

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление подготовки 35.04.06 «Агроинженерия»

Магистерская программа: Техника и технологии в агробизнесе

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Магистерская диссертация)

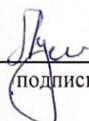
Тема: **РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТОЧНО-СПИРАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ**

Студента группы М221-02



Захаров М.В.
Ф.И.О.

Руководитель доцент
ученое звание



Лушнов М.А.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 10 от «29» _мая 2024 г.)

Зав. кафедрой доцент
ученое звание



Халлиулин Д.Т.
Ф.И.О.

Казань – 2024 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление подготовки 35.04.06 «Агроинженерия»

Магистерская программа: Техника и технологии в агробизнесе

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Магистерская диссертация)

Тема: РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТОЧНО-СПИРАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

Студента группы М221-02

подпись

Захаров М.В.
Ф.И.О.

Руководитель

доцент
ученое звание

подпись

Лушнов М.А.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 10 от «29» _мая 2024 г.)

Зав. кафедрой

доцент
ученое звание

подпись

Халлиулин Д.Т.
Ф.И.О.

Казань – 2024 г.

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Захарова Максима Валерьевича на тему: Разработка и обоснование параметров ленточно-спирального смесителя кормов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке и обоснованию параметров ленточно-спирального смесителя кормов. В работе рассматривается актуальность проблемы обеспечения высокого качества смешивания кормовых компонентов для животных, особенности работы ленточно-спирального смесителя, методы расчета и выбора его параметров. Также проводится анализ результатов экспериментальных исследований по оптимизации работы смесителя и обоснование выбранных параметров. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности процесса смешивания кормов и улучшения качества готовой продукции.

ВКР представляет собой пояснительную записку на 69 листах машинописного текста.

Пояснительная записка содержит: введение, пять разделов, вывод и включает себя 19 рисунков, 7 графиков, 5 таблиц. Список использованной литературы содержит 44 наименований.

ABSTRACT

To the graduate qualification work of Zakharov Maxim Valerievich on the topic: Development and justification of parameters of belt-spiral mixer of forages

The graduate qualification work is devoted to the development and justification of parameters of the belt-spiral mixer of forages. The paper considers the relevance of the problem of providing high quality mixing of feed components for animals, the features of the belt-spiral mixer, methods of calculation and selection of its parameters. The analysis of the results of experimental studies on optimization of the mixer operation and justification of the selected parameters is also carried out. The obtained results can be used to increase the efficiency of the process of mixing feed and improve the quality of finished products.

This work is an explanatory note on 69 sheets of typewritten text.

Explanatory note contains: introduction, five sections, conclusion and includes 19 figures, 7 graphs, 5 tables. The list of used literature contains 44 titles.

Оглавление

Введение	6
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	7
1.1 Технологические основы смешивания	8
1.2. Анализ существующих конструкций смесителей	9
1.3 Анализ теоретических исследований смешивания кормов	23
1.4 Выводы по главе. Цель и задачи исследования.	27
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕНТОЧНО-СПИРАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ	28
2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы ленточно- спирального смесителя кормов	28
2.2 Теоретическое обоснование производительности ленточно-спирального смесителя	32
2.3 Теоретическое обоснование однородности смешивания	36
2.4 Технологический и конструктивный расчет	37
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	38
3.1 Программа экспериментальных исследований	38
3.2 Методика экспериментальных исследований	38
3.2.2 Методика исследования производительности ленточно-спирального смесителя кормов	39
3.2.3 Методика определения качества смешивания	42
3.3.3 Методика определения погрешностей измерений	43
4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ	45

4.1 Результаты исследования определения производительности спирально-ленточного смесителя кормов	45
4.2 Результаты исследования определения качества смешивания спирально-ленточного смесителя кормов	47
5.ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЛЕНТОЧНО-СПИРАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ.....	51
5.1 Сравнительная оценка разработанного смесителя с аналогом	51
5.2 Расчет экономической эффективности внедрения ленточно-спирального смесителя кормов в технологическую линию	54
ВЫВОДЫ.....	59
Литература.....	61
Приложение А	67
Приложение Б.....	69

Введение

Актуальность. Перед современной сельскохозяйственной отраслью стоит важнейшая задача по обеспечению высококачественной продукцией животноводства для удовлетворения потребностей населения. Для достижения этой цели необходимо непрерывное и интенсивное развитие отрасли, а также улучшение продовольственного обеспечения. Рациональное использование кормов, в том числе смешивание высококачественных ингредиентов и кормление животных в подготовленном виде, является ключом к увеличению поставок кормов. Однако существующие смесительные устройства не всегда могут обеспечить оптимальное качество смешивания из-за различных факторов, таких как энергоемкость, конструкция и технические характеристики. Поэтому возникает необходимость совершенствования конструкции смесителя путем изменения формы рабочего органа для повышения эффективности при минимизации ресурсных и энергетических затрат. Данное исследование посвящено разработке ленточно-спирального кормосмесителя со спирально-ленточным рабочим элементом, сравнению его эффективности с другими кормосмесителями для обоснования создания новой сельскохозяйственной техники для приготовления кормов.

Цель исследования. Обоснование параметров ленточно-спирального смесителя кормов.

Задачи исследования.

1. Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров ленточно-спирального смесителя кормов.
2. Изготовить ленточно-спиральный смеситель кормов и провести экспериментальные исследования
3. Дать технико-экономическую оценку ленточно-спирального смесителя кормов.

Объект исследования. Ленточно-спиральный смеситель кормов и технологии смешивания кормов

Предмет исследования. Закономерности, связывающие конструктивно-технологические параметры смесителя с показателями качества, производительности, характеризующим приготавливаемую смесь.

Апробация работы. Уровень достоверности научных выводов подтверждается путем сравнительного анализа разработанного ленточно-спирального смесителя, согласованием результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также использованием современных методов и инструментов для обработки результатов экспериментов.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Казанского ГАУ 2022 – 2024 г, опубликованы в 4 научных работах.

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Технологические основы смешивания

Смешивание кормов - это процесс комбинирования различных ингредиентов, таких как зерна, белковые и минеральные добавки, витамины и прочие компоненты, для создания однородного корма для животных. Как правило, смешивание проводится с целью обеспечить баланс питательных веществ и максимальную усвояемость корма.

Вот несколько технологических основ смешивания кормов:

Измельчение: сырье может быть измельчено до желаемого размера с помощью дробилок или молотковых мельниц. Это улучшает усвояемость корма и облегчает смешивание.

Дозирование: каждый ингредиент должен быть точно измерен и дозирован перед добавлением в смеситель. Это обеспечивает правильное соотношение питательных веществ в конечном корме.

Смешивание: измеренные ингредиенты затем помещаются в смеситель, где происходит их тщательное смешивание. Обычно используются горизонтальные или вертикальные смесители, которые обеспечивают равномерное распределение ингредиентов.

Обработка: в некоторых случаях, перед смешиванием, ингредиенты могут быть подвергнуты дополнительной обработке. Например, зерно может быть предварительно обработано теплом или обработано ферментами для улучшения его усвояемости.

Упаковка и хранение: после смешивания, корм может быть упакован в подходящую тару, такую как мешки или биг-бэги, и хранится в соответствующих условиях для сохранения свежести и качества.

Важно отметить, что точный процесс смешивания кормов может варьироваться в зависимости от типа животных, для которых предназначен корм, и требуемого состава. Рекомендуется следовать инструкциям

производителя и регулярно проводить анализ корма для обеспечения его качества и соответствия питательным потребностям животных.

1.2. Анализ существующих конструкций смесителей

Ленточно-спиральные смесители кормов являются одним из наиболее распространенных типов смесителей, используемых в производстве кормов. Они обеспечивают эффективное и равномерное смешивание различных ингредиентов, обеспечивая высокую производительность и качество корма.

Вот некоторые характеристики и преимущества ленточно-спиральных смесителей кормов:

Непрерывное смешивание: Ленточно-спиральные смесители работают в непрерывном режиме, что означает, что они способны обеспечивать постоянную подачу смеси кормов. Это особенно полезно в случае высоких объемов производства.

Равномерное распределение: Смесители такого типа оснащены специальными ленточными или спиральными лопастями, которые обеспечивают равномерное перемешивание ингредиентов. Это помогает предотвратить образование грудков и обеспечивает высокую однородность корма.

Высокая производительность: Ленточно-спиральные смесители обладают высокой производительностью и могут обрабатывать большие объемы сырья за короткие промежутки времени. Это позволяет сократить время и затраты на производство корма.

Гибкость: Смесители данного типа обладают возможностью регулировки скорости вращения лопастей, что позволяет контролировать интенсивность смешивания. Также, они могут быть настроены и адаптированы под различные типы кормов и требования производства.

Удобство обслуживания: Ленточно-спиральные смесители обладают простой конструкцией и легко обслуживаются и очищаются. Это позволяет уменьшить время простоя и обеспечить более эффективную эксплуатацию оборудования.

Однако, стоит отметить, что выбор конкретной конструкции и модели ленточно-спирального смесителя должен осуществляться с учетом особенностей производства, требований качества корма и других факторов. В настоящее время смесители, используемые для подготовки кормовых смесей, можно классифицировать следующим образом:

1. По характеру процесса различают смесители:
 - порционного (периодического) действия

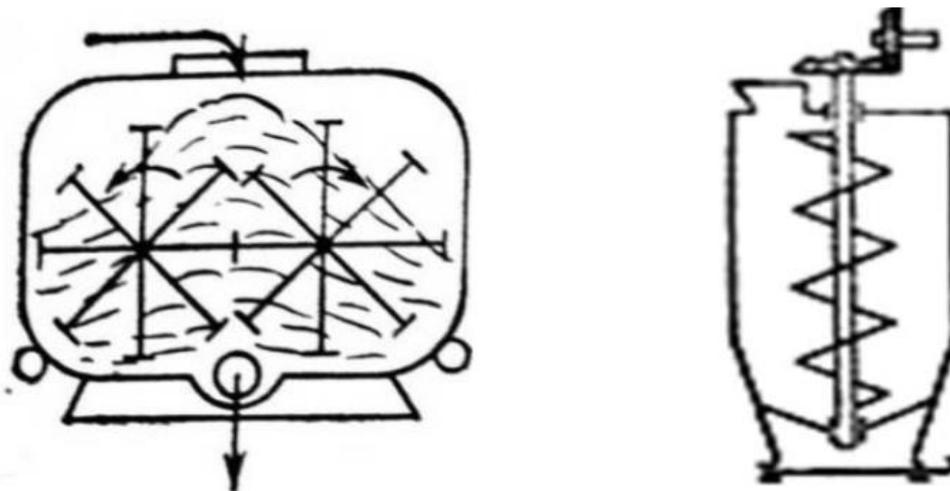


Рисунок 1.1 – Кормосмесители порционного действия

- постоянного действия

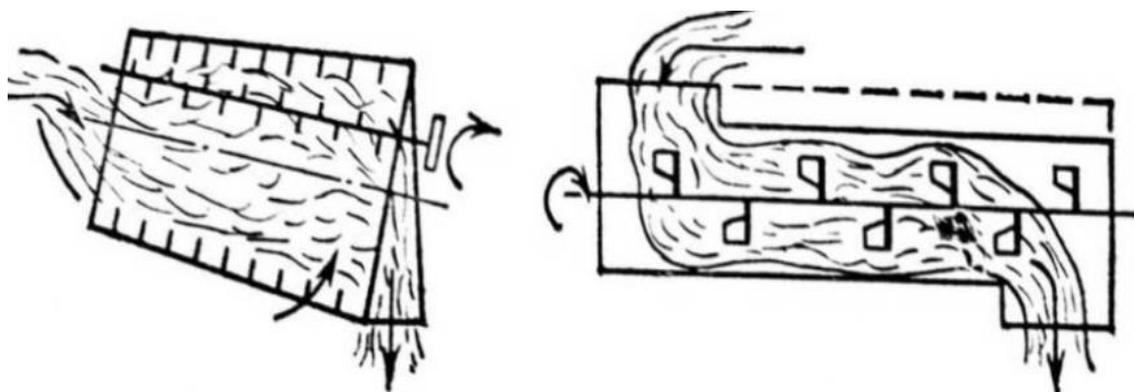


Рисунок 1.2 – Кормосмесители постоянного действия

Смесители могут быть специально адаптированы для работы с различными видами кормовых составляющих. Например:

1. Смесители для приготовления сухих сыпучих кормов (комбикормов) обычно имеют специальные мешалки и системы подачи, которые обеспечивают хорошее перемешивание и равномерное распределение сыпучих ингредиентов.

2. Смесители для рассыпных влажных кормов также могут иметь специальные функции, например, управление влажностью или температурой кормов, чтобы обеспечить оптимальные условия для смешивания.

3. Смесители для жидких (консистентных) кормов обычно оснащены соответствующими насадками и системами дозирования, позволяющими точно измерять и смешивать жидкие компоненты.

Каждый тип смесителя имеет свои особенности и преимущества, которые могут быть важны при выборе оборудования для конкретного производства кормовых смесей.

По конструкции рабочих органов (мешалок) применяют смесители:

— для сыпучих кормов



Рисунок 1.3 – Виды смесителей для сыпучих кормов

Смесители для жидких кормов:

— для рассыпных влажных (стебельных) кормов — шнековые и лопастные.

