

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

УДК 631.31

Кваліфікаційна робота на
правах рукопису

ЮРКОВСЬКИЙ Сергій Сергійович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОЗУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ
КОРМОРОЗДАВАЧА ДЛЯ ФЕРМ ВРХ**

208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис)

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

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

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Юрковський С. С. Підвищення ефективності дозувального механізму кормороздавача для ферм ВРХ. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024 р.

У кваліфікаційній роботі проведено аналітичні дослідження можливих варіантів дозувальних механізмів кормороздавача для ВРХ, встановлено їх переваги та недоліки, визначено напрям конструкційного виконання.

Проведені теоретичні дослідження запропонованого механізму дозування у вигляді дискового ротора подачі для кормороздавача вказали на взаємозв'язок механізмів подавального, спрямовуючого та вивантажувального. Отримано теоретичні залежності встановлення конструкційних параметрів запропонованого складових дозувального механізму.

За результатами проведених досліджень встановили раціональні геометричні розміри диско-лопатевого дозувального механізму та режими його роботи для задоволення потреб виробництва.

Ключові слова: диск, лопать, подача, привод, лінійна швидкість

ANNOTATION

Yurkovskiy S. S. **Increasing the efficiency of the dosing mechanism of the feed dispenser for cattle farms.** – Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for a master's degree in specialty 208 – agroengineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024

In the qualification work, analytical studies of possible variants of dosing mechanisms of the feed dispenser for cattle were conducted, their advantages and disadvantages were established, and the direction of structural implementation was determined.

Theoretical studies of the proposed dosing mechanism in the form of a disk feed rotor for the feed dispenser indicated the relationship between the feeding, directing and unloading mechanisms. Theoretical dependencies for establishing the structural parameters of the proposed components of the dosing mechanism were obtained.

According to the results of the conducted studies, rational geometric dimensions of the disk-blade dosing mechanism and its operating modes were established to meet production needs.

Key words: disk, blade, feed, drive, linear speed

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОРМОРОЗДАВАЧІВ ДЛЯ ФЕРМ ВРХ	7
1.1. Класифікаційні ознаки кормороздавачів	7
1.2. Оцінка дозувальних пристроїв кормороздавачів для ВРХ	10
1.3. Висновки до розділу 1	12
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЗУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОРМОРОЗДАВАЧА	13
2.1. Обґрунтування конструкційної схеми дозувального механізму кормороздавача	13
2.2. Встановлення конструкційних та кінематичних параметрів дискового дозувального механізму	15
2.3. Висновки до розділу 2	21
РОЗДІЛ 3. ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИСКОВО-ЛОПАТЕВОГО ДОЗУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ	23
3.1. Визначення подачі дисково-лопатевим дозувальним механізмом	23
3.2. Оцінка енергетичної ефективності дисково-лопатєвого дозувального механізму кормороздавача	27
3.3. Висновки до розділу 3	29
ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32

ВСТУП

Актуальність теми. Годівля тварин вважається важливим технологічним процесом на тваринницькому підприємстві. Від кількості отриманих поживних речовин залежить не тільки продуктивність тварини але і її здоров'я. Поживні речовини надходять до організму тварини через корми та додаткові елементи кормового раціону у кормовій сумішці. Кормова сумішка визначається за своїм складом технологом виробництва, а інженерна служба має забезпечити приготування кормового раціону та дозованого роздавання кожній тварині у тваринницькому приміщенні. Окрім необхідної кількості досить важливим є своєчасність технологічного процесу кормороздавання та точність у ваговому вимірі. Відхилення від вказаних позицій призводить до порушення закріпленого стереотипу, а недоотримання із-за великої нерівномірності подачі корму впливає на продуктивність та здоров'я тварин.

Для роздавання кормів на тваринницьких підприємствах використовують кормороздавачі котрі відрізняються за будовою та конструкційним виконанням. В першу чергу відмінність у конструкції визначається компонентами кормової сумішки яку необхідно подати до годівниць тварин. Так, присутність листостебельних кормів у раціоні передбачає попереднє їх подрібнення, тому господарство має мати систему приготування кормів та їх змішування. В такому випадку для роздавання кормів можна використовувати бункерні кормороздавачі із досить простою системою дозування. Як правило така система складається із поздовжнього подавального пристрою, системи розпушування та спрямування сумішки із бункера на вивантажувальний транспортер. Велике різноманіття конструкційних рішень науковців щодо покращення такого типу системи дозувальних механізмів вказує на постійний пошук кращого рішення. Проте, які б досконалі на перший погляд удосконалені пристрої не були б запропоновані, не вирішується головне завдання дозувального механізму кормороздавача – рівномірна подача до годівниць кормів із відхиленнями в межах нормативів. Окрім цього, не вирішується питання універсальності дозувального механізму, так як більшість технічних

рішень спрямована на виконання тільки технологічного процесу роздавання кормів із заданими властивостями.

Тому, пошук конструкційного рішення дозувального пристрою кормороздавача який би задовольняв зоотехнічні вимоги та мав універсальне призначення є важливим завдання сьогодення.

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності дозувального механізму кормороздавача шляхом обґрунтування конструкційних параметрів та режимів роботи дозувального пристрою ротаційного типу.

Для досягнення мети досліджень у кваліфікаційній роботі необхідно вирішити такі завдання:

- провести оцінку дозувальних механізмів кормороздавачів для великої рогатої худоби, визначити їх переваги та недоліки у реалізації технологічного процесу;
- встановити конструкційну схему універсального дисково-лопатевого дозувального механізму кормороздавача;
- встановити теоретичні залежності узгодження роботи механізмів кормороздавача із механізмом дозування дисково-лопатевого типу;
- обґрунтувати конструкційні та кінематичні параметри дисково-лопатевого дозувального механізму кормороздавача;
- визначити показники ефективності технологічного процесу дозування кормів дисково-лопатевою дозувальним механізмом кормороздавача;
- встановити переваги запропонованих технічних рішень удосконаленого кормороздавача із серійними аналогами.

Об'єкт дослідження – технологічний процес роздавання кормів дисково-лопатевою дозувальним механізмом.

Предмет дослідження – конструкційно-технологічні параметри дисково-лопатевого дозаторного механізму та закономірності впливу на ефективність технологічного процесу.

Методи досліджень. У кваліфікаційній роботі для досягнення результату використовували відомі методи дослідження: аналітичні; експериментальні; розрахункові.

Технологічний процес взаємодії механізмів кормороздавача описували за допомогою відомих методів моделювань таких як теоретична механіка та теорія машини і механізму, основних положення опорів матеріалів та технологій конструкційного металів, теорія суцільних середовищ. Моделювання фізичних процесів вказало на правильності теоретичного викладу.

Обробіток результату дослідження використовували програмні продукти із системи Excel.

Апробація результатів роботи. Результати які були отримані під час виконання кваліфікаційної роботи були апробовані на науково-практичних конференціях:

1. Юрковський С. С. Класифікаційні ознаки кормороздавачів. *Наукові читання–2024*: матеріали науково-практичної конференції. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 113–116.

2. Юрковський С. С. Оцінка дозувальних пристроїв кормороздавачів. *Студентські читання–2024* : матеріали науково-практичної конференції. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 127–129.

3. Медведський О. В., Юрковський С. С. Обґрунтування параметрів роторного дозатора. *Біоенергетичні системи* : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. 12-14 листопада 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 15–18.

Структура та обсяг роботи. До складу кваліфікаційної роботи входить вступ, три розділів, загальні висновки, перелік використаних літературних джерел та посилань. Тексти кваліфікаційної роботи викладено українською мовою на 34 сторінках, проілюстровано таблицею та 13 рисунками.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ КОРМОРОЗДАВАЧІВ ДЛЯ ФЕРМ ВРХ

1.1. Класифікаційні ознаки кормороздавачів

Роздавання кормів на тваринницьких підприємствах вважається складним технологічним процесом на реалізацію якого витрачається лєвова частка трудової години робочого часу працівників та обладнання. Для задоволення потреб галузі тваринництва існує велика номенклатура можливих комбінацій та рішень кормороздавачів, відповідно до рис. 1.1. [1, 2, 3]

Основними першочерговими вимогами до процесу кормороздавання на тваринницькому підприємстві є забезпечення тварин необхідною кількістю кормів для реалізації їх максимальної продуктивності. Технологом тваринницького підприємства визначається необхідний набір компонентів у кормовій сумішці та їх бажана кількість. Завданням інженерної служби є забезпечення виконання поставленого завдання. Для цього необхідно обрати необхідний тип кормороздавача для заданої за фізико-механічними властивостями кормової сумішки. При цьому не варто забувати про відхилення від заданої норми для тварини під час роздавання. Для різних видовікових груп тварин ця величина різна, але необхідно прагнути до її досягнення або до зменшення під час вибору кормороздавачального обладнання або під час удосконалення чи розробки механізмів кормороздавача.

Якщо вести мову про кормороздавачі для великої рогатої худоби, то в першу чергу, при виборі кормороздавача, враховують види кормів у кормовому раціоні. Як правило кормороздавачі для ВРХ у своєму складі мають кузов всередині якого є подаючий механізм та механізм дозованої видачі. Можливі рішення поєднання системи подачі та дозування подані у табл. 1.1. [2, 4, 5, 6, 7]

Кожен із представлених подавачально-дозувальних механізмів має використання у конструкціях серійних або дослідних машин. Проте, жоден механізм або комбінація механізмів не відповідає в повній мірі вимогам до якості подачі корму до годівниць тваринам. Це в першу чергу стосується

рівномірності роздавання кормів як вздовж фронту годівля так і вздовж рядів годівниць.

