

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр"
на тему:
Підвищення ефективності роботи мобільного змішувача-кормороздавача

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-1-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Березань Ігор Сергійович

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Луц Павло Михайлович

Дніпро, 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ІТС.
(назва кафедри)
доцент.
(вчене звання)
Дудін В.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« » 20 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Березаню Ігорю Сергійовичу.
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності роботи мобільного змішувача-кормороздавача

керівник роботи Алієв Ельчин Бахтияр огли, д-р техн. наук, старший дослідник
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« » 20 року №

2. Строк подання студентом роботи .

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі механізації тваринництва та існуючих технічних засобів для роздавання кормів великій рогатій худобі. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Теоретичні дослідження процесу роботи змішувача-кормороздавача. 3. Програма і методика експериментальних досліджень . 4. Результати експериментальних досліджень. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність використання змішувача-кормороздавача. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень (2 аркуша, А4). 2. Аналіз змішувачів-кормороздавачів (2 аркуша, А4). 3. Аналітичні дослідження (2 аркушів, А4). 4. Експериментальні дослідження (3 аркуша, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Алієв Е. Б., професор		
2	Алієв Е. Б., професор		
3	Алієв Е. Б., професор		
4	Алієв Е. Б., професор		
5	Алієв Е. Б., професор		
6	Алієв Е. Б., професор		
Нормоконтроль	Івлєв В. В., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

_____ Березань І. С. .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Алієв Е. Б. .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Березань І. С. Підвищення ефективності роботи мобільного змішувача-кормороздавача. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

В першому розділі наведені особливості приготування повнораціонних кормосумішей; зоотехнічні вимоги до процесу приготування кормосумішей; огляд та аналіз мобільних змішувачів-кормороздавачів. В другому розділі визначенні раціонального розташування вивантажувальних вікон бункера-дозатора комбікормів за допомогою математичного моделювання; проведено математичне моделювання процесу потокового змішування та видачі кормосуміші одновальним лопатевим змішувачем. У розділі 3 описано програму та методику експериментальних досліджень. У розділі 4 наведено результати експериментальних досліджень процесу змішування та подачі комбікормів одно- та двовальними проточними лопатевими змішувачами. У розділі "Охорона праці" розглянуто удосконалення організаційно-технічних аспектів охорони праці при роботі з розробленими машинами. У розділі 6 наведено техніко-економічну оцінку та показано економічну доцільність запропонованих рішень.

Ключові слова: велика рогата худоба, корма, роздавання, приготування, машина, ефективність, фактор досліджень, параметри

ЗМІСТ

	Вступ	8
1	СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
	1.1 Особливості приготування повнораціонних кормосумішей	10
	1.2 Зоотехнічні вимоги до процесу приготування кормосумішей	11
	1.3 Огляд та аналіз мобільних змішувачів-кормороздавачів	13
	1.4 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми змішувача-кормороздавача потокового типу	23
	1.5 Висновки з розділу	24
	1.5 Мета і завдання досліджень	25
2	ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ЗМІШУВАЧА-КОРМОРОЗДАВАЧА	26
	2.1 Постановка задачі	26
	2.2 Визначення раціонального розташування вивантажувальних вікон бункера-дозатора комбікормів за допомогою математичного моделювання	28
	2.3 Математичне моделювання процесу потокового змішування та видачі кормосуміші одновальним лопатевим змішувачем	31
	2.4 Висновки з розділу	32
3	ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
	3.1 Програма експериментальних досліджень	38
	3.2 Опис комплексу обладнання для проведення експериментальних досліджень	38
	3.3 Методика експериментальних досліджень	39
4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
	4.1. Результати експериментальних досліджень процесу змішування та видачі кормосуміші одновальним та двовальним лопатевим змішувачем потокового типу	44

4.2	Результати експериментальних досліджень процесу змішування та видачі кормосуміші одновальним лопатевим змішувачем потокового типу	48
4.3	Оптимізація результатів досліджень	53
4.4	Висновки з розділу.....	54
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
5.1	Охорона праці при обслуговуванні та ремонті бункера-дозатора кормороздавача	56
5.2	Забезпечення електробезпеки при ремонті та обслуговуванні бункера-дозатора	60
5.3	Висновки з розділу	62
6	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗМІШУВАЧА-КОРМОРОЗДАВАЧА	63
6.1	Постановка задачі.....	63
6.2	Методика розрахунку	63
6.3	Результати розрахунку	65
6.4	Висновки з розділу	65
	ВИСНОВКИ	66
	Бібліографія	68

ВСТУП

На даний час молочне скотарство України знаходиться на етапі відновлення. Будуються нові ферми середніх та великих розмірів, а також відновлюються підприємства, які втратили свою працездатність. При цьому застосовуються ресурсо- та енергоощадні технології механізації всіх виробничих процесів на фермах. Це дасть змогу молочним підприємствам України як складати конкуренцію закордонним виробникам продукції, так і конкурувати між собою. А враховуючи прагнення України вступити до Євросоюзу та діяльність її в СОТ це питання набуває значної актуальності.

Основна ідея змішаного раціону полягає в тому, щоб корова поїдала одночасно різні корми та комбікорми, які їй необхідні для підвищення надою [1]. Головна перевага такого годування полягає в тому, що корова отримує великі порції комбікорму, зберігаючи при цьому кислотність в рубці в оптимальних межах. Кожна зміна компонентів кормосуміші порушує утворення та життєдіяльність бактерій в рубці. З цього виходить, що тварин краще годувати кожного дня тим же складом кормосуміші, тим же раціоном.

Світовий досвід свідчить, що для виконання процесів, пов'язаних з годівлею тварин, ефективно використовувати багатофункціональні технічні засоби (фермські комбайни) [2, 3]. Ці машини забезпечують виконання всіх технологічних операцій при організації годівлі тварин: транспортування, дозування, доподрібнення, змішування й роздачу готової кормової суміші на кормовий стіл чи в годівниці. Недоліком даних технічних засобів є те, що змішування в них виконується за порційним типом, тобто перемішується одночасно весь об'єм корму в бункері. Тому процес приготування кормової суміші за допомогою "фермських комбайнів" не дає високої якості та однорідності матеріалу, а також несе в собі великі затрати енергії. Окрім цього, в більшості змішувачів-кормороздавачів порційного типу механізм вивантаження корму є недосконалим. Це призводить до значного підвищення нерівномірності роздачі кормової суміші в годівниці чи на

кормовий стіл, що не бажано, а подекуди й недопустимо за зоотехнічними вимогами.

Неякісне виконання процесу годівлі худоби приводить до погіршення перетравності та засвоюваності поживних речовин, що веде до перевитрат кормів на одиницю продукції та неповного використання генетичного потенціалу тварин.

Враховуючи вищесказане можна стверджувати, що питання обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів змішувача-кормороздавача потокового типу є актуальним і потребує детального розгляду.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Особливості приготування повнораціонних кормосумішей

Національний проект «Відроджене скотарство» [4] ставить для тваринництва країни завдання: “ - підвищити рівень продуктивності корів до 5500–5600 кг по всіх категоріях господарств і 6000–6100 кг у сільгосп підприємствах та середньодобових приростів молодняку великої рогатої худоби до 700– 800 грамів”. Для досягнення таких результатів необхідно проводити годівлю тварин повнораціонними кормовими сумішами [1]. Багатьма вченими доведено, що застосування кормосумішей призводить до підвищення надоїв та приросту живої ваги тварин [5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16], а також покращує конверсію кормів та знижує їх використання [17,18,19,20,21].

Проте, на даний час промисловість країни не виробляє відповідних технічних засобів для приготування і роздавання кормосумішей, тому їх розробка і впровадження являється пріоритетним завданням. Для роздачі компонентів кормів і кормових сумішей застосовують стаціонарні кормороздавачі, тракторні кормороздавачі типу КТУ-10, РСР-10, РКТ-10 та закордонні [22,23].

За конструкцією найбільш розповсюдженими являються причіпні змішувачі-роздавачі. Вони дозволяють виконувати накопичення, перемішування та роздавання грубих, концентрованих і інших видів кормів [24,25].

На невеликих і середніх фермах великої рогатої худоби, а також у фермерських господарствах, будівництво кормоцехів недоцільне ні з технологічної, ні з економічної точки зору. Доставка готового продукту ускладнена або не вигідна, тому слід застосовувати комбіновані мобільні засоби по приготуванню і роздачі кормів [26,27].

Огляд існуючих конструкцій показав, що ситуація на ринку змішувачів-кормороздавачів стабілізувалася. Активні дослідження фірм-виробників в області створення нових машин змінилися копіткою працею, направленою на вдосконалення вже створеної номенклатури устаткування.

Також можна відзначити розповсюджене використання комбінованих мобільних технічних засобів, що поєднують завантаження стеблових, концентрованих кормів, сіна та інших кормів з одночасним подрібненням і змішуванням. При цьому міра розширення функціональних можливостей устаткування кормороздавача знаходиться в прямій залежності від чисельності поголів'я ВРХ, що обслуговується і застосованого способу роздачі кормів.

1.2 Зоотехнічні вимоги до процесу приготування кормосумішей

Зоотехнічними вимогами передбачено, що в кормосумішах вологістю від 20 до 50% солома повинна подрібнюватися до часток розміром 10-50 мм. Величина її часток при приготуванні брикетів має бути в межах 0,8-3 см і для виробництва гранул - до 0,5 см. Найкращі результати по засвоюваності соломи забезпечуються в тому випадку, якщо стебла розділяються уздовж волокон зі зминанням і руйнуванням міжвузлів не менше ніж на 85%.

При технології передбачається підвищення поживної цінності соломи шляхом дії на клітковину хімічними або бактеріальними препаратами у поєднанні із запарюванням при підвищеному тиску. При цьому поживна цінність соломи зростає з 0,20 до 0,40-0,45 к.од. Поряд з цим солома додається в силос і сінаж при їх закладці, а також застосовується силосування і самої соломи із спеціальними бактеріальними заквасками.

Коренеплоди і картоплю необхідно очищати і подрібнювати не більше ніж за дві години до їх згодовування тваринам. При митті і сухому очищенні залишкова забрудненість не повинна перевищувати 2-3 % від маси чистих коренебульбоплодів. Згодовування брудних або погано очищених коренебульбоплодів приводить до захворювання шлунково-кишкового тракту в тварин. Товщина різання коренеплодів для великої рогатої худоби має бути в межах 10-15 мм. У подрібненій масі для тварин 70-75 % часток повинні мати розмір до 10 мм. Крупніших часток розміром 10-15 мм допускається не більше 25-30 %.

У зерновій сировині, що поступає на подрібнення, допускається наявність мінеральних домішок не більше 0,25%, стільки ж крупних домішок з розміром часток не більше 8-9 мм в діаметрі. Металомагнітних домішок в зерні допускається не більше 30-40 міліграм на 1 кг зерна з розміром часток не більше 2 мм. Вологість зерна, що переробляється, не повинна перевищувати 12-14,5 %.

Кормові суміші часто збагачують мелясою і карбамідом. Карбамід не можна згодовувати в чистому вигляді або давати з питною водою. Краще всього його вводити в кількості 2,5-3 % по вазі до складу комбікорму або концентрованих сумішей, що готуються в господарстві на місці. Такий карбамід згодовують 2-3 рази на добу.

Кормові суміші в готовому вигляді мають бути рівномірно перемішані і представляти однорідну масу. У змішувачах тривалість перемішування кормів після подачі останнього компонента не повинна перевищувати 20 хвилин, оскільки при тривалішому перемішуванні можуть утворитися грудки. Температура готової суміші при вивантаженні її в кормороздавач має бути не більше 50°C. По зоотехнічним вимогам час приготування кормових сумішей для одного годування має бути не більше 4 години, а час видачі готового корму в кормороздавач не більше 1 години. Вологість кормових сумішей приймають для великої рогатої худоби не більше 80%. Відхилення при дозуванні компонентів допускаються в наступних межах: комбікормів і концентрованих кормів $\pm 1,5\%$, сипучих кормів $\pm 3,5\%$, рідких кормів і води $\pm 2,5\%$, мінеральних добавок по вазі. Нерівномірність змішування кожного компонента допускається в 2 рази більшою величини відхилення долі дозування кормів.

Однорідність кормової суміші для великої рогатої худоби повинна бути не менше 84% [28].

Можна стверджувати, що для отримання кормосумішей доцільно мати мобільний технічний засіб, який забезпечить приготування повнораціонних кормосумішей відповідно до вищезгаданих зоотехнічних вимог і наступну їх роздачу.

1.3 Огляд та аналіз мобільних змішувачів-кормороздавачів

На даний час велика кількість закордонних фірм та компаній виробляє змішувачі-кормороздавачі різноманітного типу. При чому в модельний ряд входять технічні засоби для різного типорозміру підприємств та з різними конструктивними особливостями.

Так фірма **Reecon** (Нідерланди) має в своєму модельному ряді близько десяти моделей змішувачів-кормороздавачів, які, в свою чергу, діляться до 9-ти типорозмірів. При цьому об'єм бункера може коливатись від 4,5 до 80 м³, а їх вартість – від 11000 до 86000 євро [29]. Змішувачі-кормороздавачі цієї фірми використовують для змішування вертикально встановлені шнеки з ножами, кількість яких варіюється від одного до трьох. Така конструкція дозволяє виконувати наступні операції: подрібнення кормових компонентів, включаючи рулони і тюки, перемішування та транспортування їх до місця годівлі тварин, видачу кормосумішей на кормовий стіл чи в годівниці.



Рисунок 1.1 – Змішувач-кормороздавач Reecon Vega Eco

Модель змішувача-кормороздавача BIGA ECO (рисунок 1.1) обладнано одним шнеком з встановленими на ньому ножами. Шнек приводиться в дію за допомогою карданного валу від ВВП трактора через редуктор. На бункері змішувача-кормороздавача розміщено протиріжучі пластини, керовані за допомогою гідроприводу. Видача готової кормосуміші виконується через вивантажувальні вікна, поперечний переріз яких регулюється заслінкою (гідропривід) і тим самим задає необхідну продуктивність. Шасі обладнане зважувальною системою, яка подає інформацію на електронне табло. На змішувач-кормороздавач встановлено оглядовий майданчик для контролю процесу завантаження корму та роботи обладнання. Модель представляє 7 типорозмірів від 6 до 15 м³.

Принцип роботи змішувача-кормороздавача Reeson Viga Eco полягає в наступному. В бункер по чергово завантажуються кормові компоненти, кількість яких контролюється механізатором з кабіни за допомогою зважувальної системи та електронного табло. Вертикальний шнек з ножами розрізає та подрібнює завантажений корм. При цьому корми обертаються в бункері до повного подрібнення та перемішування, а форма шнека та бункера забезпечує переміщення кормових компонентів вгору в центрі бункера та опускання їх біля стін (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Схема переміщення кормових компонентів в змішувачі-кормороздавачі з вертикальним шнеком

По закінченні процесу змішування кормових компонентів механізатор за допомогою гідروприводу відкриває праву, ліву чи обидві заслінки вивантажувальних вікон і кормосуміш вивантажується в годівницю чи на кормовий стіл.

Перевагою даної моделі змішувача кормороздавача є можливість подрібнення грубих кормів, соломи, силосу при всіх формах зберігання, а також надійність конструкції за рахунок застосування карданної передачі від ВВП та планетарного редуктора.

До недоліків можна віднести великі енергозатрати (споживана потужність від 37 до 74 кВт) та значну нерівномірність видачі через відсутність вивантажувальних пристроїв.

Німецька компанія **BvL (Bernard van Lengerich)** виготовляє цілу серію змішувачів-кормороздавачів V-Mix [30]. Серед них одно-, двох-, трьохвальні агрегати, а також змішувачі-кормороздавачі, обладнані засобами самозавантаження та самохідні агрегати. Наприклад, модель V-Mix Plus 10 LS (рисунок 1.3). Цей змішувач-кормороздавач має один вертикально розташований шнек з встановленими на ньому зубчатими ножами, положення яких можна регулювати (рисунок 1.4).



Рисунок 1.3 – Змішувач-кормороздавач V-Mix Plus 10 LS

Агрегат обладнаний завантажувальним пристроєм, який включає в себе ківш для забору корму та пристрій для вирізання пластів силосу з траншей. Для вивантаження кормосуміші змішувач-кормороздавач може бути обладнаний або вивантажувальними транспортерами, встановленими спереду чи ззаду, або боковими вивантажувальними вікнами. В передній частині встановлено оглядовий майданчик.

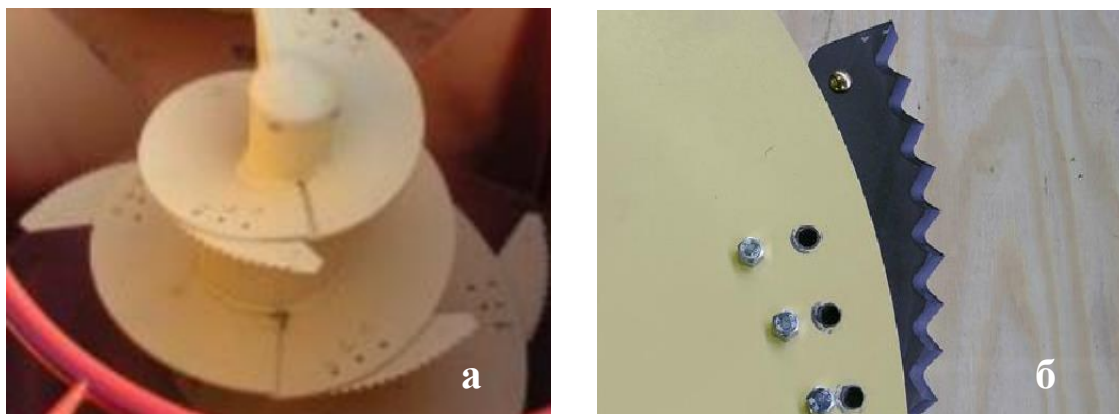


Рисунок 1.4 – Вертикальний шнек (а) та зубчатий ніж (б)

Технічний засіб оснащений системою керування процесом завантаження корму, а також системою зважування та контролю його кількості. Дана лінійка змішувачів-кормороздавачів виготовляється з об'ємом бункера від 8 до 24 м³. Споживана потужність становить від 41 до 88 кВт та забезпечується карданним приводом від ВВП.