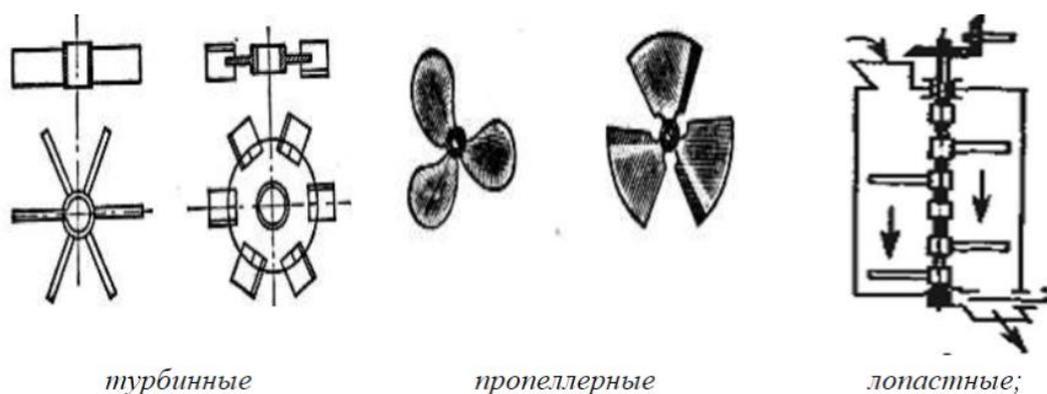


Рисунок 1.4 – Виды смесителей для влажных кормов

Имеется так же зависимость от частоты вращения рабочего органа смесителей, делят на:

- тихоходные, ($f = 20 \dots 50 \text{ мин}^{-1}$)
- быстроходные ($f = 50 \dots 600 \text{ мин}^{-1}$)

По количеству рабочих органов смесители делят на одно- и двухвальные.

По расположению рабочей камеры:

- рабочий орган с вертикальным расположением
- рабочий орган с горизонтальным расположением
- наклонные или планетарные рабочие органы

На рисунке 1.5 приведена предложенная нами классификация смесителей по виду рабочих органов и рабочему процессу

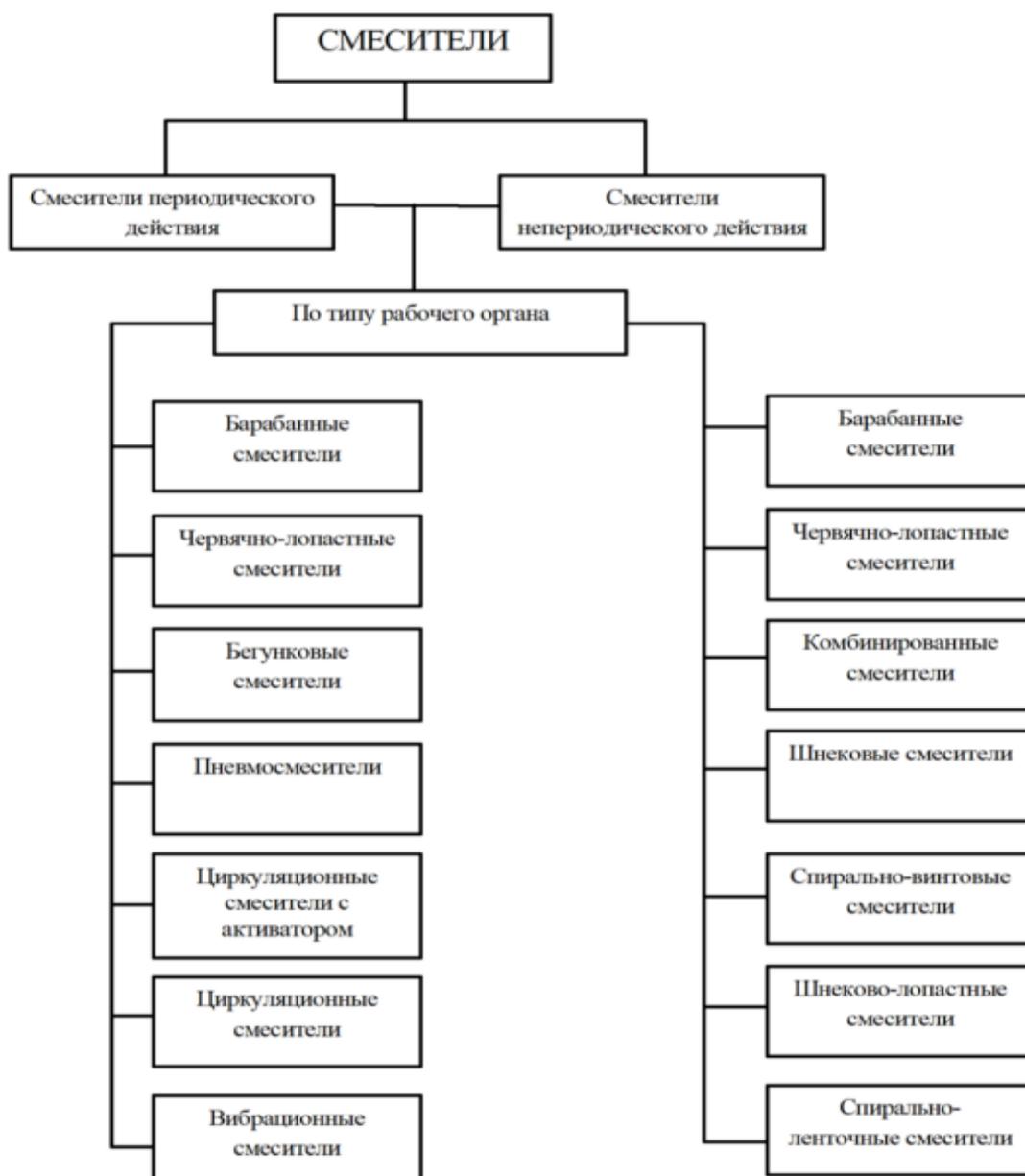


Рисунок 1.5 – Схема смесителей по типу рабочего органа и действия во времени

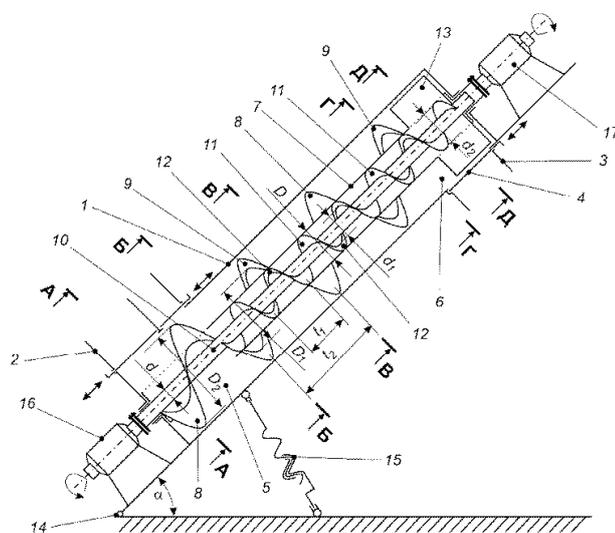
Рассмотрим конструкции смесителей периодического и непрерывного действия.

Смеситель периодического действия обычно представляет собой емкость для смешивания, внутри которой находятся рабочие органы. Эффективность смешивания зависит от нескольких факторов, включая форму и геометрические размеры корпуса смесителя, а также конструкцию рабочих органов. Корпус смесителя может быть как неподвижным, так и вращающимся. В случае неподвижного корпуса рабочие органы (лопасти, лопатки, винты и т.д.) перемешивают материал внутри емкости, обеспечивая равномерное распределение компонентов. В случае вращающегося корпуса сама емкость может вращаться или же рабочие органы могут быть размещены на вращающемся валу. Конструкция рабочих органов также играет важную роль в эффективности смешивания. Они могут быть специально разработаны для определенных видов материалов или условий смешивания, чтобы обеспечить оптимальный результат. Выбор оптимальной конструкции смесителя зависит от конкретных требований процесса смешивания и характеристик смешиваемых материалов.

Рассмотрим патентный образец № RU2804750C1 от 04.10.2023

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к устройствам для смешивания сыпучих кормов на животноводческих фермах и комплексах. Смеситель сыпучих кормов включает комбинированный шнеково- ленточный рабочий орган с чередующимися витками шнековой и ленточной навивок, имеющими следующие размеры: внешний диаметр шнековой и ленточной навивок - D_2 ; внутренний диаметр шнековой навивки - D ; внутренний диаметр ленточной навивки - $D_1 = D_2 - \left(\frac{D-D_2}{3}\right)$, шаг шнековой и ленточной навивок - $t_2 = D_2$, загрузочная и выгрузная части комбинированного шнеково- ленточного рабочего органа соединены каналом обратного хода, канал обратного хода расположен внутри

комбинированного шнеково- ленточного рабочего органа, внутри канала обратного хода установлен дополнительный комбинированный шнеково- ленточный рабочий орган с чередующимися витками шнековой и ленточной навивок, имеющими следующие размеры: внешние диаметры шнековой и ленточной навивок - d_2 ; внутренний диаметр шнековой навивки - d ; внутренний диаметр ленточной навивки $12 - d_1 = d_2 - (\frac{d-d_2}{3})$; шаг шнековой и ленточной навивок - $t_1 = \frac{d_2}{2}$; шаг шнековой и ленточной навивок. Техническим результатом изобретения является получение необходимого качества кормосмеси за меньшее время при пониженных энергозатратах за счет интенсификации движения компонентов корма , а также упрощения конструкции за счет отсутствия диффузионного участка с дополнительными лопатками.



Фиг. 1

1 – корпус; 2 – бункер; 3 – выгрузной патрубок; 4 – выгрузная заслонка; 5 – загрузочная часть; 6 – выгрузная часть; 7 – канал обратного хода; 8,11 – шнековая навивка; 9,12 – ленточная навивка; 10 – вал; 13 – лопасти; 14 – ось; 15 – винтовой механизм; 16,17 – привод;

Рисунок 1.6 – Схема смесителя кормов

Технологический процесс работы смесителя осуществляется следующим образом. Смешиваемые компоненты из многосекционного бункера 2 поступают в загрузочную часть 5 комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, затем чередуясь витками шнековой 8 и ленточной 9 навивок смешиваемые компоненты перемещаются из загрузочной части 5 по наклонному корпусу 1 вверх к выгрузной части 6, одновременно перемешиваясь. На ленточной навивке 9 компоненты кормовой смеси частично пересыпаются через ленточную навивку 9 на порцию кормовых компонентов, подаваемых шнековой навивкой 8, перемешиваясь с ней, а частично захватываются ленточной навивкой 9 и перемещаются к шнековой навивке 8 в сторону выгрузной части 6 комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа. Достигнув выгрузной части 6 комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа кормовая смесь поднимается тангенциально изогнутыми лопастями 13 и пересыпается в канал 7 обратного хода.

Перемещение и перемешивание компонентов корма внутри канала обратного хода 7 от выгрузной 6 к загрузочной 5 части дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа происходит под действием чередующихся витков шнековой 11 и ленточной 12 навивок дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, а также под действием сил тяжести. При этом под действием шнековой 11 и ленточной 12 навивок происходит перемешивание компонентов смеси. На ленточной навивке 12 компоненты частично пересыпаются через нее и смешиваются с порцией компонентов, подаваемых шнековой навивкой 11, а частично захватываются ленточной навивкой 12 и перемещаются к следующему витку шнековой навивки 11.

Для исключения сегрегации при самопроизвольном пересыпании корма величина угла α наклона корпуса 1 устанавливается винтовым механизмом 15 меньше угла трения корма. По окончании перемешивания открывается

выгрузная заслонка 4 и готовая кормовая смесь выгружается через выгрузной патрубок 3.

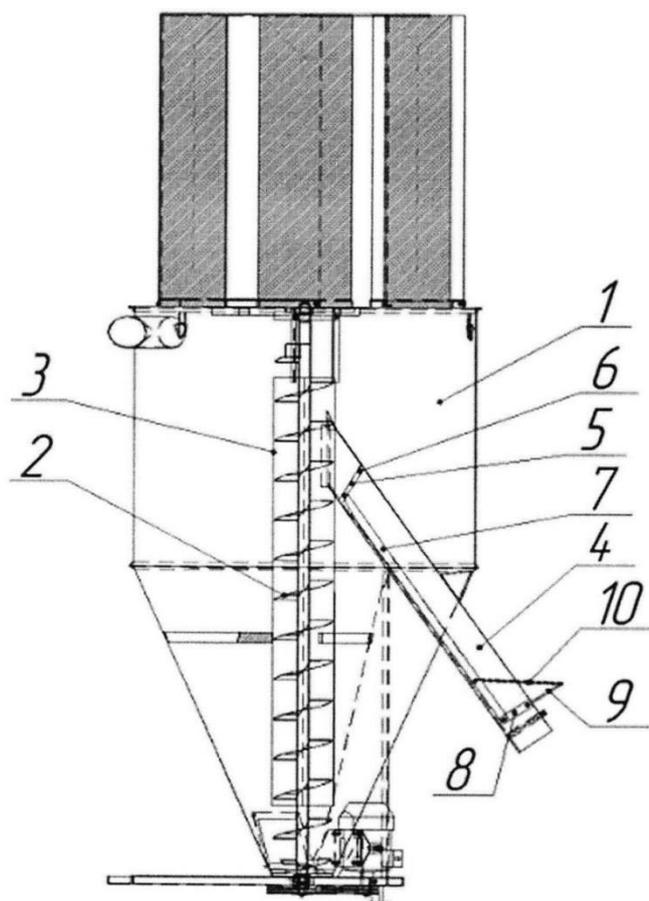
Предложенная конструктивно-технологическая схема смесителя обеспечивает снижение времени смешивания за счет воздействия на кормовую смесь шнековой 8 и ленточной 9 навивок комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, тангенциально изогнутых лопастей 13, вращения канала обратного хода 7, шнековой 11 и ленточной 12 навивок дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, способствующих взаимопроникновению компонентов смеси.

Наклонное расположение корпуса смесителя к горизонту может быть полезным для оптимизации процесса смешивания различных компонентов кормосмеси. Подобное расположение позволяет создать определенный режим движения материалов внутри смесителя под действием рабочих органов, что способствует более эффективному смешиванию. Интенсификация движения корма в корпусе смесителя за счет наклона может ускорить процесс смешивания и обеспечить необходимое качество кормосмеси за меньшее время. Это позволяет сэкономить энергозатраты, так как процесс смешивания становится более эффективным и быстрым. Таким образом, выбор наклонного смесителя может быть целесообразным для производства кормосмесей, где важны как качество конечного продукта, так и экономия времени и энергии.