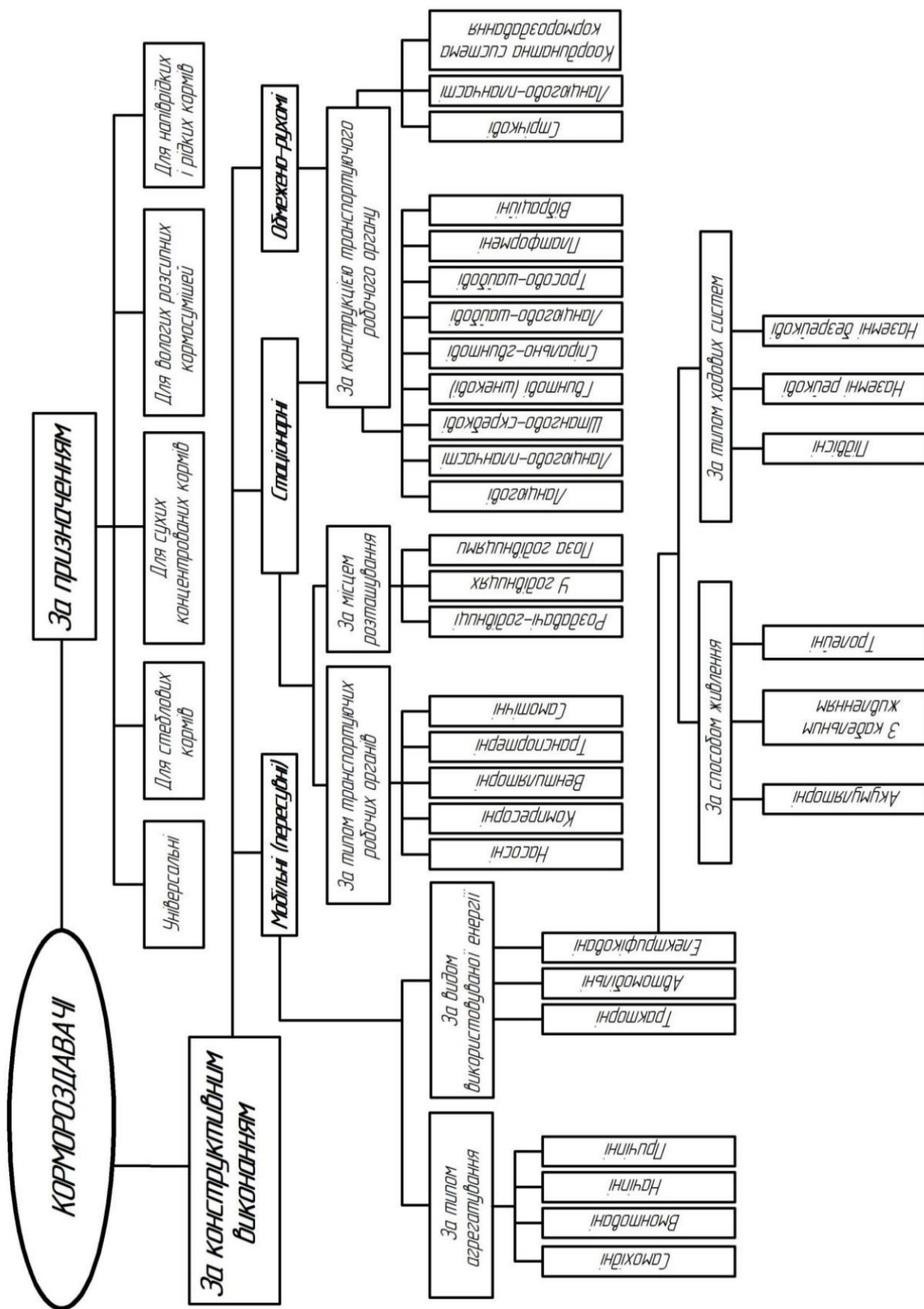
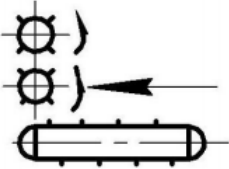
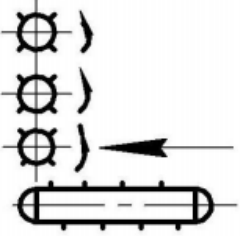
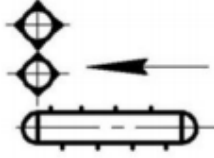
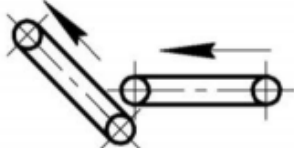
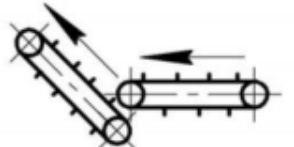
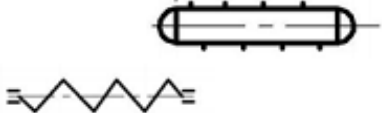


Рис. 1.1. Градація кормороздавачів за основними ознаками [2, 8]

Структурні схеми дозувальних механізмів кормороздавача

Тип	Конструкційне виконання	
Ланцюговий поздовжній транспортер із поперечними планками та бітерами	Двобітерний, двовісний причіп	Трибітерний, одновісний причіп
		
Ланцюговий поздовжній транспортер із поперечними планками та бітерами	Бітери гвинтового типу	
		
Поздовжній та похилий стрічковий транспортер	Стрічковий вивантажувач-дозатор	
		
Поздовжній та похилий стрічковий транспортер із поперечними скребками	Стрічковий вивантажувач-дозатор із скребками	
		
Поздовжній транспортер із шнеком	Шнековий дозатор-вивантажувач	
		

Велике різноманіття представлених на рис. 1.1 класифікаційних ознак викликано номенклатурою кормових раціонів як для великої рогатої худоби так і для свиней та ін. видів тварин. Окрім цього, до уваги приймається спосіб та система утримання тварин. За певних умов утримання більш прийнятними можуть бути мобільні системи, а за інших – стаціонарні. Проте, як мобільні так

і стаціонарні технічні системи можуть мати безліч технічних рішень виконання готового виробу.

1.2. Оцінка дозувальних пристроїв кормороздавачів для ВРХ

В структурі кормового раціону переважають листостебельні компоненти, такі як сінаж, силос, грубий корм у вигляді сіна та інші. Тому дозувальні механізми кормороздавачів мають бути адаптовані саме для таких видів кормових компонентів. Можливі варіанти технічних рішень механізмів для систем подачі і дозованої видачі кормових сумішок подано на рис. 1.2. [7, 8, 10]

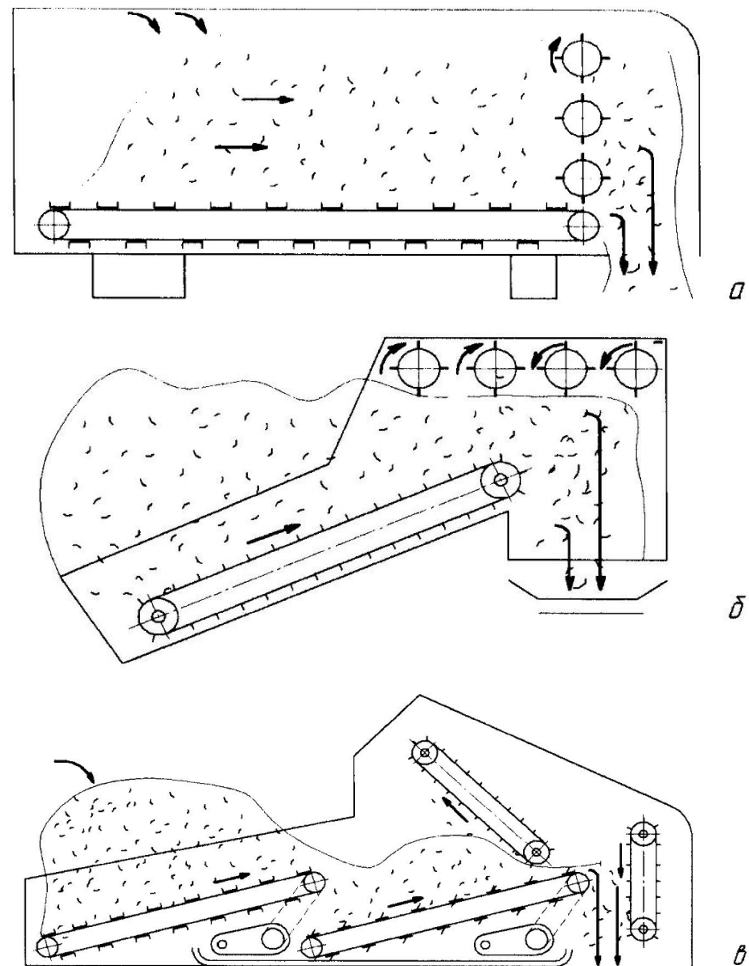


Рис. 1.2. Бункерні дозувальні пристрої: *а* – трибітерний дозувальний механізм із подаючим скребковим транспортером; *б* – похилий скребковий транспортер із блоком горизонтальних бітерів; *в* – вертикальний та похилий дозувальний скребковий транспортери [7, 10]

Найбільш поширеними в господарствах де утримується велика рогата худоба виявилися кормороздавачі типу КТУ. Основною відмінністю такого обладнання є те, що воно здатне із задовільною якістю роздавати корми власного виробництва, які приготовані у вигляді кормосумішки на кормових дворах тваринницького підприємства.