Принцип роботи змішувача-кормороздавача V-Mix Plus 10 LS полягає в наступному. Технічний засіб під'їжджає до траншеї з силосом, опускає ківш для забору корму та за допомогою ножового пристрою вирізає скибу силосу і скидає в ківш. Після заповнення ковша останній піднімається та перевантажує корм в бункер змішувача-кормороздавача. По заповненню бункера ківш піднімається, ножовий пристрій ставиться в вихідне положення. Надалі процес змішування проходить так само, як і в агрегату Reeson Biga Eco.

Заснована в 40-х роках минулого століття, італійська компанія **Sgariboldi** постачає ринок тваринницької техніки висококласними змішувачами-

кормороздавачами з вертикальними та горизонтальними шнеками, самозавантажувальними, самохідними та стаціонарними агрегатами для приготування кормів. Працівниками компанії було розроблено та реалізовано в ряді змішувачів-кормороздавачів MONOFEEDER (рисунок 1.5) новітню систему змішування Sgariboldi TWIN FLOW Monofeeder, що поєднує в собі продуктивність та простоту використання [31].



Рисунок 1.5 – Змішувач-кормороздавач MONOFEEDER ST

Протидіючий спіральний гвинт з великою ріжучою здатністю подає кормовий матеріал в область двостороннього шнека з передньої сторони та підіймає по напрямку до центру бункера.

Єдиний шнек з протидіючими спіралями, обладнаний ножами(рисунок 1.6), забезпечує рух двох потоків, які обертаються, що дозволяє продукту змішуватись за один прийом та сприяє створенню однорідності суміші при змішуванні.

Змішувач-кормороздавач обладнаний програмованою електронною ваговою системою, електронним табло та оглядовим майданчиком. Задня частина містить жолоб для завантаження концкормів, бокова – пристрій для видачі кормових сумішей у вигляді ланцюгово-планчатого транспортеру. За допомогою

гідроциліндру вивантажувальний транспортер може встановлюватись на необхідну висоту видачі корму. Привід змішувача-кормороздавача забезпечується ВВП трактора через карданну передачу та планетарний редуктор. Типорозмірний ряд представлено агрегатами з об'ємом бункера від 7 до 26 м³.



Рисунок 1.6 – Змішувальний ножовий шнек та схема переміщення корму в бункері змішувача-кормороздавача

Група компаній «Запагромаш» (Мінськ, Білорусь) та «Интех» (Смоленськ, Росія) активно впроваджує на території СНД ефективну енергозберігаючу технологію годування великої рогатої худоби. Для цього компанії виробляють причіпні подрібнювачі-змішувачі-роздавачі кормів, відомі під торговою маркою **ИСРК «Хозяин»** [32]. Виготовляються агрегати з вертикально розташованими робочими органами, серед яких одношнекові з об'ємом бункера 6-7 та 10 м³ (СРК-6В «Хозяин», СРК-11В «Хозяин»), та двошнекові на 12, 14-16, 18, 21 м³ (СРК – 14В, СРК – 18В, СРК – 14В-21). Також компанія виготовляє змішувачі-кормороздавачі з горизонтально розташованими шнеками (ИСРК-12 «Хозяин»), обладнує їх грейферним завантажувачем (ИСРК-12Г "Хозяин") або фрезерним (ИСРК-12Ф "Хозяин").

Італійська компанія **SEKO** виготовляє декілька серій змішувачів-кормороздавачів: з горизонтальними шнеками – серії Samurai 5; з вертикальними шнеками – серії Tiger, Black Bull, Black Horse [33].

В лінійний ряд змішувачів-кормороздавачів SEKO Samurai входять причіпні,

самохідні, стаціонарні агрегати з одним або двома горизонтальними шнеками. Також їх моделі можуть обладнуватись самозавантажувальними пристроями та системами для видування соломи.

Добре зарекомендували себе самохідні змішувачі-кормороздавачі цієї компанії. Вони можуть бути як з самозавантажувальною фрезою (рисунок 1.7), так і без.



Рисунок 1.7 – Самохідний змішувач-кормороздавач з фрезерним завантажувачем Samurai 5 Self 600/205

Обладнання агрегату високопотужною передньою фрезою (рисунок 1.8 а) для завантаження силосу з гумовим конвеєром, двома гідромоторами, гідравлічним керуванням та автоматичним опусканням, дає можливість виконувати всі операції технологічного процесу приготування та роздачі кормових сумішей одним технічним засобом та значно полегшує роботу механізатора.

В усіх змішувачах-кормороздавачах SEKO з горизонтальними шнеками використовується запатентована конструкція ріжучої системи, переваги якої полягають в наступному:

- можливість завантаження і ефективного подрібнення цілих рулонів та тюків;
- відмінне змішування і подрібнення навіть при частковому

завантаженні бункера;

- зворотній напрямок обертання шнеків;
- поворотні ножі на шнеках у формі зірочки (рисунок 1.8 б);
- 4 встановлених контрножі;
- 100% використання внутрішнього об'єму бункера;
- приготування кормосуміші з оптимальною довжиною різки та високим

ступенем перемішування.

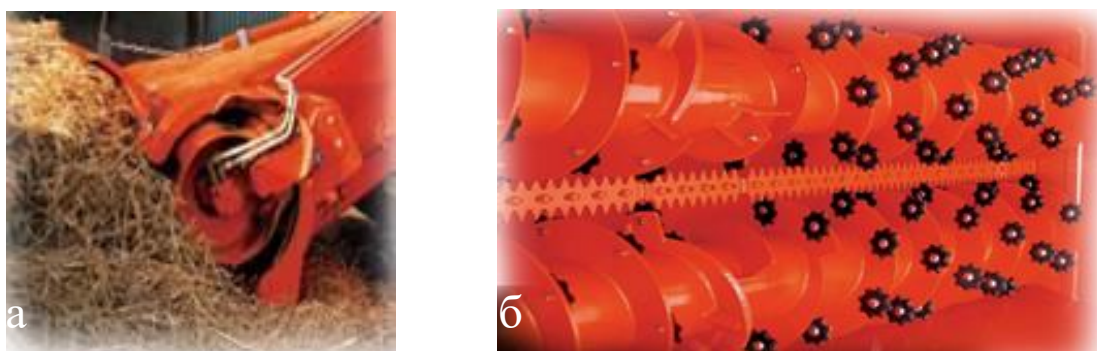


Рисунок 1.8 – Фреза для завантаження кормових компонентів (а) та шнеки з ножами у формі зірочок (б)

Модельний ряд змішувачів-кормороздавачів компанії задовольнить вимоги будь якого тваринницького підприємства, тому що в нього входять агрегати з різними конструктивними особливостями та об'ємом бункера від 5 до 30 м³. При цьому споживна потужність коливається від 22 до 147 кВт.

На даний час в скотарських господарствах України використовуються кормороздавачі **КТУ-10А** (рисунок 1.9) [34]. Кормороздавач тракторний універсальний призначений для транспортування та дозованої видачі подрібнених стеблових кормів чи кормових сумішей на вигульних майданчиках або в тваринницьких приміщеннях з шириною кормового проходу не менше 2,2 м.

КТУ-10А представляє собою двовісний причіп на ресорах і пневматичних колесах, в якому розміщені робочі органи: поздовжній транспортер, блок бітерів, поперечний транспортер. Агрегатується з тракторами тягового класу 1,4 або 0,9. Робочий орган приводиться в рух від валу відбору потужності трактора. Об'єм

кузова становить 10 м³, або 15 м³ при встановлених бортах.



Рисунок 1.9 – Кормороздавач тракторний універсальний КТУ-10А

Процес роздавання корму полягає в наступному. Кузов кормороздавача завантажують подрібненими коренеплодами, стебловими кормами або готовими кормосумішами і транспортують до місця роздавання корму. Під'їхавши до годівниць чи до кормового столу тракторист вмикає ВВП трактора і їде по кормовому проходу на пониженій швидкості (1,7...2,5 км/год). При цьому поздовжній транспортер подає корм до блоку бітерів для розрихлення. Розрихлений корм дозовано скидається бітерами на поперечний транспортер, який подає його в годівниці. Норму видачі корму регулюють зміною швидкості руху поздовжнього транспортера та поступальної швидкості трактора.

Перевагою даного технічного засобу є низька енергоємність, простота конструкції та універсальність. Значним недоліком представленого кормороздавача являється те, що ним неможливо виконувати приготування кормосумішей через відсутність бункера для накопичення концентрованих кормів та відсутність змішуючих робочих органів.

Деякі порівняльні характеристики проаналізованого обладнання приведено в таблиці '1.1.

Марка машини	Робочі органи, тип змішувача	Об'єм бункера, м ³	Споживана потужність, кВт	Маса, т	Однорідність змішувача, %	Нерівномірність вивантаж., %	Питома енергоспоживність, кВт/т год	Вартість, тис. грн
Recon Biga Eco	1 верт ланка, порційний	6-15	37-74	2,9-4,4	До 90	До 10	6,16-4,93	232,5-345,65
BvL V-Mix Plus L-S	1-2 верт ланка, порційний	8-24	41-88	4,58-9,6	До 90	До 10	5,13-3,67	Від 250
Sgarbold MONOFEEDEE ST	1 гор ланка, порційний	7-26	37-88	2,4-8	До 95	До 10	5,3-3,4	Від 285
ИСРК "Хоззав"	2 гор ланка, порційний	6-21	42-75	2,4-7,3	До 80	До 20	7-3,56	Від 180
SEKO Samrai *	2 гор ланка, порційний	5-30	22-147	2,6-11,1	До 95	5-8	4,4-4,9	Від 165
Trio liet Solomix	1 верт ланка, порційний	5-32	40-150	1,9-12,2	До 90	До 10	8-4,7	Від 95
STOR TI Dobetman	2 верт. ланка, порційний	13-33	104-185	11-15,3	До 90	До 10	8-5,6	Від 580
KUHN RC	1 гор. спіралеподібний барабан, порційний	14-27	75-127	6,7-11	До 90	До 10	5,36-4,7	Від 320
РСР-10	3 гор ланка, порційний	10	.	3,9	До 85	До 20	.	≈85
РСР-12 "Белбікс"	срічковий транспортер, поточковий	12	.	4,36	До 80	.	.	≈ 180
КТУ-10А	срічковий транспортер, відсутнє	10	7,5	2,11	.	До 10	0,75	≈55

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики змішувачів-кормороздавачів різного типу

1.4 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми змішувача-кормороздавача потокового типу

Виходячи з проведеного аналізу попередніх наукових досліджень та існуючих конструкцій змішувачів-кормороздавачів видно, що потоковий принцип змішування в мобільних технічних засобах майже не використовується. А спроби його реалізації мають багато недоліків.

Враховуючи вищевикладене, обґрунтовано конструктивно-технічну схему потокового кормороздавача-змішувача вологого комбікорму для великої рогатої худоби (рисунок 1.10).

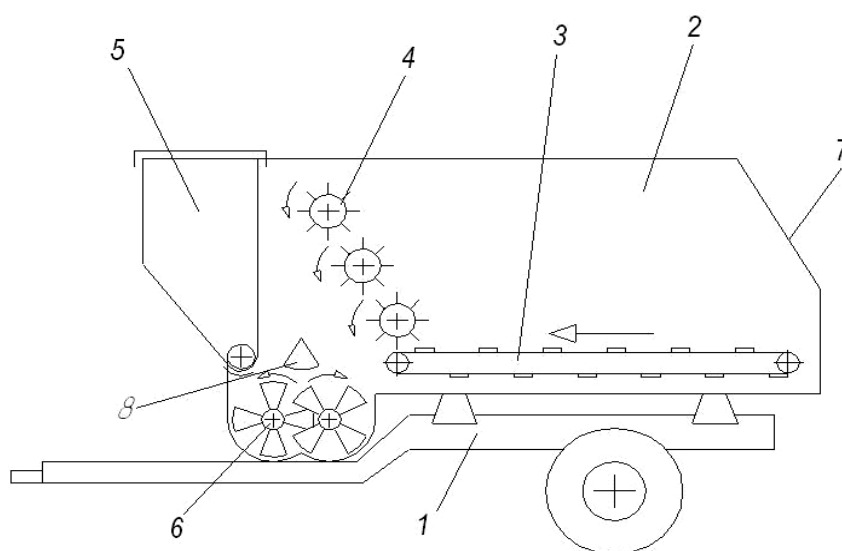


Рисунок 1.10 – Конструктивно-технологічна схема змішувача-кормороздавача вологих кормосумішей для великої рогатої худоби:

1- ходова частина з рамою; 2- кузов; 3- поздовжній транспортер; 4-кормовідділювач; 5- дозатор концкормів; 6- змішувач потокового типу; 7- задня стінка кузова; 8- напрямний сегмент

Технологічний процес роботи кормороздавача-змішувача відбувається наступним чином: стеблові корми накопичуються у бункері-дозаторі для основних кормів 2, встановленому на рамі 1, концентровані корми – в бункері-дозаторі для концентрованих кормів 5, встановлених на рамі 1. Продуктивність подачі кожного

з видів кормів установлюється регулюванням режимів роботи робочих органів: основного корму – швидкістю поздовжнього транспортера 3, концкормів – шириною вивантажувального вікна (не показано) бункера-дозатора для концентрованих кормів 5. Робочі органи включаються в роботу під час руху кормороздавача-змішувача.

При цьому стебловий корм поздовжнім транспортером 3 подається до кормовідділювача 4, який рівномірно відділяє порції корму від основного масиву і подає у двохвальний лопатевий змішувач 6, який розташований по фронту кормовідділення. Одночасно в нього подається концентрований корм. Компоненти змішуються двохвальним лопатевим змішувачем 6 і у вигляді готової кормосуміші безперервним потоком вивантажуються по фронту роздачі. При цьому напрямний сегмент 8, що розташований над двохвальним лопатевим змішувачем, запобігає розкиданню корму лопатями змішувача і сприяє утворенню рівномірного потоку кормової суміші на видачі.

1.5 Висновки з розділу

На підставі проведеного огляду можна зробити наступні висновки:

1. Встановлено, що годівля тварин збалансованими кормовими сумішами протягом всього року призводить до підвищення надоїв молока та збільшення приростів живої ваги телят на відгодівлі. При чому, зі збільшенням однорідності приготованих кормових сумішей з 80% до 95% спостерігається підвищення надоїв на 0,325 кг за добу (для високопродуктивних порід корів).

2. Проведено аналіз існуючих технологічних та технічних рішень питання годівлі ВРХ. Виявлено, що потоковий тип змішування має беззаперечні переваги у порівнянні з порційним. Його використання дозволить зменшити енергоємність та підвищити якість процесу приготування та роздавання кормосумішей. Проте існуючі технічні засоби, призначені для цього, базуються саме на порційному змішуванні.

4. Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему змішувача-кормороздавача потокового типу на базі найбільш розповсюдженого та універсального технічного засобу типу КТУ-10А.

1.6 Мета і задачі досліджень

Метою досліджень є забезпечити, у порівнянні із існуючими технічними засобами, більшу однорідність кормосуміші та підвищити рівномірність її видачі, за рахунок утворення зон взаємодії кормових компонентів між собою та з робочими органами у порівняно малих об'ємах при суміщенні змішування та видачі кормосуміші, зі зниженням енергоємності всього процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно рішення наступних задач:

- на основі попередніх експериментальних досліджень визначити напрямки вдосконалення конструктивно-технологічної схеми та робочих органів змішувача-кормороздавача потокового типу;
- теоретично дослідити процес роботи змішувача-кормороздавача потокового типу та розробити математичні моделі впливу конструктивно-технологічних та режимних параметрів на якісні показники його роботи;
- провести експериментальні дослідження та визначити раціональні конструктивно-технологічні та режимні параметри робочих органів технічного засобу;
- визначити економічну ефективність від застосування змішувача-кормороздавача потокового типу на молочнотоварних фермах.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ЗМІШУВАЧА-КОРМОРОЗДАВАЧА

2.1 Постановка задачі

В основі мобільного змішувача-кормороздавача (рис. 2.1) лежить метод змішування сипучих компонентів, який використовує зустрічні потоки. Цей метод дозволяє змішувати і згодовувати змішані раціони (концентрати, силос) одночасно на одній машині. Сипучий концкорм переміщується за рахунок гравітаційних сил, а силос подається в протилежному напрямку завдяки обертальному руху лопатевого змішувача. Орієнтація потоків кормових компонентів в протилежних напрямках забезпечує високу якість змішування, а одночасна видача корму під час змішування допомагає знизити споживану енергію завдяки роботі з невеликими об'ємами матеріалу. Крім того, наша конструкція змішувача-кормороздавача потокового типу дозволяє виконувати багатоступеневе змішування зустрічним способом, оскільки сформована кормова суміш направляється назустріч потокам кормових компонентів, що надходять до змішувача.

