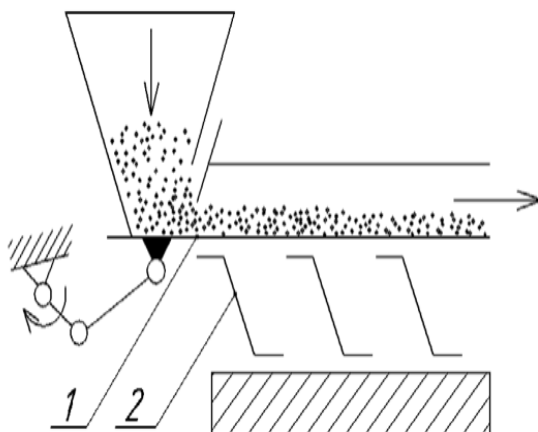


Рисунок 1.20 – Схема вібраційного дозатора: 1 – лоток, 2 – гнучка опора.

Барабанні дозатори (рисунок 1.21) завжди забезпечують встановлену подачу корму при незмінній щільності комбікорму, що дозується.

Дозування матеріалу здійснюється в такий спосіб. Комбікорм, що проходить через вікно завантаження, захоплюється лопатями, рухається по корпусу і викидається через вивантажувальний отвір. Поверхня і переріз барабана підбираються з урахуванням фізико-механічних властивостей комбікорму, що видається, і необхідної точності дозування.

До недоліків барабанних дозаторів відносяться велика похибка дозування, складний привід, ступінчасте регулювання обсягу порції корму, що видається [2, 4,15].

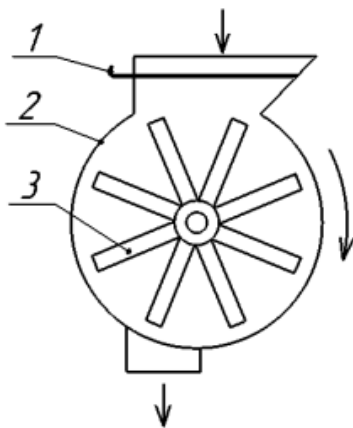


Рисунок 1.21 – Барабанний дозатор: 1 – заслінка; 2 – корпус; 3 – лопатевий барабан.

Порційні дозатори. Поршневий (плунжерний) дозатор (рисунок 1.22) дозволяє робити видачу доз в індивідуальні годівниці при прив'язному способі утримання корів.

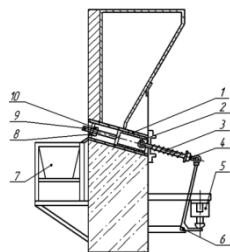


Рисунок 1.22 – Поршневий дозатор: 1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – пружина; 4 – шток; 5 – електромагніт; 6 – важіль; 7 – годівниця; 8 – відбивач; 9 – шпилька; 10 – регулювальні гайки.

Мінусом його роботи є те, що під час видачі комбікорму камера дозатора повинна ізолюватись від вивантажувального отвору бункера. В іншому випадку

відбувається видача комбікорму в годівницю під час подачі, а це позначається на точності дозування. При регулюванні величини дози зміною положення поршня в камері дозатора змінюється і величина вивантажувального вікна бункера, тому при малих порціях корму вікно стає вузьким, а це впливає на процес заповнення камери та якісні показники роботи дозатора [24].

Дисковий дозатор з осередками (рисунок 1.23) здійснює дозування наступним чином: матеріал 1 з бункера 2 надходить у комірку диска 3 далі за рахунок його обертання переміщається до вивантажувального отвору, під час збігу комірки з отвором корм висипається в приймальну ємність. Зміна об'єму комірки змінюється за допомогою змінних дисків [12, 14].

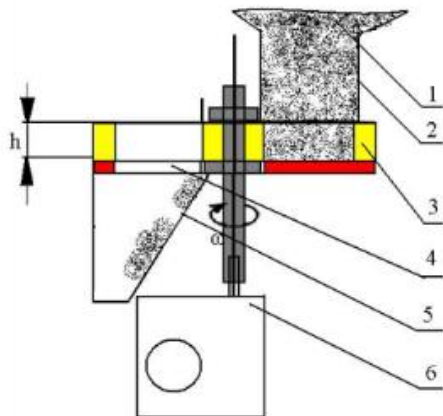


Рисунок 1.23 – Дисковий дозатор із осередками. 1 – комбікорм, 2 – бункер, 3 – диск із осередками, 4 – вивантажувальний отвір, 5 – лоток, 6 – привід.

Секторні дозатори (рисунок 1.24) призначені для дозування як сухих, так і вологих комбікормів. Вони мають дозувальну ємність, із змінним геометричним об'ємом.

Подача комбікорму відбувається за рахунок гравітаційних та інерційних сил при повороті заслінки на певний кут. Плюс таких дозаторів є плавне регулювання порції комбікорму.

Однак налипання вологих елементів комбікормів у вузьких місцях ємності та робота в дискретному режимі знижують виробничі можливості даних дозаторів [5, 24].

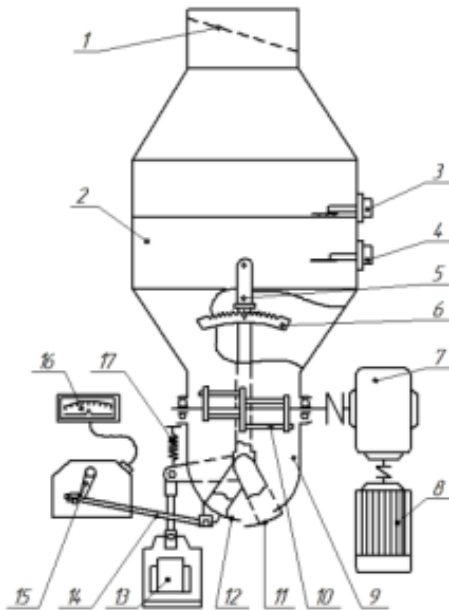


Рисунок 1.24 – Секторний дозатор ДК-10: 1 – сітка; 2 – бункер; 3 та 4 – датчики верхнього та нижнього рівнів; 5 – рукоятка; 6 – шкала; 7 – редуктор; 8 – електропривод; 9 – піддон; 10 - ворошилка; 11 і 12 – перекриває та дозують заслінки; 13 – електромагніт; 14 – тяга; 15 – виконавчий механізм; 16 – показчик; 17 – пружина.

Шибєрний (гравітаційний) дозатор (рисунок 1.25) призначений для дозування матеріалу з горловини вивантажувальної під дією сили тяжіння і тиску стовпа комбікорму в бункері. Поперечний переріз каналу регулюється заслінкою (шибєром) [24].

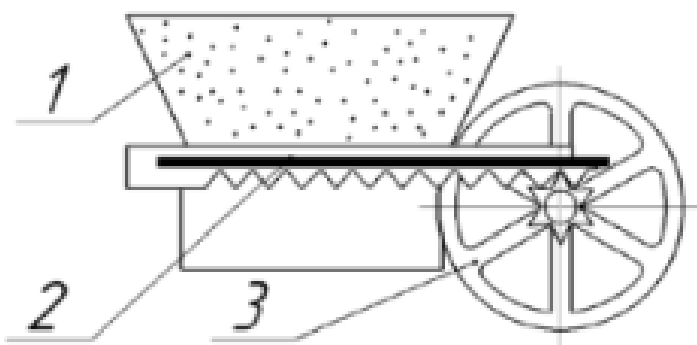


Рисунок 1.25 – Шибєрний дозатор: 1 – бункер; 2 – заслінка (шибєр); 3 – привод заслінки

Спираючись на зоотехнічні вимоги для дозаторів та цю класифікацію, формуються параметри та вимоги, якими повинні мати дозатори сухих кормів та матеріалів [14].

Похибка дозування комбікормів одну голову на добу концентрованих кормів за зоотехнічними вимогами не повинна перевищувати 5% від норми видачі. Повернуті втрати комбікорму не повинні перевищувати 1%, неповоротні втрати не допускаються [21].

У всіх дозаторів спостерігається похибка дозування, яка повинна виходити за встановлені рамки зоотехнічних вимог.

Похибка дозування вказується у технічних характеристиках дозатора. Наприклад, похибка дозування шнекового дозатора ДК-10 становить 5%, тарілчастого – 3%, вагових дозаторів – менше 1% [17]. На підставі проведеного аналізу об'ємних дозаторів можна сказати, що даний тип дозаторів може відповідати зоотехнічним вимогам при дозуванні комбікормів.

Можна виділити дві основні групи параметрів, що впливають на точність дозування кормів:

1. Параметри, що залежать від фізико-механічних властивостей (ФМС) кормів, що дозуються (щільність, насипна маса, внутрішній динамічний опір зсуву, швидкість об'ємної деформації кормової маси, середній розмір частинок матеріалу і т. д.).

2. Параметри, що залежать від конструктивних, технологічних та кінематичних показників дозатора комбікормів (швидкість руху комбікорму та робочого органу, площі зрізу, вид та тип дозуючого органу тощо) [23].

Дозатори сухих кормів за способом роздачі, за виглядом робочого органу, за способом регулювання подачі безперервні, тарілчасті, площею зрізу, конструкцією тарілки, шнекові, частотою обертання, поданням матеріалу, стрічкові, площею зрізу, швидкістю стрічки, вібраційні, площею зрізу, часом дії, барабанні, частотою обертання, перетином осередку, довжиною робочої частини, порційні, секторні, обсягом сектора, швидкістю заповнення, шибєрні, частотою відкриття є тривалістю, плунжерні, за кількістю ходів, об'ємом камери ковшові, кількістю порцій, об'ємом ковша, дискові, обсягом осередку, кількістю осередків, числом оборотів диска.

На підставі зоотехнічних вимог, якими обґрунтовано необхідність дозування сухих концормів, можна визначити основні вимоги до дозуючих пристроїв [14, 17, 26].

Дозатори комбікормів повинні:

- забезпечити найменшу похибку дозування корму, величина якої, у свою чергу, не повинна перевищувати встановлені зоотехнічні норми;
- бути універсальними і забезпечувати дозування різних видів концентрованих кормів;
- забезпечувати швидке та просте регулювання видається дози комбікорму;
- зберігати точність дозування незалежно від зміни фізико-механічні властивості корму;
- Забезпечувати поточність роботи;
- Виключати втрати, розшарування корму на фракції та погіршення поживних якостей корму, що дозується;
- мати низький рівень шуму під час роботи;
- легко очищатися від залишків корму;
- мати малий термін окупності;
- мати малу енергоємність та низькі витрати на експлуатацію та обслуговування;
- вписуватись у різні види корівників;
- володіти низькою металоємністю;
- Бути автоматизованими.

1.5 Стан досліджень процесу дозування сипких кормів.

Якісні та експлуатаційні характеристики роботи дозаторів у багато в чому залежать від конструкції робочих органів, способу подачі корму в дозатор та умов його експлуатації. Тому створення вискоєфективних дозаторів вимагає великої кількості теоретичних досліджень та досвідчених робіт. Дослідженнями в галузі дозування займалося багато вчених, як у нашій країні, і там. Проведені ними дослідження дозволили обґрунтувати основні конструкції

та типи дозаторів, що застосовуються для дозованої роздачі кормів на комплексах та фермах, виявити їх сильні та слабкі сторони.

Оскільки, як зазначалося, робочий процес дозаторів залежить від умов заповнення робочих органів, багато робіт присвячені питанням закінчення сипких матеріалів і розрахунками бункерів. Частина дослідників розглядали питання щодо оцінки якості роботи дозаторів: В.Г. Коба, І.А. Кравченко, О.Ю. Єрмолін, А.А. Лейвакант, С.Б. Павлов та ін .

На основі цього розділу впливає наступне:

- Вдосконалення механізації роздачі сухих концентрованих кормів дійним коровам є актуальним;
- об'ємні дозатори прості за пристроєм у порівнянні з масовими дозаторами, прості в обслуговуванні, деякі їх види забезпечують встановлені норми зоотехнічних вимог;
- обґрунтування основних конструктивно-технологічних параметрів спірального-гвинтового дозатора комбікормів є актуальним.

Метою роботи є підвищення точності дозування сухих концентрованих кормів дійним коровам шляхом обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів спірального-гвинтового дозатора.

Поставлені завдання:

1. Дослідити робочий процес спірального-гвинтового дозатора та виявити аналітичні залежності для розрахунку його конструктивно-технологічних параметрів.
2. Дослідити фізико-механічні властивості основних видів комбікормів, що згодовуються у тваринництві та впливають на робочий процес дозатора.
3. Експериментально дослідити вплив конструктивних факторів та режимів роботи спірального-гвинтового дозатора на показники процесу дозування та визначити раціональні конструктивно-технологічні параметри розробленого дозатора для дозованої видачі комбікормів.

4. Провести виробничі випробування розробленого спірального-гвинтового дозатора і оцінити його економічну ефективність.

Об'єкт дослідження: робочий процес спірального-гвинтового дозатора комбікормів.

Предмет дослідження: вплив конструктивно-технологічних параметрів на якісні показники робочого процесу спірального-гвинтового дозатора.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання досліджень:

1. Дослідити робочий процес спірального-гвинтового дозатора та виявити аналітичні залежності до розрахунку його конструктивно-технологічних параметрів.

2. Дослідити фізико-механічні властивості основних видів комбікормів, що згодовуються у тваринництві та впливають на робочий процес дозатора.

3. Експериментально дослідити вплив конструктивних факторів та режимів роботи спірального-гвинтового дозатора на показники процесу дозування та визначити раціональні конструктивно-технологічні параметри розробленого дозатора для дозованої видачі комбікормів.

4. Провести виробничі випробування розробленого спірального-гвинтового дозатора та дати оцінку його економічній ефективності

Висновки по розділу.

Великим числом дослідженнями та передовою практикою встановлено, що повноцінне та нормоване годівлі дійних корів є основою високоефективного отримання продукції та основою утримання тварин у хорошому фізіологічному стані. Найкращі результати продуктивності дійних корів отримані при індивідуальному дозуванні комбікормів.

Для високопродуктивних дійних корів фізіологічно обґрунтованою є наступна кратність годівлі комбікормами: у першу фазу лактації до 6 разів на добу, у другу 3 – 4 рази та у третю фазу лактації 2 – 3 рази. При цьому допустимий максимальний обсяг концентрованих кормів, що видаються за

один раз – не більше 2-3 кг. При шестиразовій видачі комбікормів оптимальним проміжком між роздачами є 3:00 [19].

Швидкість поїдання концентрованих кормів залежить від того, в якому вигляді вони задаються корові: 1 кг розсипного комбікорму споживається коровою за 3 хвилини, гранульованого – за 2 хвилини, рідкого корму – за 1 хвилину.

Аналіз відомих конструкцій та технологічних схем дозованої роздачі комбікормів показав, що найбільш перспективними із зоотехнічної та економічної точки зору є об'ємні дозатори.

Дозатори, що використовуються на молочно-товарних фермах і комплексах, для видачі концентрованих кормів дійним коровам не повною мірою задовольняють зростим зоотехнічним і техніко-економічним вимогам до якості дозування та роздачі комбікормів.

Ціль: підвищення точності дозування сухих концентрованих кормів дійним коровам шляхом обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів спірально-гвинтового дозатора.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПІРАЛЬНО-ГРУНТОВОГО ДОЗАТОРА СИПУЧИХ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ.

2.1 Обґрунтування та опис конструктивно-технологічної схеми спірально-гвинтового дозатора для дозованої видачі сипучих концентрованих кормів.

Класифікація та аналіз відомих технічних засобів дозованої роздачі сухих концентрованих кормів показали, що зоотехнічним та техніко-економічним вимогам найбільше відповідають дозатори, які можна застосовувати як на кормових станціях або на доїльних майданчиках, так при годуванні дійних корів у стійлах з використанням роздатчиків. .

На підставі прийнятого або існуючого способу утримання дійних корів компонувальна схема дозатора повинна забезпечувати доступ тварин до годівниці, мати вільний доступ до всіх вузлів та деталей при обслуговуванні, ремонті, миття та дезінфекції. З метою зниження трудових витрат необхідно, щоб дозування здійснювався в автоматичному режимі.

Дозатори концентрованих кормів є основними елементами роздавачів цих кормів. Якісне дозування комбікормів сприяє високоефективному виробництву молока.

Аналіз досліджень щодо дозування концентрованих кормів дозволяє сказати, що найбільш простими та перспективними для широкого застосування є шнекові дозатори та їх окремий випадок спірально-гвинтові дозатори (СВД).

Незважаючи на велику різноманітність конструкцій СВД, у будь-якій з них можна виділити такі основні структурно-конструктивні елементи: приймальний бункер, завантажувальне вікно (горловина), привід, циліндричний корпус (кожух), гвинтова спіраль, вивантажувальне вікно (горловина), механізм регулювання норми видачі матеріалу [12].

Приймальний бункер служить для прийому та накопичення комбікорму, необхідного для дозованої роздачі та згодовування тваринам.

Гвинтова спіраль служить для забору корму з бункера через завантажувальну горловину та її транспортування усередині циліндричного кожуха до вивантажувальної горловини.

Вивантажувальна горловина призначена для спрямованої видачі комбікорму в годівницю, у разі потреби може доповнюватися жолобом.

Поєднання цих найважливіших елементів у дозаторах та їх конструкціях обумовлюються фізико-механічними властивостями кормів: об'ємною масою, гранулометричним складом, вологістю, кутом природного укосу та обвалення та ін.

На підставі вищевикладеного, нами розроблено конструктивно-технологічну схему дозатора корму [13].