Розвиток подавально-дозувальних механізмів знайшов відображення у конструкціях кормороздавачів (рис. 1.3). [7, 10]

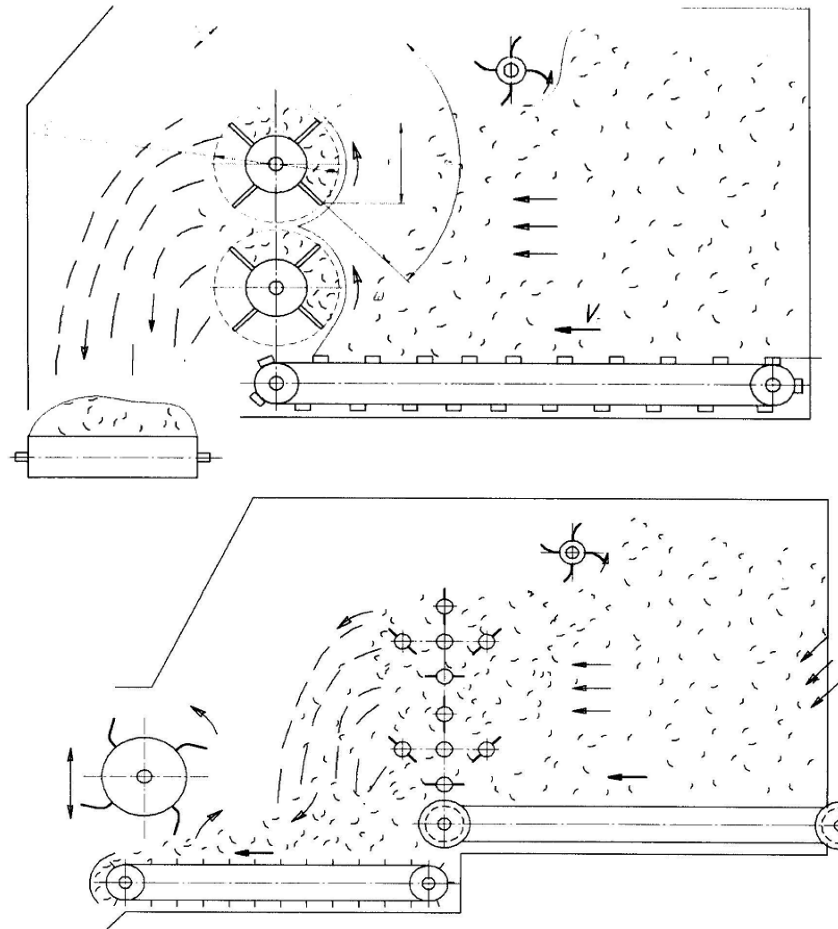


Рис. 1.3. Конструкційні виконання дозувальних пристроїв кормороздавача для ВРХ [10]

Використання поданих на рис. 1.3. конструкцій пристроїв для подачі та відділення порції кормової сумішки із причепа до годівниць худоби відрізняються складністю будови, порівняно із кормороздавачем типу КТУ. Проте, позитивним моментом є покращення якості подачі кормів до годівниць за рахунок додаткових елементів спрямування та розділення потоків.

1.3. Висновки до розділу 1

1. Зважаючи на різноманіття конструкційних рішень дозувальних механізмів кормороздавачів для ферм ВРХ залишається відкритим питання якісного виконання технологічного процесу із дотриманням зоотехнічних вимог. Тому, покращення саме розвантажувально-дозувального механізму кормороздавача є важливим та актуальним завданням.

2. Різноманітні конструкційні рішення дозувальних пристроїв кормороздавачів відрізняються за конструкцією та умовами використання. Складність експлуатації багатокomпонентних механізмів не втілює додаткової мотивації для товаровиробників. Тому, розроблення та обґрунтування простої та дієвої конструкції дозувального пристрою кормороздавача для ферм великої рогатої худоби є необхідним та актуальним завданням.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ ДОЗУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОРМОРОЗДАВАЧА2.1. Обґрунтування конструкційної схеми дозувального механізму
кормороздавача

Роторний дозатор має суттєві переваги перед іншими типами дозувальних систем кормороздавачів, завдяки розширеним параметрам меж регулювання норми подачі корму до годівниць. Так, бітерний блок та поперечний вивантажувальний стрічковий транспортер кормороздавача типу КТУ не дозволяє отримати задану точність дозування, оскільки залежить від ефективності подачі поздовжніми планчасто-ланцюговими транспортерами, швидкість руху яких має змінний пульсуючий характер. Така ж ситуація і у кормороздавачів-змішувачів, у яких корм подається до вивантажувального стрічкового транспортера від змішувачів горизонтального чи вертикального типу. При цьому, норма подачі змінюється величиною відкриття засувки вихідного вікна, що обмежує можливі варіанти регулювань.

У кваліфікаційній роботі розроблений роторний дозатор кормової сумішки із бункера кормороздавача до годівниць тварин (рис. 2.1). [11, 12]

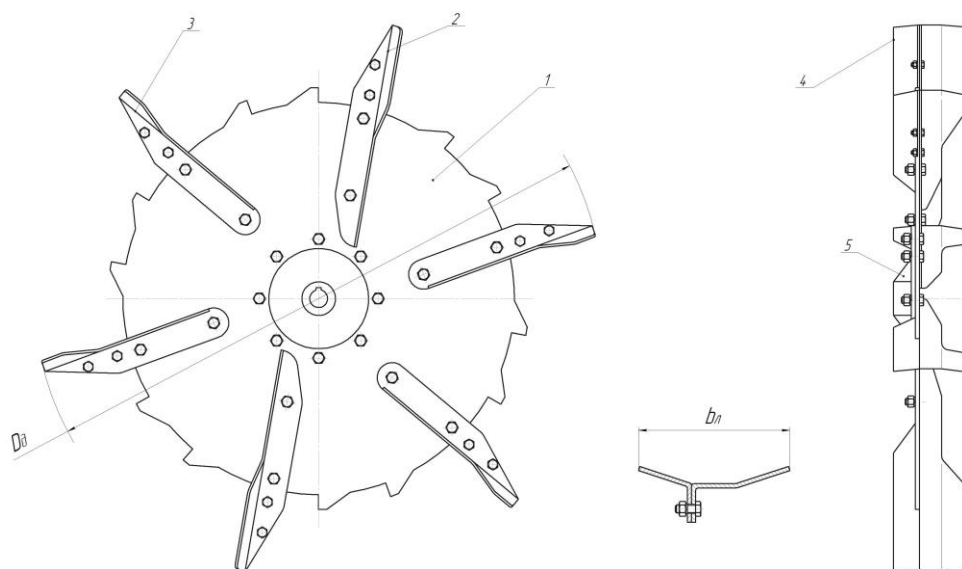


Рис. 2.1. Дисково-лопатевий дозатор: 1 – основа диска; 2 – лопать; 3 – лопать подовжена; 4 – розширювач лопаті; 5 – серцевина.

Загальна схематична конструкція кормороздавача подана на рис. 2.2.

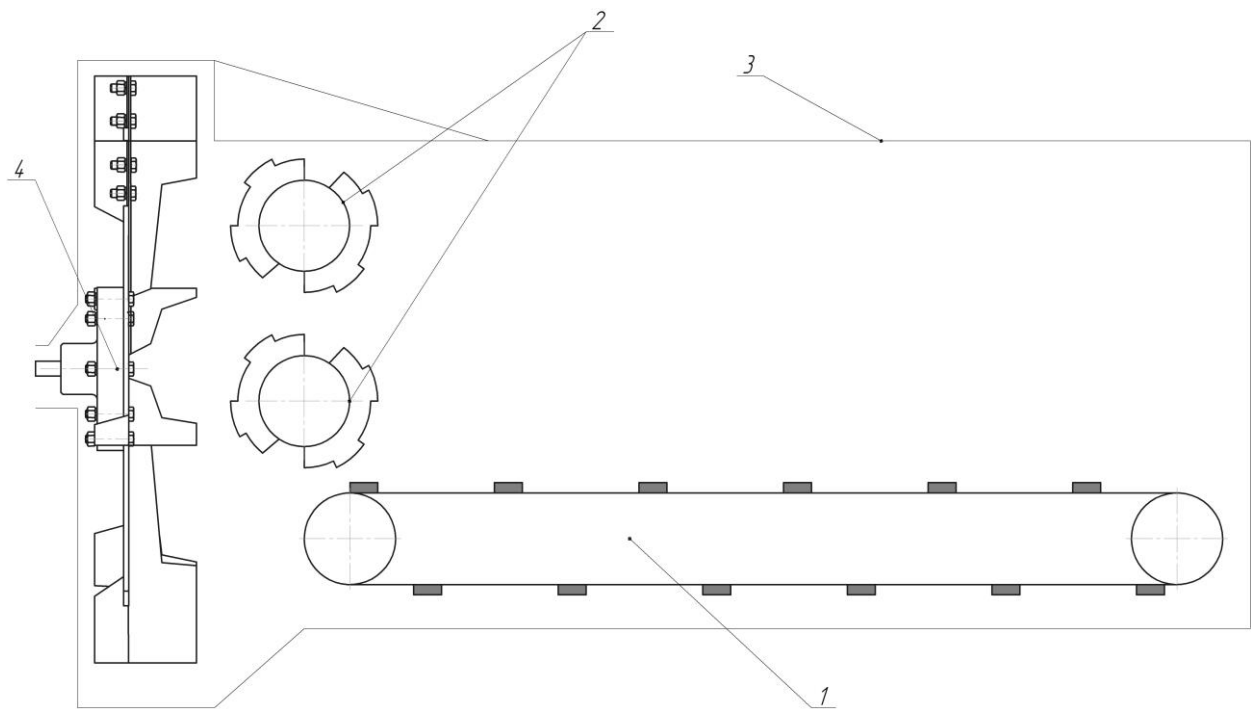


Рис. 2.2. Схематична будова кормороздавача: 1 – подавальний механізм кузова; 2 – спрямовувально-вирівнювальний механізм; 3 – стінки кузова; 4 – дисково-лопатевий дозувальний механізм. [11, 12]

Кормороздавач за своєю структурою (рис. 2.2) має три базових механізми, які притаманні серійним бункерним кормороздавачам котрі роздають тваринам готові кормосумішки – подавальний, вирівнювально-розпушувальний та дозувальний. При цьому, із усієї номенклатури дозувальних пристроїв кормороздавачів які розглянуті у попередньому розділі, запропонований дисково-лопатевий механізм дозування, про який інформація відсутня. Проте кормороздавачі іноземного виробництва обладнані схожими за конструкцією на рис. 2.1 дозувальними механізмами. Але опис їх принципу роботи та обґрунтування конструкційних та технологічних параметрів відсутні.