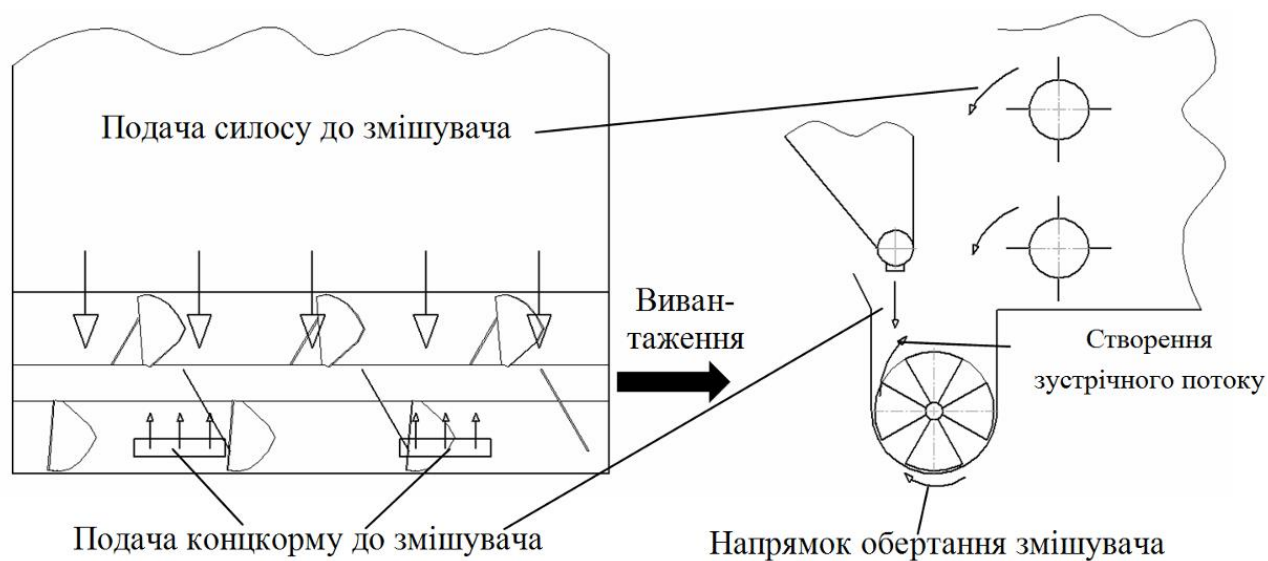


Рисунок 2.1 – Еквівалентна схема мобільного змішувача-кормороздавача

Такий складний процес взаємодії потоків кормових компонентів під дією на

них робочих органів змішувача-кормороздавача потокового типу можливо описати комп'ютерним моделюванням вищеназваних процесів з використанням методу дискретних елементів.

Ми плануємо створити фізико-математичну модель процесу потокового змішування кормосумішей, який є основою для мобільного змішувача-кормороздавача, використовуючи програмний пакет Star CCM+ (див. рис. 2.2-2.3). Отримана фізико-математична модель дозволить нам визначити конструктивні та технологічні параметри мобільного змішувача-кормороздавача залежно від раціону та фізико-механічних характеристик компонентів кормосуміші при забезпеченні оптимальних якісних, кількісних та енергетичних показників процесу змішування.

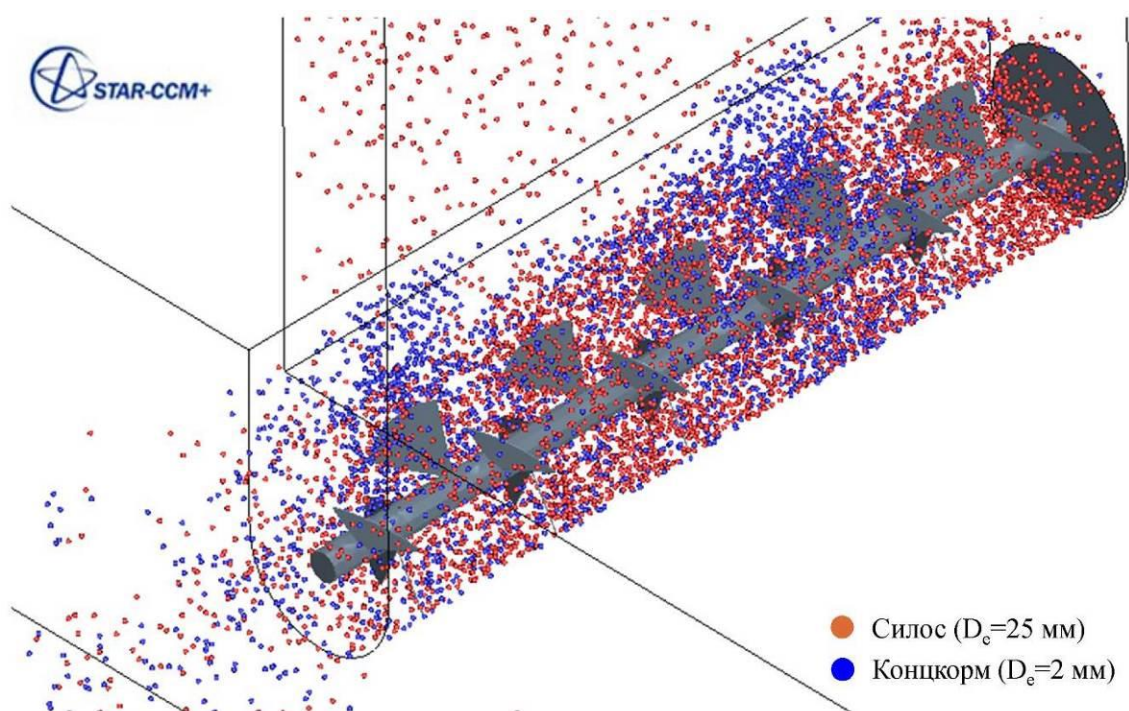


Рисунок 2.2 – 3D-моделювання процесу роботи мобільного змішувача-кормороздавача

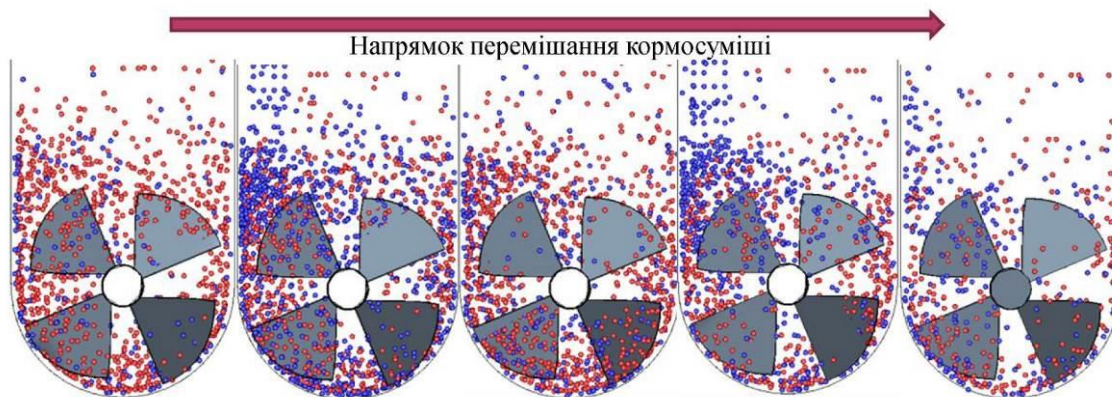


Рисунок 2.3 – Поперечні перерізи лопатевого змішувача мобільного змішувача-кормороздавача

2.2 Визначення раціонального розташування вивантажувальних вікон бункера-дозатора комбікормів за допомогою математичного моделювання

Виходячи з результатів попередніх досліджень, для проведення теоретичного моделювання процесу дозованої подачі концкормів бункером-дозатором були прийняті наступні дані:

- ширина бункера-дозатора концкормів – 2,0 м;
- кількість вивантажувальних вікон – 2 шт;
- довжина вивантажувальних вікон – 0,25 м;
- ширина вивантажувальних вікон – 0,06 м;
- продуктивність подачі концкорму – 4,2 т/ч;
- продуктивність подачі стеблового корму (силосу) – 18 т/ч;
- довжина лопатевого змішувача – 2,0 м;
- частота обертання лопатевого змішувача – 175 об/хв;
- кут атаки лопаток змішувача – 45°.

Так як практичне виконання експерименту ускладнюється виготовленням експериментальних зразків обладнання, дослідження будемо проводити шляхом моделювання процесу дозованої подачі концкорму в лопатевий змішувач із зміною розташування вивантажувальних вікон за допомогою пакета програмного

забезпечення Star CCM+. При цьому в змішувач також буде подаватися стебловий корм і відбуватися процес змішування.

Моделювання виконувалось для двохфакторного чисельного експерименту, де факторами були встановлені відстань від початку бункера-дозатора концкорму до початку першого вивантажного вікна (X_1) і відстань від початку бункера-дозатора концкорму до початку другого вивантажного вікна (X_2). Схема розташування вивантажувальних вікон наведена на рис. 2.4.

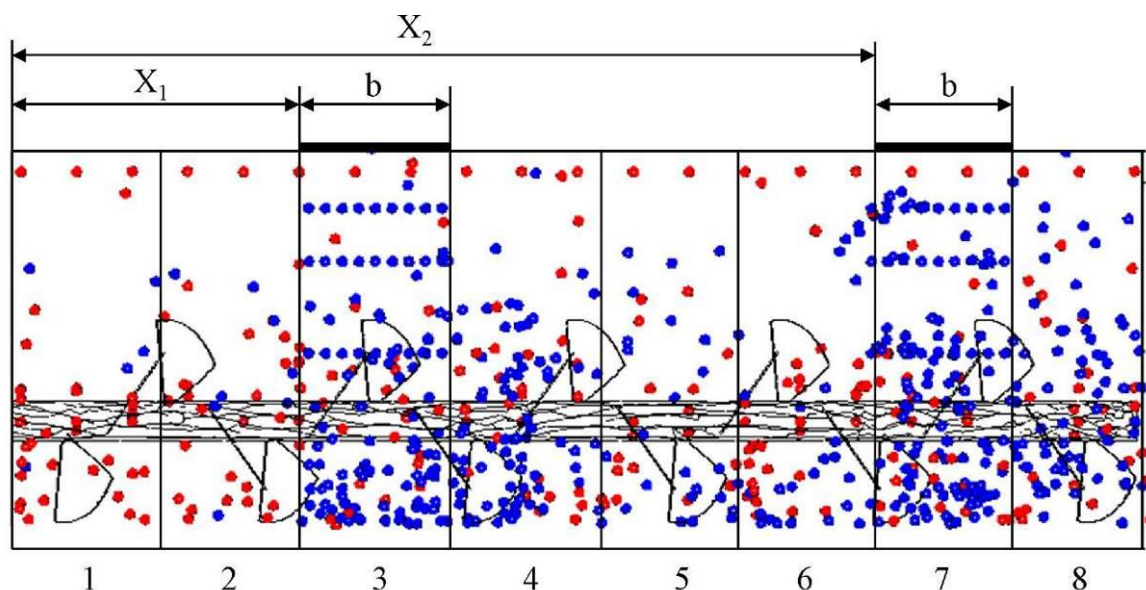


Рисунок 2.4 – Схема розташування вивантажувальних вікон бункера-дозатора концкормів

Для проведення моделювання розділимо бункер-дозатор концкорму на зони, ширина яких відповідає довжині вивантажувальних вікон – $b = 0,25$ м. З урахуванням ширини бункера-дозатора концкорму отримуємо кількість зон, рівну $n = 8$.

Враховуючи поділ бункера-дозатора на зони, межі варіювання факторами будуть наступними: X_2 знаходиться в межах від $2b$ до $n \cdot b$; X_1 знаходиться в межах от 0 до $X_2 - 2b$, де b – довжина вивантажувальних вікон бункера-дозатора концкормів. Виходячи з зазначених меж варіювання факторами необхідно

провести $\sum_{m=3}^8 (m - 2) = 21$ чисельний дослід.

Критерієм оцінки процесу дозованої подачі концкорму на змішування буде кінцева однорідність кормосуміші (у 8-й зоні), яка визначається за формулою:

$$\theta = 1 - \frac{100}{C_3} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_3)^2}{n-1}}, \% ; \quad (2.1)$$

де C_3 – задана концентрація силосу в кормосуміші;

C_i – концентрація силосу в i -й зоні змішувача;

n – кількість зон змішувача.

В результаті моделювання процесу дозованої подачі концкорму в лопатевий змішувач і подальшого приготування кормосуміші отримано значення кінцевої однорідності кормосуміші в залежності від розташування вікон для вивантаження бункера-дозатора концкорму (рис. 2.5).

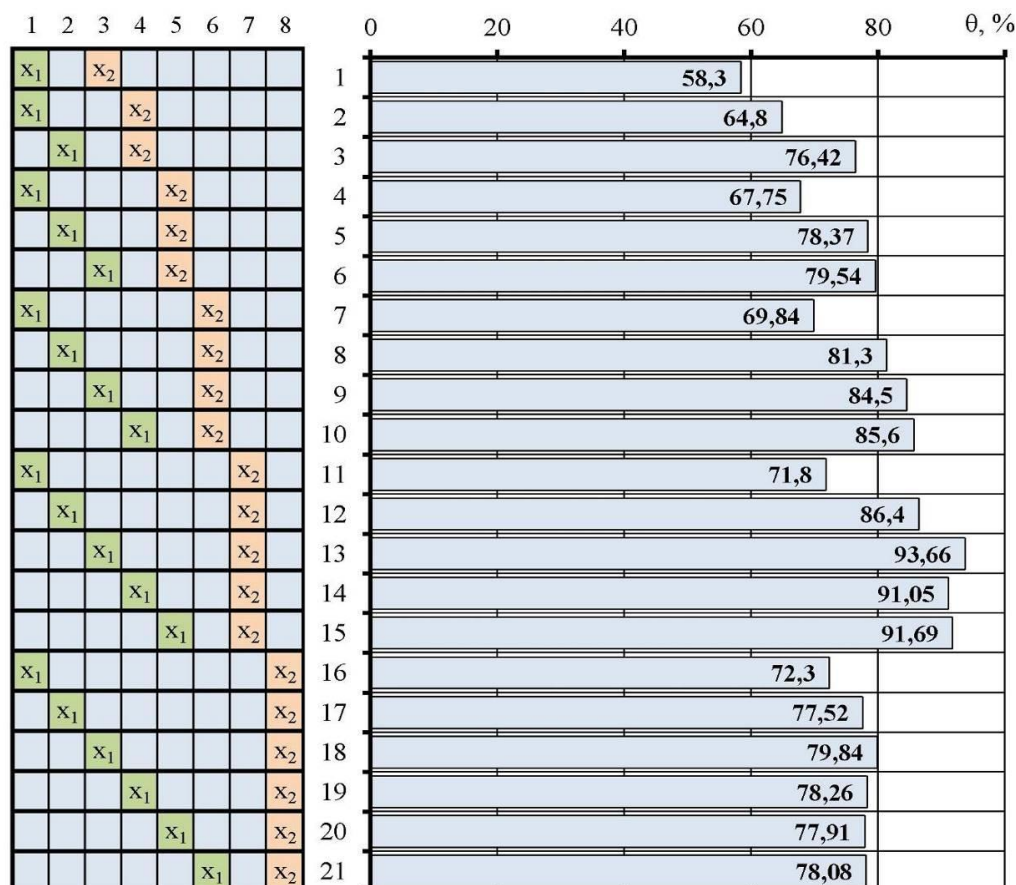


Рисунок 2.5 – Гістограма однорідності кормосуміші в залежності від розташування вивантажувальних вікон бункера-дозатора концкормів

Як видно з представленої на рис. 2.5 гістограми, найвища однорідність кормосуміші спостерігається в 13 досліді, при $X_1=0,5$ м, $X_2=1,5$ м.

2.3 Математичне моделювання процесу потокового змішування та видачі кормосуміші оновальним лопатевим змішувачем

Для моделювання процесу потокового змішування комбікормів за допомогою кормозмішувача необхідно враховувати фізико-механічні властивості матеріалів, що використовуються як вихідні дані для моделювання, а саме силосу та комбікорму. Лабораторні дослідження показали, що фракційний склад силосу, наведений у табл. 2.1, початкова вологість 72 %, насипна густина 223 кг/м³.

Таблиця 2.1 – Фракційний склад силосу

Показник	Розміри часток силосу, мм						
	до 20	21-30	31-40	41-50	51-70	71-100	> 100
%	55,57	16,57	9,42	3,63	5,13	4,24	5,45
Середньозважений розмір часток	28,04						

Лабораторні випробування корму засвідчили, що його вологість становить 10,56%, модуль пружності під час роздавлювання - 1,63%, насипна густина - 700 кг/м³. Як вихідні дані для моделювання використовували також кут природного нахилу і коефіцієнти статичного та рухомого тертя об метал. Для моделювання процесу потокового змішування комбікорму використовували програмний комплекс Star ССМ+ (див. рис. 3.2), у якому моделювали змішувальний живильник проточного типу. Моделювання проводилося відповідно до повнофакторного плану експерименту (здійснено 81 дослід). Факторами були обрані частота обертів змішувача (n), кут нахилу лопатей змішувача (α), продуктивність подачі стеблового

корму (QC) і продуктивність подачі комбікорму (QK). Рівні та значення цих факторів для теоретичних досліджень наведені в таблиці 2.2.

Таблиця **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2** –
Фактори досліджень

Рівень варіації фактора	Фактор			
	Частота обертів змішувача, об/хв	Кут атаки лопатей змішувача, град	Продуктивність подачі стеблового корму, т/год	Продуктивність подачі концкормів, т/год
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Верхній рівень (+)	250	65	24	4,8
Основний рівень (0)	175	45	18	4,2
Нижній рівень (-)	100	25	12	3,6
Інтервал варіації	75	20	6	0,6

В якості критеріїв оптимізації були визначені однорідність кормосуміші (θ) та концентрація силосу в кормосуміші (C_C).

Зокрема, змішувач було розділено на 10 зон (див. рис. 2.6), і для кожної з них було визначено вищезгадані критерії оптимізації. Це дало змогу вивчити динаміку процесу змішування.