Пропонований спіраль-гвинтовий дозатор (рисунок 2.1) складається з циліндричного корпусу 1 з 2 завантажувальної і розвантажувальної 3 горловинами, в якому розміщена гвинтова спіраль 4, що приводиться в обертання приводом 5.

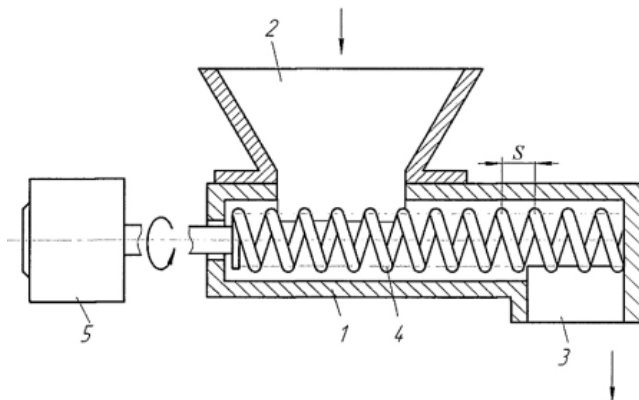


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема експериментального дозатора: 1 – циліндричний кожух; 2 – завантажувальний бункер; 3 – вивантажувальна горловина; 4 – гвинтова спіраль; 5-привід.

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

2.2 Теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів спірального-гвинтового дозатора.

Робочий процес спірального-гвинтового дозатора складається з процесу закінчення матеріалу з бункера дозатора та заповнення міжвиткового простору, транспортування по циліндричному кожуху за допомогою спіралі та процесу розвантаження, тобто закінчення матеріалу з кожуха.

Випорожнення бункера та заповнення забірної частини гвинтової спіралі СВД комбікормом здійснюється безперервним потоком в результаті дії сили тяжіння. Тому для опису процесу заповнення міжвиткового простору гвинтової спіралі комбікормом можна застосувати теорію суцільних середовищ.

З цієї теорії варто створити вихідні причини і припущення:

1. По Гячову Л.В. приймемо як модель сипучого середовища – тіло, що складається з повністю твердих і однакових за розмірами елементів, що у щільному контакті. Об'єм окремо взятого елемента частинки мізерно малий у порівнянні із загальним обсягом матеріалу, що дозується. Дане припущення дозволяє вважати матеріал, розташований у бункері, суцільним середовищем, до якої застосовується поняття напруги, аналогічне тому ж поняттю в механіці суцільних середовищ. Варто зазначити, при використанні великих бункерів, тиск усередині матеріалу досягає значних показників, і щільність сипучого середовища наближається до щільності її елементів.

2. У процесі руху матеріалу його насипна щільність залишається незмінною. На початку закінчення сипкого продукту з отвору бункера частина опори всередині бункера губиться, наслідком чого є зміна тиску усередині матеріалу. Внаслідок розпушення насипна щільність знижується, наближаючись до мінімальної величини. У процесі закінчення продукт може або розширюватися, або стискатись залежно від вихідної щільності упаковки відповідно до тиску, що діє на окремі його елементи. Приймемо, що з безперервному і безперешкодному закінченні продукту його насипна щільність залишається майже постійною.

3. Механічні властивості сипучого продукту у різних напрямках однакові. Рух елементів сипучого продукту характеризується їхньою структурною деформацією. Порушення рівноваги супроводжується виникненням напружень та їх перерозподілом.

Є гіпотеза динамічного склепіння, що саморуйнується, полягає в тому, що при закінченні сипучого продукту бункера, над його вивантаженим отвором, виходить особлива структура - динамічний звід, що швидко руйнується.

Частинки, що пройшли через динамічний склепіння продукту, потрапляють в отвір згідно із законом всесвітнього тяжіння. Відповідно до цієї теорії швидкість закінчення продукту залежить від висоти склепіння і ні як не залежить від висоти стовпа продукту, що знаходиться в бункері.

Л.В. Гячов каже, що динамічний склепіння експериментами не підтверджено, а гіпотеза має необґрунтований характер.

В основу розробленої Л.В. Гячова теорія рівноваги і руху покладена комбінована механічна модель сипучого тіла [6]. На першому етапі матеріал розглядається як суцільне сипуче середовище, здатне заповнювати обсяг судини, витікати з нього подібно до рідини і т.п.

Проте диференціальне рівняння руху суцільного середовища містить невідомий змінний коефіцієнт – невідому функцію, що дозволяє проінтегрувати функцію. Ця невідома функція для суцільного середовища, що характеризує силові (розпірні) властивості матеріалу, може бути визначена на основі дисперсності [27].

Прийнято розділяти встановлене закінчення продукту на нормальне і гідравлічне [5,24].

Закінчення з бункера має складний характер. Заповнення паркану кожуха зі спіраллю відбувається під дією сил тяжіння зі швидкістю v .

В результаті приймаємо припущення, що коефіцієнт ущільнення продукту в забірній частині СВД залишається незмінним. У майбутніх

розрахунках будемо використовувати лише усереднену швидкість закінчення продукту.

Для нормальної роботи спірального-гвинтового дозатора (СВД) необхідно, щоб пропускна здатність завантажувальної горловини бункера дозатора перевищувала транспортуючу здатність (подачу) гвинтової спіралі або дорівнювала їй. Подача продукту з бункера здійснюється через отвір завантажувальної горловини. Кінець спіралі на ділянці, що дорівнює довжині цього вікна, захоплює частинки продукту і переміщає їх у кожух. Ширину вікна h зазвичай приймають $0,6 - 0,8$ діаметра циліндричного кожуха D , а довжину завантажувального вікна $l_o = (1,5-2,5) s$ де s - крок спіралі (рисунок 2.2). Встановлено, що відхилення довжини завантажувального вікна від оптимального значення викликає зростання споживаної потужності, знижується коефіцієнт заповнення міжвиткового простору і, як наслідок, подача Q_d дозатора [3, 7, 9]. До того ж тут не враховано впливу частоти обертання спіралі на довжину завантажувального вікна.

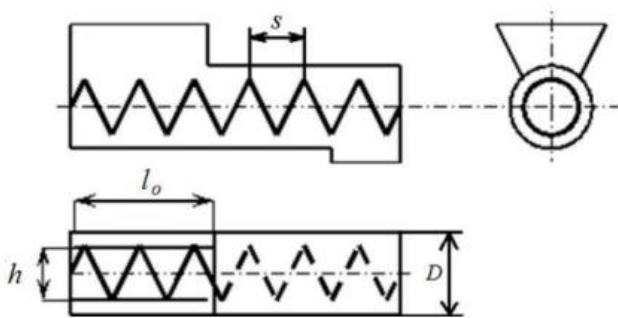


Рисунок 2.2 – Схема спірального-гвинтового дозатора.

Теоретично визначимо оптимальну величину l_o залежно від частоти обертання спіралі n діаметра кожуха D і кроку спіралі s .

На рисунку 2.3 відображено залежність відношення довжини завантажувального вікна до діаметра кожуха від частоти обертання спіралі для трьох значень її кроку.

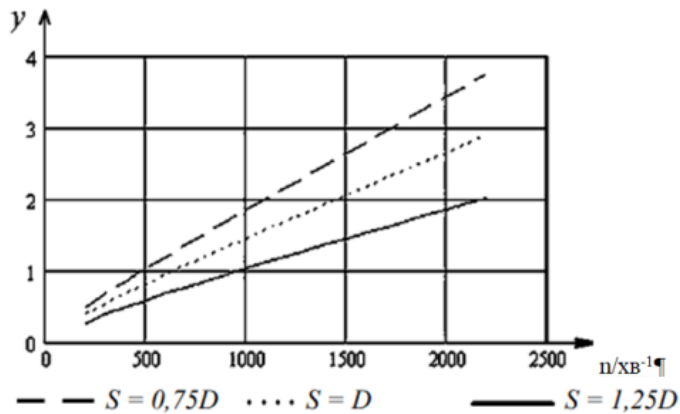


Рисунок 2.3 – Зміна відношення довжини завантажувального вікна до діаметру кожуха $y = lo/D$ в залежності від частоти обертання спіралі для різних значень кроку.

На рисунку 2.4 відображено залежність зміни відношення довжини завантажувального вікна до кроку гвинтової спіралі від її частоти обертання для трьох різних її кроків

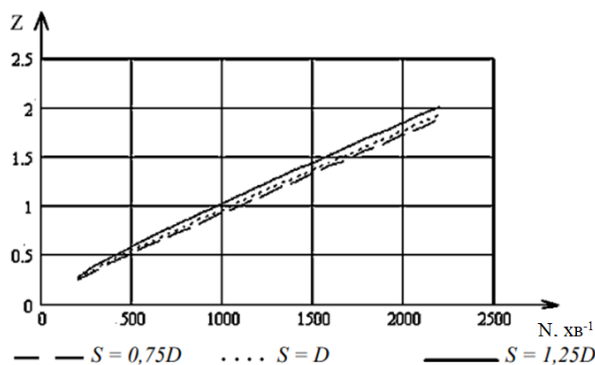


Рисунок 2.4 – Зміна відношення довжини завантажувального вікна до кроку спіралі $z = lo/S$ залежно від частоти обертання спіралі щодо різних значень її кроку.

За графіками рисунку 2.4 для різних значень кроку залежність можна апроксимувати єдиною формулою: $lo = (1,37 \cdot 10^{-3} n - 0,05) \cdot s$.

Даний вираз дозволить визначати необхідну довжину завантажувального вікна для конкретного спірального-гвинтового дозатора без складних математичних обчислень, у яких слід знати значення присутніх у яких коефіцієнтів, з точністю, достатньої практичного застосування.

Як видно, подача спірального-гвинтового транспортера при постійних інших параметрах, що впливають на неї, перебуває у прямо пропорційній залежності від кутової швидкості спіралі. Тобто теоретична подача

горизонтального спірального-гвинтового транспортера і осьова швидкість корму функції від кутової швидкості спіралі можуть бути виражені залежностями.

Кутовий коефіцієнт може бути визначений для заданих параметрів спірального-гвинтового транспортера способом найменших квадратів.

За даними В.І. Третьякова для $D_k = 0,04$ м, $\alpha = 20^\circ$ $\varphi = 56^\circ$ залежність швидкості корму від кутової швидкості спіралі описується рівнянням [18].

Однак численними дослідженнями [6, 9, 21] встановлено, що залежність $Q = f(\omega)$ має параболічний характер. Це пояснюється тим, що при збільшенні кутової швидкості спіралі і, отже, кутової швидкості корму, що знаходиться в міжвитковому просторі в забірній камері транспортера, збільшуються відцентрові сили інерції, що протидіють закінчення корму в завантажувальному отворі. Отже, збільшення кутової швидкості спіралі призводить до зменшення коефіцієнта наповнення СВТ. При підвищенні кутової швидкості спіралі не може захоплюватися корми в забірній частині, а всередині кожуха поступальний рух корму. При досягненні деякої критичної кутової швидкості спіралі сипкий корм розподіляється циліндричним шаром, що додає по всьому колу до кожуха і, в силу своєї безперервності, рухається з постійною швидкістю (осьовий і кутовий), внаслідок чого на частинки корму діє (на рівних радіусах) відцентрова сила і величини [9].

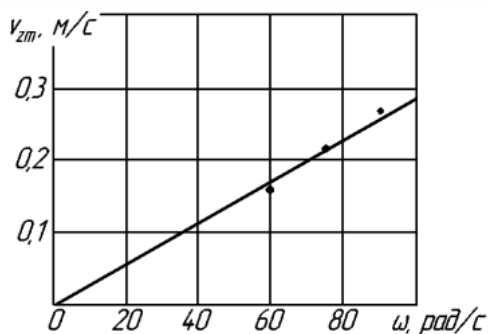


Рисунок 2.5 – Залежність середньої осьової швидкості корму V м/с від кутової швидкості спіралі ω (за В.І. Третьякову).

Легко переконатися, що якщо частинки корму не випадатимуть із сипучого тіла у крайній верхній точці, то випадання частинок неможливе у всіх інших точках.

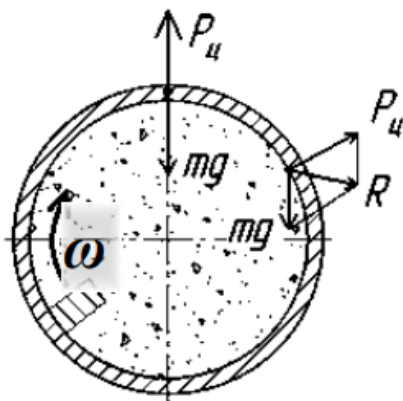


Рисунок 2.6 – Схема визначення критичної кутової швидкості спіралі.

Мінімальна кутова швидкість спіралі, при якій створюється безперервне сипуче тіло кільцеподібної форми, зменшується із збільшенням діаметра спіралі (кожуха транспортера), а також кроку спіралі. Величина $\omega_{кр}$ показує критичну кутову швидкість спіралі, коли він стає скрутним гравітаційне (самотечне) заповнення транспортера сипучим кормом. З подальшим збільшенням кутової швидкості спіралі зменшується коефіцієнт наповнення транспортера і тому збільшення подачі немає. Таким чином, величина $\omega = \omega_{кр}$ є критичною, вище за яку збільшення кутової швидкості спіралі з точки зору подачі при гравітаційному завантаженні недоцільно [19].

Більшість дослідників розглядають робочий процес спірального-гвинтового дозатора (СВД) як безперервну подачу матеріалу.

Розглядаючи процес транспортування сухих концентрованих кормів спіральним-гвинтовим транспортером, що має декілька ділянок розвантаження.

У представлених зазначених параметрів є конструкційними і з часом використання СВД вони залишаються незмінними, тим самим не впливають на точність формування дози. Однак частота обертання спіралі - відносний фактор, який може змінюватися з часом, припустимо, при зміні напруги в мережі живлення або збільшенні навантаження на спіраль при зміні фізико-механічних властивостей матеріалу, що дозується, що призводить до похибки при видачі дози.

Для виключення цього фактора Платоновим В.В. запропоновано спосіб дозування матеріалу шнековим дозатором не за тривалістю його роботи, а за кількістю обертів шнека [16]. Ми пропонуємо здійснювати дозування сипких матеріалів спіралью-гвинтовим дозатором також за кількістю повних обертів його спіралі, причому наприкінці видачі дози спіраль завжди зупиняється в певному положенні. Для налаштування дозатора на видачу заданої кількості корму потрібно знати подачу СВД за один оборот.

Розглянемо процес руху комбікорму в кожусі спіралью-гвинтового дозатора. Якщо зазор між спіраллю і кожухом буде значно перевищувати розміри частинок матеріалу, що переміщується, то порція, що видається за один оборот, в поздовжньому перерізі буде мати трапецеїдальну форму (рисунк 2.7) [8].

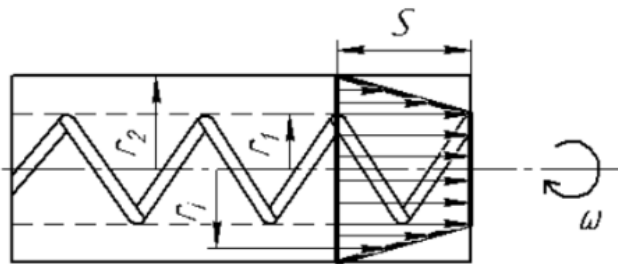


Рисунок 2.7 – Схема руху матеріалу в спіралью-гвинтовому дозаторі та розподіл відносних обсягів для низькообігової спіралі.

Істотний інтерес представляє розгляд різних варіантів розподілу відносного переміщення матеріалу в поперечному перерізі спіралей з урахуванням активного руху несипучого продукту тільки всередині спіралі, оскільки в ході візуальних спостережень виявлено, що при використанні спіралей з невеликим діаметром під впливом імпульсів з боку витків і гравітаційних сил комбікорм всередині неї також просувається до вивантажувального вікна. Але при збільшенні діаметра спіралі розподіл швидкостей у поперечному перерізі кожуха суттєво зміниться, а в центрі гвинтової спіралі відбувається виникнення так званої «мертвої зони» у формі стрижня, утвореного з комбікорму. У практичному плані рівність внутрішнього радіуса кожуха із зовнішнім радіусом спіралі виключає можливість виникнення активного шару [78].

Таким чином, якщо діаметр спіралі значно більше середнього розміру частинок комбікорму, що дозується, то розподіл матеріалу в поперечному перерізі спіралі відбувається згідно з рисунком 2.8. Відповідно до розподілу об'єму, що переміщається в поперечному перерізі кожуха, на ділянці « $r_1 - r_2$ » $s_i = s = \text{const}$, а на ділянці « $0 - r_1$ » рівняння прямої CD з координатами $C(s; r_1)$, $D(ks; 0)$ знаходиться з рівняння прямої, що проходить через дві точки [23].

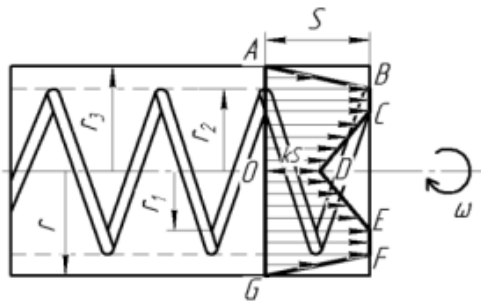
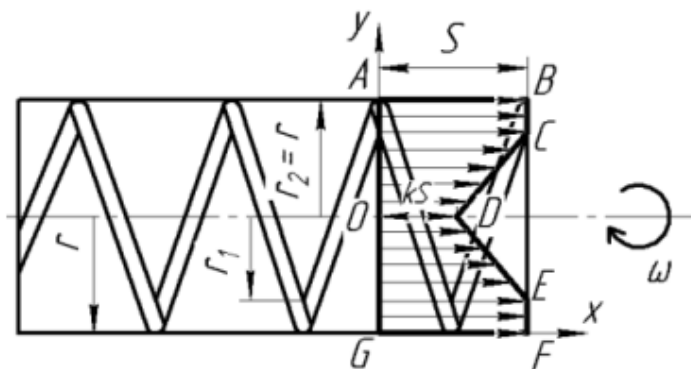


Рисунок 2.8 – Розподіл матеріалу у поперечному перерізі спірального дозатора.