У зв'язку із цим виникає потреба в обґрунтуванні конструкційних та технологічних параметрів та режимів роботи дисково-лопатєвого дозатора кормороздавача. Зрозуміло, що дозатор такого типу має можливість роздавати

корми різні за своїми фізико-механічними властивостями, в тому числі і подавати підстилковий матеріал в зону перебування тварини.

2.2. Встановлення конструкційних та кінематичних параметрів дискового дозувального механізму

Кормова суміш (див. рис. 2.2) поздовжнім механізмом кузова та розпушувально-розвантажувальним механізмом подається до дисково-лопатевого дозувального механізму. При цьому геометричні параметри диска будуть визначатись кінематичними режимами та властивостями кормової сумішки.

З врахуванням постійної подачі розпушувально-розвантажувального механізму, радіусу диска можна визначити за допомогою формули [11, 12, 13]:

$$R_{\partial} = \frac{v_l}{\omega_{\partial} \cdot \sqrt{1 + \left(\sqrt{f_l^2 + 1} - f_l \right)^2}}, \quad (2.1)$$

де v_l – інтенсивне переміщення елемента корму, м/с;

ω_{∂} – кутова обертовість диска, c^{-1} ;

f_l – ступінь взаємодії корму із лопаю диска.

Відомо, що:

$$\omega_{\partial} = \frac{\pi \cdot n_{\partial}}{30}, \quad (2.2)$$

де n_{∂} – інтенсивність обертота, об/хв.

тоді, залежність (2.1) набуде вигляду:

$$R_{\partial} = \frac{30 \cdot v_l}{\pi \cdot n_{\partial} \cdot \sqrt{1 + \left(\sqrt{f_l^2 + 1} - f_l \right)^2}}, \quad (2.3)$$

Для визначення інтенсивності руху елементів кормової сумішки з врахуванням вологості та розміру частинок, скористаємося формулою [14, 15, 16]:

$$v_l = 36,5 \cdot \sqrt{\frac{l_c}{\left(100 - \frac{\sum w_k m_k}{\sum m_k}\right) \cdot l_l}}, \quad (2.4)$$

де l_c – усереднений показник розмірності часток кормосуміші, м;

l_l – найбільший розмір частки в кормосуміші, м;

w_k – вологість компонента у раціоні, %;

m_k – вага конкретного компонента у кормосуміші, кг.

Вплив вологості кормової суміші на інтенсивність переміщення складових під дією зусиль лопатей диска відображено на рис. 2.3-2.4.

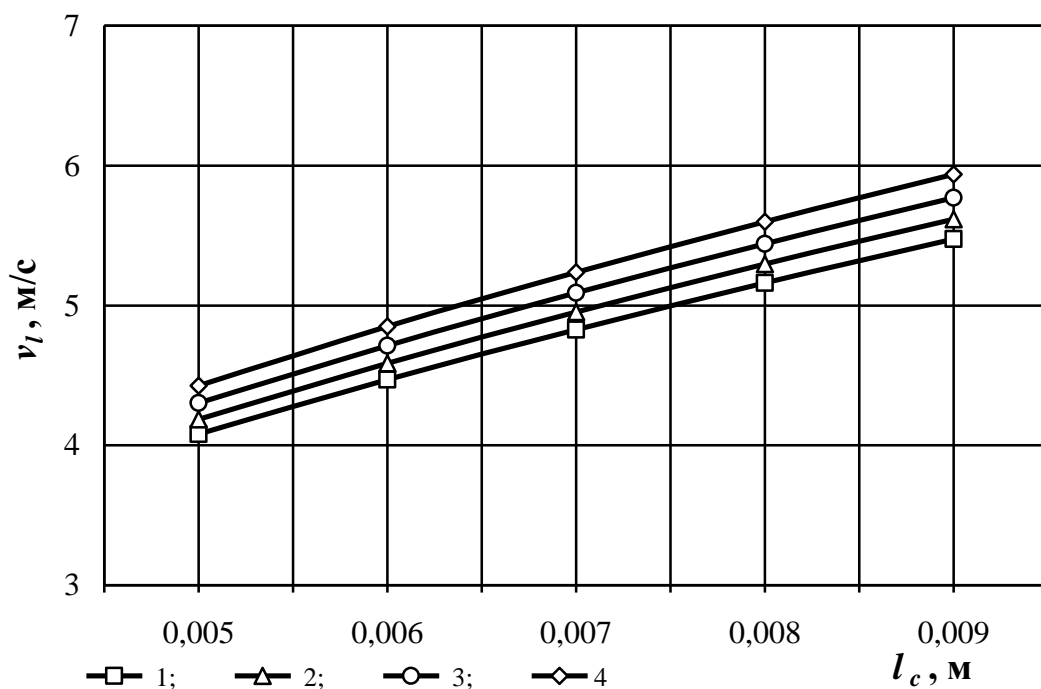


Рис. 2.3. Залежність інтенсивне переміщення елементу корму (v_l) від усереднений показник розмірності часток кормо суміші (l_c) при найбільшому розмірі частки в кормо суміші $l_l=10$ мм за умови вологості сумішки (w): 1 – 60 %; 2 – 62 %; 3 – 64 %; 4 – 66 %.

Відповідно до рис. 2.3, зі збільшенням усередненого розміру частки у кормосуміші інтенсивність переміщення елементів кормового раціону збільшується незалежно від сукупної вологості. Так, при збільшенні розмірного показника від 0,005 до 0,009 м інтенсивність переміщення складників сумішки зростає на 1,39 м/с при вологості 60 %, й на 1,51 м/с при вологості 66 %. Таким чином сукупна вологість кормової сумішки має деякий вплив на інтенсивність переміщення компонентів кормового раціону. При цьому, в межах фіксованого значення усередненого розміру частки інтенсивність переміщення елементів кормового раціону збільшується несуттєво – на 0,345 м/с при збільшенні вологості 60 % до 66 % із усередненим розміром частки 0,005 м, й на 0,463 м/с при збільшенні вологості 60 % до 66 % із усередненим розміром частки 0,009 м.

Таким чином, варіювання усередненим розміром частки має більший вплив на інтенсивність переміщення компонентів кормового раціону ніж вологість кормосумішки.

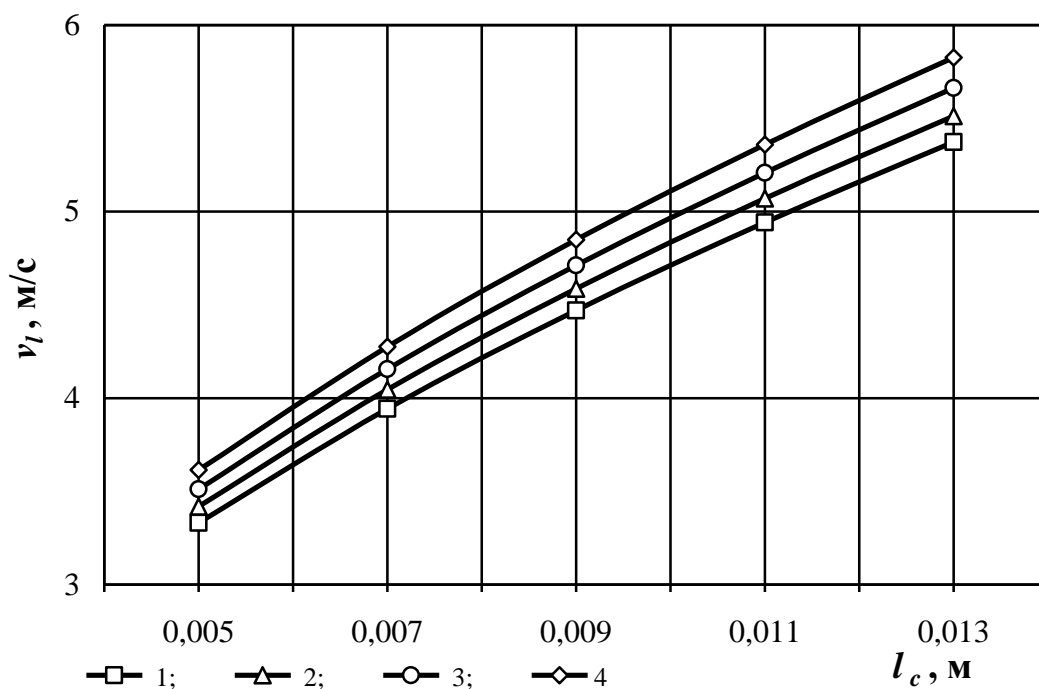


Рис. 2.4. Залежність інтенсивне переміщення елементу корму (v_l) від усереднений показник розмірності часток кормосумішки (l_c) при найбільшому розмірі частки в кормо суміші $l_f=15$ мм за умови вологості сумішки (w): 1 – 60 %; 2 – 62 %; 3 – 64 %; 4 – 66 %.