Перейдем в рассмотрению патентного образца смесителя RU 172830U1

Шнековая система смешивания кормов включает в себя конусообразный бункер, оснащенный шнеком для перемешивания, который установлен вдоль оси бункера. Также имеется канал для выгрузки продукта, расположенный на основании кожуха. Внутри выгрузного канала расположена заслонка, которая может вращаться вокруг своей оси. Заслонка закреплена на тяге, которая соединена с рычагом, оборудованным поворотной рукояткой, выступающей из стенки

выгрузного канала. Заслонка находится в непосредственной близости от кожуха смешивающего шнека, что предотвращает заполнение выгрузного канала продуктом во время процесса смешивания. Рычаг оснащен стопорной цепью, позволяющей зафиксировать заслонку при определенной степени открытия выгрузного канала. Выгрузной канал имеет круглое или прямоугольное поперечное сечение.



1 – ось корпуса; 2 – шнек; 3 – кожух; 4 – выгрузной канал; 5 – заслонка; 6 – ось; 7 – тяга; 8 – рычаг; 9 – поворотная рукоятка; 10 – цепь;

Рисунок 1.7 – Схема шнекового смесителя кормов периодического действия
(Патент RU 172830U1)

Предложенное устройство работает следующим образом.

Выгрузка комбикорма осуществляется через выгрузной канал 4 при включенном смесителе. Поворачивают рукоятку 9 из положения «закрото», при этом рукоятка поворачивается вместе с рычагом 8. Перемещаясь, рычаг 8 тянет тягу 7, которая поворачивает заслонку 5

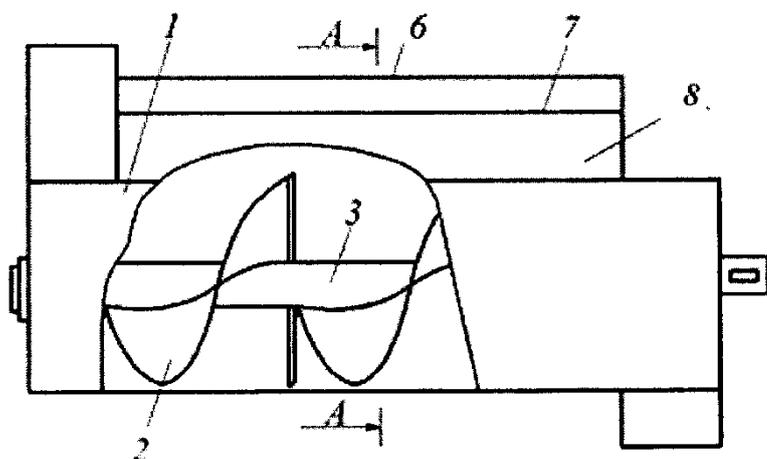
относительно оси 6, открывая выгрузной канал смесителя. Фиксация рычага 8 осуществляется одеванием на рычаг одного из звеньев стопорной цепи 10.

Недостатком данной полезной модели наличия «мертвых» зон в корпусе, места, где шнек не может произвести смешивание.

Рассмотрим патентный образец смесителя непрерывного действия шнекового типа.

Предлагаемая конструкция состоит из корпуса 1, в котором горизонтально расположен шнек 2 с валом 3. Корпус 1 имеет крышку 8 и вертикально установленные по касательной к окружности, описанной вокруг шнека 2, боковые стенки 4 и 5.

Крышка 8 выполнена фигурной и представляет поверхность двух видов - цилиндрическую 6 и плоскую 7. При этом цилиндрическая поверхность выполнена в виде полуцилиндра, обращенного выпуклостью вверх, а плоская расположена горизонтально.



1 – корпус; 2 – лопасти шнека; 3 – вал; 6 – крышка цилиндрическая; 7 – крышка плоская; 8 – крышка фигурная

Рисунок 1.8 – Схема шнекового смесителя кормов RU205820

Работает смеситель следующим образом.

В корпус 1 подают компоненты корма, которые захватываются лопастями шнека 2 и отбрасываются вверх на цилиндрическую поверхность 6 крышки 8 с ее внутренней стороны. Во время полета разные по массе и размерности частицы движутся с разными скоростями, в

результате происходит их расчленение, то есть происходит обратный процесс разделения компонентов корма и его смешивание. Боковые стенки смесителя 4 и 5, расположенные вертикально, обеспечивают компактное перемещение потока смешиваемых компонентов корма. Когда компоненты корма доходят до цилиндрической поверхности 6 крышки 8, начинается их перемещение при продвижении по радиусу. При этом обеспечиваются более благоприятные условия для смешивания кормовой массы из-за разных по массе и размерности ее частиц, так как происходит скольжение частиц друг по другу (смешивание сдвигом).

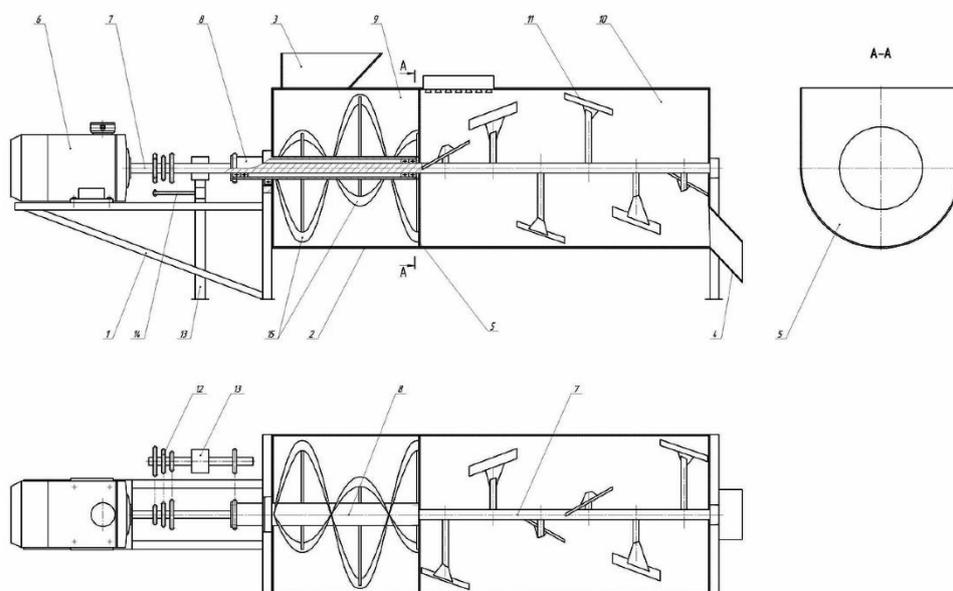
После выхода частиц кормовой смеси с цилиндрической поверхности 6 крышки 8, они падают на лопасти шнека 2, где происходит дальнейшее смешивание корма. Здесь разные по массе и размерности, частицы кормовой массы хаотически рассеиваются, ударяются о лопасти шнека 2 и расчленяются. Процесс смешивания повторяется при захвате массы следующим витком шнека. Тогда возобновляется продольное и круговое перемещение кормовой смеси, ее подбрасывание вверх и дальнейшее смешивание. При этом, чем больше указанных процессов имеют место, тем эффективнее выполняется процесс смешивания корма.

Недостатком данной полезной модели является отсутствие регулировки подачи корма, а так же недостаточная точность при выдаче.

Существуют так же модели с спаренными рабочими органами. Например, рассмотрим патент на изобретение № 2764923.

Смеситель включает в себя раму 1, на ней установлен корпус 2, на противоположных концах которого установлены загрузочный патрубок 3 и выгрузное окно 4, внутри корпуса 2 установлена перегородка 5 с круглым отверстием в центре, разделяющая корпус 2 на камеру предварительного смешивания 9 и камеру ввода жидких компонентов 10, включающую форсунки 16, в корпусе 2 установлен вал, представляющий собой сборную конструкцию, состоящую из быстроходного вала 8, внутри которого проходит тихоходный вал 7, ленточные мешалки 15 закреплены на быстроходном валу

8 в камере предварительного смешивания 9, на тихоходном валу 7 в камере ввода жидких компонентов 10 закреплены по винтовой линии лопатки 11, электродвигатель 6 приводит в движение тихоходный вал 7, цепная система переключения передач 12, для поддержки которой используется опора 13, служит для передачи вращения от тихоходного вала 7 на быстроходный вал 8 и регулировки частот вращения валов не зависимо друг от друга.



1 – рама; 2 – корпус; 3 – загрузочный патрубок; 4 – выгрузное окно ;
 5 – перегородка; 6 – электропривод; 7 – вал; 8 – вал; 9 – камера смешивания; 10 – камера ввода жидких компонентов; ; 11 – винтовая линия лопатки ; 12 – система переключения передач; 13 – опора; 14 – ручка опоры; 15 – ленточные мешалки; 16 – форсунки;

Рисунок 1.9 – Схема двухсекционного смесителя кормов

Смеситель работает следующим образом. В загрузочный патрубок 3 непрерывно подаются сыпучие компоненты смеси, которые попадают в камеру предварительного смешивания 9 и перемешиваются ленточными мешалками 15, закрепленными на быстроходном валу 8 при заполнении камеры предварительного смешивания 9, смесь начинает пересыпаться через отверстие в перегородке 5 и попадает в камеру ввода жидких компонентов 10, где при необходимости через форсунки 16 подаются жидкие компоненты, полученная смесь смешивается и продвигается в конец камеры при помощи

лопаток 11, закреплённых на тихоходном валу 7, готовая смесь, доходя до конца камеры 10, разгружается через выгрузное окно 4.

Электродвигатель 6 приводит в движение тихоходный вал 7, проходящий внутри быстроходного вала 8, привод которого осуществляется от вала 7 посредством цепной системы переключения передач 12, расположенной на опоре 13.

Предложенная конструкция смесителя кормов, разработанная в Кубанском Государственном аграрном университете Фроловым В.Ю. и Рытовым К.П., представляет собой инновационное устройство, обладающее рядом преимуществ и особенностей:

1. Наличие загрузочного бункера и выгрузного окна на противоположных концах корпуса обеспечивает удобство в процессе загрузки и выгрузки кормовых компонентов.

2. Разделение корпуса на приемную и рабочую камеры позволяет оптимизировать процесс смешивания кормовых ингредиентов.

3. Установка мешалки с элементами, снабженными стальными стержнями диаметром 5 мм, обеспечивает эффективное перемешивание компонентов кормосмеси.

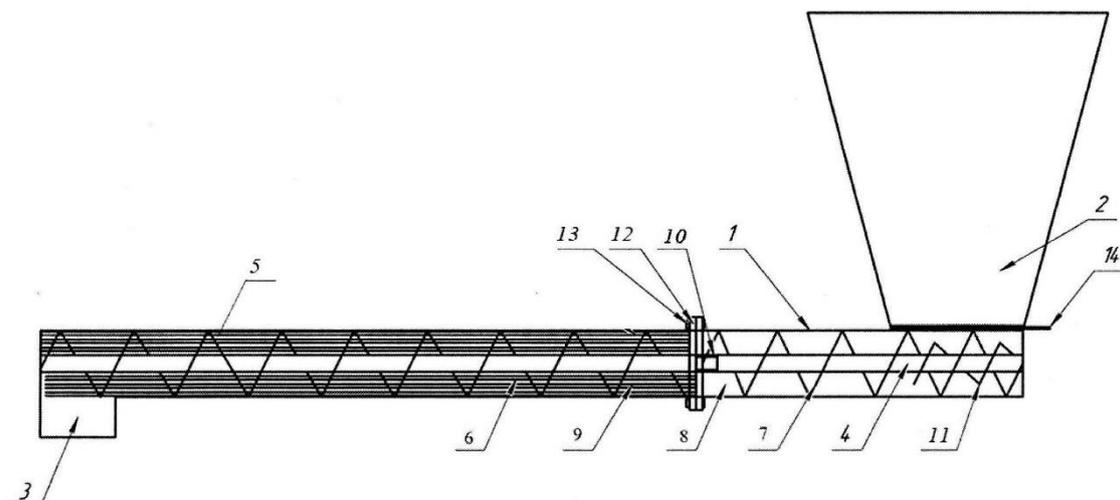
4. Использование винтового соединения для соединения мешалки и шнека позволяет обеспечить надежное крепление и синхронизированную работу обоих элементов.

5. Дополнительная навивка шнека с меньшим диаметром способствует более равномерному перемешиванию кормов.

6. Наличие фланцев на торцах рабочей и приемной камер для болтового соединения обеспечивает прочность и надежность конструкции.

В целом, данная конструкция смесителя кормов позволяет снизить энергоемкость процесса смешивания, улучшить качество смешивания кормов

и повысить эффективность производства кормовых смесей.



1 – корпус; 2 – загрузочный бункер; 3 – выгрузное окно; 4 – вал; 5 – мешалка; 6 – стальные стержни; 7 – шнек; 8,9 – рабочие камеры; 10 – винтовое соединение; 11 – винтовая навивка; 12 – фланцы; 13 – болтовые соединения; 14 – задвижка;

Рисунок 1.10 – Схема смесителя по патенту RU 2805955C1

Смеситель кормов работает следующим образом. Корма подают в загрузочный бункер 2 расположенный на корпусе 1, затем корма попадают на винты основной винтовой навивки шнека 7, расположенного в приемной камере 8 при его вращении осуществляется первичное перемешивание. Дополнительная винтовая навивка 11 шнека 7 осуществляет вторичное перемешивание. Далее корм поступает в рабочую камеру 9, где за счет создания турбулентного движения потока корма с помощью элементов 5 и стальных стержней 6 осуществляется полноценное перемешивание кормов и выгрузку готовой смеси через выгрузное окно 3. Регулировка подачи компонентов корма осуществляется задвижками 14.

Предлагаемая конструкция по сравнению с прототипом и другими известными техническими решениями имеет следующие преимущества:

- снижение энергоемкости процесса;
- повышение качества смешивания кормов;
- создание турбулентного движения потока корма в мешалке.