Обсяг дози, що видається за один оборот, знайдемо шляхом інтегрування за зазначеними трьома ділянками та подальшого перетворення:

Якщо при дозуванні погано сипучого комбікорму зазор між кожухом і спіраллю наближається до нуля, то мінімальну швидкість має комбікорм, розташований поблизу поздовжньої осі спіралі, а максимальну швидкість - шари, що стикаються з витками спіралі або розташовані поблизу них з внутрішньою. 78].

Рисунок 2.9 – Схема руху комбікорму в жолобі СВД із зазором менше



середнього розміру частинок, що переміщуються між кожухом і спіраллю.

За аналогією з роботами [2, 22], прийнявши припущення, що радіус кожуха дорівнює зовнішньому радіусу спіралі, тобто $r = r_2$, а діаметр спіралі $d_{сп} = r_2 - r_1$.

Відповідно до розподілу об'єму, що переміщається в поперечному перерізі жолоба, переміщення комбікорму за один оборот знаходиться за формулою.

Представлене рівняння руху матеріалу $siCD$ дозволяє розраховувати обсяг матеріалу, що переміщується спіраллю за один оборот, для чого елементарний обсяг виразимо через нескінченно малу площу ds : $dV = sds$.

Тут площа ds розглядається у формі кільця радіусом r і шириною dr , що дозволяє після інтегрування по всій площі поперечного перерізу по 2 ділянках гвинтової спіралі отримати значення обсягу матеріалу, що переміщується спіраллю за один її оборот.

При дозуванні несипучого комбікорму обсяг матеріалу, що переміщається по поздовжній осі спіралі, дорівнює нулю (рисунок 2.10), і ця ділянка є зоною зависання комбікорму. Розподіл руху комбікорму на ділянці «0 – r_1 » залежно від радіусу.

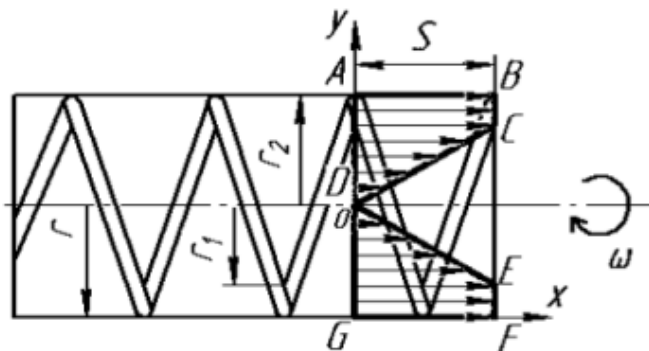


Рисунок 2.10 – Схема руху комбікорму в СВД із утворенням зони зависання комбікорму.

У зв'язку з цим обсяг дози, що видається СВД за один оберт спіралі, знаходиться інтегруванням по всій площі поперечного перерізу від $r = 0$ до $r = r$:

Отримані розрахункові формули дозволяють, залежно від фізико-механічних властивостей комбікорму і виду його руху в кожусі СВД, визначити

обсяг порції матеріалу, що видається за один оборот спіралі і визначити кількість оборотів спіралі, необхідне для отримання (видачі) заданої порції комбікорму тварині.

Як показала експериментальна перевірка реальній картині переміщення матеріалу в кожусі спірального-гвинтового дозатора відповідає схема на рисунку 2.10 та розрахункова формула. Це дозволяє підійти до висновку розрахункової формули та інших вихідних позицій.

Слід зазначити, що дані формули застосовуються тільки в тому випадку, якщо коефіцієнт заповнення міжвиткового простору дорівнюватиме одиниці, а це забезпечується відповідною довжиною завантажувального вікна та формою завантажувального бункера, яку слід вибирати на підставі [6, 15].

Але як би ми не розраховували обсяг порції, при реальному дозуванні завжди виникають похибки.

Велике значення має методика визначення похибки дозування та оцінки якості процесу.

Існує два види похибки: абсолютна похибка та відносна. Абсолютна похибка вимірювання результату дозування визначається за $\Delta q = q_i - q_n$, де q_i – фактично видана маса корму; q_n – задана маса корму за зоотехнічними нормами.

Відносна похибка своєю чергою перебуває у формулі: $\delta = \sum_{i=1}^n q_n \cdot i \cdot q_n$ 100%, (2.48) де i - число порцій корму.

В.В. Платонов у своїй роботі, розглядаючи роботу шнекового об'ємного дозатора, як критерій використовує відносну помилку дозування, причому ділить її на відносну конструктивну та режимну помилки.

Для зменшення режимної помилки автор пропонує програмувати роботу дозатора за оборотами, виключаючи тим самим похибки частоти обертання та тривалості включення дозатора. При цьому сумарна помилка дозування визначається виразом: $\Delta G = 2 \Delta D - \Delta d + \Delta S + \Delta \gamma + \Delta \psi + \Delta k$, де D – діаметр шнека, м; d – діаметр валу шнека, м; s – крок шнека, м; γ – щільність матеріалу, кг/м³, ψ - Коефіцієнт заповнення шнека; k – кількість оборотів шнека.

Помилка дозування при такому способі програмування, звичайно, зменшується, і його можна використовувати для СВД, але при цьому не враховується можливість зміни властивостей матеріалу в процесі дозування ($\Delta\gamma$) та режимів роботи дозатора, що позначиться на величині $\Delta\psi$. З іншого боку, точність дозування істотно залежить від точності роботи лічильника числа оборотів.

Відносна помилка дозування не є повною та достатньою характеристикою якості дозування. Г.М. Ягудін пропонує знаходити похибка дозування барабанним дозатором, перетворюючи вираз $q = \varphi v\delta, V, \gamma, l, vn$, за формулою [13].

$\delta q = v\delta + \sigma + \gamma + \sigma l + vn$, де σ_i - середньоквадратичні відхилення впливових факторів;

$v\delta, V, \gamma, l, vn$ – фактори, що впливають на похибку дозування. Достовірність теоретичного розрахунку похибки дозування залежить від правильності обраних для розрахунку середньоквадратичних відхилень факторів, що впливають, і параметрів, що в свою чергу є дуже скрутним.

Праці А.А. Лійваканта [6] присвячені вивченню точності дозування барабанним дозатором. У ній автор вивчає та класифікує фактори, що впливають на точність дозування, а також досліджує дані залежності. Причому автор намагається за відомою функцією продуктивності дозатора $Q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ визначити за допомогою математичного аналізу помилку дозування $m = g(x)$. Незважаючи на те, що ця залежність визначена приблизно, метод має велике значення при проведенні досліджень, оскільки визначити залежність $m = g(x)$ складніше, ніж $Q = f(x)$.

Ця методика полягає в наступному [6]. Похибка дозування визначається наступним виразом $m = Q' \Delta x$, де Q' - похідна продуктивності дозатора; Δx – максимальне значення похибки аргументу.

При певній залежності $Q = f(x)$, можна визначити $Q' = f'(x)$, і знайти $m = g(x)$.

З рівняння видно, що при $Q' = 0$ (тобто при $Q = Q_{\max}$ або $Q = Q_{\min}$) значення $m = m_t$

Похибка дозування набуває максимального значення при значенні аргументу x с $m' = 0$, а $m \neq 0$. З рівняння (2.51) знаходимо $m' \approx Q'' Q - (Q')^2 \Delta x$, звідки $Q'' Q - (Q')^2 = 0$. Дозволяє оцінити значення аргументу x $m = m_{\max}$.

У ході попередніх досліджень СВД було виявлено, що на похибку дозування впливає значна кількість факторів, основні з них такі [5, 12]:

- властивості корму, які можна охарактеризувати щільністю ρ (в $\text{кг}/\text{м}^3$), гранулометричним складом, вираженим середнім діаметром частинок $d_{\text{ср}}$ (м);
- конструктивні особливості роздавача: крок спіралі s , діаметр кожуха D до, діаметр спіралі D_z (в м);
- Експлуатаційні показники: зміна частоти обертання електродвигуна n і задану кількість обертів спіралі k .

У своїй роботі [12] Трутнєв М.А., використовуючи теорію розмірності, отримав графіки залежності похибки дозування від ФМС м'ясорибних кормів та конструктивно-режимних параметрів роздавача. Використовуючи аналогічну методику, ми переробили ці залежності для сухих комбікормів стосовно спіраль-гвинтового дозатора (рисунок 2.12).

З графіків Рисунок 2.12а видно, що властивості корму дуже впливають на точність видачі дози. Щільність корму ρ , наприклад, прямо пропорційно впливає на похибку дозування. Чим більше будуть коливання щільності, тим більше відхилення маси дози (навіть при тому самому її обсязі).

Графіки рисунку 2.11б показують залежність похибки дозування від конструктивних параметрів дозатора. З них можна дійти невтішного висновку, що що менше діаметр і крок спіралі, то більше формується доза. Але що менше діаметр, то більше має бути насипна щільність комбікорму.

У той же час, чим більший діаметр, тим важче сформулювати дозу корму, особливо малу – 0,05...0,1 кг.

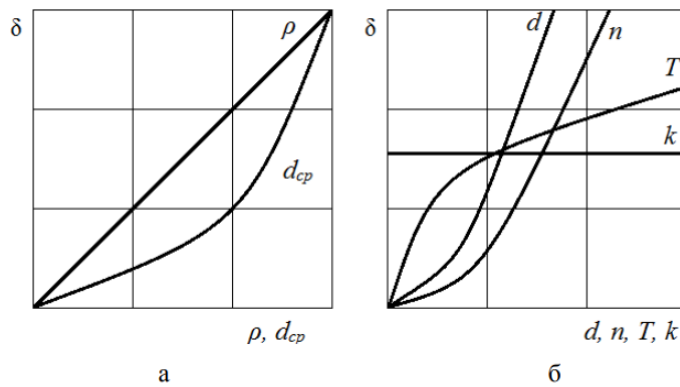


Рисунок 2.11 – Залежність похибки дозування від ФМС корму (а) та конструктивно-режимних параметрів кормороздавача (б).

Швидкість руху кормової суміші в кожусі, та тривалість видачі впливають на точність виданої порції корму кубічної залежності. Що вище зазначені параметри, то більше вписувалося похибка видачі дози.

Кількість оборотів k для видачі заданого обсягу порції жодним чином не впливає на точність дозування, отже, даний спосіб дозування (за кількістю оборотів спіралі) є перспективним і може застосовуватися в різних галузях виробництва, де необхідно дозування сипких матеріалів.

Діяльність Третьякова В.І. [18] розглянуто залежність зміни об'ємної маси корму в накопичувальному або бункері, що подає, від висоти стовпа корму в бункері H і показника, що характеризує комбікорм по крупності частинок β (рисунок 2.12).

Ступінь подрібнення корму, у його роботі характеризується коефіцієнтом β (величина зворотна середньому діаметру частинок), позитивно впливає на процес

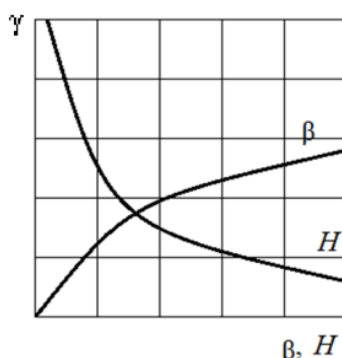


Рисунок 2.12 – Залежність збільшення об'ємної маси від висоти стовпа та середнього розміру частинок дозування: чим дрібніший корм (β вище), тим

менша похибка видачі дози та більша насипна щільність комбікорму γ , яка у свою чергу впливає на точність дозування матеріалу з накопичувального бункера. Також фактором, що впливає на насипну щільність матеріалу на дні живлення бункера, як видно з графіка (рисунок 2.12), є висота стовпа H . Отже, для підвищення точності дозування потрібно прагнути підтримувати постійну насипну щільність корму, для чого потрібно стабілізувати висоту стовпа корму в бункер.

Зроблений аналіз дозволяє намітити деякі шляхи пошуку найкращого робочого органу дозатора та оптимізувати його параметри [21].

Але похибка дозування є єдиним і достатнім критерієм якості роботи дозатора. Розглянемо інші показники, що застосовуються під час експериментальної оцінки дозаторів.

Для оцінки якості дозування в даний час використовується кілька показників: рівномірність, точність дозування, поле допуску та ймовірність попадання в поле допуску [29]. Рівномірність дозування зазвичай оцінюється коефіцієнтом варіації.

Таким чином, коефіцієнт варіації є величиною, що характеризує відношення до середньої арифметичної, визначене з ймовірністю 68%.

Точність дозування (або нерівномірність видачі) є відносною помилкою процесу дозування та визначається за формулою.

Але цей показник не дає уявлення про те, скільки порцій корму видано відповідно до зоотехнічних вимог, яка кількість тварин недогодована, яка перегодована.

Вирішення питання про якість дозування має виходити на самій суті цього процесу, під яким мають на увазі забезпечення з метою підтримки необхідної кількості корму з відхиленнями, зумовленими зоотехнічними вимогами. Але показники σ і δ не відповідають фізичній суті процесу і не дають вичерпної інформації щодо відповідності якості дозування зоотехнічним вимогам.

Як третій показник, що повністю відповідає характеру процесу дозування та повною мірою визначального рівня дозування, можна використовувати ймовірність попадання поточного значення продуктивності дозатора в діапазон, який визначається зоотехнічними вимогами: $P [q_1 < q < q_2] = f (q , t) dt$,

q_1 де q_1, q_2 – межі допустимих параметрів роботи кормороздавача за зоотехнічними вимогами; $f (q , t)$ - Щільність ймовірності розподілу; так як розподіл кормів по фронту годування (маса порцій) стійко дотримується закону нормального розподілу, то $f (q , t)$.

Потужність (N, кВт) приводу горизонтального і нахилоного до 20° до горизонту спірального-гвинтового дозатора А.М. Глобін та І.М. Краснов [24] пропонують обчислювати за формулою: $N = 367 \cdot \eta (L_{\text{п}} \cdot w + H) K$, (2.57) де η - ККД приводу; $L_{\text{п}}$ - горизонтальна складова переміщення матеріалу, м; H – висота транспортування матеріалу, м; w – коефіцієнт опору транспортування гроза у корпусі дозатора (для комбікормів $w = 1,2$, мінеральних добавок $w = 2,5$, шматкових матеріалів $w = 4$); K_1 – коефіцієнт, що враховує втрати тертя у підшипниках ($K_1 = 1,2-1,7$).

Для дозаторів з кутом нахилу до горизонту від 20 до 45° потрібну потужність (N, кВт) визначають з урахуванням поправного коефіцієнта K_2 :

$N = 367 \cdot \eta (L_{\text{п}} \cdot w + H) K K_2$. (2.58) Значення поправного коефіцієнта K_2 наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Значення поправного коефіцієнта K_2

Кут нахилу дозатора, β град	25	30	36	40	46
Уточнюючий коефіцієнт K_2	1,05	1,13	1,2	1,32	1,4

2.3 Методика експериментальних досліджень

У ході теоретичних досліджень процесу дозування комбікормів та роботи спірального-гвинтового дозатора виявлено основні фактори, що впливають на ефективність та якість його роботи, а також аналітичним шляхом встановлено його основні конструктивно-технологічні параметри.

Деякі значення параметрів, включені у виявлені залежності, важко визначити теоретично через недостатнє вивчення цих аспектів. Тому справжніми експериментальними дослідженнями запропонованого спірального-гвинтового дозатора комбікормів передбачено перевірку та уточнення отриманих аналітичних залежностей та висновків, а також визначення величин, які виявилися теоретичними дослідженнями:

- фізико-механічні властивості концентрованих кормів, що впливають на дозування;
- процес заповнення паркану СВД концентрованими кормами; - робочий процес та якісні показники роботи експериментального дозатора;
- Регресійні математичні моделі процесу дозованої видачі комбікормів.

Побудова моделі функціонування запропонованого спірального-гвинтового дозатора дозволяє визначити фактори, що впливають на енергетичні, технологічні та експлуатаційні показники даного дозатора.

Вивчення та дослідження великої кількості факторів дозволяє відстежити та визначити критерії оптимізації, спланувати конкретну схему подальшого вдосконалення конструкції спірального-гвинтового дозатора, покращити міцнісні та ін показники, визначити найбільш ефективні параметри в плані техніко-економічної оцінки.

Програма передбачає такі етапи:

1. Удосконалення пристроїв для дослідження ФМС сухих концентрованих кормів.
2. Експериментальне визначення ФМС сухих концентрованих кормів, що дозуються.

3. Виготовлення спірально-гвинтового дозатора сухих концентрованих кормів.

4. Експериментальна перевірка дозатора, виявлення та усунення несправностей, що виникли в процесі експерименту, оцінка його працездатності.

5. Експериментальна перевірка результатів теоретичних досліджень. 6. Отримання регресійних математичних моделей.

7. Оптимізація робочого процесу дозування СВД.