Оскільки для досягнення постійної швидкості подачі співвідношення компонентів корму в суміші має бути постійним на виході зі змішувача, було запропоновано визначати однорідність змішаного корму за допомогою рівняння (2.1).

У кожному експерименті для кожної зони змішувача відповідно до плану експерименту визначалася залежність однорідності комбікорму (θ) і концентрації силосу в комбікормі (C). Результати експерименту для рівнів основних змінних наведено на рис. 2.6-2.8.

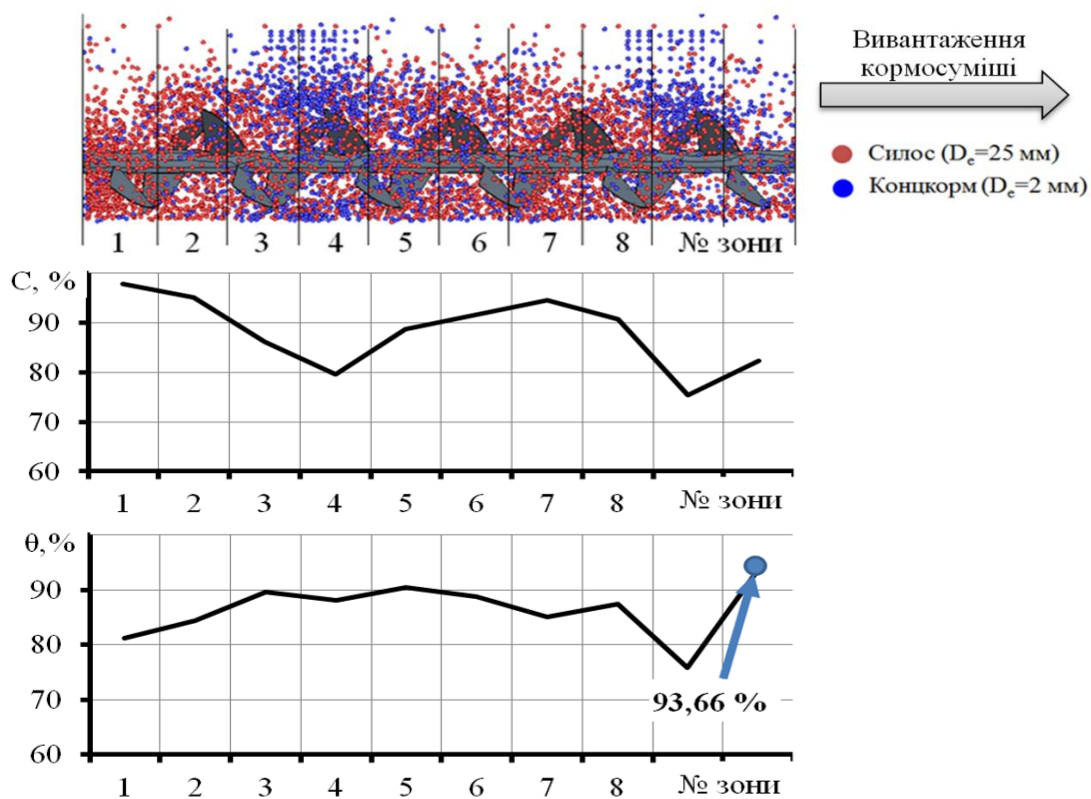


Рисунок 2.6 – Результати змішування кормосумішей для плану 0,0,0,0

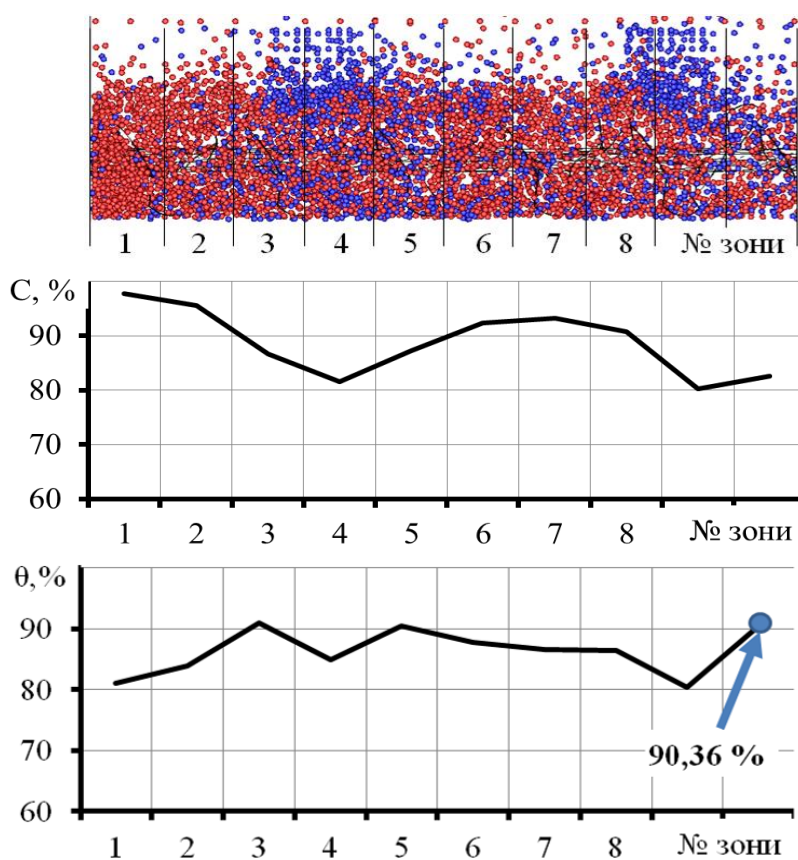


Рисунок 2.7 – Результати змішування кормосумішей для плану 1,1,1,1

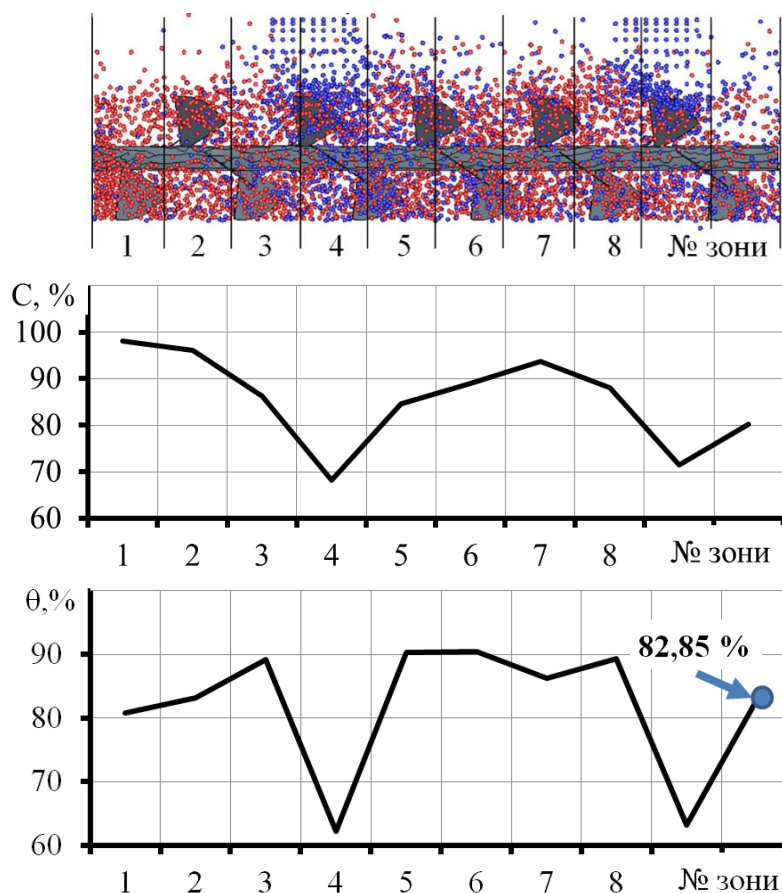


Рисунок 2.8 – Результати змішування кормосумішей для плану -1,-1,-1,-1

Моделювання привело до отримання математичної моделі процесу змішування кормових компонентів за допомогою змішувача-кормороздавача. Ця модель має наступний вигляд:

$$\theta = -8,62329 + 0,14057n - 0,000374653n^2 + 1,34766Q_c - 0,0311957Q_c^2 + 29,9269Q_k - 3,4718Q_k^2 + 0,414694\alpha - 0,00400284\alpha^2 \quad (2.2)$$

На рисунку 2.9 подано результати впливу розглянутих факторів на однорідність змішування кормових компонентів.

Оскільки покращення однорідності кормосуміші призводить до збільшення добового надою молока та приросту ваги худоби, ми прагнули досягти максимальної однорідності кормосуміші, яка становила 94,35 %.

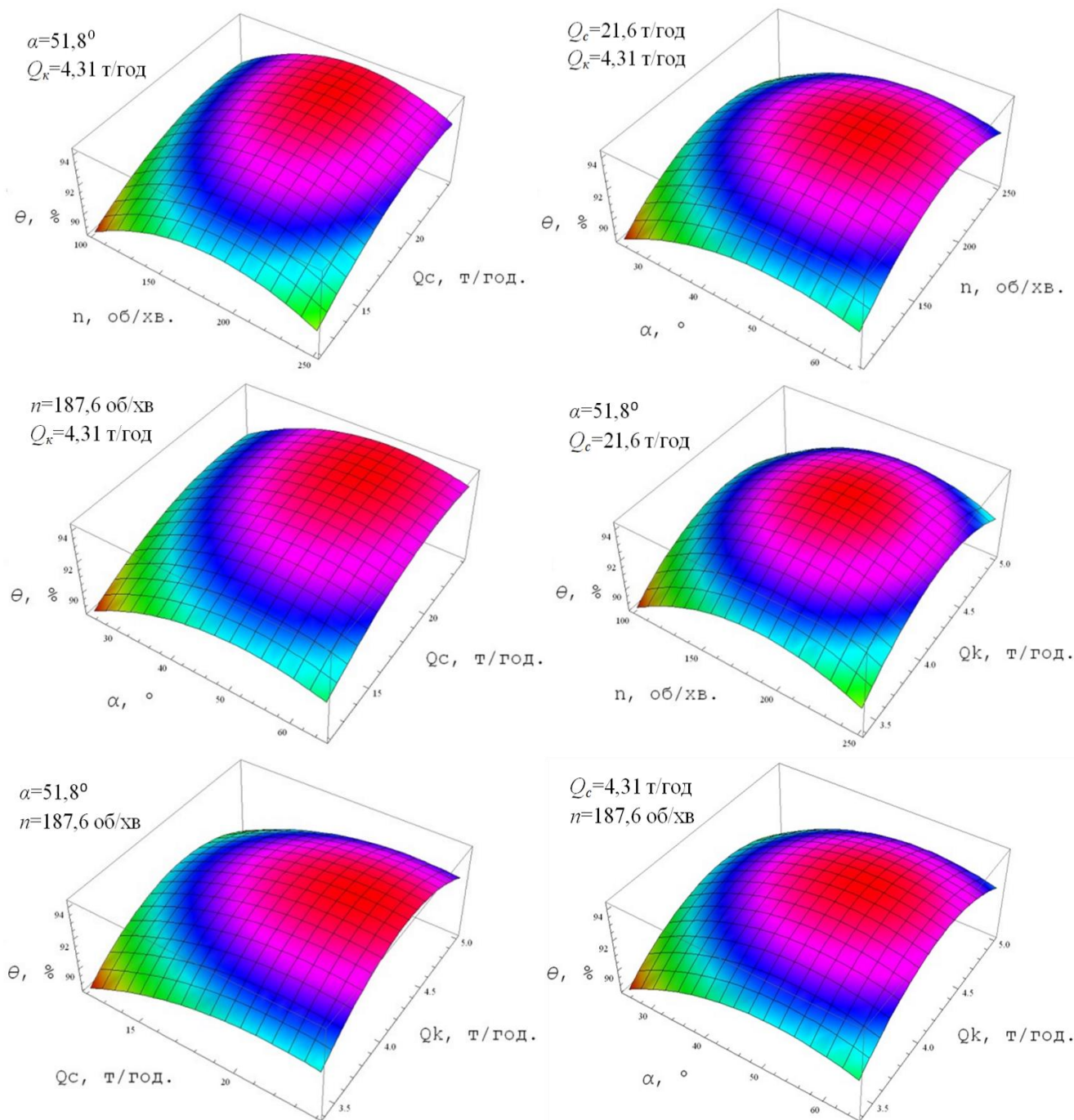


Рисунок 2.9 – Графічна інтерпретація рівняння (2.2)

Для досягнення цього максимального значення були встановлені оптимальні параметри досліджуваних факторів: частота обертів змішувача – 187,6 оборотів на хвилину; кут нахилу лопатей змішувача – 51,80 градусів; продуктивність подачі стеблового корму – 21,6 тонн на годину; продуктивність подачі концкорму – 4,31 тонни на годину. Графічне відображення процесу змішування наведено на рисунках 2.10.

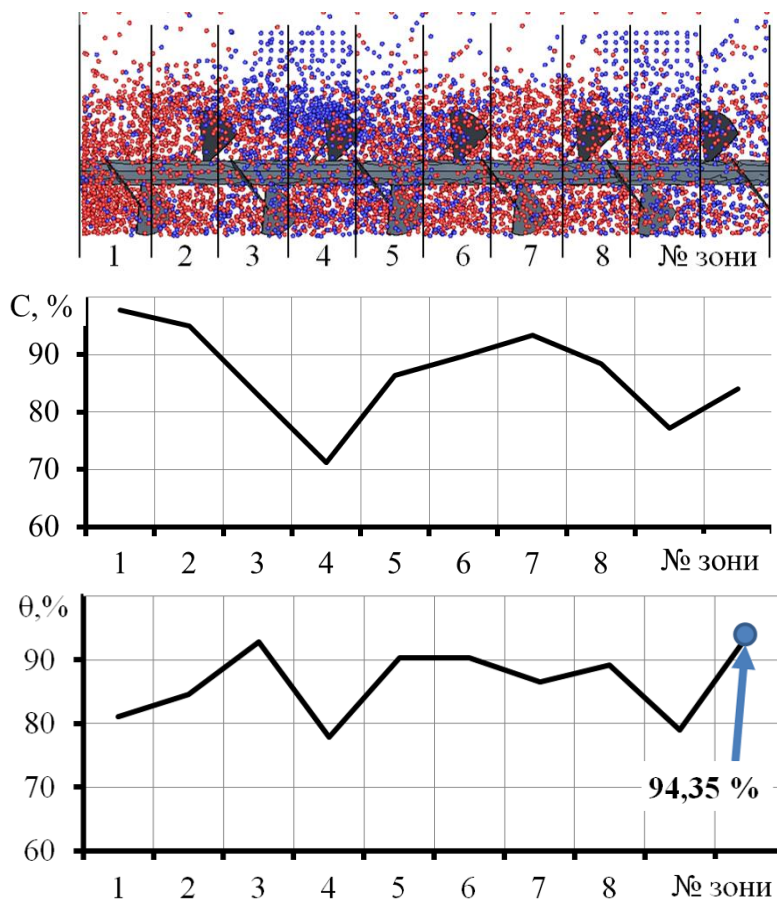


Рисунок 2.10 – Результати змішування кормосумішей для для раціональних факторів

Співвідношення кормових компонентів у кормосуміші повинно відповідати вибраному раціону для годівлі тварин. Тому змішувач-живильник має забезпечувати ефективне змішування незалежно від значень коефіцієнтів продуктивності стебел і кормів. Для підтвердження цього було проведено моделювання процесу потокового змішування, за якого швидкість обертання та кут атаки лопатей змішувача залишалися на оптимальних значеннях, варіюючи лише продуктивність подачі компонентів корму.

Результати моделювання показали, що навіть при будь-яких змінах у рівнях продуктивності подачі стеблового корму та продуктивності подачі концкорму, однорідність кормосуміші залишалася на високому рівні (мінімальна однорідність кормосуміші становила 88,6%). Отже, представлений мобільний змішувач-

кормороздавач потокового типу відповідає вимогам задачі і забезпечує якісне змішування кормових компонентів.

2.4 Висновки з розділу

1 Розроблено фізико-математичну модель процесу потокового змішування комбікормів з використанням методу дискретних елементів у програмі Star CCM+. За допомогою моделі отримано залежність концентрації силосу в комбікормі та його однорідності від різних зон потокового змішувача. Ці залежності дають змогу визначити оптимальне положення розвантажувального вікна дозатора-банкіра для концентрованих кормів..

2 Встановлено оптимальні конструктивні та технічні параметри мобільного змішувача-живильника, при цьому однорідність комбікорму досягла найвищого рівня (94,36%). Ці параметри включають в себе частоту обертів змішувача – 187,7 обертів на хвилину; кут атаки лопатей змішувача – 51,9 градусів; продуктивність подачі стеблового корму – 21,7 тонн на годину; продуктивність подачі концкорму – 4,32 тонни на годину.

3 Також були визначені діапазони значень параметрів продуктивності подачі стеблового корму (від 12 до 24 тонн на годину) та концкорму (від 3,6 до 4,8 тонн на годину), при яких однорідність кормосуміші відповідає вимогам зоотехнічних норм (не менше 80 %). Ці діапазони були використані для подальших експериментів з мобільним змішувачем-кормороздавачем потокового типу.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Програма досліджень включає:

- створити експериментальний зразок змішувача-кормороздавача потокового типу;
- сформувати стенд експериментальної установки та виконати монтаж та налагодження обладнання;
- дослідити процес змішування та видачі компонентів кормосуміші лопатевим змішувачем;
- провести аналіз залежностей впливу на показники процесу змішування та видачі кормосуміші установлених факторів процесів.

3.2 Опис комплекту обладнання для проведення експериментальних досліджень

Для проведення експериментів використовувався стенд до якого входить експериментальний зразок змішувача-кормороздавача потокового типу (рис. 3.1), який складається з бункера-дозатора стеблових кормів 1, бункера-дозатора концентрованих кормів 2, лопатевого змішуючого елемента 3, стрічковий транспортуючий елемент 4 для відбору проб та імітації мобільної роздачі кормосуміші та пульт керування електрообладнанням 5.