1.3 Анализ теоретических исследований смешивания кормов

Процессу перемещения и смешивания материала винтовыми рабочими органами посвящено большое количество работ, но данные процессы до сих пор не до конца изучены. Вопросам смешивания и перемещения материала посвятили свои научные исследования многие ученые, такие как А.М. Григорьев [30], В.В. Утолин [31,32], М.Н. Панфилов [33], М.Ю. Исаев [34,35,36], А.А. Курочкин [37], Евсеенков СВ. [38], Ведищев СМ. [39], Кукта Г.М. [2] и другие.

Варианты расчета параметров шнековых смесителей были предложены В.В. Коноваловым:[40 стр. 74-75]

Минимальная производительность Q_{min} , кг/с, ленточного шнека:

$$Q_{min} = 0,25 * 3,14 * (D^2 - d^2) * \omega * r_c * \rho * \psi * \sin a_c * (\cos a_c - f * \sin a_c) \quad (1.1)$$

где ω - угловая скорость рабочего вала шнека, м/с

r_c – средний радиус ленточного шнека, м

D – внешний диаметр шнека, м

d – внутренний диаметр шнека, м

ρ – средняя плотность вороха компонентов смеси, кг/м³

ψ – коэффициент заполнения

f – коэффициент трения смеси по шнеку

a_c – сред.угол развертки винта, рад.

Максимальная производительность ленточного шнека, кг/с,

$$Q_{max} = 3.14 * (D^2 - d^2) * n * S * \rho * \psi \quad (1.2)$$

где n – частота вращения шнека, сек⁻¹;

S – шаг навивки, м.;

Кратность циркуляции, за принятое время смешивания:

$$K_{ц} = \frac{t_{смеш}}{t_{16}} \quad (1.3)$$

где $t_{смеш}$. – длительность смешивания компонентов, сек.;

t_{16} - время однократного воздействия, сек.;

Производительность смесителя, кг/с:

$$Q_{\text{см}} = V * \rho * \frac{\psi}{t_{\text{смеш}}} \quad (1.4)$$

где V – объем бункера, м³;

Мощность привода смесителя, кВт:

$$N_{\text{п}} = \frac{0,01 * \psi}{0,25 * \eta} * K * Q_{\text{max}} * L \quad (1.5)$$

где η – КПД привода

K – приведенный коэффициент сопротивления движения корма относительно ленты шнека;

L – длина смесителя, м.;

Исаев Юрий Михайлович предложил определять производительность винтового транспортера по формуле:

$$Q = 47D^2 * \psi * S * n * \gamma_0 * c \quad (1.6)$$

где D – диаметр винта, м.

ψ – коэффициент заполнения короба;

S – шаг винта, м.;

n – число оборотов, мин⁻¹

γ_0 – объемный вес, т/м³

c – коэффициент, учитывающие влияние угла наклона оси шнека к горизонту на его производительность

Мощность привода спирального транспортера можно вычислить следующим образом:

$$N = \eta_3 * \eta_{\text{п}} * \frac{W * L * \omega^{\text{п}}}{367} + \frac{W * H}{367} \quad (1.7)$$

где $\omega^{\text{п}}$ – эмпирический коэффициент сопротивления перемещению;

η_3 – коэффициент запаса мощности при пуске под нагрузкой ;

$\eta_{\text{п}}$ – КПД передачи от двигателя до вала привода;

L – длина транспортера;

W – производительность тр-ра.;

H – высота подъема материала, который подлежит транспортировке, м;

Процесс смешивания различных сухих компонентов для создания концентрированного корма является сложной физико-механической задачей, целью которой является достижение однородного распределения частиц с разнообразными размерами, массой и характеристиками поверхности в каждом объеме смеси. В процессе смешивания наблюдаются комплексные движения частиц в сухих или жидких средах под воздействием внешних сил, включая перемещение внутри и на поверхности смешиваемой субстанции, а также явления их падения и взлета. В устройствах для смешивания происходят сложные взаимодействия частиц, включая их взаимное проникновение и разделение, что представляет собой противоположные процессы. В связи с этим, методы смешивания могут существенно различаться. Существует множество теоретических подходов, описывающих как сам процесс смешивания, так и характеристики оборудования для смешивания. При этом, главными критериями для оценки любой смеси являются ее объем и качество. Для определения качества смеси используются различные показатели, среди которых наиболее значимым является коэффициент вариации. Учитывая, что смесь состоит из нескольких компонентов, количество которых может значительно варьироваться, наиболее обоснованным подходом к оценке является экспериментальное измерение коэффициента вариации и его сопоставление с теоретическим идеалом. Коэффициент вариации смеси рассчитывают как стандартное отклонение с использованием определенных формул. Коэффициент вариации, приготовленной смеси, можно оценить как среднеквадратическое отклонение по следующим формулам:[41]

$$\sigma_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1.8)$$

$$\sigma_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - p)^2}{n-1}} \quad (1.9)$$

где x_i – массовая доля компонента подвергающегося анализу в исследуемой смеси

n – количество проб, забираемых при проведении исследований

p – количество анализируемого компонента(в идеальном теоретически возможном случае)

Для гарантирования надежности результатов анализа крайне важно проводить выборку образцов в большом количестве с разнообразных мест смешанного материала, а также осуществлять этот процесс неоднократно. В ходе определения оптимального метода смешивания целесообразно добиваться уменьшения показателя критерия; при достижении его значений ниже 20, можно утверждать о соответствии качества смеси зоотехническим нормам. Для аналитических исследований применяется специальная формула, позволяющая в условиях лаборатории вычислить уровень вариативности коэффициента.

Анализ качества смеси основан на анализе концентрации смешиваемых компонентов в исследуемой пробе:

$$\sum_{i=1}^n \frac{B_i/B_0}{n}, B_i < B_0 \quad (1.10)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{2-B_i/B_0}{n}, B_i > B_0 \quad (1.11)$$

где B_i - содержание компонента смеси в исследуемой i -й пробе смешанного продукта, %.

B_0 - «эталонная» доля содержания компонента, %.

n - количество выполняемых испытаний (отобранных для исследования проб).

В производственных условиях степень коэффициента вариации кормовой смеси k_B , % можно оценить по величине коэффициента вариации.

Коэффициент вариации смеси выражается формулой

$$k_B = \frac{\sigma}{\bar{\chi}} \quad (1.12)$$

где σ – среднеквадратичное отклонение

$\bar{\chi}$ – среднеарифметическая величина всех результатов измерений

1.4 Выводы по главе. Цель и задачи исследования.

Цель исследований: Обоснование параметров ленточно-спирального смесителя кормов.

Для решения поставленной цели определены следующие задачи исследования:

1. Теоретическое обоснование конструктивно-технологически параметров ленточно-спирального смесителя кормов.
2. Изготовить ленточно-спиральный смеситель кормов и провести экспериментальные исследования
3. Дать технико-экономическую оценку ленточно-спирального смесителя кормов.

Вывод. Выполненный обзор литературных источников позволяет сделать следующие выводы:

1. Наиболее разумным способом кормления основных животных в сельском хозяйстве считается предоставление сухих смешанных, раздробленных кормов, поскольку это позволяет сократить издержки на приготовление кормов, обеспечивает длительное хранение кормов, обеспечивает гибкость в изменении рациона и вариативность в добавлении различных пищевых добавок.
2. Тенденция к совершенствованию конструкции смесителей обусловлена снижением затрат на производство концентратов, выпуском смесителей с расширенными функциональными возможностями и повышением технической надежности существующего оборудования за счет соблюдения высоких технических и эргономических характеристик.

2.ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕНТОЧНО-СПИРАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы ленточно-спирального смесителя кормов

Ленточно-спиральный смеситель кормов – это тип смесителя, который предназначен для смешивания различных компонентов корма, таких как сена, зерно, минеральные добавки и другие ингредиенты. Этот тип смесителя обычно используется в кормовых фабриках или фермерских хозяйствах для приготовления качественного и однородного корма для скота или домашних животных.

Принцип работы ленточно-спирального смесителя кормов основан на использовании вертикального вала смешения с прикрепленными к нему лентами и спиральными лопастями. В процессе работы, с помощью специального механизма вращаются как вал, так и ленты с лопастями, что обеспечивает интенсивное перемешивание ингредиентов корма внутри смесительной камеры. Благодаря тому, что ленты и лопасти имеют специфическую форму и угол наклона, смесь равномерно перемешивается и обеспечивает хорошую интеграцию компонентов корма.

Ленточно-спиральные смесители кормов обладают следующими преимуществами:

Высокая эффективность смешивания: Возможность интенсивного перемешивания компонентов корма благодаря специальной конструкции смесительной камеры.

Равномерность смешивания: Ленты и лопасти позволяют достичь равномерного перемешивания, исключая образование группировок или несмешанных областей.

Оптимальная сохранность качества: Более щадящий метод смешивания, что способствует сохранности питательных веществ и активных добавок в корме.

Некоторые из недостатков ленточно-спиральных смесителей кормов включают:

1. Недостаточное смешивание: В некоторых случаях ленточно-спиральные смесители могут не обеспечивать достаточного качества смешивания кормовых ингредиентов, что может привести к неравномерному распределению питательных веществ в корме.

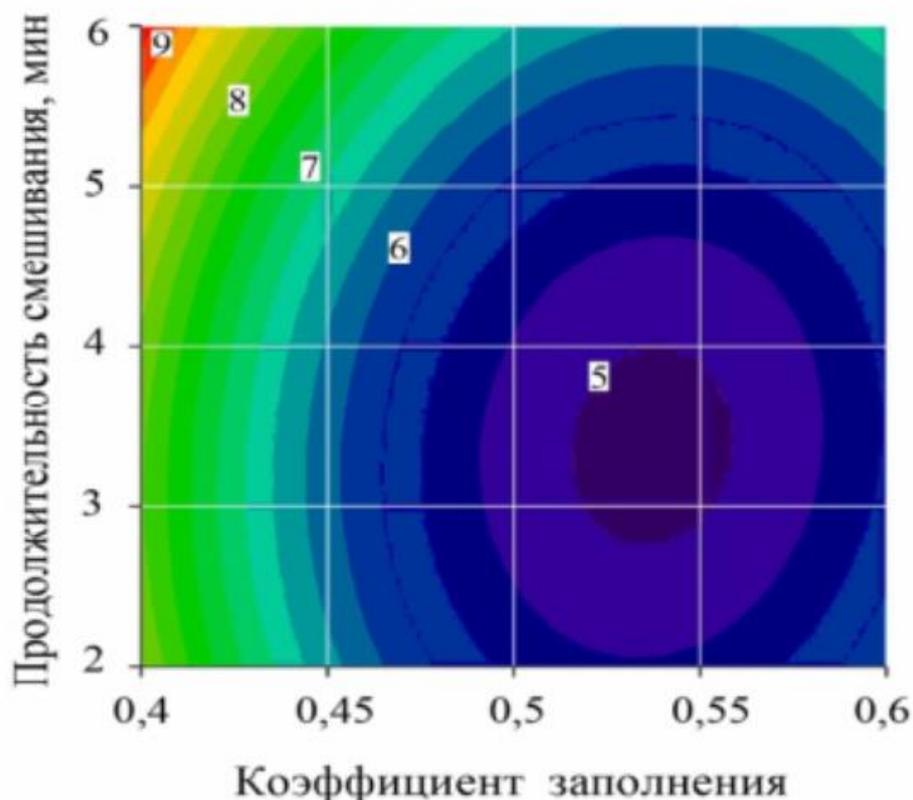


Рисунок 2.1. – Влияние времени процесса смешивания и коэффициента заполнения бункера смесителя на однородность смешивания (контрольной пробой выступает – поваренная соль)[14]

2. Сложность очистки: После использования ленточно-спиральные смесители могут быть сложными в очистке из-за своей конструкции, что может затруднить поддержание гигиены и предотвращение заражения кормов патогенами.

Уровень теоретических познаний и проведенных исследований процесса смешивания кормовых смесей позволяет сделать вывод, что при получении высококачественного получаемого продукта необходимо учитывать следующие факторы:

1. Спецификация смеси: в зависимости от состава кормовой смеси (наличие различных компонентов, их физико-механические свойства, влажность и т.д.) необходимо выбирать оптимальный способ перемешивания и соответствующие параметры смесителя.

2. Требования к качеству смеси: если необходимо достичь высокого качества смешивания (равномерное распределение компонентов, отсутствие комков и проч.), то выбор рабочего органа и способа перемешивания должен быть наиболее эффективным для данного случая.

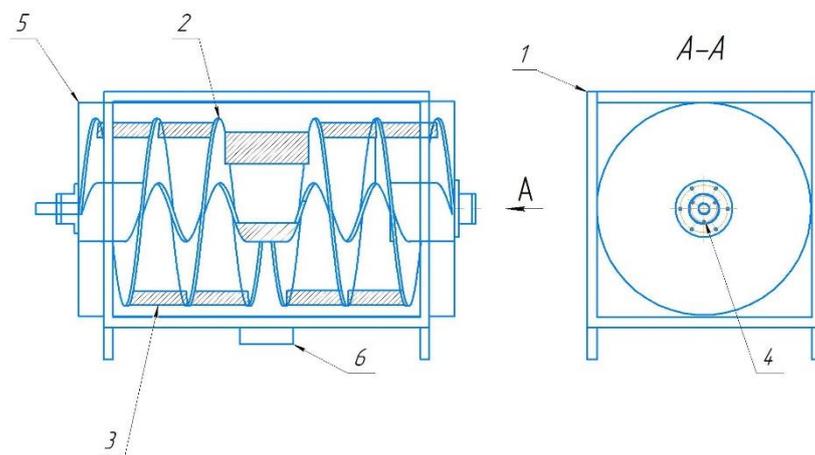
3. Производственные объемы и скорость процесса: при работе на больших объемах или требованиях к высокой производительности, необходимо выбирать смесители с соответствующими габаритами и параметрами.

4. Экономические аспекты: выбор рабочего органа и способа перемешивания также должен учитывать экономическую целесообразность (стоимость оборудования, энергозатраты, обслуживание и др.).

5. Технологические особенности процесса: некоторые технологические процессы требуют специфических параметров перемешивания (например, особенности приготовления определенных видов кормов).