Зі збільшенням усередненого розміру частки у кормосуміші інтенсивність переміщення елементів кормового раціону збільшується незалежно від сукупної вологості (рис. 2.4). Характер залежностей аналогічний, як і на рис. 2.3 незважаючи на збільшений максимальний розмір часточки у кормовій суміші до 15 мм. Так, при збільшенні розмірного показника від 0,005 до 0,013 м інтенсивність переміщення складників сумішки зростає на 2,04 м/с при вологості 60 %, й на 2,21 м/с при вологості 66 %. Таким чином сукупна вологість кормової сумішки має деякий вплив на інтенсивність переміщення компонентів кормового раціону.

В межах фіксованого значення усередненого розміру частки інтенсивність переміщення елементів кормового раціону збільшується несуттєво – на 0,282 м/с при збільшенні вологості від 60 % до 66 % із усередненим розміром частки 0,005 м, й на 0,454 м/с при збільшенні вологості від 60 % до 66 % із усередненим розміром частки 0,013 м.

Як і в варіанті досліджень із найбільшим розміром частки в кормосуміші $l_f=10$ мм, при найбільшому розмірі частки в кормосуміші $l_f=15$ мм загальна вологість кормової сумішки має більш суттєвий вплив. Але зі збільшенням найбільшого розміру частки в кормосуміші інтенсивність переміщення елементу корму зменшується незалежно від сукупної вологості. Так, для будь-якого фіксованого розмірного середнього показника частки інтенсивність переміщення елементів корму знижується на 18,3 % для сукупної вологості досліджуваних меж.

Отже, розмір часток та сукупна вологість кормової сумішки має вплив на інтенсивність переміщення елементу корму до зони вивантаження. Причому більшій вологості притаманна вища інтенсивність переміщення елементу корму, але зі збільшенням найбільшого розміру частки якого-небудь компонента в кормосуміші інтенсивність переміщення знижується. Тому важливим є дотримання зоотехнічних вимог до кормоприготування компонентів кормового раціону до згодовування тваринам. Більша вологість компонентів сприяє накопиченню більшої кінетичної енергії, чим можна

пояснити зростання інтенсивності руху часток за однакових геометричних розмірах.

Вплив параметрів компонентів кормової суміші на розмірні характеристики диско-лопатевого дозувального механізму наведено на рис. 2.5-2.6.

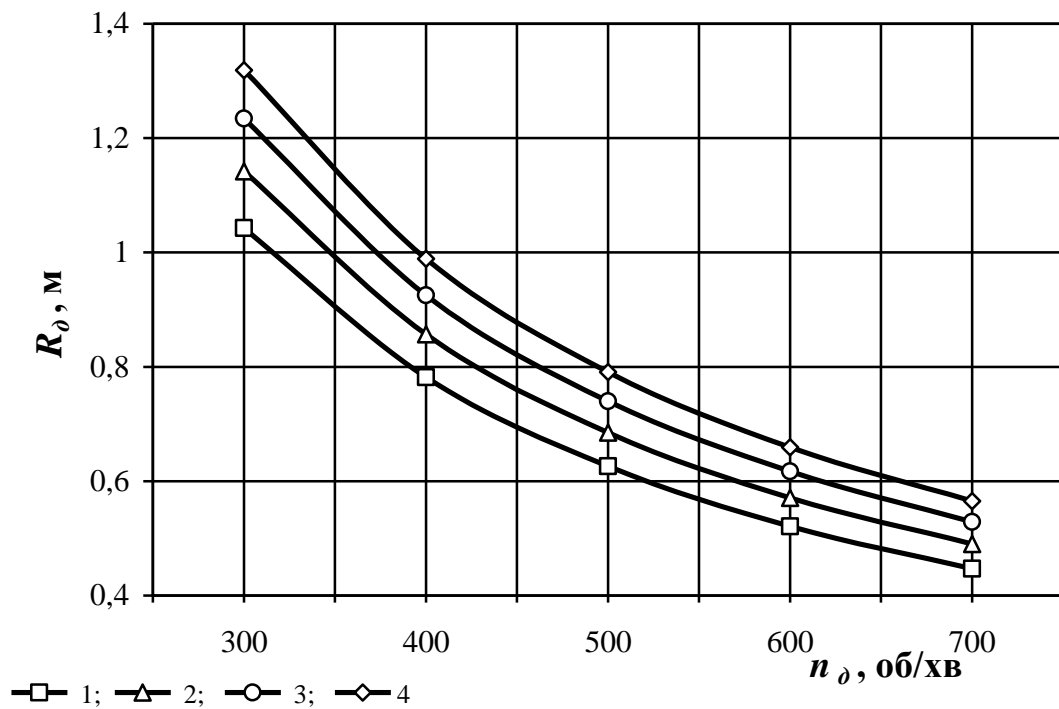


Рис. 2.5. Залежність радіусу (R_δ) диско-лопатевого дозувального механізму від інтенсивності оберткової (n_δ) при сукупній вологості (w) кормової суміші 60 % за умови усередненого показника розмірності часток кормосуміші (l_c): 1 – 0,005 м; 2 – 0,006 м; 3 – 0,007 м; 4 – 0,008 м.

Відповідно до рис. 2.5 радіус диско-лопатевого дозувального механізму зменшується при збільшенні інтенсивності обертів приводного вала незалежно від усередненого показника розмірності часток кормосуміші. Для більшого усередненого показника розмірності часток кормосуміші відповідає більший розмір радіусу диско-лопатевого дозувального механізму за однакового рівня інтенсивності оберткової. Так, при однаковій частоті обертів радіус диско-лопатевого дозувального механізму на 26-26,5 % більший для усередненого показника розмірності часток кормосуміші $l_c=0,008$ м, порівняно із $l_c=0,005$ м.

Це можна пояснити тим, що для більших за розміром часток корму необхідно створити більше прискорення для забезпечення бажаної швидкості руху матеріалу.

Ступінь зменшення радіусу диско-лопатевого дозувального механізму при збільшенні частоти обертів від 300 до 700 об/хв становить 57,2 %. Такий процес можна пояснити значно більшим впливом частоти обертів на геометричні параметри радіусу диско-лопатевого дозувального механізму ніж усереднений показник розмірності часток кормосуміші. При вищій частоті обертів менший радіус диско-лопатевого дозувального механізму забезпечить бажане прискорення для часток кормосумішки.

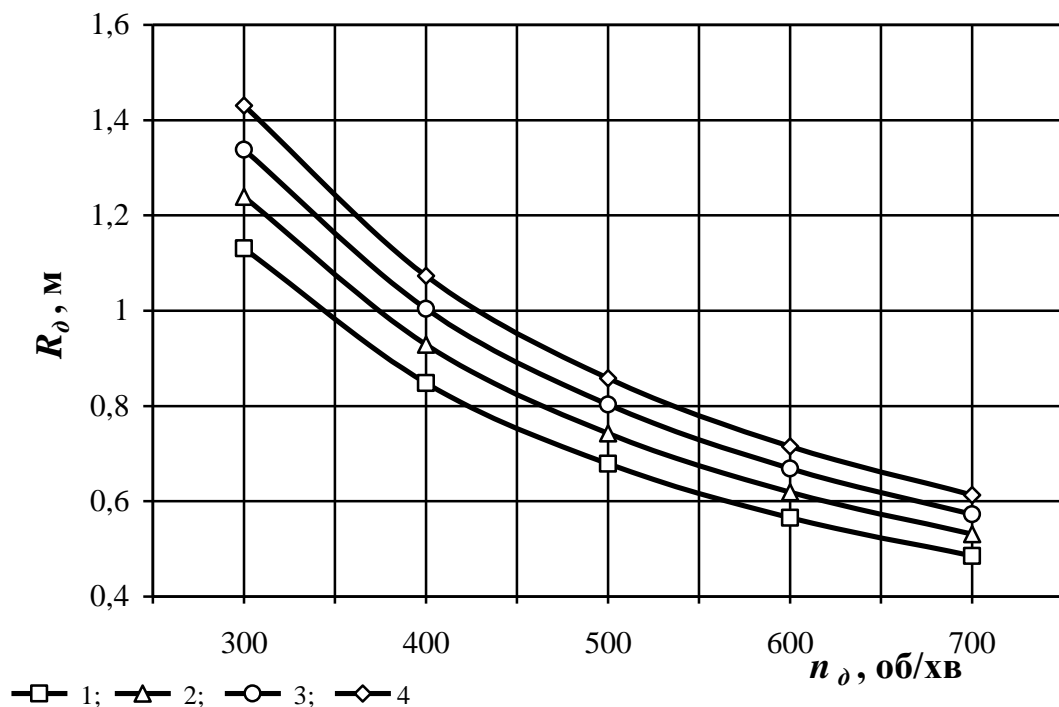


Рис. 2.6. Залежність радіусу (R_δ) диско-лопатевого дозувального механізму від інтенсивності оберткової (n_δ) при сукупній вологості (w) кормової суміші 66 % за умови усередненого показника розмірності часток кормосуміші (l_c): 1 – 0,005 м; 2 – 0,006 м; 3 – 0,007 м; 4 – 0,008 м.

Зі збільшенням вологості кормової суміші від 60 до 66 % (рис. 2.6) радіус диско-лопатевого дозувального механізму збільшується на 8,5 % незалежно від

величини усередненого показника розмірності часток кормосуміші та частоти обертів. Пояснити це можна необхідністю прикладання більшого моменту для надання необхідного прискорення часточкам кормової сумішки збільшеної вологості. Такий висновок підтверджує результати досліджень залежностей на рис. 2.3-2.4.

Таким чином на конструкційні розміри радіуса диско-лопатевого дозувального механізму має вплив вологість кормової сумішки та усереднений розмір часток кормосуміші. Чим дрібніші часточки компонентів у кормовій сумішці та чим менша вологість, тим менший радіус диско-лопатевого дозувального механізму необхідно використовувати.