Рисунок 3.1 – Експериментальний зразок змішувача-кормороздавача потокового типу: 1 – бункер-дозатор стеблових кормів; 2 – бункер-дозатор концентрованих кормів; 3 – лопатевий змішувач; 4 – стрічковий транспортер; 5 – пульт керування електрообладнанням

Розробка експериментального зразка живильників із проточним змішувачем і використання обладнання на експериментальному лабораторному стенді дали змогу змінити такі конструктивні та режимні параметри робочого процесу:

- кута атаки лопатевого змішувача, $^{\circ}$;
- кількості валів лопатевого змішувача, шт.

Для вимірювання споживаної потужності застосовувався контрольно-вимірювальний пристрій К-506. Проби зважувались динамометром ДПУ-002-2

3.3 Методика експериментальних досліджень

Підготовка експериментального зразка змішувача-кормороздавача потокового типу та формування стенду для проведення досліджень.

Підготовка експериментального зразка змішувача-кормороздавача до досліджень включає:

- забезпечення комплектності змішувача-кормороздавача потокового типу та стенду для забезпечення функціонування технологічних процесів;

- налагодження змішувача-кормороздавача потокового типу для забезпечення необхідних параметрів технологічних процесів.

Змішувач-кормороздавач повинен мати окремі електроприводи на робочі органи, а саме:

- привод поздовжнього транспортеру та блоку бітерів бункера-дозатора стеблових кормів;
- привод бункера-дозатора концентрованих кормів;
- привод лопатевого змішувача;
- привод стрічкового транспортеру.

Стенд має бути стаціонарним і давати змогу використовувати двовальний або оновальний лопатевий змішувач.

Стенд для проведення досліджень повинен забезпечувати можливість зміни кута атаки лопатей змішувача.

Проведення досліджень процесу змішування та видачі кормосуміші оновальним та двовальним лопатевим змішувачем потокового типу.

Дослідження процесу змішування компонентів та видачі вологої кормосуміші проводились для двох факторів – кількості валів змішувача та кута атаки лопатей змішувача.

Критеріями оцінки було прийнято однорідність змішування компонентів, нерівномірність видачі кормосуміші, та енергоємність процесу.

Однорідність змішування кормових компонентів змішувачем-кормороздавачем визначалась по методу роздільної ознаки – вологості кормосуміші [35, 36, 37]. Нерівномірність вологості визначалась за коефіцієнтом варіації:

$$v_{wi} = \frac{\sigma_{wi}}{W_i} 100\% , \quad (3.1)$$

де v_{wi} – коефіцієнт варіації вологості кормосуміші у досліді;

σ_{wi} – середньоквадратичне відхилення вологості в серії порцій кормосуміші у досліді;

w_i – середньоарифметичне значення вологості в серії порцій кормосуміші у досліді.

Однорідність змішування $\Theta_{змі}$ визначалась за формулою:

$$Q_{змі} = 100 - v_{wi} \cdot \quad (3.2)$$

Нерівномірність подачі кормової суміші розраховували за коефіцієнтом варіації маси порції корму:

$$v_{vi} = \frac{\sigma_{mi}}{M_i} 100\%, \quad (3.3)$$

де v_{vi} – коефіцієнт варіації маси порцій кормосуміші у досліді;

σ_{mi} – середньоквадратичне відхилення маси порцій кормосуміші у досліді;

M_i – середньоарифметичне значення маси порцій кормосуміші у досліді.

Енергоємність процесу змішування та видачі кормосуміші розраховувалась по формулі:

$$q_i = \frac{N_i}{Q_i}, \quad (3.4)$$

де q_i – питомі витрати енергії на виконання процесу змішування та видачі кормосуміші у досліді, кВт год/т;

N_i – споживана потужність на виконання процесу, кВт;

Q_i – продуктивність процесу, т/год.

Експериментальні дослідження процесу змішування та видачі кормосуміші одновальним та двовальним лопатевим змішувачем проводились наступним чином. В бункерах-дозаторах стеблових та концентрованих кормів нагромаджувались відповідні кормові компоненти. Продуктивність подачі стеблового корму встановлювалась постійною і становила 4950 кг/год. Продуктивність подачі концентрованого корму встановлювалась постійною на рівні 473 кг/год. Кут атаки лопатей змішувача встановлювався за допомогою спеціального шаблону. Частота обертання лопатевого змішувача фіксувалась на рівні 150 об/хв. за допомогою підбору зірочок ланцюгової передачі. Після цього вмикався привід лопатевого змішувача та стрічкового транспортера, а трохи згодом – привід подачі на змішування стеблового корму та привід подачі концентрованого

корму Відбувався процес змішування та видачі кормосуміші. Після встановлення усталеного режиму роботи (2-5 с) проводився забір проб дослід. Після цього одночасно вимикались всі приводи . З стрічкового транспортеру, що імітував процес роздачі кормосуміші, відбирались та зважувались проби (10 шт). Маса проб була рівною 300-310 гр., що відповідає вимогам ДСТУ 3219-95. Продуктивність процесу змішування визначалась при усталеному русі кормового потоку заміром маси готової суміші за прийняту тривалість дослід. Споживана потужність реєструвалась контрольно-вимірювальним пристроєм К-506. Проби зважувались динамометром ДПУ-002-2. Кожен дослід проводився по три рази. Дані заносились до журналу досліджень.

Для проведення досліджень процесу потокового змішування одновальним лопатевим змішувачем на двовальний змішувач встановлювався кожух, який утворював дещо менший об'єм змішувальної камери (рис. 3.2).



а



б

Рисунок 3.2 – а – одновальний лопатевий змішувач; б – двовальний лопатевий змішувач



а

б

Рисунок 3.3 – а – кормосуміш для відбору проб; б – контрольно-вимірвальний пристрій К – 506 з журналом реєстрації даних

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати експериментальних досліджень процесу змішування та видачі кормосуміші одновальним та двовальним лопатевим змішувачем потокового типу

Згідно результатів досліджень (табл. 4.1) було визначено вплив досліджуваних факторів на процес змішування та видачі кормосуміші одновальним та двовальним лопатевим змішувачем. Графічно матеріал представлено на рисунках 4.1-4.3.

Таблиця 4.1 – Результати експериментальних досліджень процесу змішування та видачі кормосуміші одновальним та двовальним лопатевим змішувачем

Фактори Критерії оптимізації	Одновальний лопатевий змішувач					Двовальний лопатевий змішувач				
	Кут атаки лопаток					Кут атаки лопаток				
	35°	40°	45°	50°	55°	35°	40°	45°	50°	55°
Однорідність змішування, %	88,75	89,08	89,6	89,93	90,7	89,65	90,63	91,12	91,39	91,62
Нерівномірність видачі, %	5,04	4,3	3,42	3,81	4,38	4,98	3,95	3,27	3,57	4,19
Питомі витрати енергії, кВт·год/т	0,094	0,081	0,072	0,07	0,066	0,12	0,087	0,07	0,092	0,13

В результаті проведення експерименту було отримано графіки залежностей однорідності змішування, нерівномірності видачі та питомих витрат енергії від кута встановлення лопаток змішувача при різній компоновці лопатевого змішувача – двовальній та одновальній.

З графіка залежності однорідності змішування від кута атаки лопаток змішувача (рис. 4.1) видно, що при встановленні кута атаки лопаток рівному 35°

однорідність змішування дещо вища при застосуванні двовального лопатевого змішувача у порівнянні з одновальним і становить 89,65 %. При встановленні лопаток змішувача під кутом 40°, 45°, 50° та 55° однорідність змішування підвищується як при двовальній, так і при одновальній компоновці. Найкращі результати були зафіксовані під кутом атаки лопаток 55° і становили для одновального змішувача – 90,7 %, а для двовального – 91,62 %.

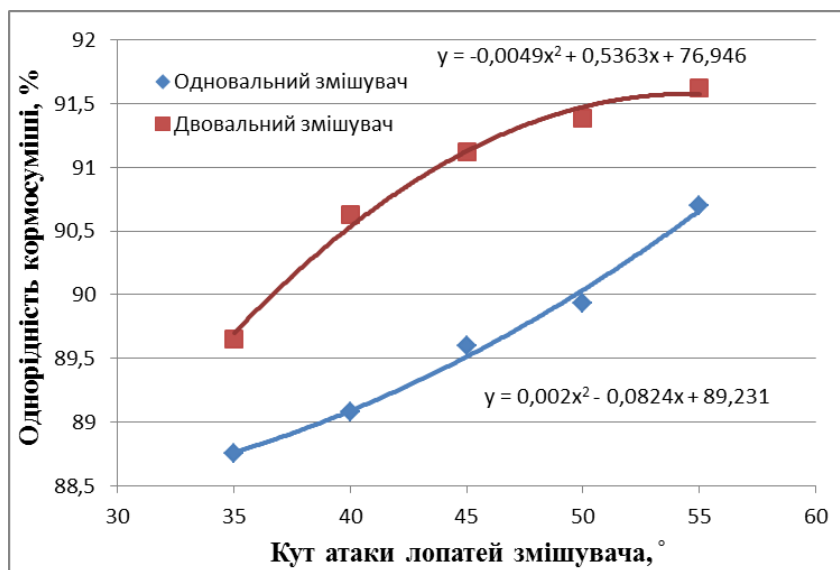


Рисунок 4.1 – Графік залежності однорідності змішування від кута атаки лопатей змішувача

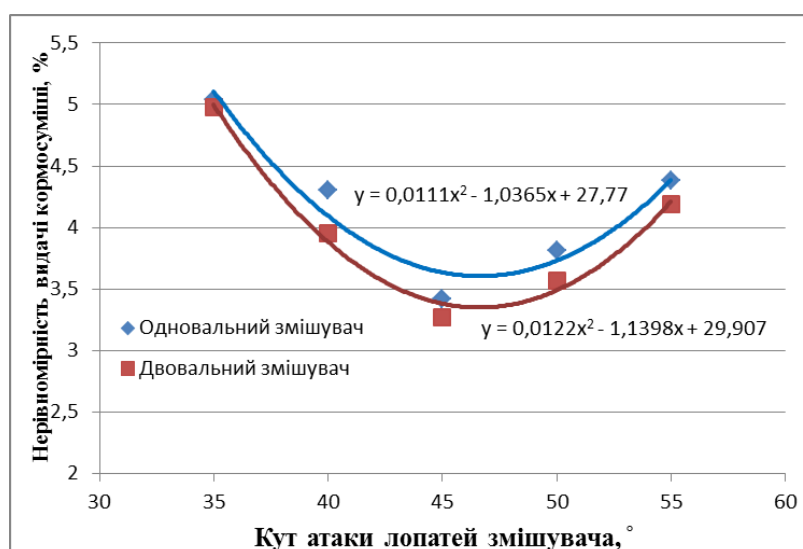


Рисунок 4.2 – Графік залежності нерівномірності видачі кормової суміші від кута атаки лопаток змішувача

Аналізуючи графіки залежності нерівномірності видачі кормової суміші від кута атаки лопаток змішувача (рис. 4.2) можна зробити висновок, що двовальний лопатевий змішувач має дещо менші показники нерівномірності видачі при всіх кутах атаки лопаток змішувача. При цьому мінімальний його показник становить 3,27 % при куті атаки лопаток рівному 45° . Слід прийняти до уваги, що при встановленні кута атаки лопаток рівному 35° та 55° показник нерівномірності видачі кормової суміші для двовального та одновального лопатевих змішувачів майже однаковий. Також можна помітити значне просідання графіків залежності для обох компоновок змішувача при встановленні кута атаки лопаток рівному 45° , що свідчить про наближення значення нерівномірності видачі кормової суміші до найменшого рівня.

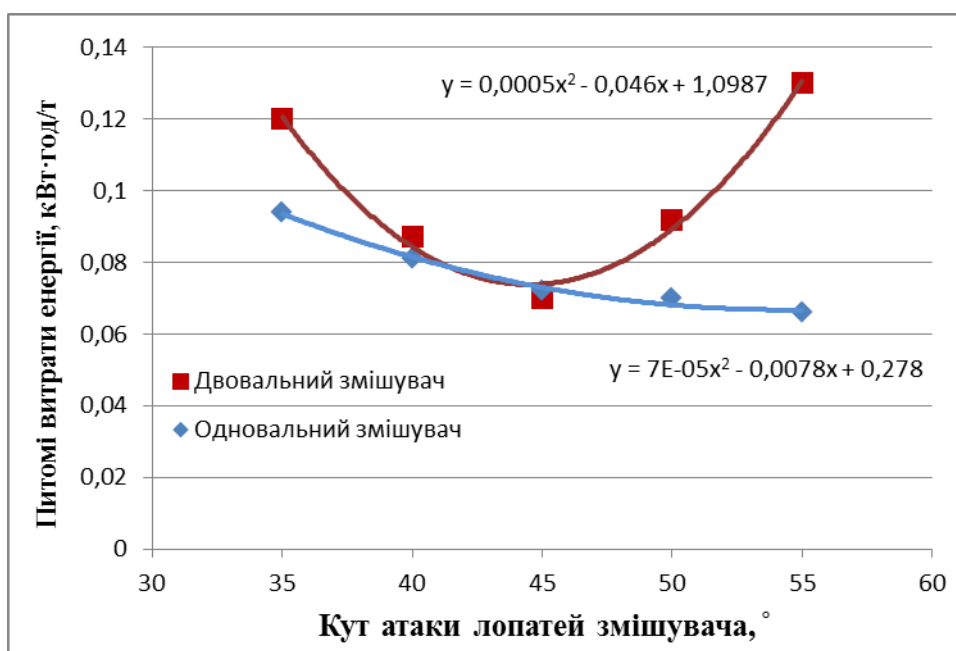


Рисунок 4.3 – Графік залежності питомих витрат енергії від кута атаки лопаток змішувача

З графіка залежності питомих витрат енергії від кута атаки лопаток змішувача (рис. 4.3) видно, що при встановленні їх під кутом 55° для одновального змішувача питомі витрати енергії найменші (0,066 кВт год/т), а відповідно і найкращі, у порівнянні з іншими рівнями. Показники питомих витрат енергії, що

має двовальний лопатевий змішувач, найнижчі при куті атаки його лопатей, рівному 45° і становлять 0,07 кВт год/т.

Як видно з представлених на рис. 4.1-4.2 залежностей однорідності змішування, нерівномірності видачі кормової суміші та питомих витрат енергії від кута атаки лопаток змішувача, найкращі показники однорідності змішування (91,62 %) та нерівномірності видачі кормової суміші (3,27 %) має двовальний лопатевий змішувач при куті атаки лопаток 55° та 45° відповідно. При цьому, показники якості процесу для одновального змішувача не значно відрізняються від попередніх. Слід зазначити, що найкращі показники енергоємності процесу спостерігалась при роботі одновального лопатевого змішувача при встановленому куті атаки лопаток, рівному 55° .

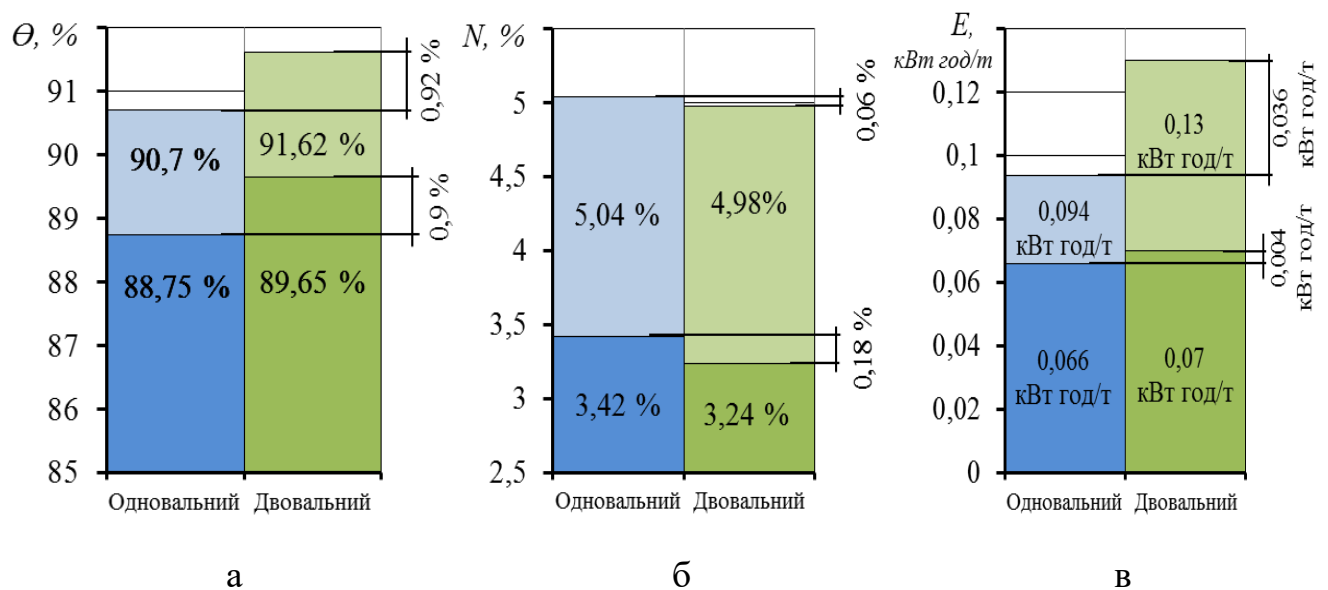


Рисунок 4.4 – Порівняльні діаграми критеріїв оптимізації для різних компоновок змішувача: а – однорідності кормосуміші; б – нерівномірності видачі кормосуміші; в – питомих витрат енергії

Слід відзначити, що показники всіх критеріїв оптимізації, які були прийняті до уваги, знаходяться на досить високому загальному рівні та значно перевищують нижній рівень показників зоотехнічних вимог при будь якому варіюванні факторів процесу змішування та видачі вологої кормосуміші, прийнятих нами. Аналізуючи

діаграми, представлені на рис. 4. видно, що різниця між показниками для одновального та двовального лопатевих змішувачів незначна. Тому, з метою зменшення металоємності конструкції та підвищення надійності технічного засобу доцільно застосовувати одновальний лопатевий змішувач, детальні дослідження якого будуть проводитись надалі.