Учитывая вышеперечисленные факторы, можно более точно подобрать оптимальный рабочий орган, способ перемешивания и параметры смесителя для конкретного производства кормовых смесей.

На основании изученных современных конструкции машин для смешивания кормов нами была разработана конструкция горизонтально смесителя кормов с горизонтальным рабочим органом безваловым ленточно-спиральным шнеком представленная на рисунке 2.2



1- рама; 2 – безваловый ленточно-спиральный шнек; 3 – планки дополнительного подмеса; 4 – подшипниковый узел; 5 – бункер; 6 – выгрузное окно

Рисунок 2.2 – Схема лабораторной установки для изучения процесса перемешивания кормов

Горизонтальный ленточно-спиральный смеситель состоит из рамы 1 на которой закреплен бункер 5, с загрузочным патрубком 6, безвалового ленточно-спирального шнека 2 жестко закрепленных на шнеке планок 3 направленных на увеличение площади контакта рабочего органа со смешиваемыми компонентами и выгрузного патрубка. Смешивание осуществляется в результате воздействия ленточно-спирального шнека. Компоненты кормосмеси поступают в бункер через загрузочный патрубок и много раз перемешиваются в объеме под действием механических сил, передаваемых ленточным-шнеком правого и левого вращения, посаженные на вал с электродвигателем. При достижении необходимой равномерности продукт смешивания выходит через выгрузной патрубок. Анализ работы предлагаемого технического решения показал, что применение безвалового ленточно-спирального шнека с дополнительными планками значительно повышает показатель однородности во всем объеме приготовленной кормосмеси, снижает время на приготовление не повышая энергоемкость машины.

2.2 Теоретическое обоснование производительности ленточно-спирального смесителя

Согласно технического задания на изготовление смесителя, способного смешивать компоненты общей массой 35 килограмм и оптимального соотношения длины и ширины камеры смешивания. Наружный диаметр внешнего шнека задан конструктивными параметрами смесителя и равен: $D1 = 0,3$ м (рис. 2.3).

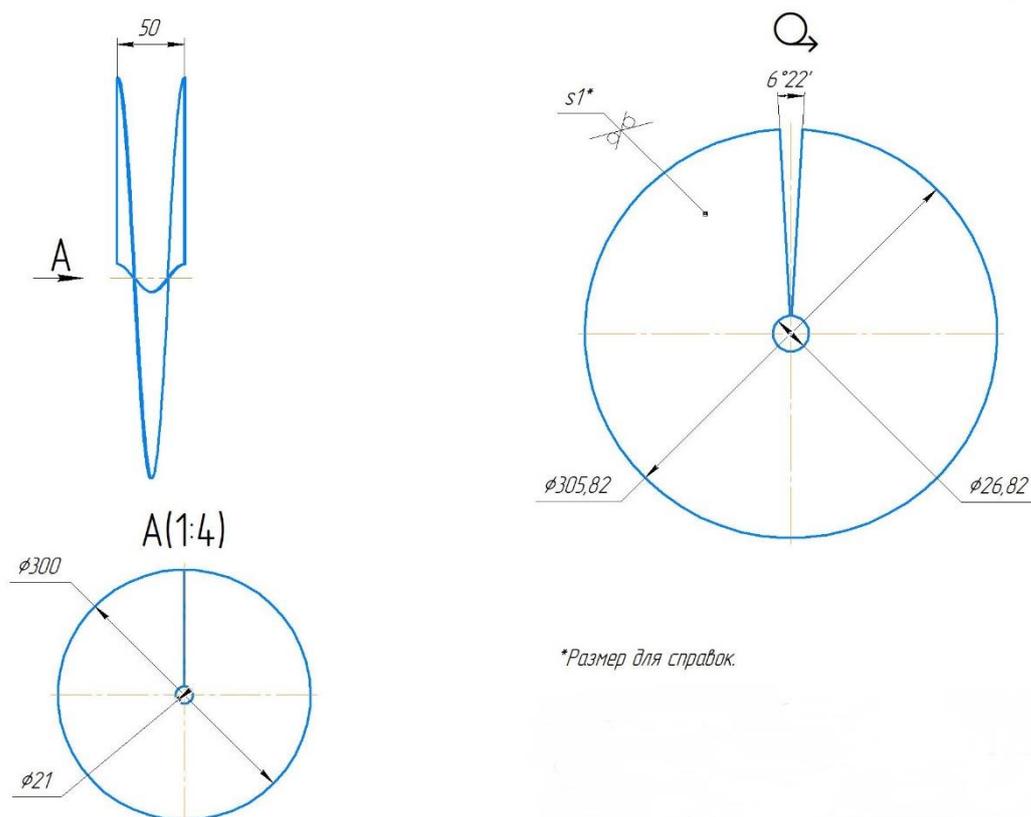


Рисунок 2.3 – Пери проектируемой ленточной спирали.

Количество циклов, необходимых для получения качественной смеси, зададим равным $N = 1$. Время смешивания примем $t = 7 \dots 12$ мин. Исходя из этих условий, определим шаг каждого шнека и мощность, необходимую на его привод [1].

Рассчитаем количество материала, находящегося в смесителе за один рабочий цикл:

$$M = V \cdot \rho_0 \quad (2.1)$$

где M – масса смеси, кг;

φ_0 – удельный вес материала, кг/см³ .

Определим объем бункера смесителя:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} * l \quad (2.2)$$

, где D – диаметр наружной кромки шнека, м;

l – длина смесителя, м.

Для повышения производительности и сокращения времени работы необходимо оптимизировать количество материала, перемещаемого за один рабочий цикл. Оптимальное количество зависит от различных факторов, таких как тип оборудования, его грузоподъемность, скорость работы и свойства материала.

Количество перемещаемого материала за один рабочий цикл должно составлять:

$$(2.3)$$

где Q – производительность ленточной-спирали смесителя, т/ч;

N – количество раз прохода материала по спирали за один цикл смешивания;

t – время смешивания, мин;

γ_1 – коэффициент загрузки смесителя.

Определим скорость осевого перемещения материала v , м/с:

$$v = \frac{Q}{900 * \pi * (D^2 - d^2) * \psi * \varphi_0 * c_0} \quad (2.4)$$

где d – диаметр внутренней кромки шнека, м;

ψ – коэффициент заполнения межвиткового пространства;

c_0 – коэффициент, учитывающий просачивание материала между корпусом, материалом и винтовой поверхностью.

Коэффициент заполнения межвиткового пространства не должен превышать коэффициент загрузочной способности транспортера

$$\psi = \psi_1 * \psi_2 \quad (2.5)$$

где ψ_1 – коэффициент, учитывающий число оборотов шнека;

ψ_2 – коэффициент, учитывающий угол наклона шнека.

Коэффициенты грузочной способности винтового(шнекового) транспортера определяются по следующим эмпирическим формулам:

$$\Psi_1 = 1 - 0,0006 \cdot n; \quad (2.6)$$

$$\Psi_2 = 1 - 0,0005 \cdot \beta, \quad (2.7)$$

где n – число оборотов винта в минуту;

β – угол наклона оси винта к горизонту, град.

Предполагается, что движение груза будет равномерным и подчинено закономерностям движения материальной точки.

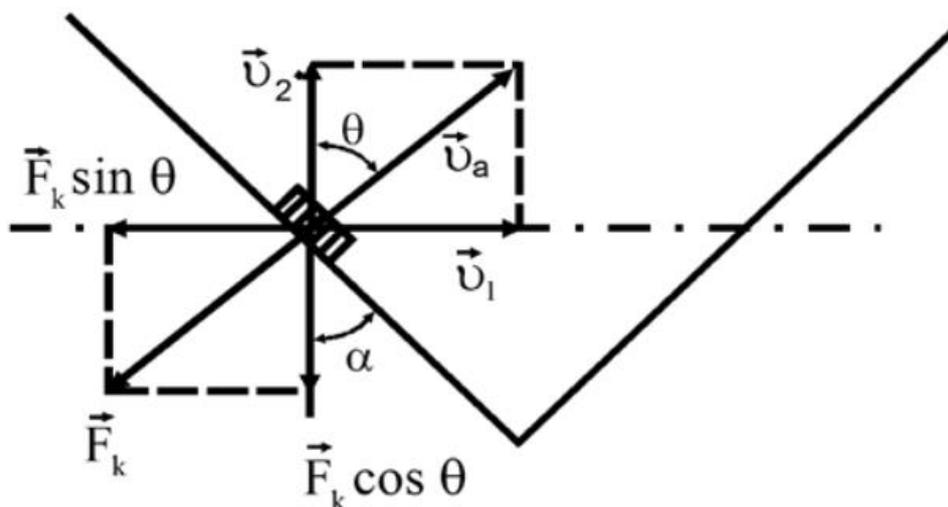


Рисунок 2.4 – График разложения скоростей

Определим шаг винта шнека S , м:

$$S = \frac{60v}{n} \quad (2.8)$$

Угловая скорость шнека ω , c^{-1}

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad (2.9)$$

При работе смесителя мощность, передаваемая на вал шнека, расходуется на следующие процессы: преодоление инерции при изменении скорости движения материала с нуля до определенной скорости; преодоление трения материала о внутренние и винтовые поверхности смесителя; перемещение материала вдоль оси винта.

Мощность на валу для каждого шнека определяется:

$$N_o = \frac{(N_1 + N_2 + N_3) \cdot k_o}{\eta_n}, \quad (2.10)$$

где k_o – коэффициент, учитывающий защемление и дробление груза;

η_n – к.п.д. подшипников вала шнека.

Общая мощность на валу шнека определяется:

$$N_{\text{шнека}} = N_{01} + N_{02} + N_{03}, \quad (2.11)$$

где N_{01}, N_{02}, N_{03} – мощность, необходимая на привод каждого шнека.

Мощность, снимаемая с вала электродвигателя:

$$N_{\text{двигателя}} = \frac{N_{\text{шнека}}}{\eta_{\text{привода}}}, \quad (2.12)$$

$$\eta_{\text{привода}} = \eta_{\text{ред.}} \quad (2.13)$$

где $\eta_{\text{привода}}$ – коэффициент полезного действия привода;

$\eta_{\text{ред.}}$ – коэффициент полезного действия редуктора;

Минимальная производительность Q_{\min} , кг/с, ленточного шнека:

$$Q_{\min} = 0,25 * 3,14 * (D^2 - d^2) * \omega * r_c * \rho * \psi * \sin a_c * (\cos a_c - f * \sin a_c) \quad (2.14)$$

где ω – угловая скорость рабочего вала шнека, м/с

r_c – средний радиус ленточного шнека, м

D – внешний диаметр шнека, м

d – внутренний диаметр шнека, м

ρ – средняя плотность вороха компонентов смеси, кг/м³

ψ – коэффициент заполнения

f – коэффициент трения смеси по шнеку

a_c – сред. угол развертки винта, рад.

Максимальная производительность ленточного шнека, кг/с,

$$Q_{\max} = 3.14 * (D^2 - d^2) * n * S * \rho * \psi \quad (2.15)$$

где n – частота вращения шнека, сек⁻¹;

S – шаг навивки, м.;

Кратность циркуляции, за принятое время смешивания:

$$K_{\text{ц}} = \frac{t_{\text{смеш}}}{t_{16}} \quad (2.16)$$

где $t_{\text{смеш}}$ – длительность смешивания компонентов, сек.;

t_{16} – время однократного воздействия, сек.;

Производительность смесителя, кг/с:

$$Q_{см} = V * \rho * \frac{\psi}{t_{смеш}} \quad (2.17)$$

где V – объем бункера, м³;

Мощность привода смесителя, кВт:

$$N_{п} = \frac{0,01*\psi}{0,25*\eta} * K * Q * L \quad (2.18)$$

где η – КПД привода

K – приведенный коэффициент сопротивления движения корма относительно ленты шнека;

L – длина смесителя, м.;

2.3 Теоретическое обоснование однородности смешивания

Для оценки процесса смешивания приняты показатели, используемые, в частности, в пищевой промышленности, где к качеству смешивания и однородности материала предъявляются высокие требования. Соотношение коэффициента вариации и качества смеси представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Зависимость коэффициента вариации от качества смеси и наоборот.

Кэф. вариации , %	Качество смеси
$\sigma_3 < 5$	Отлично
$5 < \sigma_3 < 7$	Хорошо
$7 < \sigma_3 < 15$	Удовлетворительно
$\sigma_3 > 15$	Плохо

Значение среднеквадратического отклонения находится из выражения:

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_i - B_0)^2}{n-1}} \quad (2.19)$$

где B_i - содержание компонента смеси в исследуемой i-й пробе, %

Для выполнения роли эталонного элемента обыкновенно выбирается компонент, доля которого в составе смеси является наименьшей.

Для обеспечения репрезентативности результатов анализа необходимо извлекать не менее пяти образцов из каждой зоны исследуемой массы.

Учитывая, что ключевой характеристикой относительной частоты является ее стабильность, для гарантии точности оценки качественных характеристик смеси критично важно проводить многократное сэмплирование. Оборудование для смешивания, выпускаемое промышленностью, прошло через значительные этапы «технического развития» и обладает сравнительно ограниченным ассортиментом рабочих элементов.

2.4 Технологический и конструктивный расчет

Для оценки работы ленточно-спирального смесителя кормов приняты следующие показатели:

$V = 0,035 \text{ м}^3$ – объем бункера смесителя

$M = 0,0266 \text{ т}$ – масса материала за один рабочий цикл

$Q = 0,143 \text{ т/ч}$ – производительность смесителя

$\Psi_1 = 1 - 0,0006 \cdot 300 = 0,82$ – коэффициент загрузочной способности

$\Psi_2 = 1 - 0,0005 \cdot 0,8 = 0,9996$ – коэффициент загрузочной способности

$v = 0,25 \text{ м/с}$ – скорость перемещения материала в смесителе

$S = 0,05 \text{ м}$ – шаг навивки

$N_{\text{п}} = 4,72 \text{ кВт}$ – мощность привода

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Для обоснования основных конструктивно-технологических параметров предлагаемого ленточно-спирального смесителя кормов необходимо реализовать следующую программу исследований согласно предложенным методикам

1. Провести исследование производительности ленточно-спирального смесителя кормов

2. Провести исследование по определению качества смешивания кормов в ленточно-спиральном смесителе

3. Провести исследование по определению погрешностей измерений

Оборудование: экспериментальная установка, весы ВК-3000 с точностью до $\pm 0,05$ гр. , секундомер С-01, частотный регулятор FST-631, тахометр универсальный DT-2234с+ с погрешность 0,05 % , мерная емкость 2,5 л. , калькулятор, зерно окрашенное пищевым красителем.