2.3. Висновки до розділу 2

1. Встановлено, що розмір часток та сукупна вологість кормової сумішки має вплив на інтенсивність переміщення елемента корму до зони вивантаження. Доведено, що при збільшенні усередненого розмірного показника частки корму у сумішці від 0,005 до 0,009 м інтенсивність переміщення складників сумішки необхідно збільшити на 1,39 м/с при вологості 60 %, а при вологості 66 % необхідно збільшити на 1,51 м/с. Отже, більший розмір часток вимагає збільшення інтенсивності переміщення на 34,2 %, що варто врахувати під час встановлення конструкційних параметрів дозувального механізму кормороздавача.

2. Встановлено, що в межах фіксованого значення усередненого розміру частки інтенсивність переміщення елементів кормового раціону варто збільшувати але не так суттєво – на 0,345 м/с при збільшенні вологості від 60 % до 66 % із усередненим розміром частки 0,005 м, й на 0,463 м/с при збільшенні вологості від 60 % до 66 % із усередненим розміром частки 0,009 м. Порівняно із збільшенням інтенсивності переміщення в межах фіксованого розміру частки, інтенсивність переміщення в межах встановленої сукупної вологості кормової суміші вища у 4,1 рази для вологості 60 % та у 3,2 рази для вологості

66 %. Це вказує на більш суттєвий вплив розмірів часток ніж їх вологість на забезпечення необхідної інтенсивності переміщення під час роздавання кормів. Доведено, що зі збільшенням найбільшого розміру частки в кормосуміщі інтенсивність переміщення елементів кормових компонентів варто зменшувати незалежно від сукупної вологості.

3. Встановлено, що при збільшенні частоти обертів диско-лопатевого дозувального механізму від 300 до 700 об/хв його радіус зменшується на 57,2 %. Доведено, що для усередненого показника розмірності часток кормосуміші $l_c=0,008$ м радіус диско-лопатевого дозувального механізму необхідно збільшувати на 26-26,5 %, порівняно із усередненим показником розмірності часток $l_c=0,005$ м. Під час проектування варто врахувати, що чим дрібніші часточки компонентів у кормовій суміщі та чим менша вологість, тим менший радіус диско-лопатевого дозувального механізму необхідно використовувати за однакових швидкісних параметрах.

РОЗДІЛ 3

ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИСКОВО-ЛОПАТЕВОГО ДОЗУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

3.1. Визначення подачі дисково-лопатеvim дозувальним механізмом

Головною умовою взаємодії механізмів кормороздавача (див. рис. 2.2) є забезпечення потоковості [17, 18, 19] функціонування складових, тобто:

$$Q_d \geq Q_e \geq Q_n, \quad (3.1)$$

де Q_d – подача дисково-лопатевого дозувального механізму, кг/с;

Q_e – подача спрямовувально-вирівнювальний механізм, кг/с;

Q_n – подача подавальний механізм кузова, кг/с.

Таким чином, для забезпечення головної умови потоковості функціонування механізмів кормороздавача необхідно узгодити подачу кожного окремого механізму. Причому подача наступного у ланцюжку потоковості механізму має бути вищою або рівною подачі попереднього механізму. Відповідно до отриманих даних [11, 12], подача подавальний механізм кузова становить 41 кг/с, а подача спрямовувально-вирівнювального механізму становить 47 кг/с. Умова поточкового процесу щодо двох механізмів виконується. В такому випадку максимальна подача дисково-лопатевого дозувального механізму має перевищувати 47 кг/с.

Для визначення максимальної продуктивності дисково-лопатевого дозувального механізму (див. рис. 2.1), на основі рекомендацій [20, 21]:

$$Q_d = 0,082 \frac{D_d^2 \cdot b_l \cdot n_d \cdot \rho_m \cdot \varphi}{\chi \cdot \rho_c}, \quad (3.2)$$

де b_l – захват лопатями по ширині диска, м;

D_d – діаметр дисково-лопатевого дозувального механізму, м;

ρ_m – об'ємна маса сумішки, кг/м³;

φ – ступінь наповнення ротора;

χ – вміст кормових компонентів у загальному потоці;

ρ_c – густина середовища повітряного, кг/м^3 .

Діаметр дисково-лопатевого дозувального механізму для проведення досліджень вибирається виходячи із габаритів кормороздавача, яким цей механізм буде обладнано. Діапазон інтенсивності обертової визначається розмірами габаритів кормороздавача та з врахуванням попередніх досліджень у п.2.2. Таким чином, для дослідження приймаються параметри дисково-лопатевого дозувального механізму з діаметром в діапазоні 1,0-1,6 м, а інтенсивність обертова буде знаходитись в діапазоні 350-550 об/хв.

Результати досліджень впливу конструкційних параметрів та кінематики на продуктивні можливості розробленого механізму дозування подано у вигляді графічних залежностей на рис. 3.1-3.2.

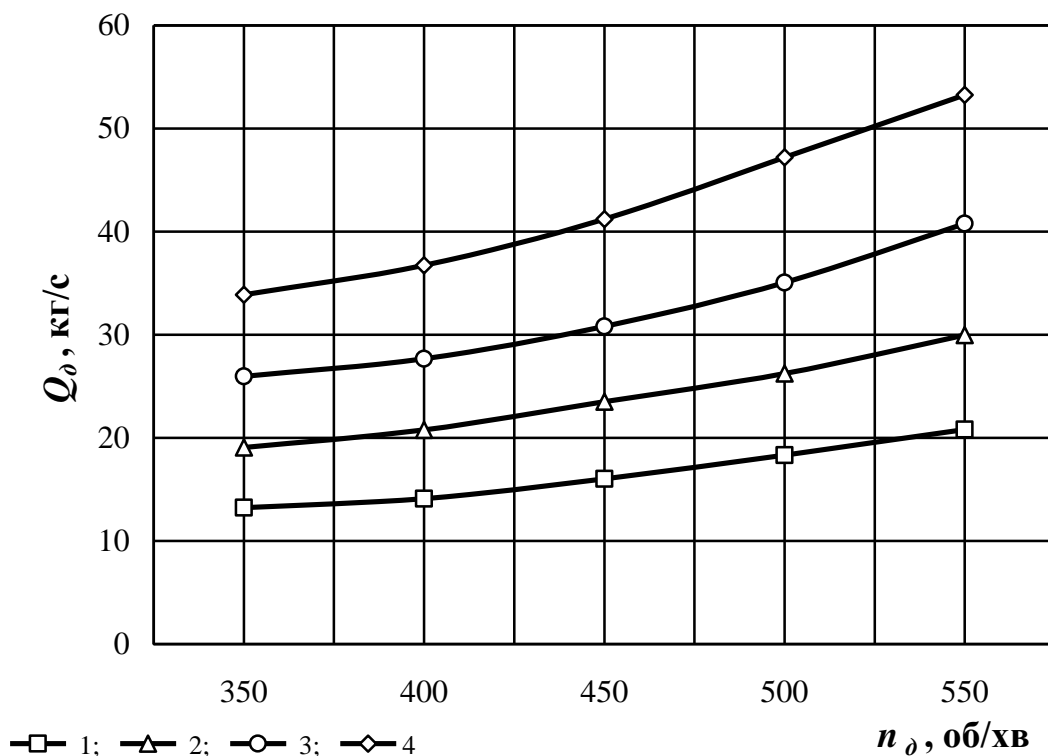


Рис. 3.1. Залежність продуктивності (Q_d) дисково-лопатевого дозувального механізму від інтенсивності обертової (n_d) при ширині захвату лопатями $b_l=0,10$ м за умови діаметра (D_d): 1 – 1,0 м; 2 – 1,2 м; 3 – 1,4 м; 4 – 1,6 м.

Відповідно до графічних залежностей на рис. 3.1, зі збільшенням частоти обертів зростає продуктивність диско-лопатевого дозувального механізму у досліджувальному діапазоні його діаметра по краях лопатях. Так, при збільшенні частоти обертів від 350 до 550 об/хв продуктивність дозувального механізму зростає на 57 %. Але при фіксованій частоті обертів продуктивність збільшується у 2,5 рази при збільшенні діаметра лопатевого диска від 1 до 1,6 м. Таким чином, в даному випадку геометричний чинник більш важливіший ніж кінематичний.

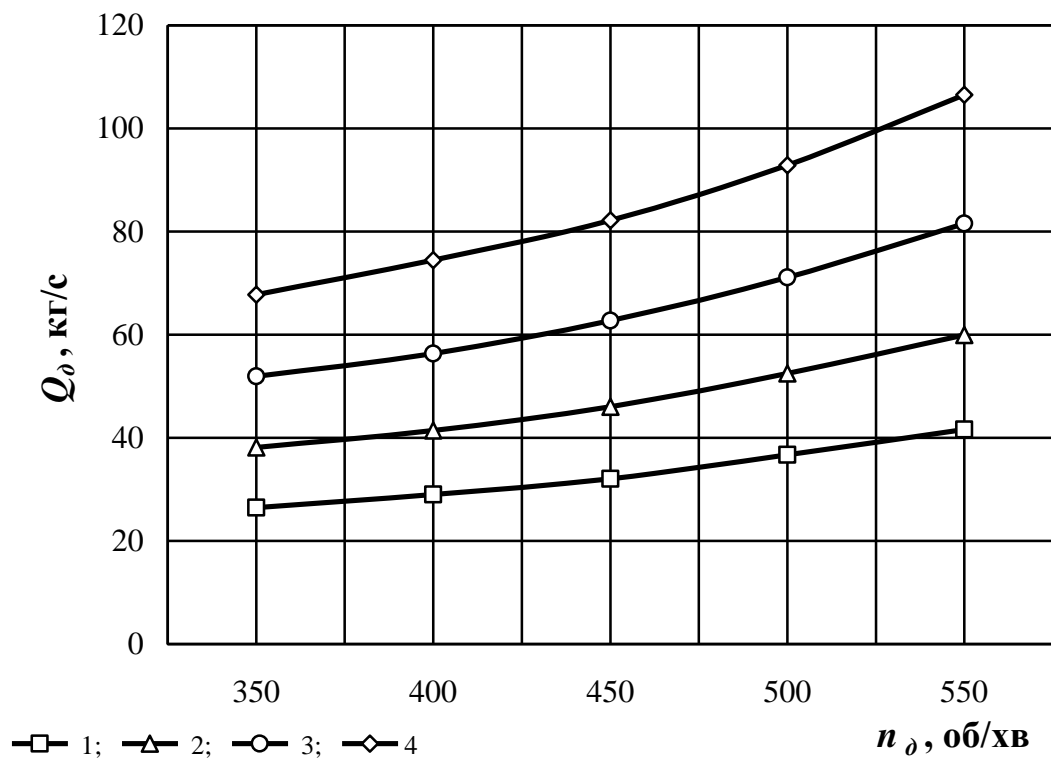


Рис. 3.2. Залежність продуктивності (Q_d) диско-лопатевого дозувального механізму від інтенсивності обертів (n_d) при ширині захвату лопатями $b_l=0,20$ м за умови діаметра (D_d): 1 – 1,0 м; 2 – 1,2 м; 3 – 1,4 м; 4 – 1,6 м.