4.2 Результати експериментальних досліджень процесу змішування та видачі кормосуміші одновальним лопатевим змішувачем потокового типу

Згідно результатів експериментальних досліджень було створено математичні моделі впливу досліджуваних факторів на якісні показники роботи змішувача-кормороздавача потокового типу.

Отримано математичну модель впливу досліджуваних факторів на однорідність змішування (θ , %), яка має вигляд:

$$\begin{aligned} \theta = & 88,5551 + 0,3721 x_1 - 0,5604 x_1^2 - 0,2365 x_2 + 0,0003 x_1 x_2 + \\ & + 2,2108 x_2^2 - 0,3876 x_3 - 0,2015 x_1 x_3 - 0,3530 x_2 x_3 - 0,0132 x_3^2 - \\ & - 0,6675 x_4 - 0,6728 x_1 x_4 - 0,1911 x_2 x_4 + 0,2346 x_3 x_4 + 1,0271 x_4^2 \end{aligned} \quad (4.1)$$

За розрахованими значеннями коефіцієнтів кореляції та критерію Стьюдента значущими на рівні довірчої ймовірності більше 95% є коефіцієнти при таких членах рівняння: x_1 , x_1^2 , x_2 , x_2^2 , x_3 , $x_1 x_3$, $x_2 x_3$, x_4 , $x_1 x_4$, $x_2 x_4$, $x_3 x_4$, x_4^2 .

З урахуванням значущості коефіцієнтів рівняння регресії (4.1) прийме вигляд:

$$\begin{aligned} \theta = & 88,5551 + 0,3721 x_1 - 0,5604 x_1^2 - 0,2365 x_2 + 2,2108 x_2^2 - \\ & - 0,3876 x_3 - 0,2015 x_1 x_3 - 0,3530 x_2 x_3 - 0,6675 x_4 - 0,1911 x_2 x_4 + \\ & + 0,2346 x_3 x_4 + 1,0271 x_4^2 \end{aligned} \quad (4.2)$$

У розкодованому вигляді математична модель (4.2) має вигляд:

$$\begin{aligned} \theta = & 117,318 + 0,5413 n - 0,0009 n^2 - 1,7739 \alpha + 0,0221 \alpha^2 + \\ & + 0,1747 Q_C - 0,0013 n \cdot Q_C - 0,0059 \alpha \cdot Q_C - 16,9693 \cdot Q_k - \\ & - 0,0449 n \cdot Q_k - 0,0319 \cdot \alpha \cdot Q_k + 0,0652 \cdot Q_C \cdot Q_k + 2,8531 \cdot Q_k^2 \end{aligned} \quad (4.3)$$

де θ – однорідність змішування, %;

n – частота обертів ворушилки, хв^{-1} ;

α – кут атаки лопатей змішувача, $^{\circ}$;

Q_c – продуктивність подачі стеблового корму, т/год;

Q_k – продуктивність подачі комбікорму, т/год.

Математична модель впливу досліджуваних факторів на нерівномірність згодовування комбікормів (N , %) має такий вигляд:

$$\begin{aligned} N = & 4,0991 - 0,0067 x_1 - 0,0134 x_1^2 - 1,0976 x_2 + 0,0238 x_1 x_2 + \\ & + 2,0915 x_2^2 - 0,0059 x_3 - 0,0238 x_1 x_3 + 0,0064 x_2 x_3 - 0,0489 x_3^2 - \\ & - 0,0051 x_4 + 0,0042 x_1 x_4 - 0,0192 x_2 x_4 + 0,0015 x_3 x_4 + 0,0042 x_4^2 \end{aligned} \quad (4.4)$$

На основі цього рівняння регресії (4.4) прийме вигляд:

$$\begin{aligned} N = & 4,0991 - 0,0134 x_1^2 - 1,0976 x_2 + 0,0238 x_1 x_2 + \\ & + 2,0915 x_2^2 - 0,0238 x_1 x_3 - 0,0489 x_3^2 - 0,0192 x_2 x_4 \end{aligned} \quad (4.5)$$

У розкодованому вигляді емпірична модель (4.5) має вигляд:

$$\begin{aligned} N = & 69,7 + 0,0003 n^2 - 1,8670 \alpha - 0,0004 n \cdot \alpha + \\ & + 0,0215 \alpha^2 + 0,0005 \cdot n \cdot Q_c - 0,0021 \cdot Q_c^2 - 0,0198 \alpha \cdot Q_k \end{aligned} \quad (4.6)$$

де N – нерівномірність видачі кормосуміші, %.

Математична модель впливу досліджуваних факторів на енергоємність процесу (E , кВт год/т) має вигляд:

$$\begin{aligned} E = & 0,0796 + 0,0029 x_1 - 0,0064 x_1^2 - 0,0034 x_2 - 0,0044 x_1 x_2 + \\ & + 0,0129 x_2^2 + 0,0060 x_3 - 0,0007 x_1 x_3 + 0,0021 x_2 x_3 - 0,0114 x_3^2 - \\ & - 0,0029 x_4 - 0,0012 x_1 x_4 - 0,0006 x_2 x_4 - 0,0018 x_3 x_4 - 0,0033 x_4^2 \end{aligned} \quad (4.7)$$

У цій формулі дисперсія є рівномірною на 95%-ному довірчому рівні відповідно до критеріїв Кокрейна.

Згідно з розрахованими коефіцієнтами кореляції та критерієм Стюдента, коефіцієнти наступних членів рівняння є значущими на довірчому рівні не менше 95%: x_1 , x_1^2 , x_2 , $x_1 x_2$, x_2^2 , x_3 , $x_2 x_3$, x_3^2 , x_4 , $x_1 x_4$, $x_3 x_4$, x_4^4 .

На основі цього рівняння регресії (4.7) прийме вигляд:

$$E = 0,0796 + 0,0029 x_1 - 0,0064 x_1^2 - 0,0034 x_2 - 0,0044 x_1 x_2 + \\ + 0,0129 x_2^2 + 0,0060 x_3 + 0,0021 x_2 x_3 - 0,0114 x_3^2 - 0,0029 x_4 - \\ - 0,0012 x_1 x_4 - 0,0018 x_3 x_4 - 0,0033 x_4^2 \quad (4.8)$$

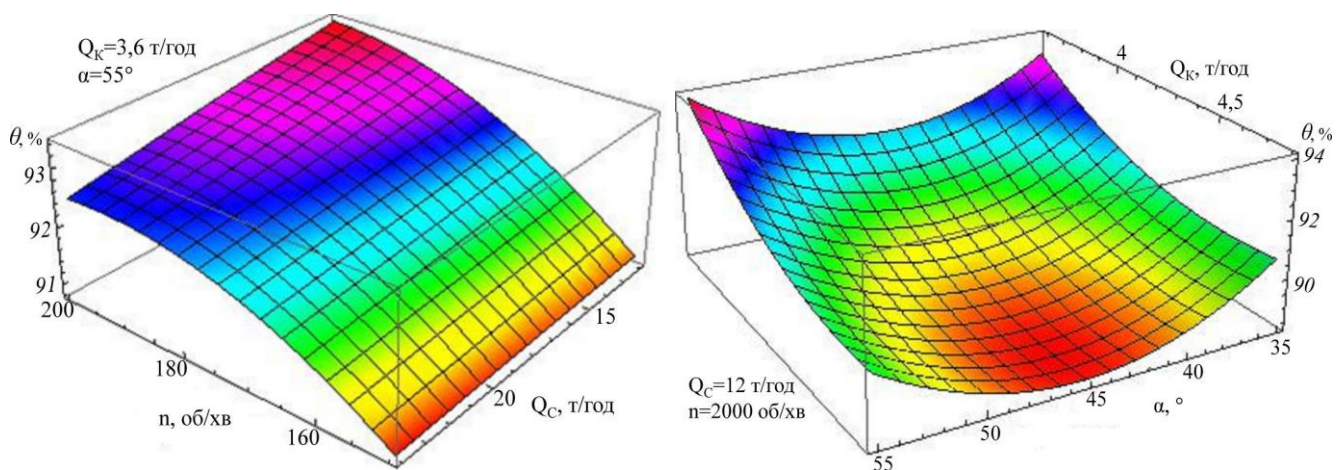
У розкодованому вигляді математична модель (4.8) має вигляд:

$$E = -0,4834 + 0,0050 n - 0,00001 n^2 - 0,0091 \alpha - 0,00002 n \cdot \alpha + \\ + 0,0001 \alpha^2 + 0,0139 Q_C + 0,00003 \alpha \cdot Q_C - 0,0003 \cdot Q_C^2 + \\ + 0,0989 \cdot Q_k - 0,00008 \cdot n \cdot Q_k - 0,0005 \cdot Q_C \cdot Q_k - 0,0091 \cdot Q_k^2 \quad (4.9)$$

де E – енергоємність процесу, кВт год/т.

Враховуючи те, що в реальних умовах роботи змішувача-кормороздавача прийняті нами фактори - продуктивність подачі силосу (Q_C) та продуктивність подачі комбікорму (Q_k) будуть змінюватися у відповідності із типовими раціонами годівлі, то і аналіз рівнянь та поверхонь взаємодії буде проводитись по всьому діапазону для вищеназваних факторів. Для інших факторів необхідно визначати оптимум.

Аналізуючи рівняння (4.3), яке графічно представлено на рис. 4.-**Ошибка!**
Источник ссылки не найден., можна стверджувати, що на однорідність змішування кормосуміші впливають всі вище зазначені фактори.



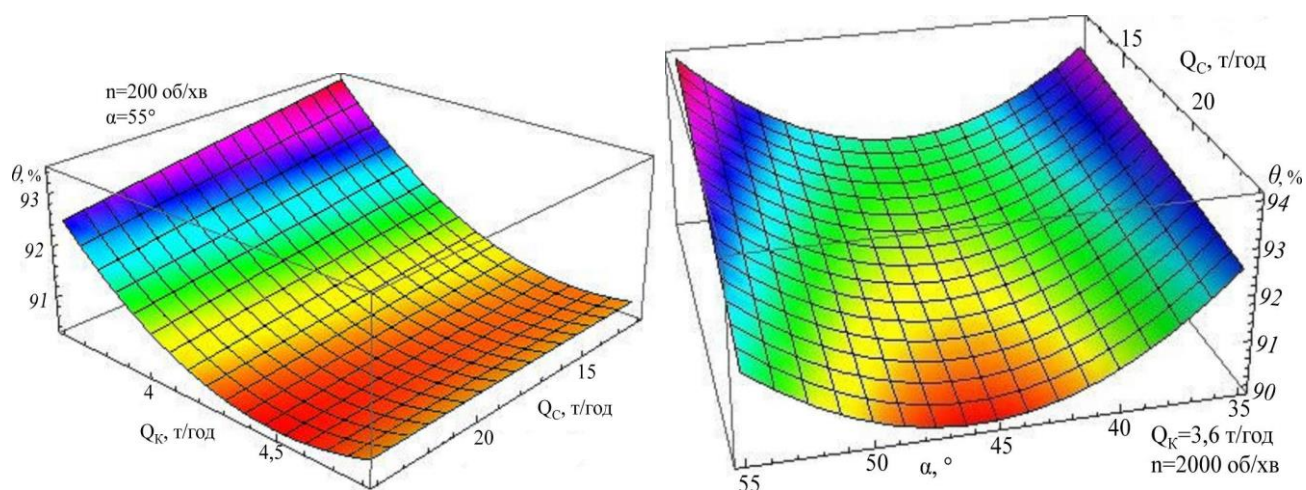


Рисунок 4.5 – Однорідність кормосуміші

Водночас за зниження забезпеченості комбикорму соломною та комбикормом однорідність комбикорму дещо підвищується, але залишається досить високою в усьому діапазоні варіювання (значно вищою за мінімальні зоотехнічні вимоги). При збільшенні частоти обертів змішувача однорідність суміші також збільшується, а от кут атаки лопатей змішувача дає найкращі результати однорідності змішування в двох крайніх положеннях, для найбільшого є найкращими. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що за критерієм однорідності змішування значення кута атаки лопатей повинне дорівнювати 55° , а частота обертів змішувача – 200 об/хв.

За рівнянням (4.6) та графічною інтерпретацією (рис. 4.6) досліджувані фактори суттєво впливають на нерівномірність видачі кормосуміші. При цьому кут атаки лопатей змішувача показує найкращі результати при значенні 48° , а частота обертів дає найменшу неоднорідність при значенні 180 об/хв.

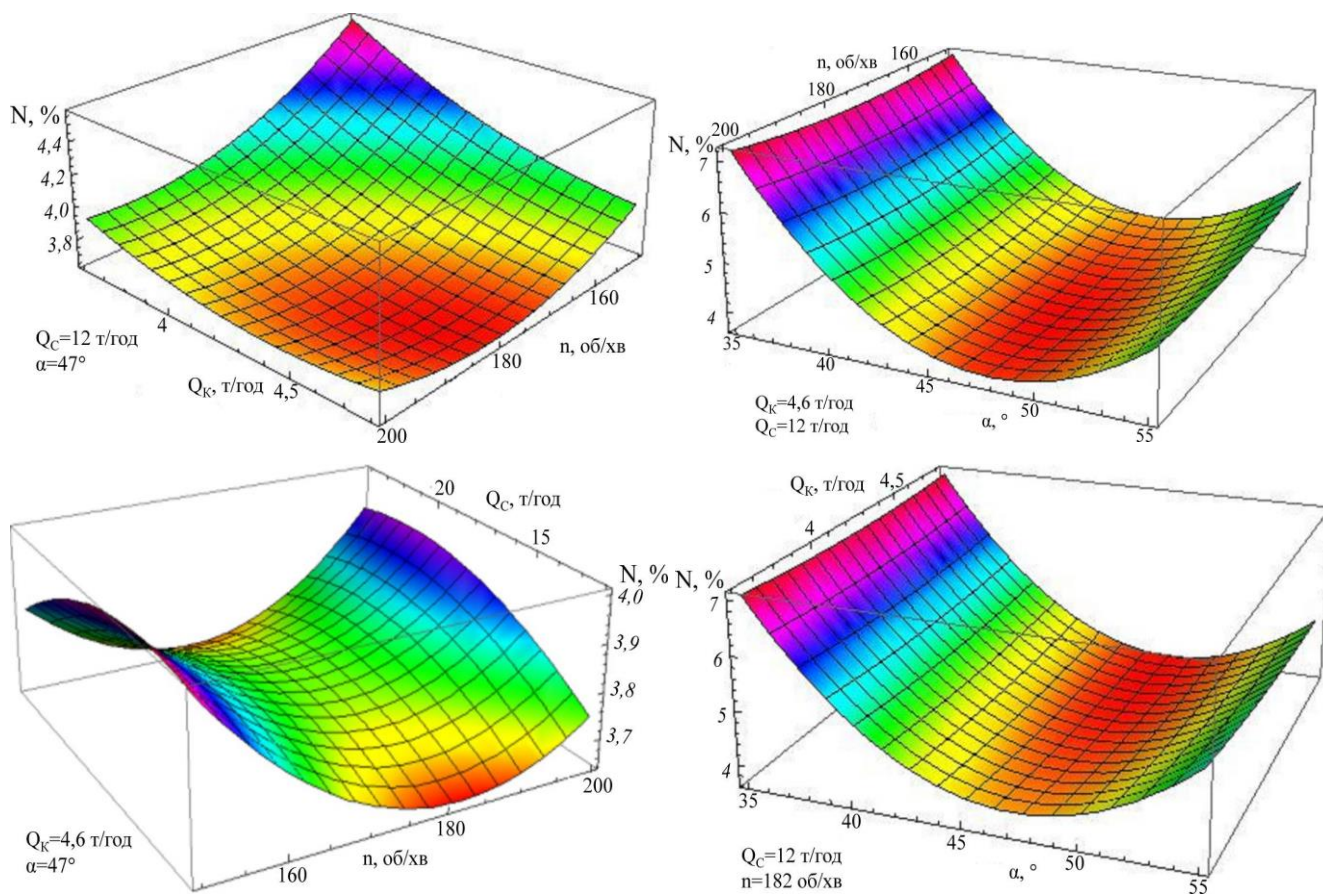


Рисунок 4.6 – Нерівномірність видачі кормосуміші

Фактори продуктивності подачі на змішування силосу та продуктивності подачі на змішування комбікорму в межах всього діапазону їх варіювання забезпечують низький показник нерівномірності видачі кормосуміші, при цьому найкраща нерівномірність видачі спостерігається на верхньому та нижньому рівні їхнього варіювання. Аналіз рівняння (4.9) за взаємодією досліджуваних факторів із графічною інтерпретацією (рис. 4.7) свідчать, що на енергоємність процесу змішування та видачі кормосуміші впливають всі вище зазначені фактори.

При цьому кут атаки лопатей змішувача має оптимум на всіх парних взаємодіях, а збільшення частоти обертів змішувача призводить до збільшення енергоємності.