Материалы: пшеница(фуражная), ячмень, отруби пшеничные, жмых подсолнечный, комбикорм

3.2 Методика экспериментальных исследований

В состав комбинированных кормов для молочного стада не включают компоненты, увеличивающие или стимулирующие набор мышечной массы. Для проведения экспериментальных исследований были использованы основные составляющие смесей: ячмень, пшеница , овес, отруби пшеничные, жмых подсолнечный, соль, мел. Ниже приведен процентный состав компонентов одного из рецептов комбикормов для дойных коров на период содержания в стойле. Рассмотрим один из основных рецептов:

Таблица 3.1 – Комбикормовый состав

Компонент смеси	Содержание, %
Пшеница(фураж)	27
Отруби пшеничные	20
Ячмень	27
Овес	17
Жмых подсолнечный	8
Соль	0,5
Мел	0,5

3.2.2 Методика исследования производительности ленточно-спирального смесителя кормов

Подготовленную установку настраивали на требуемый для исследования режим работы в соответствии с планом экспериментов. Устанавливали требуемые угол наклона ленточной спирали и степень раскрытия заслонки, после чего установку приводили в действие. Посредством частотного регулятора серии FST-631(рис.3.1) добивались требуемой для опыта частоты вращения рабочей ленточной спирали. Частоту вращения ленты измеряли с помощью цифрового тахометра марки ДТ-2234с+ с точностью до $\pm 0,05$ % (рис.3.2), а так же измеряли силу тока, напряжение с помощью измерительного комплекта К50.



Рисунок 3.1 – Частотный регулятор серии FST-631



Рисунок 3.2 – Цифровой тахометр марки DT-2234c+

Далее установку заполняли смесью ингредиентов, состоящей из пяти компонентов – пшеницы фуражной, ячменя и жмыха подсолнечного, пшеничный отрубей, комбикорма в соотношении 1:1:1:1:1, до требуемого

уровня. После этого установку повторно приводили в действие. При установившемся режиме циркуляции под поток зерна, идущий из верхнего выгрузного окна рабочей ленты, подставляли мерную емкость объемом 2,5 л, имеющую большую площадь загрузочного отверстия. Загрузка емкости происходила таким образом, что весь зерновой поток, подаваемый рабочей лентой, устремлялся в мерную емкость.

С момента начала загрузки емкости измеряли время.

При наполнении емкости ее извлекали из-под зернового потока и определяли по секундомеру марки Интеграл С-01 продолжительность ее заполнения. После этого вес накопленного зерна определяли взвешиванием на весах марки ВК-3000 с точностью до $\pm 0,05$ гр.



Рисунок 3.3 – Лабораторные весы ВК-3000

Производительность ленточной спирали вычисляли по следующей формуле:

$$Q_{\text{см}} = \frac{m_{\text{п}}}{t_{\text{з}} + t_{\text{в}} + t_{\text{см}}} \quad (3.1)$$

, где $m_{\text{п}}$ – масса зерна, собранного в мерную емкость, кг. $t_{\text{з}}$ – время загрузки кормов в бункер, с., $t_{\text{в}}$ – время выгрузки кормов из установки, с., $t_{\text{см}}$ – время смешивания кормов, с.

Опыты проводили с трехкратной повторностью. После каждой серии опытов установку отключали, доводили уровень зерновой смеси в рабочем

бункере до требуемого уровня и перестраивали на новый исследуемый режим в соответствии с планом опытов.

3.2.3 Методика определение качества смешивания

Определение качества работы смесителя, а именно однородность смеси будет заключаться в равномерно распределении индикаторов. В качестве основных компонентов индикации будут предложены: выкрашенное пищевым красителем пшено.

Индикаторы будут загружены в бункер смесителя рассчитанным весом в 35 кг в количестве 10 и 2 кг. Время работы смесителя составляет 5-12 минут. В процессе разгрузки бункера смесителя отобрано 10 проб массой 50 грамм.(рис. 3.4 и 3.5)



Рисунок 3.4 – Отобранные пробы



Рисунок 3.5 – Взвешивание пробы № 1

По результатам отбора проб, проводится визуальный отбор и подсчет количества выявленных подкрашенных зерен

Степень однородности определяется по следующей формуле:

$$K_o = \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum(x_u - x_{cp})^2}{n-1}}}{x_{cp}} \right) * 100\% \quad (3.2)$$

где K_o – степень однородности, %

x_u – содержание индикатора в каждой пробе, % (шт.)

x_{cp} – среднее количество индикатора в пробе, % (шт.)

n – количество проб

3.3.3 Методика определения погрешностей измерений

Существует несколько методик определения погрешностей измерений, вот некоторые из них:

1. Методика сравнения с эталоном: при этом методе измеряемое значение сравнивается с известным эталоном, чтобы определить погрешность.
2. Методика повторных измерений: заключается в проведении нескольких измерений одного и того же параметра и вычислении среднего значения и стандартного отклонения, чтобы определить погрешность.

При оценке результатов n проб сначала рассчитывают среднее арифметическое \bar{x} , которое находят по формуле:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3.3)$$

Стандартное отклонение выборки определяется следующей формулой:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.4)$$

где S_x - мера разброса, которая обозначает случайную погрешность определения

Стандартное отклонение \bar{x} среднего результата \bar{x} определяется с помощью следующего выражения:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad (3.5)$$

Если имеются результаты анализа проб образцов с различным содержанием компонента, то из частных средних $S_{\bar{x}}$ путем усреднения можно

вычислить общее среднее значение S . Имея n проб и для каждой пробы проводя n_j параллельных определений, результаты представляют в виде таблицы.

4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

4.1 Результаты исследования определения производительности спирально-ленточного смесителя кормов

Проведя серию экспериментов, согласно методике предложенной в разделе 3, нами были проведены эксперименты по определению потребной мощности для предлагаемой конструкции смесителя кормов с ленточно-спиральным рабочим органом.

$$Q_{\text{см}} = \frac{m_{\text{п}}}{t_3 + t_{\text{в}} + t_{\text{см}}} \quad (4.1)$$

Результаты проведенного исследования по определению производительности представлены в приложении А1.

Установка на которой проводились исследования производительности представлена на рисунке 4.1



Рисунок 4.1 – Горизонтальный смеситель кормов

По результатам проведенных экспериментов были построены графики со следующими зависимостями: $Q_{\text{см}}(\vartheta_{\text{вр}})$; $Q_{\text{см}}(f)$; $Q_{\text{см}}(U)$; $Q_{\text{см}}(I)$