8. Виготовлення роздавача зі спірально-гвинтовим дозатором;

9. Виробничі випробування роздавача з розробленим дозатором.

При експериментальних дослідженнях визначалися ФМС концентрованих кормів, що впливають на якісні та технологічні характеристики дозатора і входять до теоретичних залежностей і виразів, визначених у розділі 2, такі як насипна щільність, коефіцієнт внутрішнього тертя, коефіцієнти тертя комбікорму по робочих органах дозатора та ін.

Справжньою методикою передбачалося вивчення трьох видів сипких концентрованих кормів, що значно розрізняються за своїми властивостями – комбікорми гранульованого, висівок розсипних та екструдованого комбікорму (рисунок 2.13).



Рисунок 2.13 – Сухі концентровані корми, що використовуються при вивченні спірально-гвинтового дозатора: 1 – розсипні висівки, 2 – гранульований комбікорм, 3 – екструдований комбікорм.

Основні ФМС сухих концентрованих кормів визначалися відповідно до діючих методик.

В ході експериментів використовувалися: пурка літрова ПХ-1, лабораторні ваги CAS SW-05 і ВЛКТ – 500г-М, електронний секундомір,

малогабаритна сушильна шафа, лінійка, набір сит з круглими отворами, лійка обриву ЛОВ, пристрої для визначення кута укосу, та кутів тертя.

Вологість кормів визначалася за ГОСТ з сушінням в сушильній шафі при температурі 130°C протягом 3 хв.

Так як концентровані корми згодуються в сухому вигляді, зволожувати їх не потрібно.

Гранулометричний склад кормів, що дозуються, визначали за ГОСТ з використанням набору сит. Методика полягає у поділі навішування сипучого корму (100-200 г) за допомогою послідовного просіювання при струшуванні через набір сит з отворами різного діаметру. Розсів гранульованого комбікорму здійснювали на ситах з круглими отворами діаметрів 10 мм, 7 мм, 5 мм, 3 мм, 2 мм, 1 мм 0,5 мм і дно протягом 5 хв. Масу залишку матеріалу на кожному з сит та у збірному дні визначали на терезах ВЛКТ-500г-М з точністю до 0,01 р. і заносили дані в журнал, після завершення дослідів дані оброблялися. Гранулометричний склад розсипних висівок здійснювався аналогічним чином. Розмір використовуваних сит: 3 мм, 2 мм, 1 мм, 0,5 мм та дно.

Насипну щільність та кут природного укосу визначали за ГОСТ. Насипну щільність визначали засипанням за допомогою вирви ЛОВ з подальшим зважуванням мірної склянки (пурки) об'ємом 1 літр.

Кути укосу, обвалення та тертя визначалися за стандартною методикою. Кут природного укосу - кут, що утворюється горизонтальною площиною та лінією укосу сипучого матеріалу (рисунок 2.14).



Рисунок 2.14 – Пристрій визначення кута природного укосу.

Для визначення кута природного укосу прозору ємність засипали досліджуваний матеріал, потім вертикальну заслінку рівномірно піднімали. Кут, що утворився, заміряли.

Кут обвалення – це кут утворений горизонтальною площиною та лінією укосу сипучого матеріалу, сформований способом обвалення (рисунок 2.15).

Для визначення даного кута прозору ємність засипали доверху досліджуваний продукт, потім нижню заслінку повільно відкривали. Кут, що утворився, заміряли.

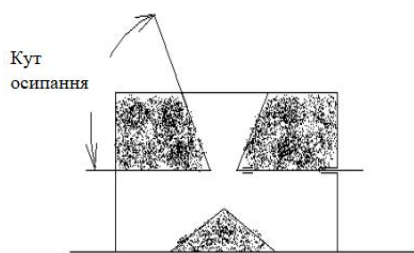


Рисунок 2.15 – Обладнання для визначення кута обвалення.

Кути тертя визначалися з допомогою гірки академіка В.А. Желігівського (рисунок 3.4).

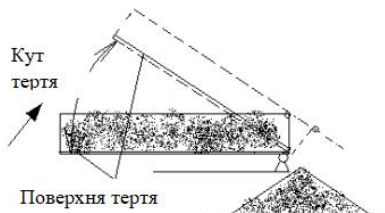


Рисунок 2.16 - Гірка академіка В.А. Желігівського для визначення кутів внутрішнього та зовнішнього тертя

Для цього на дно пристрою поміщали досліджувану поверхню і повільно піднімали одну зі сторін. Кут сходу продукту матеріалу визначали за шкалою транспортера, закріпленого на пристрої.

При проектуванні обладнання для зберігання, транспортування та переробки сипучих кормів необхідні дані щодо їх сипучості.

Сипучість - здатність окремих частинок або агрегатів до відносного переміщення під дією гравітаційних сил, умовою чого є сумісність ваги частинок або агрегатів із силами тертя та зчеплення.

Виключити вплив конструктивних параметрів розвантажувальних або подавальних пристроїв (площа поперечного перерізу, кут нахилу стінок бункера) дозволяє метод Р. Карра, який застосовується для більшості сипучих продуктів.

За цією методикою сипкість продукту визначається за величиною чотирьох параметрів: кута природного укусу, кута обвалення, стисливості та коефіцієнта однорідності. Кожен параметр оцінюється за 25-бальною шкалою.

Стисливість - властивість матеріалу змінювати свій обсяг під дією всебічного рівномірного зовнішнього тиску.

Коефіцієнт однорідності - це числове значення, отримане в результаті розподілу діаметра отворів першого сита, через яке пройшло 60% продукту, діаметр отворів другого сита, через яке пройшло 10% продукту.

З суми балів всіх чотирьох параметрів продукту можна віднести до однієї з семи категорій сипкості.

2.4 Опис експериментальної установки

Для вивчення процесу дозування комбікормів спіральним-гвинтовим дозатором розроблено експериментальний дозатор, схема якого зображена на рисунку 3.5. Основу спірального-гвинтового дозатора складають змінна спіраль та кожух, спіраль кріпиться на вихідному валу мотор-редуктора за допомогою муфти.

Процес дозування протікає наступним чином: гранульований або розсипний комбікорм з бункера 2 під дією сили тяжіння надходить в циліндричний корпус 1, де під дією спіралі 4, що обертається, приводної в обертання приводом 5 з регульованою частотою обертання, транспортується до вивантажувального вікна 3. Привід спіралі здійснюється від моторедуктор постійного струму 16.3730 потужністю 100 Вт [72].

Загальний вигляд експериментального лабораторного спірального-гвинтового дозатора показано рисунку 2.17.

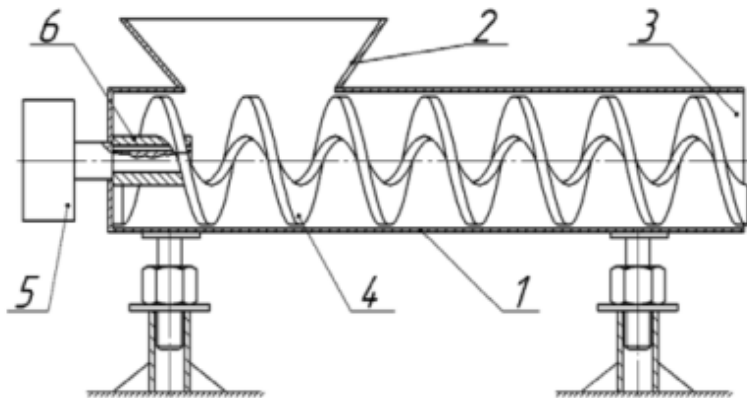


Рисунок 2.17 – Принципова схема спірального-гвинтового дозатора: 1 – циліндричний корпус; 2 – завантажувальна горловина; 3 – розвантажувальна горловина; 4 – спіраль; 5 – привід (мотор-редуктор); 6 – муфта.



Рисунок 2.18 – Загальний вигляд експериментальної лабораторної установки: 1 - циліндричний корпус, 2 - спіраль, 3 - рама, 4 - ваги CAS SW-05, 5 - бункер із завантажувальною горловиною, 6 - моторедуктор 16.3730, 7 - тахометр SM8238, 8 - вимірювальний комплекс перемикач.

Для дослідження та аналізу процесу дозування розроблено та виготовлено різні типорозміри спіралей (рисунок 2.19) та підібрано відповідні труби, параметри робочих органів дозатора зведені в таблицю 2.2.

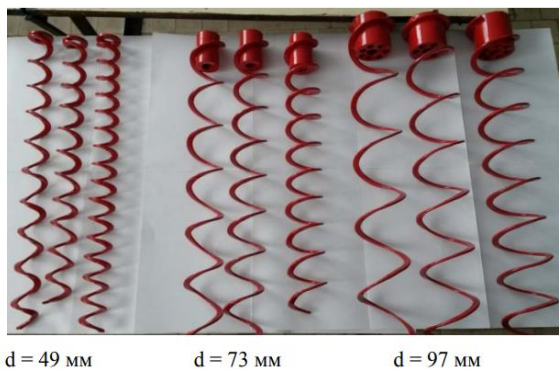


Рисунок 2.19 Гвинтові спіралі для дозатора.

Таблиця 2.2 Параметри робочих органів дозатора.

Діаметр спіралі d, мм	Профіль смуги, мм	Крок спіралі s	Зазор b, мм	Довжина спіралі
49;73;97	4x12	0,75 d; 1 d; 1,25 d	2,5; 5; 7,5	600±50

Кути нахилу стінок бункера виконані з урахуванням ФМС використовуваного корми.

Робота експериментального дозатора здійснюється в такий спосіб. При включенні приводу обертальний рух приводного валу 8 через шпонкове з'єднання валу зі стрижнем передається до транспортуючої спіралі 4, забезпечуючи тим самим переміщення сипучого матеріалу, розташованого в нижній частині завантажувальної горловини 2, в напрямку розвантажувальної горловини 3.

Зміна норми видачі здійснюється за рахунок встановлення однієї з 9 спіралей різного діаметра та кроку, а також кожуха відповідного діаметра та зміною зазору між спіраллю та кожухом за рахунок зміни діаметра кожуха. При необхідності заміни спіралі (з іншим кроком або діаметром) потрібно зняти вивантажувальну горловину 3 з корпусу 1 і вийняти спіраль 4 з паза шпонки 9, а потім встановити нову спіраль [6, 13].

Використання мотор-редуктора з ексцентриком як привод спіралі дозволяє досліджувати дозатор у двох режимах: дозуванні за тривалістю включення дозатора (безперервний режим) і регулюванням дози за кількістю обертів спіралі (дискретний режим).

Для зняття та контролю показників роботи дозатора, а також з метою централізованого управління окремими приладами та дозатором використовувався пульт управління, що включає пускорегулюючу апаратуру та комплект контрольно-вимірювальних приладів.

Живлення електроприводу (мотор-редуктора) та вихід його на номінальний режим роботи здійснювалося за рахунок використання випрямляча ВСА-5К та лабораторного трансформатора ЛАТР-1М.

Відповідна напруга на обмотках ротора – необхідна для номінального режиму роботи мотор-редуктора, контролювалася цифровим мультиметром DT-830B та вимірювальним комплектом MYLB-GTPower RC 130A. Також зазначеним комплексом фіксувалися споживана потужність та сила струму.

Коригування пропускної здатності дозатора здійснюється за рахунок зміни діаметра та кроку спіралі, а також зазору між спіраллю та кожухом.

Зважування порцій комбікорму, що дозуються, здійснювалося на вагах CAS SW-05.

При дослідженні робочого процесу спірального-гвинтового дозатора реєстрували такі параметри:

- напруга та споживану потужність при холостому ході мотор-редуктора;
- напруга та споживана потужність при дозуванні корму;
- частоту обертання спіралі при холостому ході;
- частоту обертання спіралі при дозуванні корму;
- час дозованої видачі корму;
- масу виданої порції матеріалу при безперервному та дискретному режимі роботи дозатора.

Досліджувані параметри знімалися та записувалися до реєстраційного журналу.

Визначення та оцінка показників процесу дозування

У процесі експериментального дозатора стежили за процесом дозування. Спостерігали за показаннями вимірювальних приладів та контролювали частоту обертання спіралі СВД, струм та напругу якоря, кількість виданих доз. За підсумками завершення досвіду та повної зупинки мотор-редуктора зважували виданий об'єм корму.

Точність експериментальних даних отриманих у ході проведення дослідів залежить від помилок безпосередніх вимірів та похибки обробки їх результатів.

Для оцінки точності дозування комбікормів визначаються статистичні характеристики варіаційного ряду, на їх підставі далі визначалася якість дозування.

Обчислене значення критерію Фішера (відношення максимальної дисперсії до мінімальної дисперсії) порівнюють із табличними даними. У разі перевищення табличного значення над розрахунковим дисперсія вважається однорідною [2].

Подача спірально-гвинтового дозатора залежить від частоти обертання, діаметра та кроку спіралі, а також зазору між кожухом та спіраллю.

Після завантаження корму в бункер дозатора при режимі роботи проводилася видача певної дози. Маса комбікорму зважували на електронних терезах CAS SW-05.

Експериментальні дослідження спірально-гвинтового дозатора передбачали зміну його параметрів.

Маса заданого (встановленого) значення видачі корму Q може бути визначена:

- а) теоретично;
- б) середнім значенням маси дози.

Оцінка якості процесу дозування кормів складалася з наступних етапів:

1. Розрахунок відхилення середньої маси концентрованих кормів за оборот спіралі від значень, визначених теоретичним шляхом.
2. Експериментальне визначення впливу конструктивних параметрів спірально-гвинтового дозатора на нерівномірність дозування.
3. Оцінка питомої подачі дозатора за оборот спіралі.
4. Оцінка нерівномірності дозування.
5. Оцінка споживаної потужності.

Справжньою методикою експериментальних досліджень спірально-гвинтового дозатора планувалося визначити оціночні показники технологічного процесу дозування розробленого дозатора на трьох видах концентрованих кормів за різних варіативних факторів.

Дослідження робочого процесу дозатора, відшукування оптимального поєднання параметрів та режимів роботи перевіряли із застосуванням методів планування експерименту.

Методика планування експерименту складалася із приватних методик.

Розрахунок оцінок коефіцієнтів регресії математичних моделей, визначення їхньої значущості, оцінка адекватності отриманих моделей та побудова двомірних перерізів здійснювалося з використанням пакета комп'ютерної Statgraphics Plus 3.0 для Windows.

Як вихідні параметри були прийняті споживаємо потужність N_{px} (Вт), питома подача (подача матеріалу за оборот спіралі) Q_0 (г/об), нерівномірність дозування: δ_0 (%) – при дискретному режимі роботи дозатора (відмірювання дози за кількістю оборотів спіралі) , t (%) – при дозуванні корму за тривалістю включення дозатора.

Результати експерименту обробляються методами математичної статистики із застосуванням комп'ютерної програми STATGRAPHICS Plus, внаслідок чого отримали рівняння регресії: споживаної потужності (N_{px}), питомої подачі (Q_0), нерівномірності дозування за кількістю оборотів (δ_0) та тривалості включення дозатора (δt) конструктивних властивостей.

З урахуванням отриманих моделей: питомої подачі дозатора, нерівномірності дозування та споживаної потужності визначаємо оптимальні значення параметрів для спірально-гвинтового дозатора.

2.5 Методика виробничих досліджень

Виробничі випробування спірально-гвинтового дозатора націлені на дослідження його робочого процесу за виробничих умов, на території ферми ВРХ молочного спрямування. Для цього було виготовлено виробничий зразок дозатора[7]. Випробування проводились за методикою СТО АІСТ 19.2-2008 Сільськогосподарська техніка. Машина та обладнання для приготування кормів. Порядок визначення функціональних показників [15].



Рисунок 2.20 – Мобільний роздатчик кормів зі спіралью-гвинтовим дозатором: 1 – лічильник обертів SM8238, 2 – вимірювальний комплект MYLB-GT Power RC 130A, 3 – панель управління, 4 – перемикач режимів, 5 – ручний візок, 6 – бункер для концентрованого корму, 7 – акумулятор, 8 – циліндричний кожух, 9 спіраль.

Технічні характеристики роздавача зведені до таблиці 2.3

Щодобовий обсяг концентрованого корму, необхідний корові з урахуванням її продуктивності, визначають наступного виразу: $Q_{\text{сут}} = m_{\text{сут}} \cdot q_i$, (3.17) де $m_{\text{сут}}$ - добовий удій корови; q_i - норма видачі комбікорму.

Норма видачі комбікорму змінюється залежно від періоду лактації: $q_1 = 380-410$ г/л – перші 100 днів лактації,

$q_2 = 290 - 360$ г / л - другі 100 днів лактації, $q_3 = 140 - 240$ г / л - треті 100 днів лактації.

Разова дача комбікорму $Q_{\text{раз}} = Q_{\text{сут}} / k_p$, (3.18) де k_p - кратність роздачі.

Кратність роздачі з урахуванням періоду лактації корови становитиме:

$k_1 = 6$ – перші 100 днів лактації,

$k_2 = 3 - 4$ - другі 100 днів лактації, $k_3 = 2 - 3$ - треті 100 днів лактації.

Число оборотів спіралі дозатора $n_{\text{про}} = Q_{\text{раз}} / q_{\text{про}}$, де $q_{\text{про}}$ - маса порції, що видається за один оборот спіралі.