Відповідно графічних залежностей на рис. 3.2, зі збільшенням ширини захвату лопатями від 0,10 до 0,20 м у 1,9 рази збільшується продуктивність диско-лопатевого дозувального механізму. Характер залежності залишається аналогічним до графіків на рис. 3.1. Слід вказати, що після 450 об/хв

продуктивність зростає більш інтенсивно. Так, при збільшенні частоти обертів від 300 до 450 об/хв продуктивність зростає на 18-20 %, а при збільшенні частоти обертів від 450 до 550 об/хв продуктивність зростає на 29-30 % незалежно від ширини захвату лопатями та діаметра диско-лопатєвого дозувального механізму.

Відповідно до отриманих даних, умова (3.1) виконується для $D_0=1,4-1,6$ м в досліджуваному діапазоні частоти обертів та для $D_0=1,2$ м при частоті обертів 500 об/хв та ширині захвату 200 мм.

В процесі аналізу дослідних даних отримали рівняння регресії (3.3) та поверхню відгуки (рис. 3.3) яка вказує на взаємозв'язок діаметра диско-лопатєвого дозувального механізму його ширини та частоти обертів.

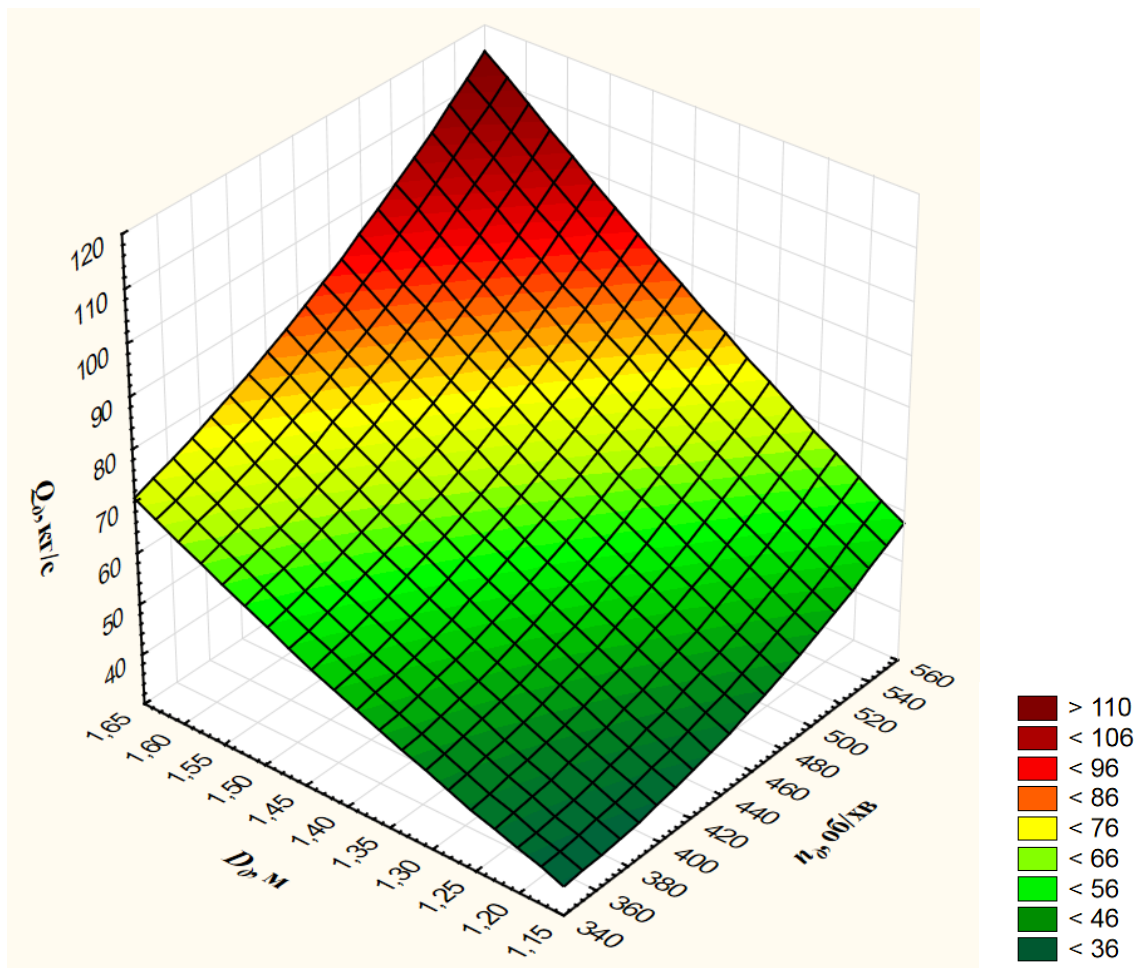


Рис. 3.3. Вплив частоти обертів (n_0) та діаметра диско-лопатєвого дозувального механізму на продуктивність (Q_0) при ширині захвату лопатями $b_l=0,20$ м.

$$Q_{\delta} = 145,2014 - 0,4915n_{\delta} - 100,8308D_{\delta} + 0,0004n_{\delta}^2 + 0,2059n_{\delta}D_{\delta} + 36,0975D_{\delta}^2, \quad (3.3)$$

де D_{δ} – діаметр дисково-лопатевого дозувального механізму, м;

n_{δ} – частота обертів диска, об/хв.

Отримане рівняння регресії (3.2) має коефіцієнт детермінації на рівні $R^2=0,92$ що вказує на значимість [20] факторів та адекватність математичної моделі.

Відповідно до отриманої поверхні відгуку (рис. 3.3) при збільшенні частоти обертів та діаметра продуктивність дисково-лопатевого дозувального механізму зростає. Але максимальна продуктивність має знаходитись в межах потрібної подачі при використанні кормороздавача на тваринницькому підприємстві. Проведені дослідження вказують що при обладнанні кормороздавача розробленим дисковим дозувальним механізмом із діаметром 1,2 м можна отримати значний діапазон регульованої подачі від 38 до 60 кг/с шляхом зміни частоти обертів від 350 до 550 об/хв за допомогою регульованого або гідравлічного або електричного приводу.

3.2. Оцінка енергетичної ефективності дисково-лопатевого дозувального механізму кормороздавача

Витрати енергії на привод дисково-лопатевого дозувального механізму впливають на загальну енергетичну ефективність технологічного процесу кормороздавання. При цьому, варто вибирати такі масово-габаритні параметри та кінематичні режими роботи наново розробленого дозувального пристрою для кормороздавача, які мали найменшу потужність на привод.

Витрати потужності на привод запропонованого дисково-лопатевого дозувального механізму можна визначити за допомогою рівняння, яке враховує продуктивність та кінематичні параметри:

$$N_{\partial} = Q_{\partial} \cdot \gamma_{\partial}, \quad (3.4)$$

де γ_{∂} – параметр узгодження потужності на привод роторних механізмів з врахуванням втрат на подолання опору повітряному потоку. []

Результати дослідження впливу продуктивності механізму дозатора для кормороздавача на потужність його приводу подано на рис. 3.4.