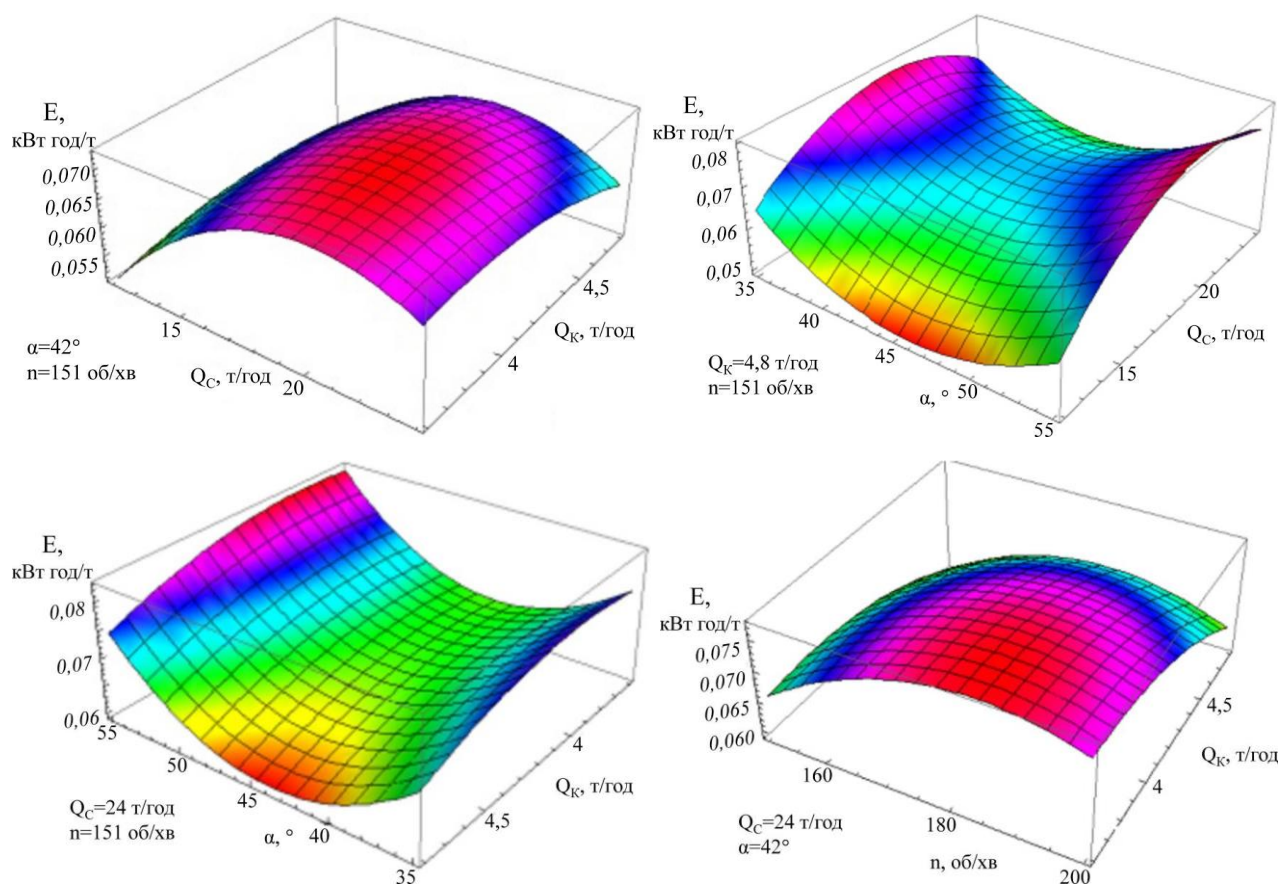


Рисунок 4.7 – Енергоємність процесу змішування та видачі кормосуміші

Слід відмітити, що взаємодія факторів продуктивності подачі на змішування силосу та продуктивності подачі на змішування комбікорму при збільшенні останнього призводить до зменшення енергоємності процесу змішування-видачі. А загалом розбіжність між найбільшою (0,097 кВт год/т) та найменшою (0,062 кВт год/т) величиною енергоємності дуже незначна, це поширює діапазон прийняття рішень щодо досліджуваних факторів за визначеним критерієм оптимізації.

4.3 Оптимізація результатів досліджень

Для визначення раціональних конструктивно-технологічних та режимних параметрів роботи змішувача-кормороздавача потокового типу необхідно вирішити компромісну задачу для прийнятих нами критеріїв оптимізації.

Виходячи з того, що енергоємність процесу знаходиться на низькому рівні, у порівнянні з існуючими змішувачами-кормороздавачами, при будь-якому

варіюванні досліджуваних факторів, то вирішення компромісної задачі будемо проводити для двох критеріїв оптимізації: однорідності кормосуміші та нерівномірності її видачі.

Виходячи з необхідності отримання кормосуміші з найвищою однорідністю та якомога нижчою нерівномірністю її видачі тваринам, отримуємо систему математичних нерівностей:

$$\begin{cases} \theta \rightarrow \max; \\ N \rightarrow \min. \end{cases} \quad (4.10)$$

Завдання компромісу розв'язували за допомогою програмного пакета Mathematica, у результаті чого було отримано оптимальні параметри досліджуваних факторів за всіма критеріями оптимізації: $n=199,4$ об/хв; $\alpha=47,3^\circ$; $Q_c=12$ т/год; $Q_k=3,6$ т/год.

4.4 Висновки з розділу

1 За результатами багатофакторного експерименту було отримано відповідну математичну модель впливу факторів, що розглядаються, на критерії оптимізації. У результаті розв'язання компромісної задачі було отримано оптимальні параметри для чинників, що розглядаються: частота обертання мішалки $n = 37,8$ об/хв; ширина вагової щілини $b = 23,34$ мм; висота маси, що завантажується, в бункері $H = 0,9$ м.

2 Згідно результатів досліджень визначено вплив досліджуваних факторів на процес змішування та видачі кормосуміші одновальним та двовальним лопатевим змішувачем. Встановлено діапазони варіювання факторів для проведення подальших теоретичних досліджень.

3 В ході багатофакторного експерименту були отримані математичні моделі другого порядку, які достовірно відображають процес приготування та видачі кормових сумішей для великої рогатої худоби. Аналіз цих математичних моделей та вирішення компромісної задачі дозволили визначити оптимальні параметри роботи мобільного змішувача-кормороздавача потокового типу.

4 Ці параметри включають в себе наступне: частота обертів $n = 199,4$ оборотів на хвилину; кут атаки $\alpha = 47,3$ градусів; продуктивність подачі стеблового корму $Q_c = 12$ тонн на годину; продуктивність подачі концкорму $Q_k = 3,6$ тонни на годину.

5 При використанні цих параметрів, однорідність кормосуміші досягає 91,68%, нерівномірність видачі складає 1,22%, а енергоефективність процесу становить 0,02 кВт година на тонну кормосуміші.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці при обслуговуванні та ремонті бункера-дозатора кормороздавача

До обслуговування і ремонту бункера допускаються тільки особи не молодше 18 років, які пройшли вступний і початковий інструктаж з охорони праці та мають відповідну кваліфікацію. Перш ніж приступити до самостійної роботи, працівник повинен пройти перевірку знань і навичок на робочому місці під керівництвом досвідченого керівника або керівників.

Працівники повинні дотримуватися правил підприємства і виконувати роботу тільки за вказівкою керівника робіт, не допускати на робоче місце сторонніх осіб і не передоручати роботу іншим особам.

Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту повинні відповідати умовам і характеру виконуваної роботи, бути неушкодженими і відповідати статурі працівника. Засоби індивідуального захисту повинні перебувати в справному і чистому стані, зберігатися в спеціально обладнаних місцях відповідно до санітарно-гігієнічних норм.

Забезпечити наявність і комплектність аптечок першої допомоги та інших засобів індивідуального захисту.

Працювати в хорошому фізичному стані, не під впливом алкоголю, наркотиків або ліків, не в стані хвороби або втоми.

Під час роботи можуть бути присутніми різні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, зокрема машини та механізми, що рухаються, підвищена запиленість, шум, високі або низькі температури, електробезпека, підвищена вологість.

До біологічних небезпечних/шкідливих виробничих факторів відносяться патогенні мікроорганізми і продукти їх життєдіяльності, а також потенційно небезпечні макроорганізми.

До психофізіологічних небезпечних виробничих факторів належать нервово-психічні та фізичні перевантаження.

Забороняється використання відкритого вогню для обігріву труб та інших предметів першої необхідності. Забороняється експлуатувати несправне обладнання і використовувати несправний інструмент.

При виконанні електрозварювальних робіт дотримуватися спеціальних інструкцій.

Дотримуватися правил пожежної безпеки, користуватися пожежною сигналізацією та засобами пожежогасіння.

Вимоги безпеки під час виконання роботи. Перед початком роботи надіньте спеціальний одяг. Для виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту на висоті (понад 1,5 м від підлоги) використовуйте драбину з майданчиком і поручнями не менше 1 м або переносну драбину з кутом нахилу сходинок не менше 60°. Не використовуйте для цієї мети труби, огорожі або інші механізми. Перед початком роботи завжди відключайте електропривод вагового бункера від мережі.

Для забезпечення достатнього освітлення робочої зони використовуйте загальне освітлення або переносні електричні лампи 36 В (12 В за певних умов). Перед початком робіт з ремонту або технічного обслуговування вагового бункера переконайтеся, що в робочій зоні немає тварин і птиці.

Переконайтеся, що робоча зона або зони не забруднені сторонніми предметами, мастилом, жиром, паливом, продуктами перероблення, грудками або землею, і за необхідності проведіть очищення.

Перед початком роботи переконайтеся в наявності води, мила і рушників у раковинах для рук. Під час роботи в приміщеннях, де утримуються хворі тварини, зверніть увагу на спеціальні вимоги з охорони праці та техніки безпеки для працівників, які працюють з такими тваринами. Переконайтеся в наявності та придатності засобів пожежогасіння.

Вимоги безпеки під час виконання роботи. Перед проведенням технічного обслуговування або ремонту вимкніть ваговий бункер. Встановіть у робочій зоні та на панелі керування бункером відповідні знаки безпеки та попередження.

Під час відкручування і закручування гвинтів зі шліцьовою головкою використовуйте відповідну викрутку з робочим перерізом, що відповідає розміру головки гвинта.

Під час роботи з розвідним ключем завжди щільно притискайте губки ключа до гайки і переміщайте ключ у напрямку повзуна ключа.

Переміщення важких вантажів має здійснюватися тільки під наглядом відповідальної особи, знайомої з вимогами безпеки. Перед початком роботи переконайтеся в справності всіх вантажопідіймальних механізмів, тросів, ланцюгів і канатів. Переконайтеся, що на всіх механізмах проставлена дата випробування і максимальна вантажопідйомність.

Встановити огорожі висотою 1 м навколо люків у підлозі та отворів для зняття вантажу.

Підйомні механізми повинні встановлюватися тільки на міцні балки з надійними опорами. Слідкуйте за тим, щоб підйомні механізми не прослизали, а троси і гаки не переміщалися разом із вантажем.

Підйом і опускання вантажу за допомогою лебідки слід виконувати повільно і без різких рухів. Не допускайте перебування людей під вантажем. Забезпечте огороження зони проведення робіт.

При горизонтальному переміщенні важких вантажів на роликах необхідно розчистити шлях, прибрати сторонні предмети і вирівняти шлях за допомогою міцних дощок. Підбирайте ролики однакового діаметра, рівні і достатньої довжини, щоб їхні кінці виступали за межі вантажу на 20-30 см.

Під час використання підйомно-транспортного обладнання не перевищуйте його вантажопідйомність, міцно закріплюйте вантаж на гаках і не залишайте його в піднятому стані.

Різати, гнути і виконувати інші роботи з трубами слід на землі, а не на підмостках, призначених для прокладання трубопроводів.

Після нагрівання довгих труб використовуйте підставки та охолоджуйте їх у спеціальних відрах з довгими ручками.

Перед з'єднанням фланців визначте місце розташування отворів за допомогою спеціального інструменту.

Якщо обладнання або трубопровід перебувають під напругою, відключіть його перед ремонтом.

Після ремонту випробуйте трубопровід, перевіривши манометр, усі органи управління і компоненти.

Під час проведення газоелектрозварювальних робіт ацетиленовий генератор і зварювальний трансформатор повинні розташовуватися поза територією ферми.

Забороняється зварювати конструкції та обладнання, що перебувають під тиском, під напругою, містять легкозаймисті або горючі матеріали, а також свіжопофарбовані.

Захищайте зварювальні кабелі від пошкоджень гумовими шлангами, а там, де можливі механічні пошкодження, використовуйте металеві або дерев'яні коробки.

Під час проведення вогнебезпечних робіт захистіть конструкції та перекриття в радіусі 5 м металевими пластинами.

Електроди, що залишилися, зберіть у металевий ящик з азбестовою прокладкою на дні.

Відразу після закінчення зварювальних робіт відключіть трансформатор або обладнання постійного струму.

Працюйте в робочій зоні з правильно встановленими захисними і блокувальними пристроями, у справному стані і з достатнім освітленням.

Уникайте контакту з рухомими механізмами та рухомими частинами обладнання.

Тримайте сторонні предмети та інструменти подалі від обладнання, що рухається.

Перед поверненням вагового бункера в експлуатацію після технічного обслуговування або ремонту переконайтеся, що в зоні роботи обладнання немає співробітників.

У разі погіршення самопочуття негайно припиніть роботу, зверніться до лікаря і повідомте про це свого керівника.

Вимоги безпеки після закінчення роботи. Після закінчення робіт приберіть інструменти, обладнання та апаратуру.

Ретельно огляньте зону, де проводилися ремонтні або профілактичні роботи, і видаліть усі трубні та металеві відходи або залишки.

Переконайтеся, що в механізмі вагового бункера не залишилося сторонніх предметів.

Якщо робочий одяг забруднений мастилом, уникайте знаходження поблизу відкритого вогню або куріння.

Очищайте засоби індивідуального захисту від пилу та інших забруднень і зберігайте їх у безпечному місці.

Після закінчення робочого дня повідомляти керівника про всі неполадки в роботі механізму вагового бункера, обладнання або інструменту.

5.2 Забезпечення електробезпеки при ремонті та обслуговуванні бункера-дозатора

Перед початком робіт на ваговому бункері необхідно вжити таких заходів
Відключити і вжити заходів, що унеможливають випадкове увімкнення електроживлення робочого місця через розподільний пристрій.

Прикріпити на привід ручного керування і клавішу дистанційного керування розподільного пристрою таблички "Не вмикати, працює людина" або "Не вмикати - робота на лінії".

Переконайтеся, що дроти, які перебувають під напругою, знеструмлені.

За необхідності перевірте заземлення або увімкніть заземлювальний ніж.

Захистіть робочі зони та рухомі частини, які ще перебувають під напругою, і за необхідності подайте команду "Стоп! НЕБЕЗПЕЧНО!" знак.

Повідомте відповідального за об'єкт про початок і закінчення робіт для забезпечення безпечної зупинки технічного процесу.

За необхідності припиніть рух транспортних засобів територією об'єкта.

Переконайтеся, що в робочій зоні немає сторонніх осіб.

Виконати всі технічні заходи, необхідні для безпечного виконання робіт, передбачених інструкціями або наказами.

Завжди пам'ятайте про те, що в процесі роботи на активну зону може бути повторно подана напруга.

Переконайтеся в наявності встановлених заземлень, огорожень, плакатів, знаків безпеки і блокувальних пристроїв.

Вхід у робочу зону стороннім особам заборонений.

У процесі роботи оператор повинен

Переконаватися, що робоча зона відповідає вимогам інструкцій або наказів.

Інструктувати членів бригади, роз'яснювати їм прийоми роботи і заходи безпеки.

Перевіряти справність інструменту, обладнання та засобів захисту.

Контролювати безпеку членів бригади на робочому місці, а також заземлення, огороження і засоби захисту, встановлені на робочому місці.

Перед запуском тимчасово відключеного устаткування переконаватися в готовності устаткування до приймання напруги і повідомити обслуговуючий персонал про плановане ввімкнення.

Переконайтеся, що двері щита бункера-дозатора зачинені та замкнені, за винятком випадків, коли ведуться роботи або проводиться технічне обслуговування.

Використовуйте безпечні методи роботи, справні електрозахисні пристрої, обладнання та інструмент.

Під час обертання або зачищення колектора або кільця електродвигуна використовуйте засоби захисту очей.

У розподільному щиті і на панелі розподільного щита вагового бункера повинні працювати не менше двох співробітників.

Роботи на розподільних щитах і в збірках на колах електродвигунів нижче 1000 В можуть проводитися без наряду-допуску і з дозволу керівника робіт.

Якщо роботи проводяться без заземлення, використовуйте додаткові засоби, що унеможливають ненавмисне подавання напруги, наприклад, механічні блокування або ізолювальні пристрої.

Вивішувати таблички "Не вмикати, працює людина" на всьому обладнанні, яке може опинитися під напругою.

Замінюйте перегорілі запобіжники або запобіжники після відключення. Замінюйте запобіжники під напругою у відповідних захисних умовах.

Під час проведення вимірювань завжди надягайте діелектричні рукавички та дотримуйтесь вимог безпеки під час проведення вимірювань.

Не нахиляйте корпус над зчитувальним пристроєм під час роботи.

Тримайте кліщі навісними руками і не спирайтеся на струмопровідні предмети.

Не перевіряйте напругу дотиком.

Під час огляду повітряних ліній не торкайтеся пошкоджених проводів, не лягайте на заземлені дроти і не наближайтеся до них ближче 5 м.

У разі виявлення обірваного проводу негайно вживіть заходів щодо його відключення та огороджуйте місце, де знаходиться провід.

Не працюйте з електрообладнанням вагового бункера в темний час доби.

Під час грози або зливи роботи на електричних лініях або підстанціях повинні бути припинені.

Забороняється працювати із зовнішнім електрообладнанням під час дощу або туману.

Для забезпечення безпеки під час роботи з електрообладнанням рекомендується дотримуватися цих інструкцій.