Таблиця 2.3 - Технічна характеристика роздавача концкормів зі спіралью-гвинтовим дозатором

Найменування	Одиниця виміру	Показник
1 Встановлена потужність електродвигуна	Вт	50
2 Частота обертання спіралі	хв ⁻¹	41-45
3 Діаметр спіралі	мм	97
4 Крок спіралі	мм	73
5 Подача за: - висівках розсипними - комбікорму гранульованому	кг/хв	7,2 13,9
6 Місткість бункера	м ³	0,14
7 Вантажопідйомність, не більше	кг	90
8 Висота видачі комбікормів	м	0,41
9 Габаритні розміри, не більше – довжина – ширина – висота	м	1,3 0,75 1,1
10 Маса (з акумулятором 12 кг), не більше	кг	63
11 Ємність акумулятора	А-г	55

Маса порції, що видається за один оборот спіралі $\varphi_{об}$ визначається за графіком насипної щільності γ для згодовуваного комбікорму (Рисунок 4.4), або дослідним шляхом.

Для визначення маси корму, що видається за один оборот спіралі $\varphi_{об}$, комбікорм завантажується в бункер роздавача, на пульті управління задається значення «10 оборотів», потім включається привід, і приймальну ємність видається порції корму. Потім видана порція корму зважується на терезах і шляхом розподілу маси порції на 10 скоєних оборотів визначається маса порції, що видається за 1 оборот спіралі.

Після розрахунку норми видачі кожній тварині та визначення маси порції, що видається за один оборот, проводиться роздача корму всім тваринам із заданими кратністю та інтервалом. Перші 30 порцій зважувалися, а дані заносилися до журналу випробувань, інші порції видавалися без зважування.

При роздачі кормів оператор підкочує роздатчик (рисунок 2.20) до ряду тварин і зупиняє його в кормовій зоні першої тварини. За допомогою

перемикача режимів 4 подає напругу на мотор редуктор і спіраль 9 здійснює розрахункову кількість оборотів за формулою, при цьому оператор стежить за кількістю скоєних оборотів на лічильнику 1 оборотів, при досягненні заданої кількості оборотів оператор переводить електродвигун в режим доведення за допомогою перемикача режимів після цього спіраль зупиняється у вихідному положенні, тим самим здійснює цілу кількість обертів. Після завершення видачі порції корму першій тварині оператор перекочує роздатчик до другої та наступної тварини і процес повторюється.

Висновки

1. У ході теоретичних досліджень роботи спіраль-гвинтового дозатора отримано уточнені вирази для визначення його конструктивно-режимних параметрів, у тому числі:

- Швидкості закінчення матеріалу з бункера;
- Довжини завантажувального вікна;
- Критичної частоти обертання (2,18);
- Подача дозатора;
- Обсягу порції, що видається за 1 оборот спіралі;
- Споживаної потужності дозатора.

2. Теоретичні дослідження показали, що:

- багато виразів вимагають апріорної, довідкової та задається інформації, такої як фізико-механічні властивості продукту, що дозується, передбачувані конструктивні параметри спіраль-гвинтового дозатора, форма і конструкція бункера тощо;

- для вивчення характеру закінчення комбікормів – швидкості його закінчення та обсягу порції спіралі, що видається за 1 оборот, поряд з теоретичними дослідженнями необхідне проведення експериментальних досліджень.

3. Процес дозування має випадковий характер і описується випадковою функцією, наближеною до нормального закону розподілу.

4. Для оптимізації параметрів спіраль-гвинтового дозатора обрані наступні конструктивно-технологічні параметри: діаметр спіралі, зазор між спіраллю та кожухом, крок спіралі та частота обертання спіралі.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

3.1 Результати визначення фізико-механічних властивостей сипучих концентрованих кормів.

У процесі дослідження спірального-гвинтового дозатора використовувалося три види концентрованих кормів: комбікорм гранульований, висівки розсипні та екструдований комбікорм; далі зразок 1, 2, 3 відповідно. Зразки цих кормів представлені рисунку 3.1.

Гранульований комбікорм з діаметром гранул 5 мм, розсипні висівки та екструдований комбікорм відповідали загальним вимогам.

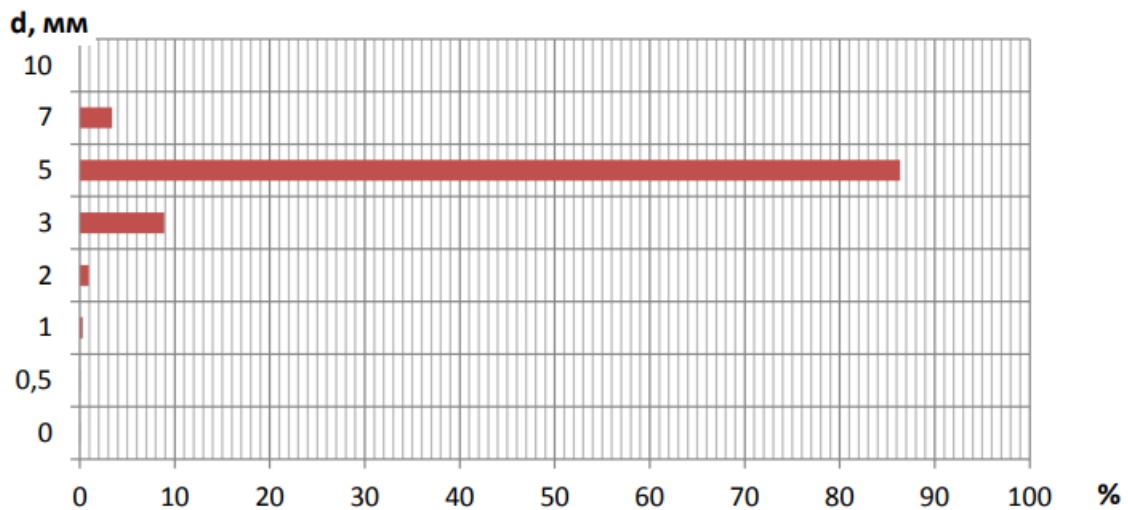


Рисунок 3.1 – Розподіл частинок по крупності для гранульованого комбікорми.

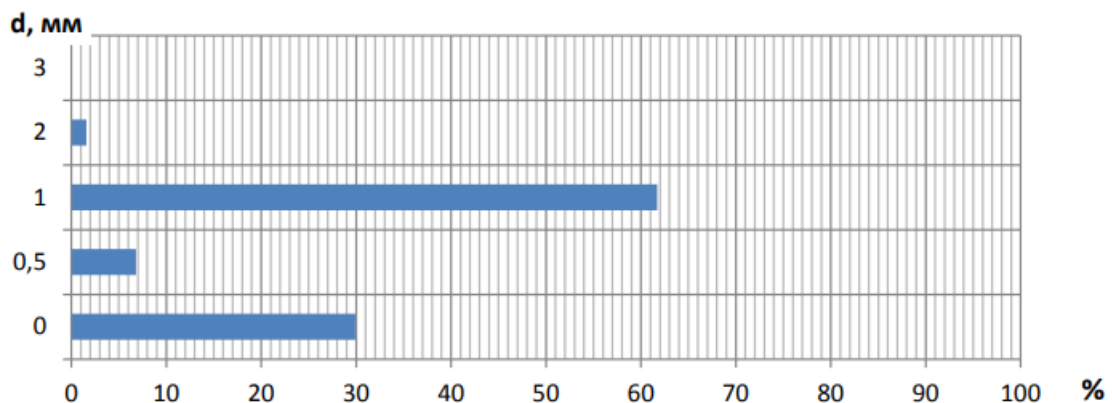


Рисунок 3.2 – Розподіл часток по крупності для розсипних висівків.

Об'ємну масу та кут природного укосу визначали за ГОСТ та методикою.

У таблиці 3.1 представлені деякі ФМС досліджуваних сипких концентрованих кормів.

Таблиця 3.1 - Основні фізико-механічні властивості сипучих концентрованих кормів

№ зразка	Вологість, %	Кутність, природного укусу, град.	Кут обвалення, град.	Кут тертя про сталь, місто	Насипна густина, кг/м ³	Сума балів честь за Карром	Сипучість
1 гранул	6,1	42	48	22	658	81	гарна
2 розсип	9,5	47	65	34	336	67	помірна
3 екструд	6,4	47	61	30	281	59	погана

З таблиці 3.1 видно, що вологість гранульованого корму дорівнює 6,1%, розсипного – 9,5% та екструдованого – 6,4%. При даних значеннях вологості кут природного укусу для першого зразка становив 42°, кут обвалення - 48°; другий зразок мав кути відповідно 47 і 65; і третій зразок - 58 і 61 відповідно.

Після визначення фізико-механічних властивостей матеріалів, що дозуються було визначено кількість балів за методом Р.Карра, що характеризують сипкість матеріалів, які також занесені до таблиці 4.1.

Дослідження сипких властивостей кормів дозволяють сказати, що гранульований комбікорм має найкращу сипкість (сума балів за методом Р. Карра становить 81 бал) і додаткове спонукання не потрібно. Екструдований комбікорм має найменшу сипкість (погану – сума балів дорівнює 59). В даному випадку можливе зводоутворення та зависання корму над вивантажуваною горловиною бункера, внаслідок чого необхідно струшувати матеріал. Для вирішення цієї проблеми у конструкції накопичувальних пристроях та живильниках слід встановити додаткові спонукачі матеріалу.

Для визначення кутів нахилу стінок бункера спірального-гвинтового дозатора, досліджено залежність кута сходу та коефіцієнта зовнішнього тертя (К) між сипучим продуктом та елементом бункера.

В результаті даних дослідів кути нахилу стінок бункера для кожного зразка корму складають: не менше 22 для першого зразка, 34 для другого і не

менше 30 для третього. Зменшити цей кут дозволяє футерування стінок бункера лакофарбовим покриттям.

На підставі результатів дослідження фізико-механічних властивостей концентрованих кормів можна відзначити:

- гранульований комбікорм з діаметром гранул 5 мм має найкращу сипкість серед порівнюваних комбікормів (81 бал за методом Р.Карра);
- екструдований комбікорм має найгіршу сипкість серед матеріалів, що порівнюються, його потрібно струшувати або ворушити (59 балів за методом Р.Карра);
- об'ємна маса екструдованого комбікорму менша від інших видів приблизно в 2 рази.
- Кут нахилу стінок бункера повинен становити не менше 34 °.

3.2 Результати теоретичних досліджень щодо обґрунтування конструктивно-технологічного спірального-гвинтового дозатора.

На підставі теоретичного аналізу робочого процесу спірального-гвинтового дозатора сипучих кормів виявлено такі його конструктивні параметри.

Ширина завантажувального вікна h становить 0,8 діаметра циліндричного кожуха спіралі D , звідси мінімальна ширина вікна для кожуха діаметром 97 мм становитиме 89,6 мм.

Використовуючи апроксимовану формулу, отримаємо мінімальну довжину завантажувального вікна при частоті обертання спіралі $n = 100$ хв-1,

$$l_0 = (1,37 \cdot 10^{-3} \cdot 100 - 0,05) \cdot 121,25 = 105,5 \text{ мм}$$

З використанням виразу (2.18) отримано графічну залежність (рисунок 3.3) критичної частоти обертання $n_{кр}$ (хв-1) від діаметра спіралі d (мм) і відзначені точки на кривих при трьох різних кроках спіралі s .

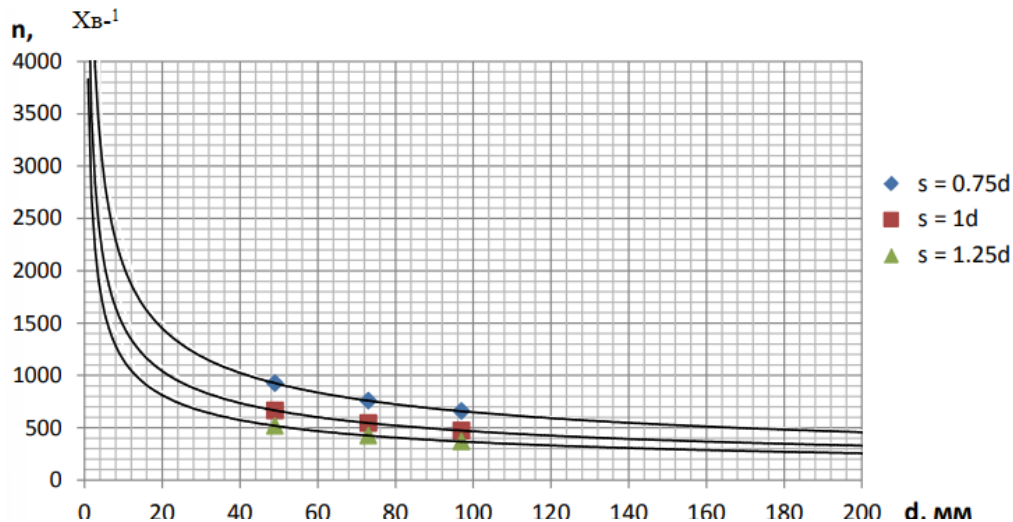


Рисунок 3.3 – Залежність критичної частоти обертання пкр (хв-1) від діаметра спіралі d (мм) при різних значеннях кроку s (точками відзначені значення пкр для експериментальних спіралей).

Критичне значення кутової швидкості спіралі, коли коефіцієнт заповнення міжвиткового простору починає зменшуватися, отже, і подача дозатора з виразу (2.18) при $d = 97$ мм, $s = 121,25$ мм $b = 7,5$ мм, для розсипного корму (висівки) складе $\omega_{кр} = 0,0485 \cdot \sin 24,43 \cdot \cos 34,29 = 37,79$ рад/с, що дорівнює $360,9$ хв⁻¹, частота обертання спіралі при експериментах 30-130 хв⁻¹, що значно менше цієї величини. Аналогічним чином розрахована критична частота обертання та інших спіралей, зазначені на графіку рисунка 3.3.

Обсяг матеріалу, що видається за один оборот спіралі, з урахуванням виду його переміщення визначимо за формулами. Результати розрахунків зведено до таблиці 3.2. де r_k – внутрішній радіус кожуха (труби); $r_{сп}$ – зовнішній радіус спіралі; $r_{сп\text{ внут}}$ – внутрішній радіус спіралі; s – крок спіралі; b – зазор між спіраллю та циліндричним кожухом; V_t – теоретичний обсяг комбікорму, що видається за один оборот спіралі; $V_{оп. ср}$ – обсяг комбікорму, що видається за один оборот спіралі, отриманий дослідним шляхом. Як дозований матеріал взятий гранульований комбікорм (ГОСТ 9268 – 2015) з діаметром гранул $d_{гр} = 5$ мм і насипною щільністю $\gamma_0 = 658$ кг/м³.

Експериментальними дослідженнями на макетному зразку СВД з методики, наведеної вище, встановлено, що середні обсяги порції комбікорму за один оборот спіралі близькі до розрахункових значень. Цей факт говорить

про те, що рух матеріалу в спіральній-гвинтовому дозаторі протікає за раніше запропонованими схемами.

Відхилення теоретичного обсягу дози від експериментального становлять 0,41-13,44%. Найменше відхилення – 0,41%, зафіксоване на спіралі з радіусом 48,5 мм та мінімальним зазором між спіраллю та кожухом ($b = 2,5$ мм), це підтверджує можливість практичного застосування отриманого виразу при аналогічних конструктивних розмірах дозатора. Варто зазначити, що вище отримані вирази ідеально підходять. Для визначення об'єму СВД, що видається і переміщується, з діаметром спіралі понад 73 мм.

Таблиця 3.2 – Типорозмір спіралі та обсяг порції спіральній-гвинтового.

Розмір спіралі	$r_{\text{сп}},$ мм	$r_{\text{сп внут.}},$ мм	$S,$ мм	$r_{\text{к}},$ мм	$b,$ мм	№ расч. фор-лы	Формула	$V_{\text{оп. ср.}},$ см ³	Похибка
1	24,5	12,5	49	27	2,5	2.25	81,70	74,34	9,89
						2.29	102,09		37,33
						2.35	98,09		31,94
						2.38	88,34		18,83
						2.40	84,34		13,44
				29,5	5	2.25	81,70	90,88	-10,10
						2.29	112,48		23,77
						2.35	108,47		19,36
						2.38	88,34		-2,79
						2.40	84,34		-7,20
				32	7,5	2.25	81,70	105,35	-22,45
						2.29	123,51		17,24
						2.35	119,50		13,44
						2.38	88,34		-16,14
						2.40	84,34		-19,94
3	36,5	24,5	73	39	2,5	2.25	285,57	241,03	18,48
						2.29	326,77		35,57
						2.35	303,84		26,06
						2.38	282,44		17,18
						2.40	259,51		7,67
				41,5	5	2.25	285,57	268,54	6,34
						2.29	349,12		30,01
						2.35	326,19		21,47
						2.38	282,44		5,18
						2.40	259,51		-3,36
				44	7,5	2.25	285,57	309,87	-7,84
						2.29	372,42		20,18
						2.35	349,49		12,78
						2.38	282,44		-8,85
						2.40	259,51		-16,25
3	48,5	36,5	97	51	2,5	2.25	686,48	583,58	17,63
						2.29	754,01		29,20
						2.35	686,38		17,61
						2.38	648,81		11,18
						2.40	581,18		-0,41
				53,5	5	2.25	686,48	623,55	10,09
						2.29	792,84		27,15
						2.35	725,21		16,30
						2.38	648,81		4,05
						2.40	581,18		-6,79
				56	7,5	2.25	686,48	743,92	-7,72
						2.29	832,95		11,97
						2.35	765,32		2,88
						2.38	648,81		-12,78
						2.40	581,18		-21,87

На підставі здійснених розрахунків отримано графік залежності маси виданого корму за один оборот спіралі (рисунок 3.4) залежно від його насипної густини γ , що дозволяє визначити необхідну кількість оборотів спіралі для видачі встановленої норми корму. Точками на графіці позначені значення маси порції для застосовуваних кормів (розсипного та гранульованого) за один оборот спіралі.