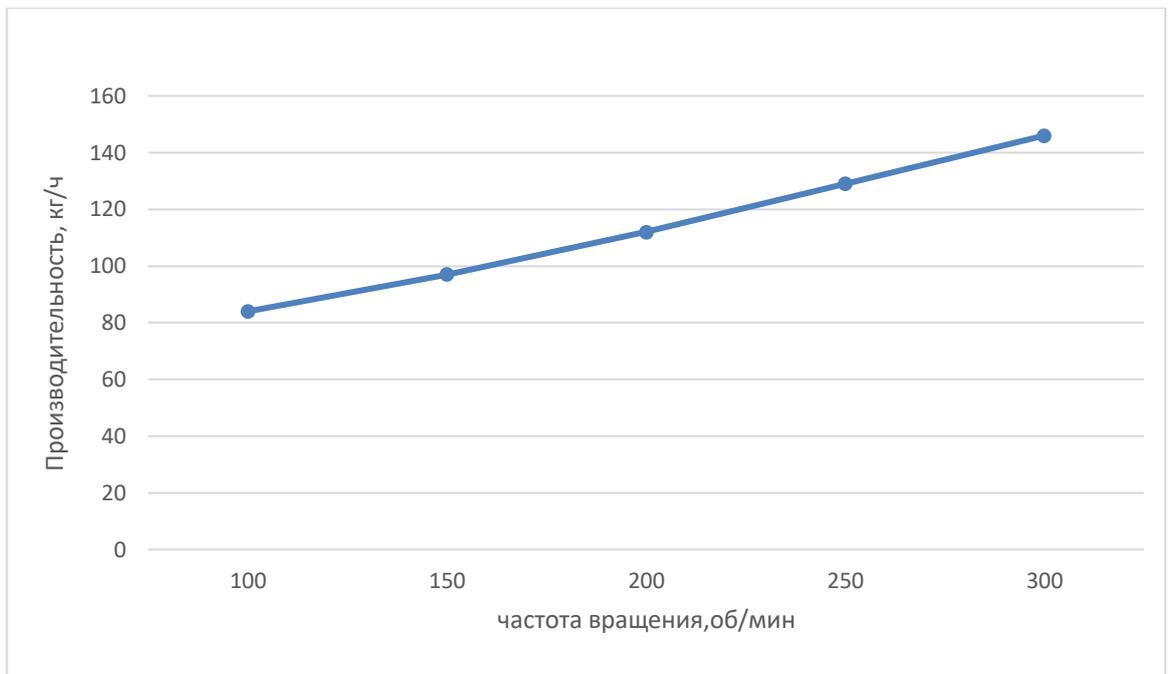


Рисунок 4.2 – График зависимости $Q_{см} = \vartheta_{вр}$

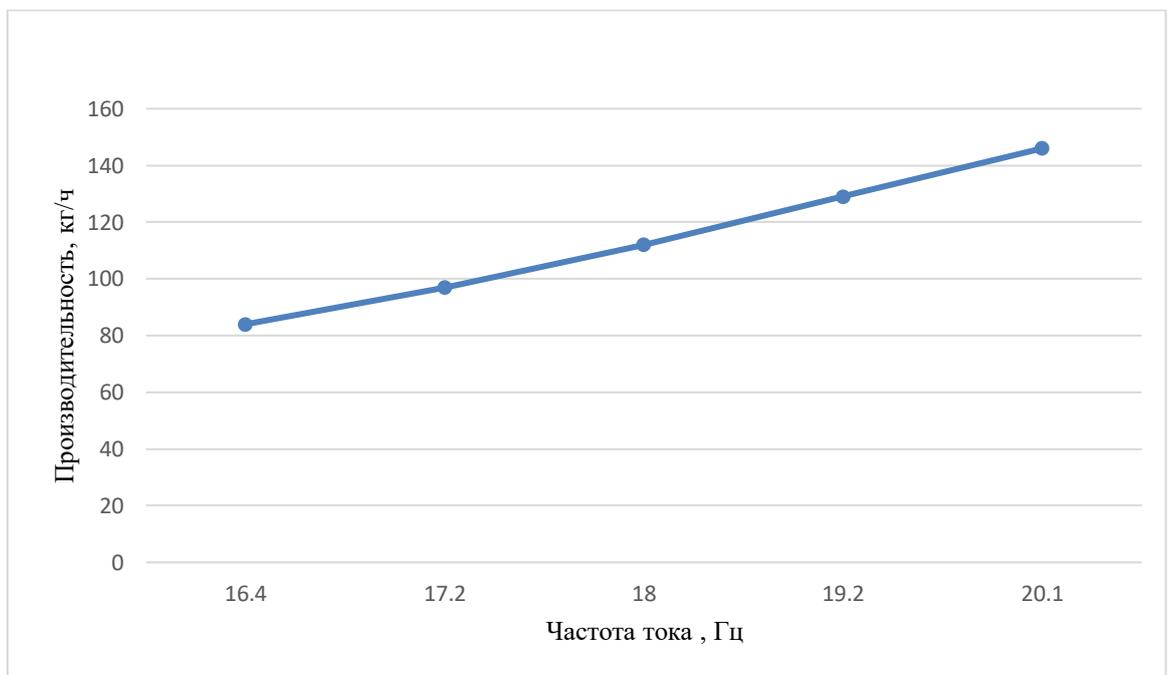


Рисунок 4.3 – График зависимости $Q_{см} = f$

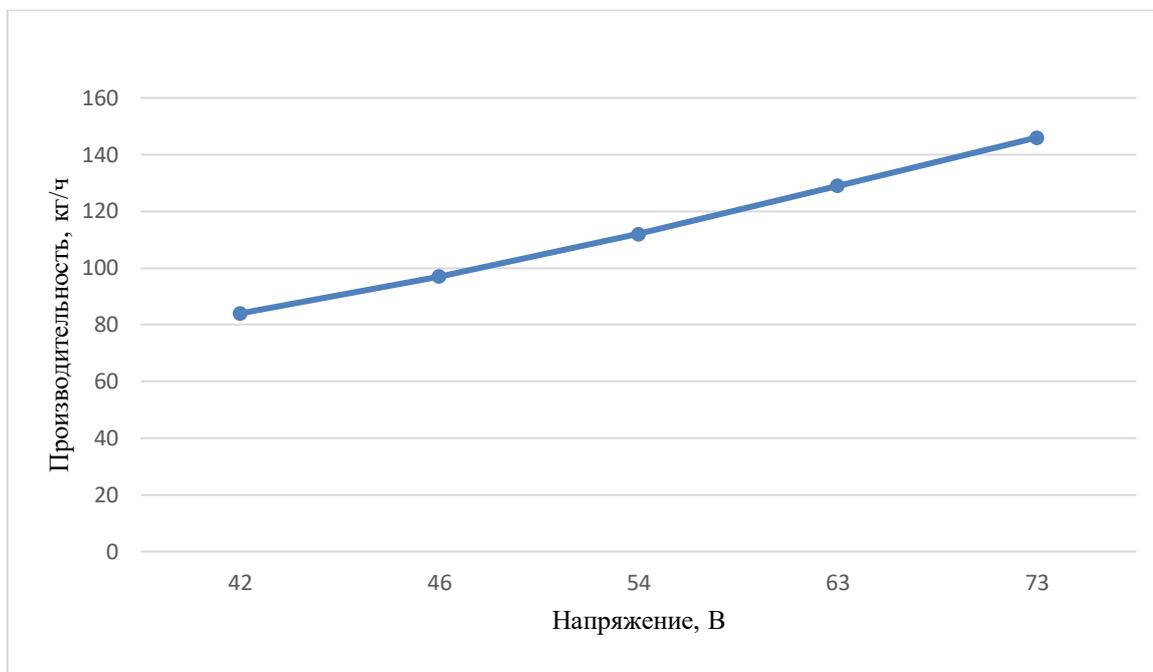


Рисунок 4.4 – График зависимости $Q_{см} = U$

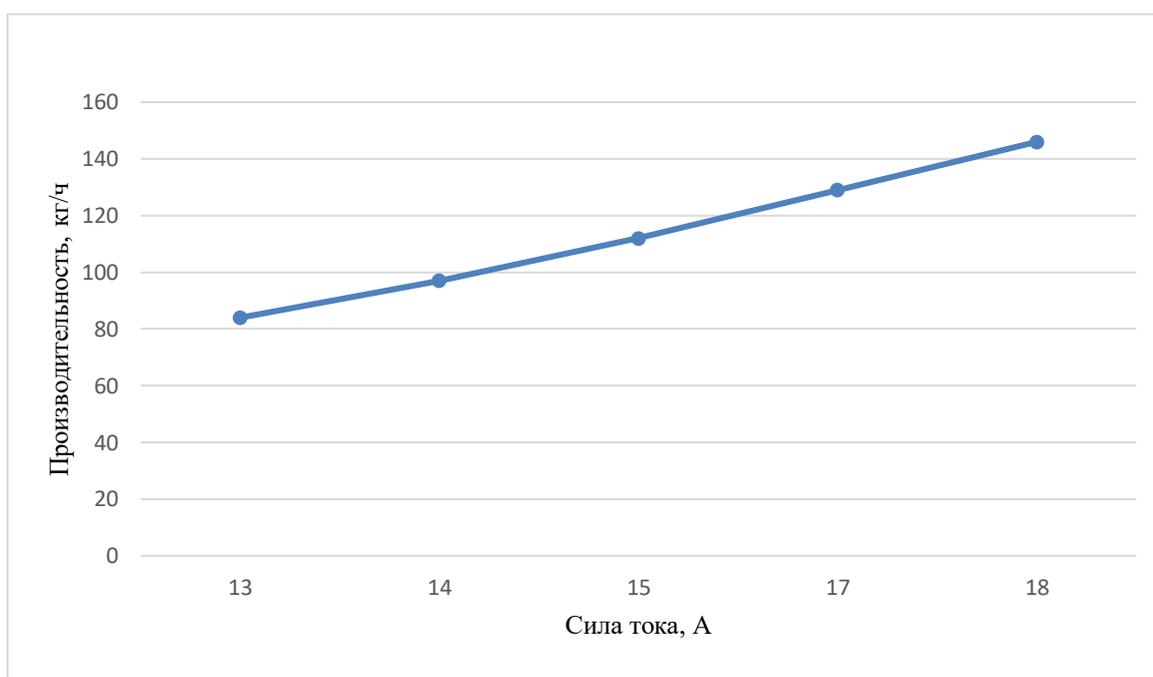


Рисунок 4.5 – График зависимости $Q_{см} = I$

4.2 Результаты исследования определения качества смешивания спирально-ленточного смесителя кормов

Исходя из методики предложенной в третьем разделе нами были проведены серия экспериментов по определению однородности перемешивания компонентов кормовой смеси при различной влажности.

Эксперимент проводился на спроектированной нами лабораторной установке с ленточно-спиральным органом (рисунок 4.3).



Рисунок 4.6 – Экспериментальная лабораторная установка с определения однородности смеси.

В качестве объекта исследования была выбрана кормовая смесь:

- пшеница(фураж) – 16,6 %
- отруби пшеничные – 16,6%
- ячмень – 16,6 %
- жмых подсолнечный – 16,6 %
- комбикорм - 16,6 %

Необходимо взвесить все количество исследуемого материала на весах. На каждом этапе проводили исследование с 12 килограммами материала.

Эксперимент проводится при влажности кормовой смеси 20 %.

Таким образом, ленточная спираль вращаясь с помощью электропривода захватывает исследуемый компонент и перемещает его по всему объему в течении определенного времени, при неизменности следующих параметров:

- $f = 17,2$ Гц;
- $I = 15$ А;
- $n = 300$ мин⁻¹
- $m_{ик} = 12$ Кг.

По полученным данным, по формуле 3.2 определяем однородность смеси

На рисунке 4.7 приведен график зависимости уровня однородности кормовой смеси от времени перемешивания $Z = f(t_{см})$ с влажностью 20 %, при частоте вращения привода n равной 300 мин⁻¹ и его диаметре равным 0,3 м, построенный по табличным результатам, представленным в приложении Б

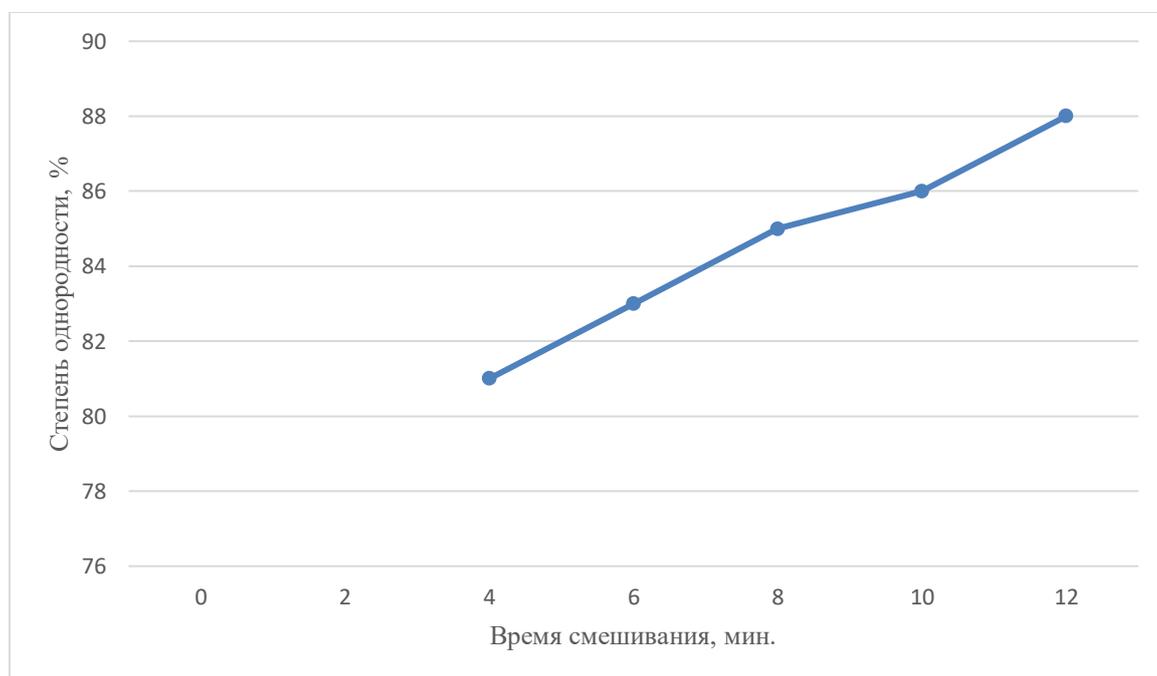


Рисунок 4.7 – График зависимости $K_o = f(t_{см})$

Рисунок 4.7 - Зависимости степени однородности кормосмесей $K_o = f(t_{см})$ при влажности 20 % По составленным зависимостям видно, что при

влажности компонентов кормовой смеси 20 % однородность смешивания принимает наибольшее значение в ходе проведенных экспериментов, при наибольшем времени работы смесителя. По результатам экспериментов были получены данные, указывающие о влиянии времени работы смесителя с ленточно-спиральным рабочем органом на однородность смешивания значения которых приведены в приложении (см. Приложение Б). Данная лабораторная установка позволяет установить зависимость степени однородности кормовой смеси от времени смешивания $K_o = f(t_{см})$. Если данные показатели будут известны, то в дальнейшем будет иметь смысл выбирать методы и технологические примеры для улучшения продуктивности работы новых комплексов по приготовлению кормов, а так же разработке новых рабочих органов.

5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЛЕНТОЧНО-СПИРАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

5.1 Сравнительная оценка разработанного смесителя с аналогом

Когда речь идет о ленточно-спиральных смесителях кормов, энергоэффективность может быть одним из показателей, позволяющих сравнить различные модели оборудования. Более энергоэффективные смесители требуют меньшего количества энергии для выполнения работы, что может снизить затраты на электроэнергию и улучшить экологическую устойчивость производства.

В роли базовой конструкции нами взят смеситель СГЛ-0,05

Для оценки эффективности применения нового смесителя используется энергетический анализ.

Таблица 5.1 – Данные для расчета энергоэффективности

Показатели	Обозначение	Числовые значения вариантов	
		СГЛ-0,05	Экспериментальный смеситель
Масса, кг	M	62	45
Пропускная способность, т/ч	Q	0,13	0,142
Мощность, кВт	$\sum N$	1,5	1,5
Обслуживающий персонал, чел	$n_{\text{чел}}$	1	1
Число дней работы в году	$n_{\text{д}}$	248	248
Площадь, занимаемая машиной, м ²	S	0,32	0,33

Коэффициент энергозатрат можно также выразить через отношение совокупных затрат нового технологического процесса к базовому уровню совокупных затрат:

$$K_э = \frac{E_{\text{с.н}}}{E_{\text{с.б}}} \quad (5.1)$$

где $E_{\text{с.н}}$ – совокупные (полные) затраты технологического процесса, осуществляемого новой машиной, МДж/т;

$E_{\text{с.б}}$ – базовый уровень совокупных затрат, МДж/т.

Этот подход позволяет сравнивать энергоэффективность новой машины или технологии с базовым уровнем затрат. Если коэффициент энергозатрат

больше 1, это означает, что новая технология требует больше энергии для выполнения работы по сравнению с базовым уровнем затрат.

Полные удельные энергозатраты (МДж/т) определяются суммированием энергозатрат по каждому технологическому процессу

$$E_c = E_{\text{п}} + E_{\text{ж}} + \frac{E_{\text{об}} + E_{\text{пом}} + E_{\text{озэ}}}{W_{\text{см}}} \quad (5.2)$$

где $E_{\text{п}}$ – прямые затраты энергии, МДж/т;

$E_{\text{ж}}$ – энергетические затраты живого труда, МДж/ч;

$E_{\text{об}}$ – энергоемкость смесителя, МДж/ч;

$E_{\text{пом}}$ – энергоемкость производственного помещения, МДж/ч;

$W_{\text{см}}$ – сменная производительность машины, т/ч.

Прямые затраты энергии вычисляют по следующей формуле:

$$E_{\text{п}} = N_{\text{э}} * K_{\text{э}} \quad (5.3)$$

где $N_{\text{э}}$ – расход электроэнергии, кВт-ч/т

$K_{\text{э}}$ – коэффициент конвертации, $K_{\text{э}} = 3,6$

Траты электроэнергии вычисляют с помощью следующей формулы:

$$N_{\text{э}} = n_{\text{э}} * W_{\text{см}}, \text{ кВт-ч} \quad (5.4)$$

где $N_{\text{э}}$ – затраты электроэнергии на переработку продукта, кВт-ч/т ,

$n_{\text{э}} = 1,67$

$$N_{\text{э}1} = 1,67 * 0,13 = 0,2171$$

$$N_{\text{э}2} = 1,67 * 0,142 = 0,2371$$

Прямые затраты, МДж/т:

$$E_{\text{п}1} = 0,2171 * 3,6 = 0,781$$

$$E_{\text{п}2} = 0,2371 * 3,6 = 0,853$$

Материализованные затраты энергии вычисляют по след формуле:

$$E_{\text{озэ}} = N_{\text{э}} + K_{\text{эКВ.э}}, \text{ МДж} \quad (5.5)$$

где $K_{\text{эКВ.э}}$ – энергетический эквивалент электрической энергии

$$E_{\text{озэ}1} = 0,2171 + 8,7 = 8,9171$$

$$E_{\text{озэ}2} = 0,2371 + 8,7 = 8,9371$$

Энергетические затраты живого труда определяются выражением:

$$E_{\text{ж}} = n \cdot \alpha_{\text{ж}}, \text{ МДж/ч} \quad (5.6)$$

где n - количество обслуживающего персонала, чел;
 $\alpha_{\text{ж}}$ - энергетический эквивалент затрат живого труда,
 $\alpha_{\text{ж}} = 0,9$ МДж/чел-ч.