5.3 Висновки з розділу

Показано основні етапи охорони праці при технічному обслуговуванні та ремонті бункерів-дозаторів. Розглянуто питання забезпечення електробезпеки під час ремонту та обслуговування бункерів-дозаторів..

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗМІШУВАЧА- КОРМОРОЗДАВАЧА

6.1 Постановка задачі

Економічна ефективність від використання пропонованого змішувача-кормороздавача потокового типу була розрахована у порівнянні з аналогом, за який прийнято змішувач-кормороздавач фірми «Siloking». Порівняння було проведено для змішувачів-кормороздавачів з місткістю бункера 6 м³. Розрахунки проводились для ферми на 100 корів з продуктивністю 6500 кг. молока на рік та сінажним раціоном годівлі.

Розрахунок показників економічної ефективності використання змішувачів-живильників проточного типу проводили відповідно до українського галузевого стандарту ДСТУ 4397-2005 [38] і на підставі результатів експериментальних досліджень.

6.2 Методика розрахунку

Річний економічний ефект (ЕЕ) розраховували як різницю між приведеною вартістю варіантів:

$$E_p = (I_{\delta} - I_n)B_z, \quad (6.1)$$

Зональний річний обсяг наробітку новою машиною розраховувався за формулою:

$$B_z = W_{ек} T_z, \quad (6.2)$$

Річний прибуток від експлуатації нової машини визначався за виразом

$$O = (I_{\delta} - I_n)B_z, \quad (6.3)$$

Лімітна ціна (галузева) складає:

$$C_l = \left(\frac{E_p}{a_n + E_n} + B_n \right) \frac{1}{k_{\delta}} \delta, \quad (6.4)$$

Балансова вартість машини обчислювалась за виразом

$$B = \Pi_m k_{\delta}, \quad (6.5)$$

Коефіцієнт ефективності інвестиційних вкладень розраховувався за формулою

$$E_n = \frac{C_{\delta}}{100}, \quad (6.6)$$

Сукупні витрати обчислювались за наступною формулою

$$\Pi = I + KE_n, \quad (6.7)$$

Прямі експлуатаційні витрати

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi + M, \quad (6.8)$$

Затрати на оплату праці

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_i t_i r_i k_{\delta} n_i}{W_{zm}}, \quad (6.9)$$

Затрати коштів на паливно-мастильні матеріали та електроенергію

$$\Gamma = qk_n \Pi_n, \quad (6.10)$$

Затрати на капітальний, поточний ремонт і технічне обслуговування

$$P = \frac{B(r_m + r_k)}{W_{ек} T_n}, \quad (6.11)$$

Затрати на амортизацію машини

$$A = \frac{Ba}{W_{zm} T_z}, \quad (6.12)$$

Витрати на допоміжні матеріали

$$\Phi = \sum_{i=1}^n h_i \Pi_{mi}, \quad (6.13)$$

Витрати на зберігання, страхування та встановлення машини

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{ni} r_i n_i + \Pi_{\delta} + S_{zcm}}{W_{ек} T_z}, \quad (6.14)$$

Питомі інвестиційні вкладення

$$K = \frac{B + K_{\text{бюд}}}{B_3}, \quad (6.15)$$

6.3 Результати розрахунку

Результати розрахунку економічних показників та економічної ефективності наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Показники економічної ефективності використання змішувача-кормороздавача потокового типу

Показники	Базовий варіант	Новий варіант
	Siloking місткістю 6 м ³	Змішувач-кормороздавач потокового типу місткістю 6 м ³
Оплата праці обслуговуючого персоналу, грн.	17584,88	17584,88
Амортизаційні витрати, грн	18857,1	4242,86
Витрати на поточний ремонт, грн	1253,1	281,95
Витрати на ПММ, грн.	13712,2	8036,4
Прямі експлуатаційні витрати, грн.	51407,3	30146,1
Приведені витрати, грн.	157007,3	53906,1
Річний економічний ефект, грн.	-	29189,5

6.4 Висновки з розділу

З таблиці 6.1 видно, що використання запропонованого змішувача-кормороздавача потокового типу на молочнотоварній фермі на 100 корів з продуктивністю 6500 кг. молока на рік та сінажним раціоном годівлі дає можливість отримати річний економічний ефект у розмірі 29189,5 грн.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що годівля тварин збалансованими кормовими сумішами протягом всього року призводить до підвищення надоїв молока та збільшення приростів живої ваги телят на відгодівлі. При чому, зі збільшенням однорідності приготованих кормових сумішей з 80% до 95% спостерігається підвищення надоїв на 0,325 кг за добу (для високопродуктивних порід корів). Проведено аналіз існуючих технологічних та технічних рішень питання годівлі ВРХ. Виявлено, що потоковий тип змішування має беззаперечні переваги у порівнянні з порційним. Його використання дозволить зменшити енергоємність та підвищити якість процесу приготування та роздавання кормосумішей. Проте існуючі технічні засоби, призначені для цього, базуються саме на порційному змішуванні. Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему змішувача-кормороздавача потокового типу на базі найбільш розповсюдженого та універсального технічного засобу типу КТУ-10А.

2. Розроблено фізико-математичну модель процесу потокового змішування комбікормів методом дискретних елементів у програмі Star CCM+. За допомогою моделі було отримано залежність концентрації силосу в комбікормі та його однорідності від різних зон поточного змішувача. Ці залежності дають змогу визначити оптимальне положення розвантажувального вікна дозатора-банкіра для концентрованих кормів.

3. Були встановлені оптимальні конструктивно-технологічні параметри мобільного змішувача-кормороздавача, при яких однорідність кормосуміші досягає найвищого рівня (94,36 %). Ці параметри включають в себе частоту обертів змішувача – 187,7 обертів на хвилину; кут атаки лопатей змішувача – 51,9 градусів; продуктивність подачі стеблового корму – 21,7 тонн на годину; продуктивність подачі концкорму – 4,32 тонни на годину.

4. За результатами багатофакторних експериментів було отримано відповідну математичну модель впливу досліджуваних факторів на критерій оптимізації. У результаті розв'язання компромісної задачі було отримано

оптимальні параметри досліджуваних чинників: частота обертання мішалки $n = 37,8$ об/хв, ширина вагової щілини $b = 23,34$ мм, висота маси, що завантажується, у бункері $H = 0,9$ м. Результати дослідження засвідчили, що процеси змішування та дозування комбікормів одно- і двовальними лопатевими змішувачами з Визначено вплив досліджуваних факторів. Встановлено діапазон варіювання факторів для подальших теоретичних досліджень.

5. В ході багатофакторного експерименту були отримані математичні моделі другого порядку, які достовірно відображають процес приготування та видачі кормових сумішей для великої рогатої худоби. Аналіз цих математичних моделей та вирішення компромісної задачі дозволили визначити оптимальні параметри роботи мобільного змішувача-кормороздавача потокового типу. Ці параметри включають в себе наступне: частота обертів $n = 199,4$ оборотів на хвилину; кут атаки $\alpha = 47,3$ градусів; продуктивність подачі стеблового корму $Q_c = 12$ тонн на годину; продуктивність подачі концкорму $Q_k = 3,6$ тонни на годину. При використанні цих параметрів, однорідність кормосуміші досягає 91,68%, нерівномірність видачі складає 1,22%, а енергоефективність процесу становить 0,02 кВт година на тонну кормосуміші.

6. Використання запропонованого змішувача-кормороздавача потокового типу на молочнотоварній фермі на 100 корів з продуктивністю 6500 кг. молока на рік та сінажним раціоном годівлі дає можливість отримати річний економічний ефект у розмірі 29189,5 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Д. Геремезов (ФирмаМайерМашиненбауГмбх, Германия), В. Шейченко, зав. відділу (УкрНИИПИТим. Л. Погорелого) "Применение кормораздатчиков-смесителей – залог повышения продуктивности крупного рогатого скота" / журнал Техніка АПК. – 2006. №4. – С. 16-18.
2. В. Смоляр, пров. наук. спів роб., канд. с.-г. наук, С. Постельга, зав. лабораторії, Л. Кириченко, пров. зоотехнік, Ю. Калітинський, інж. (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого) "Фермський комбайн – універсальний технічний засіб" / журнал Техніка АПК. – 2007. №10. – С. 20-21.
3. С.В. Рыжов. Заслуженный инженер сельского хозяйства России, ведущий специалист Россельхозакадемии «Современные измельчители-смесители-раздатчики кормов» / журнал Техника и оборудование для села. – 2004. Июль. – С. 24-27.
4. Національний проект "Відроджене скотарство" / Міністерство аграрної політики та продовольства України, Національна академія аграрних наук України // [Текст, таблиці, додатки]. – К.: ДІА, 2011. – 44 с.
5. Синещиков А. Д. Биология питания сельскохозяйственных животных / А. Д. Синещиков – М. : Колос, 1965.
6. Латвиетис Я. Преимущество детализированных норм кормления / Я. Латвиетис, Л. Каркла // Молочное и мясное скотоводство. – 1978. – № 3. – С. 28-29.
7. Солощенко В. А. Кормосмеси при интенсивном выращивании молодняка на мясо / А. В. Солощенко // Бюллетень НТИ СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1975. – Вып. 9.
8. Беляевский В. Эффективность кормления коров полнорационными кормосмесями // В. Беляевский, В. Скоркин / Молочное и мясное скотоводство. – 1972. – № 3.
9. Калашников А. П. Проблемы полноценного кормления сельскохозяйственных животных в условиях промышленной технологии. Научные

основы комплексного кормления сельскохозяйственных животных / А. П. Калашников // Сб научн. тр. ВАСХНИЛ. М. : Агропромиздат, 1986.

10. Омеляненко А. А. Пути повышения эффективности производства молока на промышленной основе / А. А. Омеляненко // Повышение эффективности производства молока на фермах и комплексах. – Тарту, 1980.

11. Черкун В. Я. Экономическая эффективность приготовления кормосмесей свинопоголовью / В. Я. Черкун, В. В. Лиходед // Научн.-техн. бюл. по мех. и электр. животноводства. – Запорожье, ЦНИПТИМЭЖ, 1984. – Вып. 20.

12. Черкун В. Я. Оценка различных технологий приготовления кормов на молочных фермах / В. Я. Черкун, Н. А. Семиков // Научн.-техн. бюл. по мех. и электр. животноводства. – Запорожье, ЦНИПТИМЭЖ, 1974. – Вып. 2.

13. Крылов В. М. Полноценное кормление коров / В. М. Крылов, Л. И. Зинченко, А. И. Толстов – Л. : Агропромиздат, 1987. – 159 с.

14. Аборнев М. А. Использование полнорационных кормовых смесей в кормлении коров / М. А. Аборнев, А. И. Король // Труды Алт.НИПТИЖ. – Барнаул, 1975 – Т.1. – С. 108-115.

15. Пасечник Т. И. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота грубых и сочных кормов в виде однородной измельченной смеси / Т. И. Пасечник, В. К. Серганов, В. М. Мащенко // Научно-технический бюлетьень. – Харьков, 1973. – Вып. 8 – С.27-32.

16. Батрудинов Р. Э. Влияние полноценных кормовых смесей на процессы пищеварения в рубце и продуктивность молодняка крупного рогатого скота. : автореф. дис. канд. с.-х. наук / Р. Э. Батрудинов. – Омск, 1974. – 19 с.

17. Синешиков А. Д. Эффективное использование кормов / А. Д. Синешиков – М. : Колос, 1967.

18. Клейменов Н. И. Факторы, определяющие усвоение корма / Н. И. Клейменов, Н. Н. Забоганов // Животноводство. – 1979. – № 11.

19. Nelson M. et. al. Ammoniated cobs for growing // Beef cattle report. – 1980.

20. Velebul M. Methods and mechanical equipment for increasing the nutritive value of straw. – New York. – 1981.

21. Terashima V. et. al. Nutritive value of ammoniated and oxidized-ammoniated rice atraw for sheep / V. Terashima // Japan J. Zootechn. Sc. – 1981.

22. Конопелькин А.Ф., Вороневский СИ. Механизация кормления крупного рогатого скота. - М.: Агропромиздат, 1985. - 239 с.

23. Резник Е.И., Алябьев Е.В. Механизация приготовления кормов на животноводческих фермах и комплексах. Обзорн. информ. - М., 1983.

24. Резник Е.И. Малым фермам - современную кормоприготовитель-ную технику. Тракторы и сельхозмашины. - 1986. №8. с. 31-37.

25. Резник Е.И., Рыжов СВ. Развитие зарубежной техники для заготов-ки, приготовления и раздачи кормов. Тракторы и сельхозмашины. - 1987. №1. с. 52-58.

26. Морозов Н.И. Экономическая эффективность комплексной механизации животноводства. - М.: Россельхозиздат. 1986. - 224 с.

27. Булавин С.А., Ужик В.Ф., Воронцов И.И. Мобильный кормоприго-товительный агрегат для малых ферм. Механизация и электрофикация сель-ского хозяйства. 1989. №1. с. 31-32.

28. Резник Е.И. Кормоцехи на фермах. - М.: Россельхозиздат. 1980. -181с.

29. Офіційний сайт компанії Peeson (Нідерланди) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.peeson.com>.

30. Офіційний сайт компанії BvL (Німеччина) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.bvl-group.de>.

31. Офіційний сайт компанії Sgariboldi (Італія) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://sgariboldi.it/site>.

32. Офіційний сайт групи компаній «Запагромаш» (Мінськ, Білорусь) та «Интех» (Смоленськ, Росія) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zapagro.ru>.

33. Офіційний сайт компанії SEKO (Італія) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.sekospa.com/it/division>.

34. Алешкин В. Р. Механизация животноводства / В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Москва, «Колосс», 1993. – 317 с.

35. Гейфман В. П. Экспериментальные исследования смесителей кормов непрерывного действия / В. П. Гейфман, Г. М. Кукта, В. Л. Гринберг // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1977. Вып. 39. – С. 17-22.

36. Фурса И. И. Про точність визначення однорідності кормових сумішей методом роздільної ознаки / И. И. Фурса // Механізація і електрифікація сільського господарства. 1969. Вып. 13. – С. 45-48.

37. Фурса И. И. Оценка качества смешивания кормов / И. И. Фурса // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1978. Вып. 43. – С. 50-56.

38. ДСТУ 4397 : 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 16 с.

39. Воронцов С. И. Новая технология приготовления и раздачи кормосмеси мобильными агрегатами / С. И. Воронцов, И. И. Воронцов // Сборник трудов: Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности. – Санкт-Петербург, 2008. – Т.12. – С. 346-350.

40. Воронцов С. И. Совершенствование процесса приготовления и раздачи кормосмеси животным / С. И. Воронцов // Сборник научных трудов. Кормопроизводство. Кормление сельскохозяйственных животных.– Брянск. : БГСХА, 2008. – Ч. 3. – 152 С.

41. Dornheim F. Durchlaufmischer GM für die herstellung von futtermischungen mit anteil von stroh und anderen / F. Dornheim // Agrartechnik (Berlin), 1980. – Jg.29, H.7. – S.288-291.

42. Fehlaner M. Und kleinemischer zur herstellung von versuchsmischungen / M. Fehlaner, H. Fuchs // Agrartechnik (Berlin), 1986. – Jg.36, H.5. – S.232-233.

43. Koallick M. Möglichkeiten und grenzen mobiler verfahren der futtermittelverteilung in der rinderproduktion / M. Koallick // Agrartechnik (Berlin). – Jg.29, H.7. – S.288-291.

44. Kruger I. Untersuchungsergebnisse beim dosieren von zwei komponenten mit schnecken / I. Kruger // Agrartechnik (Berlin), 1980. – Jg.30, H.4. – S.159-161.
45. Liepe M. Paddelwellenmischer des einfache mechanisierungsmittel zum kontinnierlichen mischen / M. Liepe // Agrartechnik (Berlin), 1986. – Jg.36, H.7. – S.323-325.
46. Weber M. Optimierung der Anzahl der Gro7b0 futterdosierer in Milchproduktionsaulagen / M. Weber // Agrartechnik (Berlin), 1987. – Jg.37, H.2. – S.53-54.
47. Hojechsytz D. Porberg Rotating mixers. Profi magazin fur agrartechnik (Berlin), 2001. – №2.
48. Fehlauer M. Hinweise zur entwicklung und zum betrieb von futtermischen. Agrartechnik (Berlin), 1990. – Jg. 9 – S. 398-400.
49. Gerighausen H. G. Mischgualitat keine Frage des Systems. Profi magazin fur agrartechnik (Berlin), 2000. – Jg. 3 – S. 264-269.
50. Paddewellen M. Mischer ais einfache mechanisierungsmittel zum kontinuierlichen mischen. Agrartechnik (Berlin), 1990. – Jg. 12 – S. 323-325.
51. Pirkelmann H. Einmaleins der Technik. Agrar Praxis. (Berlin), 1984. – № 7 – S. 40-42.
52. Underwood E. J. Trace elements in human and animal nutrition / E. J. Underwood // New York: Academic Press, 1977. – 4 th. ed. – P. 505-509.
53. Valentin F. H. Mixing of powderis and porticulate solids / F. H. Valentin // Chem and procest Enging., 1975. – Vol.46. 4 – P. 42-48.
54. Valchar J. Theoretical analysis in a multi-stage fluid bed reactors / J. Valchar // Brit chem Enging., 1965. – Vol.10. 8.
55. Acroff R. L. Fundamentals of operation research [Text] / R. L. Acroff, M. W. Sasieni // London, 1968. – P. 3-20.
56. Cool W. M. Effect clinoptilolite an swine nutrition [Text] / W. M.Cool, J. M. Willard //Natr.reports international, 1982. Vol.26. – N 5. – P. 759-764.
57. Ashton M. D. The mixing of powdess and partrcules in industrial mixess / M. D. Ashton, F. H. Valentin // Thrans, Instn, Chem Engug., 1976. – Vol.44.