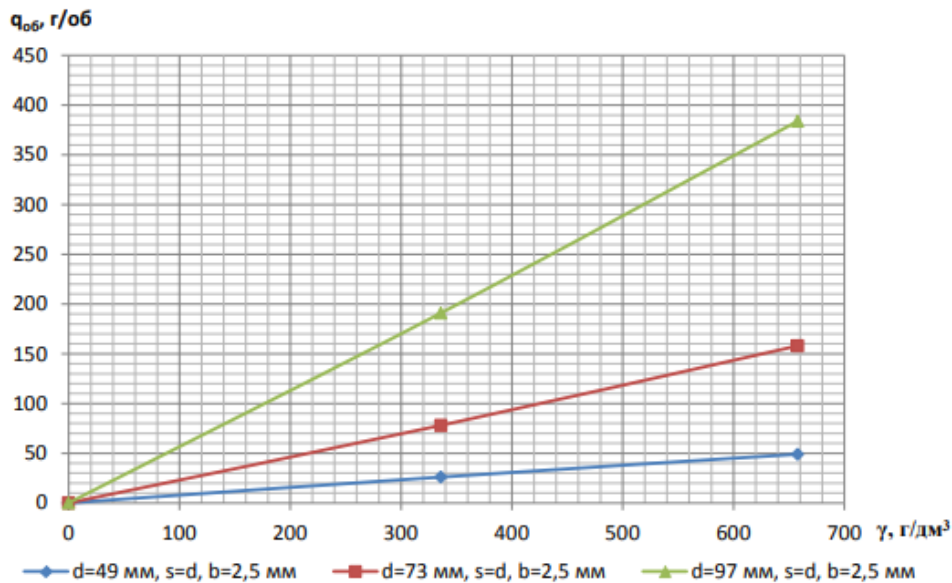


Рисунок 3.4 – Графік залежності маси виданого корму за один оберт спіралі СВД $q_{об}$ залежно від його насипної щільності γ .

На точність дозування спірального-гвинтового дозатора впливають безліч факторів та параметрів, серед яких є, частота обертання спіралі та тривалість видачі, причому при їх збільшенні похибка дозування зростає у кубічній залежності. Пропонований нами метод дозування – за кількістю повних оборотів спіралі дозволяє уникнути цих чинників, цим знизити нерівномірність і похибка дозування.

3.3 Визначення подачі спірального-гвинтового дозатора при безперервному режимі роботи.

Основним технологічним параметром будь-якого типу дозаторів є подача. У спірального-гвинтового дозатора подача знаходиться у прямій залежності від

міжвиткового обсягу робочого органу – спіралі та її частоти обертання. У ході теоретичних досліджень встановлено, що на міжвитковий обсяг спіралі впливають: діаметр та крок спіралі, зазор між спіраллю та кожухом, коефіцієнт заповнення, насипна щільність корму та коефіцієнт ущільнення. p align="justify"> Коефіцієнт ущільнення є фактором, який неможливо контролювати. Залежно від виду продукту та динамічних характеристик він буде різним.

На основі методики експериментальних досліджень цієї дисертації ставилося завдання вивчити вплив незалежних факторів на масу матеріалу в міжвитковому просторі спіралі (коефіцієнт ущільнення).

Частота обертання спіралі відповідала номінальному режиму роботи мотор-редуктора при напрузі 24 вольта і становила 43 ± 3 хв-1.

Досвід проводився наступним чином: дозатор виводили на номінальний режим роботи, далі в бункер 2 (рисунок 3.5) завантажувався матеріал, що дозується, установка включалася на певний час (60 с.), після закінчення заданого проміжку часу обсяг матеріалу, виданого дозатором зважувався на вагах. Досвід проводили у п'ятиразовій повторності.

При проведенні дослідів використовувалося 3 види концентрованого сухого корму: комбікорм гранульований, висівки розсипні і комбікорм екструдований.

Під час проведення дослідів було помічено зависання екструдованого комбікорму між витками спіралі на забірній ділянці СВД (рисунок 3.5), тому з дослідів він був виключений через неможливість його дозованої видачі.

Таким чином, подальші досліді проводилися лише на двох видах корми – гранульованому та розсипному, після чого дані дослідів заносили до реєстраційного журналу, оброблені дані зведені до таблиці 3.3.



Рисунок 3.5 - Зависання екструдованого комбікорму між витками спіралі.

Таблиця 3.3 – План проведення експерименту та результати дослідів.

№ досліду	d, мм	b, мм	s	Q кг/хв	
				Гранульований	Рослинний
1	49	2,5	0,75d	1,453	0,760
2			1d	1,885	1,094
3			1,25d	2,303	1,235
4		5	0,75d	1,980	0,997
5			1d	2,580	1,256
6			1,25d	2,951	1,442
7		7,5	0,75d	2,395	1,042
8			1d	2,935	1,346
9			1,25d	3,432	1,630
10	73	2,5	0,75d	5,326	2,918
11			1d	6,700	3,685
12			1,25d	7,932	4,006
13		5	0,75d	5,823	3,263
14			1d	7,313	3,882
15			1,25d	8,986	4,739
16		7,5	0,75d	7,294	3,709
17			1d	9,166	4,658
18			1,25d	10,748	5,393
19	97	2,5	0,75d	12,348	6,690
20			1d	17,006	8,551
21			1,25d	19,246	9,866
22		5	0,75d	13,937	7,206
23			1d	18,715	9,218
24			1,25d	20,338	10,561
25		7,5	0,75d	17,082	7,645
26			1d	20,946	10,013
27			1,25d	24,146	11,342

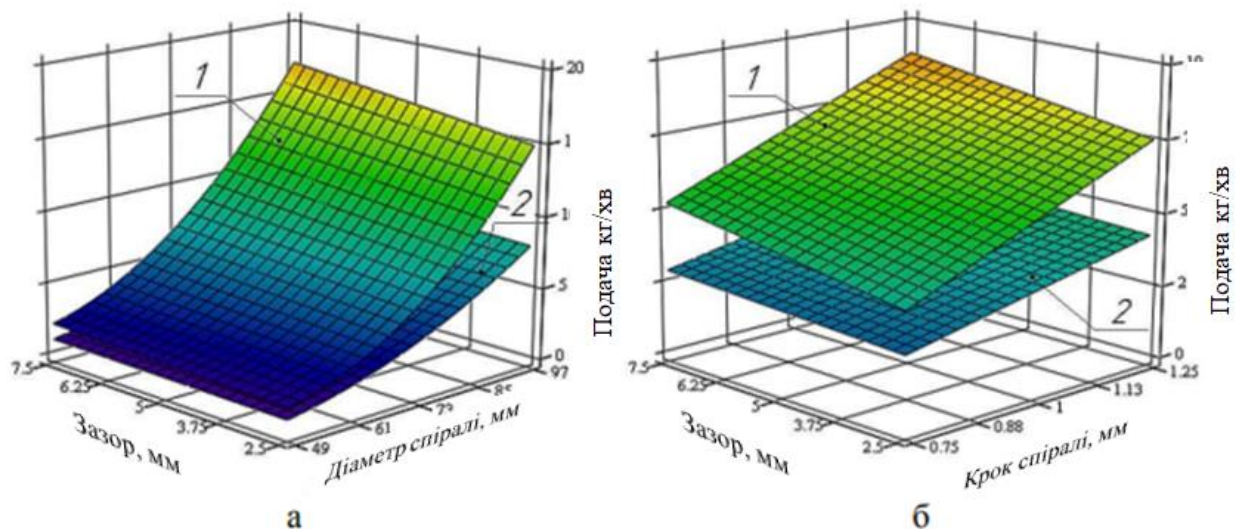


Рисунок 3.6 – Поверхні відгуків, що характеризують подачу кг/хв гранульованого (1) та розсипного (2) корму СВД від конструктивних параметрів: а – діаметра спіралі d , мм та зазору b , мм при кроці спіралі $s = 1$; б – кроку спіралі, мм та зазору b , мм при діаметрі спіралі $d = 73$ мм.

З рисунка 3.6 помітно, що хвилинна подача гранульованого комбікорму вище, ніж розсипного при всіх варіаціях в 1,96 рази (майже в 2), це відношення спостерігається і при порівнянні насипних щільностей матеріалів, що дозуються.

Аналіз поверхонь відгуків рисунка 4.4б показує, що подача СВД має прямолінійну залежність від кроку спіралі s та зазору між спіраллю та кожухом, у досліджуваних межах. З рисунка 4.4а випливає, що зі збільшенням діаметра спіралі з 49 мм до 97 мм подача збільшується в параболічній залежності.

При проведенні дослідів помічено, що при найбільшому зазорі $b = 7,5$ мм гранульований і концентрований розсипний корм переміщається в повний поперечний переріз циліндричного кожуха, отже, обсяг міжвиткового простору заповнений матеріалом на 100%.

При номінальній роботі приводу лабораторної установки помічено, що подача матеріалу з вивантажувальної горловини СВД відбувається порційно (переривчасто). подача матеріалу припиняється, коли виток спіралі наближається і рухається біля нижньої кромки вивантажувальної горловини, виконуючи у цей момент функцію заслінки (відсікача). Порційна подача матеріалу особливо помітна при $d=49$ мм, $s=0,75d$ та $b=2,5$ мм. При зміні

зазначених значень у велику сторону, процес порційної видачі матеріалу стає менш помітним. Так при $d = 97$ мм, $s = 1,25 d$ та $b = 7,5$ мм подача матеріалу здійснюється безперервним потоком.

Цей фактор був врахований при подальшому дослідженні СВД. Вирішили зробити так, що при дискретному режимі роботи СВД спіраль зупинялася своїм витком у нижній кромці вивантажувальної горловини, тим самим виконуючи функцію відсікача (заслінки).

Як відомо, ще одним із параметрів, що впливає на подачу спірального-гвинтового дозатора, є частота обертання приводного валу спіралі. Для оцінки впливу цього параметра на подачу СВД нами було проведено дослід з зміною частоти обертання спіралі.

Частоту обертання спіралі змінювали в межах від 32 до 130 хв⁻¹. Використовували спіралі з трьома різними діаметрами (49 мм, 73 мм, 97 мм) і однаковим значенням кроку ($s = d$) при цьому проміжок між спіраллю і кожухом b у всіх дослідках становив 5 мм. Оброблені результати проведених досліджень відображено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати визначення подачі СВД при різних діаметрах та частотах обертання спіралі

№	Діаметр спіралі $d=49$ мм		Діаметр спіралі $d=73$ мм		Діаметр спіралі $d=97$ мм	
	Частота $n, \text{хв}^{-1}$	Подача $Q, \text{кг/хв}$	Частота $n, \text{хв}^{-1}$	Подача $Q, \text{кг/хв}$	Частота $n, \text{хв}^{-1}$	Подача $Q, \text{кг/хв}$
1	32	1,933	37	6,537	34	13,813
2	59	3,528	63	11,072	61	24,891
3	129	7,734	105	18,610	116	47,595

На підставі дослідних даних побудовано графік залежності подачі спірального-гвинтового дозатора від частоти обертання приводного валу спіралі при трьох діаметрах (рисунки 3.7).

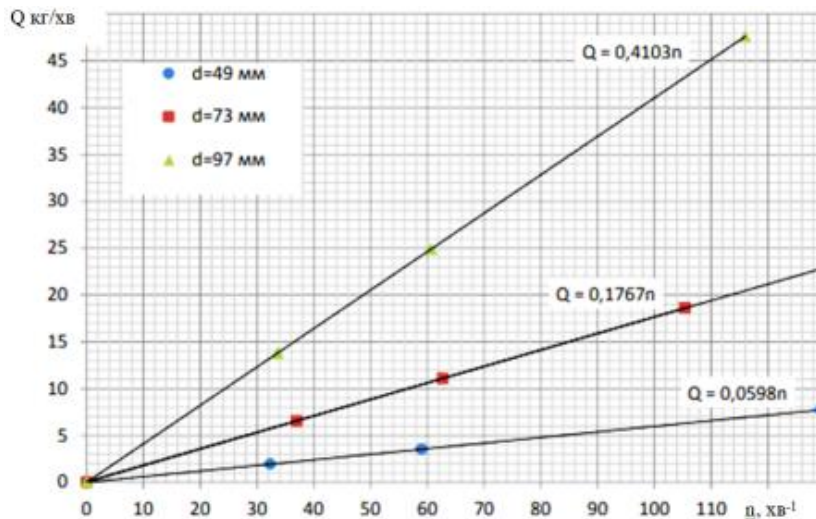


Рисунок 3.7 – Графік залежності подачі спірального дозатора від діаметра та частоти обертання спіралі

З рисунка 3.7 випливає, що подача спірального дозатора має лінійну залежність від частоти обертання спіралі. Отримані рівняння регресії визначення подачі дозатора залежно від частоти обертання спіралі при конкретних параметрах дозатора.

На підставі результатів дослідження подачі спірального дозатора можна відзначити:

- подача СВД має лінійну залежність від аналізованих конструктивних параметрів - діаметр і крок спіралі, зазор між діаметром і кожухом, в межах досліджуваних.
- при дозуванні гранульованого комбікорму помічено його подрібнення та дроблення.
- при дозуванні суміші з твердих матеріалів та невеликих зазорах між спіраллю і кожухом виявляється великий опір на спіраль, що транспортує, що в деяких випадках призводить до заклинювання дозатора.

3.4 Визначення споживаної потужності, питомої подачі та похибки дозування спіральним дозатором

При проведенні даних дослідів використовувалося 2 види матеріалу: гранульований комбікорм та розсипні висівки.

Для вивчення питання впливу конструктивних параметрів під час дозування були також розроблені та виготовлені різні типорозміри спіралей та підібрані відповідні труби з можливістю зміни зазору між робочим органом та кожухом.

Дозування здійснювалося дискретним (за кількістю обертів спіралі) та безперервним (тривалість роботи СВД) способами.

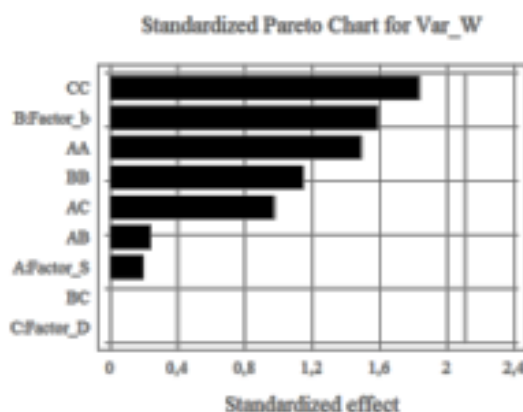
Опрацювавши результати експерименту методами математичної статистики із застосуванням комп'ютерної програми STATGRAPHICS Plus, отримали залежності споживаної потужності (N_{px}), питомої подачі (подача матеріалу за оборот спіралі) (Q_o), нерівномірності дозування за кількістю оборотів спіралі (δ_o) та тривалості включення дозатора (δ_t) від його конструктивних параметрів [8, 21].

Таблиця 3.5 - Фактори, рівні їх варіювання та результати експерименту

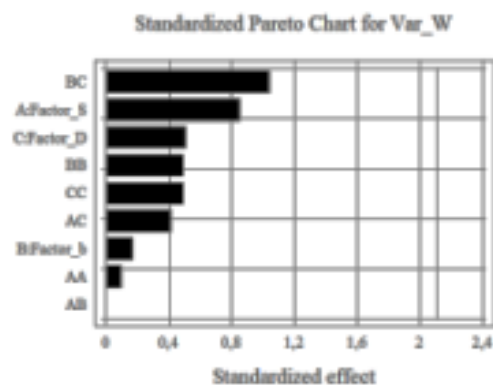
№	d, мм	b, мм	s	Гранули 0.5 мм			
				N_{px} , Вт	Q_o , г/об	δ_o , %	δ_t , %
1	49	2,5	0,75d	46	36,36	4,36	15,00
2			1d	47	48,92	3,38	6,72
3			1,25d	46	56,92	2,06	24,47
4		5	0,75d	47	46,6	2,47	7,76
5			1d	43	59,8	1,53	15,81
6			1,25d	46	68,88	1,14	6,41
7		7,5	0,75d	46	54,84	5,14	26,73
8			1d	47	69,32	1,90	4,48
9			1,25d	45	81,12	4,06	7,27
10	73	2,5	0,75d	47	128,16	5,17	8,53
11			1d	46	158,56	2,17	9,14
12			1,25d	45	178,44	4,86	21,72
13		5	0,75d	46	139,48	5,82	28,15
14			1d	44	176,68	3,24	30,48
15			1,25d	45	201,88	5,50	28,88
16		7,5	0,75d	43	161,84	5,01	24,65
17			1d	44	203,88	2,30	21,66
18			1,25d	45	236,2	3,01	9,05
19	97	2,5	0,75d	46	303,64	4,36	24,88
20			1d	46	384	5,17	12,69
21			1,25d	47	446,76	3,72	26,93
22		5	0,75d	45	325,16	2,37	25,02
23			1d	44	410,3	1,34	18,60
24			1,25d	47	471,72	2,63	10,68
25		7,5	0,75d	47	398,36	7,33	26,41
26			1d	45	489,52	7,37	12,05
27			1,25d	46	557,96	4,89	22,53

Таблиця 3.6 - Фактори, рівні їх варіювання та результати експерименту дозування розсипних висівок.