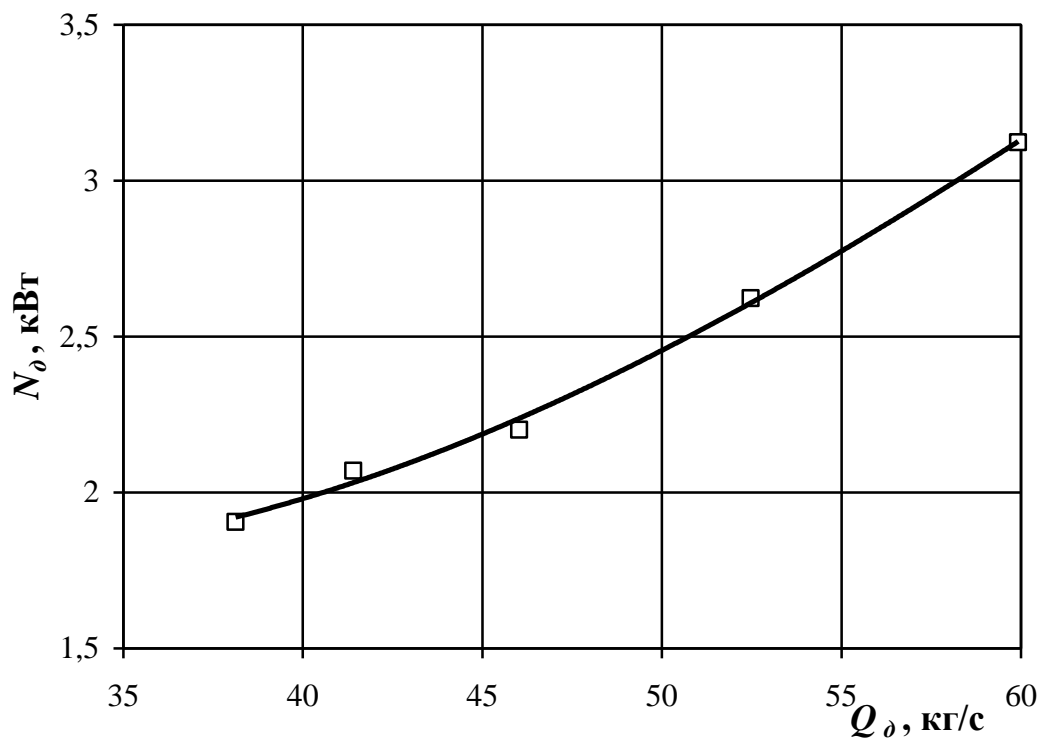


Рис. 3.4. Залежність потужності (N_{∂}) приводу дисково-лопатєвого дозувального механізму від його продуктивності (Q_{∂})

Відповідно до графічних залежностей на рис 3.4, потужність на привод дозувального механізму необхідно збільшувати при збільшенні подачі кормового матеріалу. Відповідно до отриманих дослідних даних на привод необхідно витратити максимум 3,2 кВт при максимальній подачі 60 кг/с.

В процесі аналізу дослідних даних отримали рівняння регресії (3.5) яке вказує на взаємозв'язок продуктивності дисково-лопатєвого дозувального механізму та потужності на привод.

$$N_{\partial} = 0,0005Q_{\partial}^3 + 0,0032Q_{\partial}^2 - 0,153Q_{\partial} + 0,3871, \quad (3.5)$$

де N_{∂} – потужність приводу дисково-лопатевого дозувального механізму, кВт;

Q_{∂} – продуктивність дисково-лопатевого дозувального механізму, кг/с.

Отримане рівняння регресії (3.4) має коефіцієнт детермінації на рівні $R^2=0,98$ що вказує на значимість факторів та адекватність математичної моделі.

3.3. Висновки до розділу 3

1. Отримано математичну модель визначення продуктивності дисково-лопатевого дозувального механізму. Встановлено, що зі збільшенням частоти обертання продуктивність дисково-лопатевого дозувального механізму збільшується на 57 %. Доведено, що при збільшенні діаметра лопатевого диска від 1 до 1,6 м при незмінній частоті обертання продуктивність дозування зростає у 2,5 рази.

2. Встановлено, що зі збільшенням ширини захвату лопатями від 0,10 до 0,20 м у 1,9 рази збільшується продуктивність дисково-лопатевого дозувального механізму. Доведено більш інтенсивне зростання на 29-30 % продуктивності дозувального механізму в межах частоти обертів 450-500 об/хв, що на 10-11 % більше ніж для діапазону частоти обертів від 300 до 450 об/хв.

3. Отримано рівняння регресії яке вказує на взаємозв'язок діаметра лопатевого диска, його ширини захвату та частоти обертів з продуктивністю дисково-лопатевого дозувального механізму. Доведено, що діаметр дисково-лопатевого дозувального механізму є більш значущим фактором ніж частота його обертів при встановленні продуктивності.

ВИСНОВКИ

1. Відомі конструкційні рішення дозувальних механізмів кормороздавачів для ферм ВРХ не достатньо вирішують питання якісного виконання технологічного процесу із дотриманням зоотехнічних вимог. Розроблення та обґрунтування простої та дієвої конструкції дозувального пристрою кормороздавача для ферм великої рогатої худоби є необхідним та актуальним завданням.

2. Встановлено, що розмір часток та сукупна вологість кормової сумішки має вплив на інтенсивність переміщення елементу корму до зони вивантаження. Доведено, що при збільшенні усередненого розмірного показника частки корму у сумішці швидкість переміщення складників сумішки необхідно збільшити на 1,39 м/с при вологості 60 %, та на 1,51 м/с при вологості 66 %. Більший розмір часток вимагає збільшення швидкісних показників переміщення на 34,2 %. В межах фіксованого значення усередненого розміру частки швидкість переміщення елементів кормового раціону несуттєво збільшується при збільшенні вологості від 60 % до 66 %. Доведено більш суттєвий вплив розмірів часток кормів сумішки ніж їх вологість на забезпечення необхідної швидкості переміщення під час роздавання кормів.

3. Встановлено, що чим дрібніші часточки компонентів у кормовій сумішці та чим менша їх вологість, тим менший радіус диско-лопатевого дозувального механізму необхідно використовувати за однакових швидкісних параметрів. Доведено, що для усередненого показника розмірності часток кормосуміші $l_c=0,008$ м радіус диско-лопатевого дозувального механізму необхідно збільшувати на 26-26,5 %, порівняно із усередненим показником розмірності часток $l_c=0,005$ м.

4. Отримано математичну модель визначення продуктивності диско-лопатевого дозувального механізму. Встановлено, що зі збільшенням частоти обертання продуктивність диско-лопатевого дозувального механізму збільшується на 57 %. Доведено, що при збільшенні діаметра лопатевого диска

від 1 до 1,6 м при незмінній частоті обертання продуктивність дозування зростає у 2,5 рази.

5. Встановлено, що зі збільшенням ширини захвату лопатями від 0,10 до 0,20 м у 1,9 рази збільшується продуктивність дисково-лопатевого дозувального механізму. Доведено більш інтенсивне зростання на 29-30 % продуктивності дозувального механізму в межах частоти обертів 450-500 об/хв, що на 10-11 % більше ніж для діапазону частоти обертів від 300 до 450 об/хв.

6. Отримано рівняння регресії яке вказує на взаємозв'язок діаметра лопатевого диска, його ширини захвату та частоти обертів з продуктивністю дисково-лопатевого дозувального механізму. Доведено, що діаметр дисково-лопатевого дозувального механізму є більш значущим фактором ніж частота його обертів при встановленні продуктивності.

7. Проведені дослідження вказують що при обладнанні кормороздавача розробленим дисковим дозувальним механізмом із діаметром 1,2 м можна отримати значний діапазон регульованої подачі від 38 до 60 кг/с шляхом зміни частоти обертів від 350 до 550 об/хв за допомогою регульованого приводу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Машина та обладнання для тваринництва / за ред. І. Г. Бойко. Харків : Видавництво ХНТУСГ, 2006. 279 с.
2. Хомик Н. І., Довбуш А. Д. Машина та обладнання для тваринництва : курс лекцій. ч. 2. Тернопіль : Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.
3. Машина для тваринництва та птахівництва. / за ред. В. І. Кравчука та Ю. Ф. Мельника. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. 207 с.
4. Хмельовський В. С. Обґрунтування кратності роздавання кормів тваринам. *Обухівські читання: збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-практичної конференції*. 29 березня 2019. К.: НУБіПУ, 2019. С. 108-110.
5. Хмельовський В.С. Перспективні технологічні рішення підготовки кормів для згодовування рогатій худобі. *Науковий вісник НУБіП України*. 2013. Вип. 182. Ч. 2. С. 185-192.
6. Ревенко І. І., Хмельовський В. С. Оцінка якості змішування кормів мобільним комбінованим кормоприготувальним агрегатом. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. Київ. 2016. Вип. 251. С. 91-100.
7. Балащенко С. Технологія механізації приготування й роздавання кормів - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/tehnologiyamehanizaciyi-prigotuvannya-y-rozdavannya-kormiv>.
8. Юрковський С. С. Класифікаційні ознаки кормороздавачів. *Наукові читання–2024: матеріали науково-практичної конференції*. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 113–116.
9. Пивовар Я., Гнатюк Г. Нові технології приготування та роздавання кормо сумішей. *Пропозиція*. 2008. №05. С. 108-115.
10. Юрковський С. С. Оцінка дозувальних пристроїв кормороздавачів. *Студентські читання–2024* : матеріали науково-практичної конференції. 31

жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 127–129.

11. Колеснев В. О. Удосконалення механізму дозування кормороздавача для великої рогатої худоби : кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 208 – агроінженерія. Житомир: Поліський національний університет, 2023. 33 с.

12. Медведський О. В., Юрковський С. С. Обґрунтування параметрів роторного дозатора. *Біоенергетичні системи* : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. 12-14 листопада 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 15–18.

13. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин: підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Ю. С. Рудь; 2-е вид., перероб. – Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

14. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва: учбовий посібник / за ред. Скороика О. П. та Полупанова В. М. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – 429 с.

15. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин / В. Т. Павлище. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.

16. Алієв Е. Б., Гаврильченко О. С., Луц С. М. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми роторного розкидача солом'яної підстилки. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Х.: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. 2017. Вип. 181. С. 3–9.

17. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б. В. Болтянський та ін. К.: Кондор, 2020. 410 с.

18. Шевченко І. А. Результати моделювання процесу потокового змішування кормосумішей змішувачем-кормороздавачем. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2013. Вип. 43. Ч. I. С. 202-207

19. Шевченко І. А. Результати експериментальних досліджень мобільного змішувача-кормороздавача потокового типу. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія.* 2013. Вип.185. Ч. 1. С. 24-32.

20. Аністратенко В. О. Математичне планування експериментів в АПК : навчальний посібник. Київ: Вища школа, 1993. 375 с.

21. Мілько Д. О. Моделювання кормових раціонів молочного поголів'я в стійловий період. *Механізація та електрифікація сільського господарства.* Глеваха: ННЦ ІМЕСГ, 2014. Вип. №99. С. 550-559.