№	d, мм	b, мм	s	Висівки. н/г			
				N_{px} , Вт	Q_o , г/об	δ_o , %	δ_t , %
1	49	2,5	0,75d	44	16,88	1,25	1,64
2			1d	42	26	1,13	2,46
3			1,25d	43	30,12	1,68	2,10
4		5	0,75d	43	23,2	0,28	3,56
5			1d	41	29,92	1,63	0,99
6			1,25d	42	36,2	1,13	6,19
7		7,5	0,75d	43	25,52	1,39	2,12
8			1d	42	33,76	1,34	14,47
9			1,25d	40	40,6	1,77	6,66
10	73	2,5	0,75d	42	63,8	2,67	13,59
11			1d	43	78,28	2,28	5,65
12			1,25d	40	89	3,39	24,76
13		5	0,75d	40	72,68	1,55	0,79
14			1d	43	88,4	2,94	10,91
15			1,25d	44	103,44	0,95	11,69
16		7,5	0,75d	41	80,44	1,71	16,62
17			1d	44	100,32	1,76	21,08
18			1,25d	42	116,4	0,58	17,39
19	97	2,5	0,75d	43	152,16	2,28	21,45
20			1d	42	191,64	1,33	19,72
21			1,25d	43	218,76	3,96	14,67
22		5	0,75d	43	162,72	1,56	9,66
23			1d	42	208,16	1,50	12,53
24			1,25d	41	236,84	2,86	11,74
25		7,5	0,75d	44	173,88	1,78	1,72
26			1d	42	225,76	1,47	4,38
27			1,25d	43	254,28	3,25	3,45



а



б

Рисунок 3.8 – Діаграми впливу факторів та їх ефектів на потужність приводу СВД. а - гранульований комбікорм, б - розсипні висівки

З рисунка 3.8, що наочно показує вплив факторів та їх ефект на потужність приводу СВД видно, що з гранул лише на рівні значимості 95% чинники виявилися менш значущі проти розсипними висівками. Більше значення має ефект при квадратичному члені d^2 (діаметр спіралі), потім зазор між спіраллю і кожухом b , далі квадрати кроку спіралі (s^2) і зазору (b^2) після ефект взаємодії $s \cdot b$. Одночлен d має найменший вплив на значення потужності приводу.

На потужність приводу для гранульованого комбікорму значущими факторами, а також ефектами є добуток членів bd і крок спіралі (s). Найбільший вплив має діаметр спіралі (d), квадрат зазору (b^2) і квадрат діаметра спіралі (d^2), далі зазор між спіраллю і кожухом b . Квадрат кроку спіралі (s^2), а також добуток кроку спіралі та зазору між спіраллю і кожухом ($s \cdot b$) надають найменший вплив на значення потужності приводу.

При розгляді діаграми на рисунку 3.9, що показує вплив чинників на подачу, видно що найважливішим параметром є діаметр спіралі (d), наступним за значимістю є крок спіралі (s), на наступному місці знаходиться квадратичний член (d^2) діаметра спіралі, далі менш важливим є зазор між кожухом і спіраллю (b), потім на 5 місці за значимістю стоїть твір кроку і діаметра спіралі ($s \cdot d$), на наступному знаходиться твір $b \cdot d$. Квадрати зазору між спіраллю і кожухом (b^2), а також кроку спіралі (s^2) та добуток $s \cdot b$ мають відсоток значимості менше 5%, тим самим є не значущими.

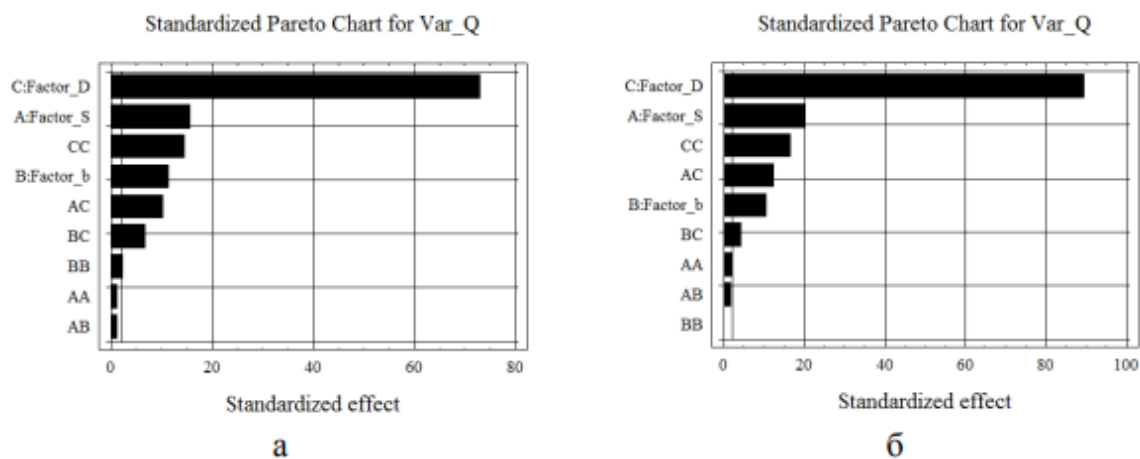


Рисунок 3.9 – Діаграми впливу факторів та їх ефектів на подачу СВД: а - гранульований комбікорм, б - розсипні висівки.

З рисунка 3.9 б видно, що на подачу СВД при дозуванні розсипного матеріалу, як і при дозуванні гранул, діаметр спіралі (d) є найбільш важливим та впливовим. Далі, як і при подачі розсипного матеріалу, крок спіралі (s) і значення квадрата діаметра (d^2), наступним за значимістю є добуток кроку і діаметра спіралі ($s \cdot d$), далі значення зазору між спіраллю і кожухом (b). Найменший відсоток значущості – 5% мають такі фактори: квадрати діаметра спіралі (s^2) та зазору між спіраллю та кожухом (b^2), а також добуток $s \cdot b$.

На діаграмах рисунка 4.7 представлено вплив факторів, параметрів та їх ефектів на нерівномірність видачі дози СВД. З рисунка 3.10а видно, що на нерівномірність дозування гранул найбільше значення має квадрат зазору між спіраллю і кожухом (b^2), слідом за ним йде діаметр спіралі (d), далі крок спіралі (s), потім його квадрат (s^2), наступним добуток зазору між спіраллю і кожухом і діаметра спіралі ($b \cdot d$), далі по низхідній слід значення зазору між спіраллю (b), потім квадрат діаметра спіралі (d^2). Найменший вплив на нерівномірність дозування надають твори кроку спіралі та зазору ($s \cdot b$), а також кроку та діаметру спіралі ($s \cdot d$).

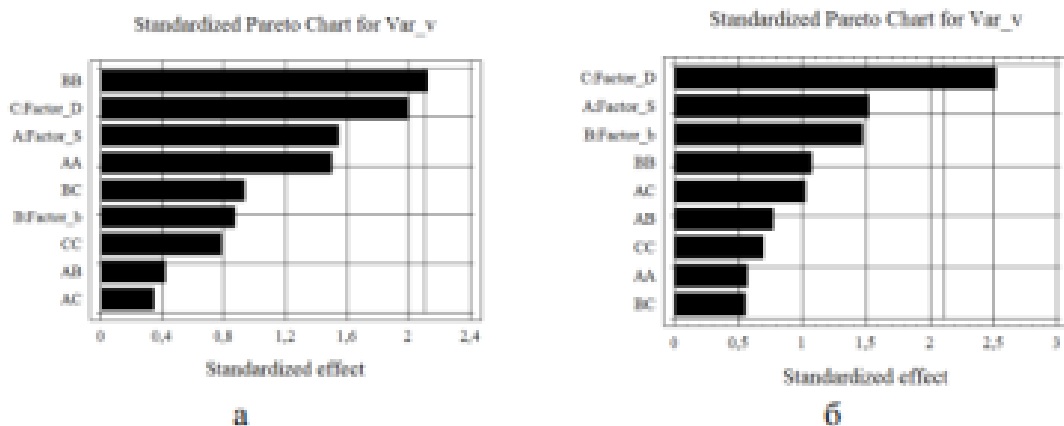


Рисунок 3.10 – Діаграми впливу факторів та їх ефектів на нерівномірність видачі дози СВД: а - гранульований комбікорм, б - розсипні висівки.

При розгляді значущості факторів на нерівномірність видачі дози розсипного продукту СВД (рисунок 4.7б) видно, що найбільше значення має діаметр спіралі (d), наступним є крок спіралі (s), далі зазор між спіраллю та кожухом (b), потім квадрат (b^2), після цього твору кроку та діаметру спіралі ($s \cdot d$), а також кроку спіралі та зазору між спіраллю та кожухом ($s \cdot b$), далі слідує

квадрат діаметра спіралі (d_2) Найменше значення має квадрат кроку спіралі (s_2) та двочлен кроку спіралі та зазору між спіраллю та кожухом ($s \cdot b$).

З урахуванням значущості факторів, опустимо незначні аргументи, отримаємо перераховані, спрощені рівняння регресій: споживаної потужності ($N_{пр}$), питомої подачі (подача матеріалу за оборот спіралі) (Q_o), нерівномірності дозування за кількістю обертів спіралі (δo) та тривалості включення дозатора (δt) від його конструктивних параметрів.

Для гранульованого комбікорму:

$$N_{пр \text{ гр}} = 71,0941 - 27,1667 \cdot s - 0,533333 \cdot b - 0,28086 \cdot d + 11,5556 \cdot s^2 + 0,0555556 \cdot s \cdot d + 0,0222222 \cdot b^2 + 0,00124 ;$$

$$Q_o \text{ гр} = 508,141 - 228,676 \cdot s - 6,90958 \cdot b - 15,5 \cdot d + 5,28 \cdot s \cdot d + 0,172472 \cdot b \cdot d + 0,109948 \cdot d^2;$$

$$\delta o \text{ гр} = 20,4961 - 32,6074 \cdot s - 1,26618 \cdot b + 0,121275 \cdot d + 15,1772 \cdot s^2 + 0,053722 \cdot b^2 + 0,00350462 \cdot b \cdot d - 0,0006 .$$

$$\delta t \text{ гр} = - 0,23339 - 109,416 \cdot s + 5,96296 \cdot b + 1,13753 \cdot d + 72,6879 \cdot s^2 - 4,24441 \cdot s \cdot b - 0,0859274 \cdot b^2 - 0,006758 \cdot d^2 \quad (4.14)$$

Для розсипного матеріалу:

$$N_{пр о} = 50,7736 - 3,13889 \cdot s - 0,475694 \cdot b - 0,125965 \cdot d + 0,0277778 \cdot s \cdot d + 0,0111111 \cdot b^2 + 0,00347222 \cdot b \cdot d + 0,00 \cdot d^2;$$

$$Q_o \text{ пр о} = 197,339 - 103,551 \cdot s - 1,22078 \cdot b - 6,38255 \cdot d + 2,49722 \cdot s \cdot d + 0,0447778 \cdot b \cdot d + 0,0483102 \cdot d^2;$$

$$\delta o = 3,80655 - 1,69542 \cdot s - 0,331111 \cdot b - 0,0193287 \cdot d + 0,03875 \cdot s \cdot d + 0,0138222 \cdot b^2.$$

$$\delta t о = - 76,0808 + 6,11151 \cdot s + 0,440924 \cdot b + 2,06149 \cdot d + 0,12844 \cdot b^2 - 0,0439918 \cdot b \cdot d - 0,0101689 \cdot d^2$$

Адекватність одержаних математичних моделей перевіряли за допомогою критерію Фішера. Табличне значення критерію Фішера для всього ряду рівнянь становить 1,9950, що відповідає 5%-му рівню значущості та ступеням свободи $\nu_1 = 26$ і $\nu_2 = 23$ [43, 113].

3.5. Результати виробничих випробувань.

З метою визначення ефективності роботи СВД у виробничих умовах було проведено дослідження роздавача комбікормів зі спіралью-гвинтовим дозатором у ПСП “МАЯК” Золотоніського району черкаської області. Для цього було виготовлено мобільний роздатчик комбікормів (рисунок 3.10) з ручним переміщенням, оснащений системою дозування та акумуляторним приводом.

Як робочий орган була прийнята спіраль діаметром $d = 97$ мм і кроком $s = 0,75 d = 72,75$ мм, при цьому зазор між спіраллю і кожухом $b = 5$ мм. Вказані параметри були прийняті з урахуванням продуктивності СВД, а також з урахуванням стандартно вироблених вузлом та деталей.

При випробуваннях дозатора здійснювалася роздача концентрованих кормів телиці, тому норма видачі для всієї групи тварин була задана однаковою.

У ході проведення експериментів на території молочно-товарної ферми (Рисунок 3.11) у корівнику обслуговувався один ряд тварин – 42 голови, щодня видавалося 42 порції розсипного корму загальною масою понад 20 кг та стільки ж порцій гранульованого корму.



Рисунок 3.11 – Процес дозованої роздачі комбікормів спіралью-гвинтовим дозатором.

Після завершення випробувань експериментальні дані були структуровані та зведені.

При випробуванні роздавача дозованої видачі концентрованих кормів коровам був виявлено жодного випадку травмування чи занепокоєння (страхи) корів. Роздавальник зі спіралью-гвинтовим дозатором обслуговувався одним оператором, за період експлуатації раптових відмов, поломок вузлів та деталей не помічено.

Впливає, що нерівномірність видачі не перевищує 4,18% при дозованій роздачі розсипних висівок і 3,27% при дозуванні гранульованого комбікорму.

Внаслідок виробничих випробувань встановлено: 1. Дозатор працездатний.

2. Середня маса виданої дози склала: для розсипних висівок 571,8 г і для комбікорму гранульованого 561,6 г.

3. З урахуванням часу переїзду дозатора і маси дози висівок (552-604 гр), що видається, продуктивність дозатора склала 3,11 кг/хв.

4. Енергоспоживання 45 ... 47 Вт · год.

Недоліки дозатора та проблеми, виявлені під час виробничих випробувань:

1. При дозуванні розсипних висівок помічено їхнє зависання та утворення склепіння.

2. Відсутність на завантажувальній горловині бункера сітки, що дозволяє відсівати сторонні матеріали та великі елементи комбікорму (злиплі грудки комбікорму).

Виробничі випробування показали працездатність розробленого дозатора, ефективність дозованої видачі комбікормів.

Результати виробничих випробувань підтвердили цінність проведених наукових досліджень.

Для виявлення техніко-економічної ефективності та експлуатаційної надійності доцільно здійснити випуск дослідної серії даного дозатора та провести ширшу апробацію. Але для початку зробимо розрахунок та оцінку економічної ефективності розробленого СВД.

Висновки:

1. Отримано рівняння регресії для споживаної потужності (4.7, 4.11), питомої подачі матеріалу за один оборот спіралі (4.8, 4.12) та коефіцієнта варіації (4.9, 4.13) від ряду конструктивних параметрів: діаметра спіралі d , кроку спіралі s і кроку спіралі s та кожухом b . З використанням даних рівнянь побудовано та проаналізовано поверхні відгуку.

2. Середня подача сухого матеріалу за одні оборот спіралі діаметром 49...97 мм при дискретному режимі роботи змінюється від 16,9 до 254,3 г/об, споживана потужність перебуває у межах 40 – 47 Вт. Нерівномірність дозування гранульованого корму діаметром грану 5 мм становила 1,2 – 5,5 % та 1 – 3,5 % розсипних висівок.

3. Нерівномірність дозування при безперервному режимі роботи спіраль-гвинтового дозатора становила 7-27% для гранул і 1-13% для розсипних висівок.

4. Оптимальні параметри для якісної роботи спіраль-гвинтового дозатора: діаметр спіралі – 49 мм, крок спіралі $1d$ та зазор 5 мм. При цих параметрах нерівномірність дозування вбирається у 2 % від виданої маси корму, що у 2 рази нижче проти дозуванням у безперервному режимі роботи спіраль-гвинтового дозатора.

РОЗДІЛ 4. Охорона праці.

4.1 Аналіз умов та заходів з охорони праці.

Умови праці у тваринницьких приміщеннях визначаються, в основному, станом повітряного середовища робочих приміщень. Значне місце серед шкідливих виробничих факторів займає контакт з тваринами.

У процесі обслуговування тварин, у найбільшій мірі в корівниках та кормоцехах, працівники підлягають впливу шкідливих факторів повітряного середовища – пилу і мікробній (грибковій) забрудненості. У приміщеннях ферм підвищення концентрації пилу на робочих місцях спостерігається при роздачі сухих концентрованих кормів та прибиранні приміщень, у кормоцехах – при обробці і навантаженні в кормороздавачі грубих і сипучих кормів. Склад пилу не однорідний і не постійний. У ньому можуть бути частинки ґрунту, рослин, мінеральних добрив, пестициди, усі складові частини комбікормів, у тому числі і різні добавки (мікроелементи, вітаміни, антибіотики, гормони та ін.). Якісний склад пилу обумовлює ступінь її алергентності і при відповідних умовах може стати причиною розвитку алергічних захворювань у тваринників.

Прибирання приміщень, а також догляд за тваринами можуть обумовити зараження працівників такими інфекційними захворюваннями, як бруцельоз, туберкульоз та ін.

Мікрофлору тваринницьких приміщень складають гнойові коки, стафілококи, палички кишкової групи, плісняві гриби та інші. Джерелами бактеріального та грибкового забруднення повітря є корми та гній. Число мікробів в приміщеннях молочних комплексів і ферм коливається від десятків до сотень тисяч в 1м³ повітря, що більше норми.

Велике значення для праці працівників молочних ферм має достатня освітленість робочих місць та поверхонь.

У відповідності з галузевими нормами штучне освітлення при прив'язному та безприв'язному утриманні корів повинно складати 30 лк., в пологовому відділенні – 100 лк. КПО повинен бути 0,5%. Під час доїння освітленість на вимені корови повинна складати 150 лк., а КПО – 0,7-0,9%.

4.2 Розробка організаційно-технічних заходів з охорони праці під час роздавання кормів.

Кормоприготувальні машини в цеху треба встановлювати так, щоб технологічні проходи відповідали нормам.

У кормоцехах, де розташовані коренемийки, мийки-подрібнювачі, влаштовують загальну і місцеву каналізацію, бетонують поли з похилом до відстійників, біля машин розмішують гумові килими або дерев'яні настили.

Приміщення, де встановлені кормодробарки, обладнують вентиляцією.

Робочі місця, розташовані від рівня підлоги на висоті понад 1 м, повинні мати бар'єри висотою не менше 1 м. Східці драбин і металеві площадки виконують із рифленої сталі.-

При обслуговуванні кормозапарників необхідно дотримувати таких вимог: чани щільно закривати кришками і обладнувати пристроєм для легкого їх відкривання; знімати кришку з чана, наповненого готовим продуктом, можна після того, як буде закритий паровий кран чана; чани значної місткості і висоти обладнувати драбинами, перилами і огорожею люків; перед навантаженням запареного продукту конденсат з чана слід зливати через стічний отвір.

Для механізації транспортування і роздавання кормів використовують мобільні й стаціонарні роздавачі.

Перед в'їздом у приміщення необхідно переконатися, що поблизу немає людей, і сигналом попередити про рух машини.

Під час роботи кормороздавачів у кормових проходах забороняється перебувати людям.

Щоб запобігти отруєнню людей і тварин випускними газами від працюючого трактора, треба швидко роздати корм, вивести трактор із приміщення і провентилувати останнє.

При застосуванні норій, стрічкових транспортерів необхідно стежити за тим, щоб люки, натяжні пристрої були закриті захисними ґратами, кожухами, приводні станції транспортерів і норій огорожені, металеві частини — заземлені.

При експлуатації кормороздавачів, які рухаються по рейках у кормових проходах, необхідно також дотримувати правил техніки безпеки, стежити, щоб разом з кормом не потрапили металеві предмети, що можуть стати причиною аварії.

Корпуси електродвигунів і пускових апаратів, напрямні рейки надійно заземляють четвертою жилою кабелю-штори. Періодично перевіряють цілісність кабелю-штори, справність лотка для кабелів.

Електрострум подають у кабель-штору тільки на період роздавання кормів.

При пневмо-гідророздачі кормів не можна допускати псування залишків корму в трубах^

При роздачі сипких кормів вимоги безпеки регламентуються ДОСТ 463.113–81. (При завантаженні (розвантаженні) бункери, башти, силосні та інші місткості повинні бути закриті на замок.

Слід бути особливо обережними при очищенні каналів із щілинними підлогами. Засмічені канали мають очищати два працівника. У місцях над каналом, де решітки тимчасово зняли, слід установити огороження.

При експлуатації гноєзбирального обладнання і транспортерів біля пускових кнопок гноєзбирального обладнання вішають таблички з попереджувальними написами: «Стороннім особам включати установку (транспортер) забороняється!», «При роботі з машиною будь обережним» та інші.

Забороняється виконувати ремонтні й регулювальні роботи, а також змащувати поворотні зірочки в період роботи транспортера.

Після монтажу пневмоустановку необхідно зареєструвати в органах Державного нагляду за охороною праці.

Під час видалення гною трактор з бульдозером має рухатися по проході прямолінійно зі швидкістю не більше 4–5 км/год. У проходах не повинно бути людей і тварин.

4.3 Моделювання виробничих небезпек при зварювальних роботах.

Для покращення умов праці, приведення у відповідність технічного стану робочих місць та нормалізації параметрів виробничого середовища складається план заходів. Він повинен бути комплексним, всебічним та реальним, а хід його виконання постійно підлягати контролю з боку посадових осіб підприємства. Розробка заходів ведеться за трьома напрямками: організаційним, технічним, санітарно-гігієнічним, для кожного з яких визначаються відповідальні за це особи та прогнозується очікувана соціальна ефективність від їх запровадження. За результатами виявлених у підрозділі недоліків 83 складемо перелік заходів, спрямованих на їх усунення чи мінімізацію їх наслідків та впливу на працівників.

Якщо стався нещасний випадок, а також при раптовому захворюванні необхідно:

- усунути дію на організм потерпілого небезпечних та шкідливих факторів, які загрожують його здоров'ю і життю;
- надати потерпілому домедичну допомогу, а в разі потреби викликати швидку медичну допомогу.

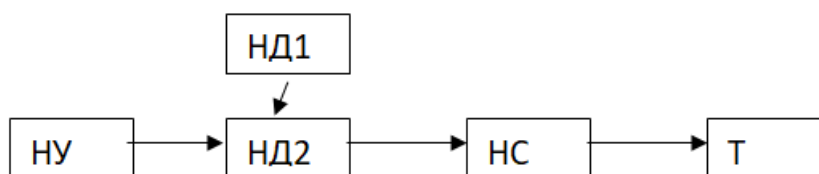


Рис. 4.1 Моделювання небезпечної ситуації під час роботи

НУ – Невиділені частини механізмів які обертаються та мають підвищену небезпеку.

НД 1 – Розпізнавальні знаки погано розпізнаються;

НД 2 – Працівники близько знаходяться біля обертових деталей, що мають підвищену небезпеку.

НС – Попадання частин одягу в механізми, що рухаються.

Т – Травма.

Висновки по розділу.

Для запобігання травмам, пов'язаним з роздавання кормів і транспортними операціями (травми механічного характеру), важливе значення має впровадження комплексної механізації та автоматизації.

Крім цього, керівники повинні знати, що робота з тваринами належать до робіт підвищеної небезпеки, виконання яких здійснюється роботодавцем на підставі декларації відповідності матеріально-технічної бази вимогам законодавства з питань охорони праці.

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВСТАНОВЛЕННЯ ДЛЯ ДОЗОВАНОЇ ВИДАЧІ КОМБІКОРМІВ

5.1 Методика розрахунку річної ефективності

Розрахунок економічної ефективності використання запропонованого спірально-гвинтового дозатора з удосконаленим процесом дозування (дозування за кількістю обертів спіралі) зроблено з використанням наступних методик і вимог.

Для порівняння прийнято аналогічний шнековий дозатор «ШД8» (рисунок 5.1), який здійснює вагове дозування продукту та має такі технічні характеристики [12]:

- електропостачання - 220 В , 50 Гц - потужність - 800 Вт
- Об'єм накопичувального бункера дозатора - 60 л - межі дозування - 50 - 5000 г
- похибка дозування – $\pm 2\%$
- продуктивність – до 8 доз/хв.
- Габарити (ВхШхГ) - 1700 мм х 800 мм х 500 мм - вага дозатора - 80 кг.



Рисунок 5.1 – Шнековий дозатор «ШД8»

Відповідно до використовуваної методики наведені витрати визначаються за виразами:

$P_z = E + E \cdot KB$, (5.1) де E - річні експлуатаційні витрати;

E – нормативний коефіцієнт ефективності; KB - капітальні вкладення.

Річний економічний ефект за наведеними витратами є різницею річних наведених витрат порівнюваних дозаторів.

$P_z = P_{zб} - P_{zn}$, (5.2) де $P_{zб} (н)$ – річні наведені витрати за старим (базовим) і новим (розробленим) дозатором.

Термін окупності визначається ставленням капітальних вкладень до річного економічного ефекту:

$T_o = KB / E_g$, (5.3) де E_g - річний економічний ефект.

$E_g = \Sigma S_{б} - \Sigma S_n$, (5.4) де $\Sigma S_{б} (н)$ - сума річних витрат на експлуатацію дозатора (базового і нового).

Так як схема видачі комбікормів не змінилася і розміри базового та нового дозатора приблизно рівні, то враховуватимемо лише витрати на технічне обслуговування, ремонт та амортизацію.

Обсяг капітальних вкладень нового експериментального спірального-гвинтового дозатора визначається за виразом:

$KB = K_m \cdot C_p$, (5.5) де K_m - коефіцієнт транспортних та монтажних робіт; $k_m = 1,26$;

C_p - вартість спірального-гвинтового дозатора.

Річні витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування знаходяться з урахуванням норм відрахувань:

$STO \text{ та } P = KTO \text{ та } P \cdot KB$, (5.6) де $KTO \text{ та } P$ – норма відрахувань на технічне обслуговування та ремонт; $XTO \text{ та } P = 0,18$

Амортизаційні відрахування:

$S_a = K_a \cdot KB$, (5.7) де K_a - Коефіцієнт амортизаційних відрахувань; $K_a = 0,2$.

Для застосування розробленого спірального-гвинтового дозатора для дозованої видачі концентрованих кормів дійним коровам не потрібно демонтаж обладнання, зміна технологічного процесу та додаткових (порівняно з аналогічним варіантом) засобів на зміну будівельної частини корівника. Тому для розрахунку вартості скористаємося виразом:

$C_p = \Sigma Ц_k \cdot K_{сб}$, (5.8) де $\Sigma Ц_k$ - вартість комплектуючих елементів;

Ксб - коефіцієнт, що враховує складання та доставку; $K_{сб} = 1,1$.

$C_p = (C_{ед} + C_c + C_{бл.у пр} + C_{шкір} + C_б) \cdot K_{сб}$, (5.9) де $C_{ед}$ - ціна електродвигуна; $C_{ед} = 1950$ грн.

C_c – вартість спіралі; $C_c = 750$ грн.

$C_{бл.у ін.}$ - Ціна блоку управління; $C_{бл.упр} = 8410$ грн

$C_{шкір}$ - ціна циліндричного кожуха спіралі; $C_{шкір} = 320$ грн. $C_б$ - вартість завантажувального бункера; $C_б = 450$ грн.

Вартість експериментального спірального-гвинтового дозатора склала 13 068 грн.

Вартість аналогічного дозатора з урахуванням податків (ПДВ 18%) становить 63 826 грн.

Результати розрахунку економічної ефективності зведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Техніко-економічні показники.

Показники	Результати розрахунку	
	аналог	новий
Вартість одного дозатора, грн	63826	13068
Капітальні вкладення, грн	80420,8	16465,7
Сума річних витрат на експлуатацію дозатора, грн	30559,8	6256,9
Річний економічний ефект, грн		24302,9
Термін окупності, років		0,67

На підставі таблиці 5.1 розрахунковий річний економічний ефект з урахуванням нижчої вартості розробленого дозатора, за рахунок низької металомісткості та відсутності дорогої ваговимірювальної апаратури, в порівнянні з серійним дозатором «ДШ8» становить 24302,9 грн/ів, а термін окупності пропонованого спірального-гвинтового дозатора становить 0,67 року.

ВИСНОВКИ

На підставі проведеного дослідження зроблено загальні висновки:

1. В результаті дослідження робочого процесу спірального-гвинтового дозатора, виявлено аналітичні залежності та вирази для розрахунку його конструктивно-технологічних параметрів, у тому числі:

- Довжини завантажувального вікна;
- критичної (максимальної) кутової швидкості спіралі;
- Об'єму матеріалу, що переміщується за один оборот спіралі;

Потужності на привід дозатора.

2. Дослідження фізико-механічних властивостей сухих концентрованих кормів за методом Р. Карра показало, що за ступенем сипкості досліджені корми можна розмістити в ряд: комбікорм гранульований (81 бал), висівки розсипні (67), екструдований комбікорм (59 балів). Найбільший кут тертя продукту сталі - 34 градуси - виявлено у розсипних висівках.

3. Експериментальними дослідженнями встановлено, що при дискретному дозуванні для всіх досліджених спіралей та зазорі b не більше 5 мм нерівномірність дозування корму не перевищує 5%, що в 2 і більше разів нижче порівняно з дозуванням корму за тривалістю включення дозатора, що розглядається. Раціональними конструктивними параметрами є: діаметр спіралі – 49 мм, крок спіралі – $1d = 49$ мм та зазор між спіраллю та кожухом 5 мм. При даних параметрах та частоті обертання спіралі 43 хв-1 нерівномірність дозування розсипного та гранульованого кормів не перевищує 1,3% та 1,7% від виданої маса відповідно.

4. У ході виробничих випробувань нерівномірність дозованої видачі гранульованого комбікорму становила не більше 3,27%, а розсипних висівків – 4,2 %, що не виходить за межі зоотехнічних вимог (5%). Річний економічний ефект від використання розробленого дозатора становить 24302,9 гривні, а термін окупності витрат - 0,67 роки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Річні звіти приватного сільськогосподарського підприємства «Приморський» Приморського району Запорізької області, за 2017 - 2019 р.р.
2. Болтянська Н.І. Скляр О.Г., Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.
3. Болтянська Н.І. Машиновикористання техніки в тваринництві: курс лекцій [Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр та ін.]. Мелітополь: ВПЦ «Люкс»., 2019. 160 с.
4. Болтянська Н.І. Машиновикористання техніки в тваринництві: навчальний посібник для виконання лабораторних робіт / Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр та ін.]. Мелітополь: ВПЦ «Люкс»., 2019. 180 с.
5. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник [Б.В. Болтянський, Н.І. Болтянська, Р.В. Скляр та ін.]. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
6. Брагінець А.М. Методичні вказівки з техніко-економічного обґрунтування курсових та дипломних проектів і робіт для студентів ОКР «Бакалавр», «Спеціаліст», «Магістр» МТФ/ А.М. Брагінець, С.М. Брагінець, Б.В. Болтянський. Мелітополь: ТДАТУ, 2011 р. 48 с.
7. Механізація виробництва продукції тваринництва: навч. посібник/ за ред. Ревенка І.І. К.: Урожай, 1994. 264 с.
8. Дмитрів В.Т. Основи теорії машиновикористання у тваринництві / В.Т. Дмитрів. Львів: Магнолія плюс, 2008. 257 с.
9. Теорія та розрахунок машин для тваринництва / Б.П. Шабельник, М.М. Троянов, І.Г. Бойко. За ред. І.Г. Бойка. Харків.: Видавництво ПП Черв'як, 2002. 216 с.
10. Проектування механізованих технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник/ І.М. Бендера, В.П. Лаврук, С.В. Єрмаков та інш.; за ред. І. М. Бендери, В.П. Лаврука. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. 564 с.
11. Скляр Р.В. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник / Р.В. Скляр, О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська, Б.В. Болтянський. К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.

12. Скляр О.Г., Болтянська Н.І. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.
13. Теорія та розрахунок машин для тваринництва / Б.П. Шабельник, М.М. Троянов, І.Г. Бойко. Харків.: Видавництво ПП Черв'як, 2002. 216 с.
14. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва/ Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. К.: Кондор, 2009. 731 с.
15. Сиротюк В.М. Машини та обладнання для тваринництва: навч. посіб. для підготовки фахівців ВНЗ III - IV рівнів акредитації. Львів: Магнолія плюс, 2004. 200с.
16. Болтянська Н. І., Маніта І. Ю., Подашевська О.І. Проблеми і перспективи розвитку інформаційних технологій в сільському господарстві. Праці ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 4. С. 175-185
17. Болтянська Н.І., Маніта І.Ю. Технології наукових досліджень в технічному сервісі»: посібник-практикум. Мелітополь: «Люкс», 2020. 136 с.
18. Болтянська Н.І., Маніта І.Ю. Технології наукових досліджень в технічному сервісі: навчально-методичний посібник для самостійної роботи. Мелітополь: «Люкс», 2020. 196 с.
19. Болтянська Н.І., Маніта І.Ю. Технології наукових досліджень в технічному сервісі: навчально-методичний посібник для виконання лабораторних робіт. Мелітополь: «Люкс», 2020. 364 с.
20. Болтянська Н.І. Технології наукових досліджень в технічному сервісі»: курс лекцій. Мелітополь: «Люкс», 2021. 374 с.
21. Шокарев О. М. Засоби діагностики сучасних автотранспортних засобів. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 450-454.
22. Маніта І.Ю., Болтянська Н.І. Питання цифровізації сільського господарства в Україні. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 346-350.

23. Заболотько О. О. Вплив селекційно-генетичної роботи на ефективність галузі свинарства. Науковий вісник ТДАТУ: [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. ЦКВ: [кіір:/Дуту.ВаИ.еки.иа/ВїїЛурсоп1еп1/иріоаб8/8ііе8/6/паикоууі-уі8пук-1ба1и-2020-уури8к-10-1от-2.рб1](http://Дуту.ВаИ.еки.иа/ВїїЛурсоп1еп1/иріоаб8/8ііе8/6/паикоууі-уі8пук-1ба1и-2020-уури8к-10-1от-2.рб1).

24. Болтянська Н. І., Маніта І. Ю. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків: ХНУСГ, 2020. № 21 С. 139-147

25 Шокарев О. М. Шляхи підвищення ефективності управління сільськогосподарським виробництвом. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 86-90.

26. Шокарев О. М. Забезпечення надійності складних систем на різних етапах експлуатації. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 483-487.

27. Маніта І. Ю. Інноваційний розвиток техніки для молочного скотарства. Науковий вісник ТДАТУ: [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. ПКЛ: Шр:/^І8а1п.еди.иа/тдех.рЪрМ8тк/І88иеМе'№/15.

28. Шокарев О.М. Напрями автоматизації технологічних процесів в АПК. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 626-632.

29. Комар А.С. Роль інфраструктури сільських територій в розвитку агропромислового комплексу. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 49-53.