Для базовой и новой машины:

$$E_{\text{ж}} = 1 * 0,9 = 0,9$$

Общая энергоемкость оборудования определяется выражением:

$$E_{\text{об}} = \alpha_{\text{об}} \cdot M, \text{ МДж} \quad (5.7)$$

где $\alpha_{\text{об}}$ - энергетический эквивалент оборудования,

$$\alpha_{\text{об}} = 104 \text{ МДж/кг};$$

M - масса оборудования, кг.

$$E_{\text{об1}} = 104 * 62 = 6448$$

$$E_{\text{об2}} = 104 * 45 = 4680$$

Энергоемкость, за 1 час работы оборудования рассчитывается по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{об}} = \frac{E_{\text{об}}}{T_{\text{г}}}, \text{ МДж} \quad (5.8)$$

где $E_{\text{об}}$ - общая энергоемкость оборудования, МДж;

$T_{\text{г}}$ - годовая загрузка машины, ч

$$\mathcal{E}_{\text{об1}} = \frac{6448}{564} = 11,43$$

$$\mathcal{E}_{\text{об2}} = \frac{4680}{564} = 8,29$$

Овещественные затраты энергии в кормах определяются выражением:

$$\mathcal{E}_{\text{к}} = \frac{N_{\text{к}} \cdot (e_{\text{к}} + \alpha_{\text{к}})}{T_{\text{г}}} \quad (5.9)$$

где $N_{\text{к}}$ - расход корма за год, т;

$e_{\text{к}}$ - энергосодержание единицы кормов, МДж/кг,

$$e_{\text{к}} = 0,003 \text{ МДж/т};$$

$$e_{\text{к}} = 0,502 + 1,13 = 1,632 \text{ МДж/т};$$

$\alpha_{\text{к}}$ - энергетический эквивалент кормов, МДж/кг,

$$\alpha_k = 0,008 \text{ МДж/т};$$

$$\alpha_k = 1,34 + 1,139 = 2,479 \text{ МДж/т}.$$

$$\mathcal{E}_k = \frac{2,9 \cdot (1,632 + 2,479)}{564} = 0,021 \text{ МДж}$$

Общие овеществленные затраты энергии вычисляют с помощью формулы:

$$\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_{0\text{эз}} + \mathcal{E}_k \quad (5.10)$$

$$\mathcal{E}_{01} = 8,9171 + 0,021 = 8,9381 \text{ МДж}$$

$$\mathcal{E}_{02} = 8,9371 + 0,021 = 8,9581 \text{ МДж}$$

Энергоемкость производственных помещений вычисляют с помощью следующей формулы:

$$\mathcal{E}_{\text{пр.п}} = \frac{\alpha_{\text{пр.п}} \cdot \alpha \cdot S_{\text{пом}}}{100 \cdot T_r} \quad (5.11)$$

где $\alpha_{\text{пр.п}}$ - энергетический эквивалент помещения,

$$\alpha_{\text{пр.п}} = 5025 \text{ МДж/м};$$

α - годовые амортизационные отчисления, %,

$$\alpha = 10\%;$$

$S_{\text{пом}}$ - площадь, занимаемая оборудованием, м²

$$\mathcal{E}_{\text{пр.п1}} = \frac{5025 \cdot 0,1 \cdot 0,32}{100 \cdot 564} = 0,0028 \text{ МДж}$$

$$\mathcal{E}_{\text{пр.п2}} = \frac{5025 \cdot 0,1 \cdot 0,33}{100 \cdot 564} = 0,0029 \text{ МДж}$$

Определим полные затраты для экспериментальной и базовой модели смесителя:

$$E_{c1} = 0,781 + 8,9381 + \frac{0,9 + 0,0028 + 11,43}{0,13} = 104,5 \text{ МДж}$$

$$E_{c1} = 0,853 + 8,9581 + \frac{0,9 + 0,0029 + 8,29}{0,142} = 74,5 \text{ МДж}$$

Вычислим коэффициент энергетических затрат:

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{74,5}{104,5} = 0,71$$

5.2 Расчет экономической эффективности внедрения ленточно-спирального смесителя кормов в технологическую линию

Экономическая эффективность экспериментального ленточно-спирального смесителя кормов была определена по общепринятой методике [24,25]. Исходные данные для расчета экономической эффективности приведены в таблице:

Таблица 5.2 – Исходные данные

№	Наименование	Ед.изм	СГЛ-0,05	Экспериментальный смеситель
1	Масса конструкции	кг.	62	45
2	Производительность	т/ч	0,13	0,142
3	Обслуживаемое поголовье	голов	30	30
4	Часовая тарифная ставка	руб.	350	350
5	Балансовая стоимость	руб.	52 200,00	36 000,00
6	Потребляемая мощность	кВт	1,5	1,5
7	Обслуживающий персонал	чел.	1	1
8	Норма амортизации	%	10	10
9	Норма затрат на ремонт и ТО	%	10	10
10	Отчисление на соц.нужды	%	30	30
11	Годовая нагрузка	ч	564	564
12	Стоимость электроэнергии	руб.	3,7	3,7
13	Коэффициент использования рабочего времени	-	0,9	0,9

Часовая производительность определяется выражением:

$$Q = \frac{V * \rho * \varphi}{t_{\text{зап}} + t_{\text{см}} + t_{\text{раз}}} \quad (5.12)$$

где V – полезный объем аппарата, м^3 ;

ρ - объемная масса перемешиваемого материала, $\text{кг}/\text{м}^3$, $\rho = 1030 \text{ кг}/\text{м}^3$;

φ - коэффициент заполнения емкости, $\varphi = 0,9$;

$t_{\text{зап}}$, $t_{\text{раз}}$ – время заполнения и разгрузки бункера смесителя, ч;

$t_{см}$ – время работы смесителя с материалом, ч.

$$t_{см1} = 0,25$$

$$t_{см2} = 0,16$$

Энергоемкость процесса определяется выражением:

$$\mathcal{E} = \frac{N}{365 \cdot Q \cdot t_{см} \cdot K_p} \quad (5.13)$$

где N – мощность электродвигателя, кВт;

$t_{см}$ - продолжительность смешивания, ч.

K_p - коэффициент использования рабочего времени;

$$K_p = 0,9$$

Металлоемкость процесса определяется выражением:

$$M_c = \frac{G_{см}}{365 \cdot Q \cdot t_{см} \cdot K_p} \quad (5.14)$$

Производительность труда определяется выражением:

$$P_{тр} = \frac{Q}{n_p} n_p \quad (5.15)$$

где n_p – число рабочих, обслуживающих аппарат

$$n_p = 1.$$

Трудоемкость процесса определяется выражением:

$$T_{пр} = \frac{n_p}{Q} \quad (5.16)$$

Фондоемкость процесса определяется выражением:

$$\Phi_{пр} = \frac{C_б}{365 \cdot Q \cdot t_{см} \cdot K_p} \quad (5.17)$$

где $C_б$ – балансовая стоимость аппарата.

Суммарные эксплуатационные затраты определяются выражением:

$$C_{экспл} = C_{зп} + C_{эл} + C_a + C_{рем} \quad (5.18)$$

где $C_{зп}$ – заработная плата специалисту с начислениями, руб/т;

$C_{эл}$ – стоимость электроэнергии, руб/т;

C_a – затраты на амортизацию устройства, руб/т;

$C_{рем}$ – затраты на текущий ремонт и хранение, руб/т.

$$C_{зп} = \frac{t_{час}}{Q \cdot K_p} \quad (5.19)$$

$$C_{\text{эл}} = \frac{Ц_{\text{э}} \cdot N \cdot t_{\text{год}}}{365 \cdot Q \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{р}}} \quad (5.20)$$

где $Ц_{\text{э}}$ - стоимость 1 кВт электроэнергии, $Ц_{\text{э}} = 3,8$ кВт ч;

N - потребляемая мощность, кВт;

$t_{\text{год}}$ - годовое рабочее время, ч.

$$C_{\text{а}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot \alpha}{365 \cdot Q \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{р}} \cdot 100} \quad (5.21)$$

где α – норма отчислений на реновацию, % ($\alpha = 10$ %).

$$C_{\text{рем}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot \alpha_1}{365 \cdot Q \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{р}} \cdot 100} \quad (5.22)$$

где α_1 - норма отчислений на текущий ремонт и хранение, $\alpha_1 = 10$ %.

Годовая экономия в расчете на одно устройство определяется выражением:

$$\text{Э}_{\text{год}} = (C_{1\text{эксп}} + C_{2\text{эксп}}) \cdot 365 \cdot Q \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{р}} \quad (5.23)$$

Срок окупаемости капиталовложений определяется выражением:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\text{Э}_{\text{год}}} \quad (5.24)$$

где K – дополнительные капиталовложения.

Коэффициент эффективности капиталовложений определяется выражением:

$$E = \frac{1}{T_{\text{ок}}} \quad (5.25)$$

Все результаты вычислений представлены в сводную таблицу 5.3

Таблица 5.3 – Сравнительная таблица технико-экономические показатели эффективности ленточно-спирального смесителя кормов.

№	Показатели	Ед.изм	Базовая машина	Предлагаемая машина
---	------------	--------	----------------	---------------------

Часовая производительность	т/ч	0,13	0,142
Фондоемкость процесса	руб/т	4 889	4 823
Энергоемкость процессса	кВт/ч	0,14	0,2
Металлоемкость конструкции	кг/т	5,8	6,02
Трудоемкость процесса	чел*ч/т	7,69	7,04
Эксплуатационные затраты	руб/т	3302,32	3178,29
Годовая экономия	руб	69 188,61	48 368,16
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений	год	-	1,25
Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	-		0,8

5.3 Выводы по главе

Разработанный смеситель в сравнении с выпускаемым СГЛ-0,05 позволяет снизить: затраты на капитальные вложения на 31 %; прямые эксплуатационные затраты на 4 %. Годовой экономический эффект по приведенным затратам от применения технического средства составил в сравнении с машиной (СГЛ-0,05) 48 368,16 руб.

ВЫВОДЫ

1. Схема горизонтального ленточного смесителя, разработанного на основе проведенного анализа конструкций, представляет собой эффективное техническое решение для обеспечения высокого качества смешивания кормовых компонентов. Важными элементами этой конструкции являются:

- Корпус смесителя, который обеспечивает надежную защиту рабочего органа и обеспечивает безопасную эксплуатацию устройства.

- Камера смешивания, специально разработанная для обеспечения оптимального перемешивания компонентов корма и равномерного распределения по всему объему.

- Комбинированный ленточно-спиральный рабочий орган, который обеспечивает эффективное перемешивание и смешивание компонентов благодаря сочетанию ленточных и спиральных элементов.

- Загрузочный и выгрузной патрубки для удобной загрузки сырья и выгрузки готовой смеси.

- Двигатель, который обеспечивает привод рабочего органа смесителя и гарантирует его надежную работу.

Эта конструкция позволяет значительно снизить энергозатраты на процесс смешивания, а также обеспечивает высокое качество готовой продукции за счет оптимального сочетания элементов и параметров работы смесителя.

2. На основании проведенных расчетов по формулам (2.1)...(2.10) и условий эффективного смешивания компонентов комбикормов приняли: величину шага шнека: внешнего $S_1 = 0,05$ м; диаметр шнека по внешней кромке винтовой линии: внешнего 0,3 м; частоту вращения вала шнека смесителя 300 мин^{-1}

3. На основании результатов экспериментальных исследований определены численные значения коэффициентов уравнений регрессии, позволившие оценить величину влияния соответствующих факторов и

определить оптимальные конструктивно-технологические параметры, при которых величина коэффициента однородности готового продукта достигает наибольшего значения 88 % при времени смешивания компонентов 12 мин, при прямом направлении вращения вала шнека смесителя и количестве материала, находящегося в камере смешивания, 34,85 % от максимальной

4. Разработанный смеситель в сравнении с выпускаемым СГЛ-0,05 позволяет снизить: затраты на капитальные вложения на 31 %; прямые эксплуатационные затраты на 4 %. Годовой экономический эффект по приведенным затратам от применения технического средства составил в сравнении с машиной (СГЛ-0,05) 48 368,16 руб.

Литература

1. (Техническое обеспечение животноводства : учебник / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, М. К. Бралиев [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — ISBN 978-5-8114-3083-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169258> (дата обращения: 21.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 99.).
2. Кукта, Г. М. Применение кормораздатчиков-смесителей [Текст] / Г. М. Кукта, В. И. Дешко // Техника в сельском хозяйстве. - 1985. - № 8. - С. 25-26.
3. . Хмыров, В.Д. Пресс – гранулятора подстилочного навоза[Текст] / В.Д. Хмыров, Б.С. Трифанов, Т.В.Гребенникова, А.В. Аксеновский// Вестник Мичуринского государственного аграрного университета,2015. №2. - С. 140-144.
4. Коновалов, В.В. Оптимизация технологических параметров смесителя с комбинированным рабочим органом [Текст] / В.В. Коновалов, В.П. Терюшков, А.В. Чупшев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. - № 3. - С. 83-87
5. Коновалов, В.В. Аналитическое обоснование длительности цикла работы смесителя периодического действия [Текст] / В.В. Коновалов, М.В. Фомина, В.П. Терюшков, А.В. Чупшев //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2015. - № 3. - С. 10-15.
6. Карташов, С.Г. Эффективность технологий и технических средств заготовки зерносенажа для фермерских хозяйств [Текст] / С.Г. Карташов, Е.И. Резник, Л.З. Бестаев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-технической конференции: В 3-х томах. - 2014. - С. 31-38.
7. Пат. № 2410989 Российская Федерация, МПК7А 23 N 17/00. Вибрационный смеситель сыпучих кормов/Мамедов Ф.А., Хромов Е.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное

образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет». – № 2009131495/13; заявл. 20.08.2009; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 4. – 6с.:ил.

8. ГОСТ Р 53056-2008 — Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2009. – 27с.

9. Епифанов А.П. Электропривод в сельском хозяйстве: Учебное пособие. Гриф УМО вузов России [Текст] / А.П. Епифанов. - Санкт-Петербург: Изд-во Лань, 2016. – С. 224.

10. Филатов, С.К. Исследование энергетики смешивания кормов в четырехшнековом раздатчике-смесителе [Текст] / С.К. Филатов // Совершенствование средств механизации и методов их использования в полеводстве: сборник научных трудов. - зерноград, 1982. - С. 120-126.

11. Филатов, С.К. О применении смешивающе-выгрузного устройства на раздатчике смесителе кормов [Текст] / М.А. Тищенко, С.К. Филатов Проблемы комплексной механизации животноводства: сборник научных трудов. - зерноград, 1983. - С. 39-46.

12. Филатов, С.К. Математическое моделирование процесса смешивания кормов в четырехшнековом раздатчике-смесителе [Текст] / С.К. Филатов // Проблемы комплексной механизации производства, приготовления и раздачи кормов: сборник научных трудов. - зерноград, 1984. - С. 12-22.

13. Фролов, В.Ю. К анализу технологических и технических средств процесса приготовления высококачественных кормов [Текст] / В.Ю. Фролов, А.С. Сергунцев, Д.П. Сысоев// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2014. №101. - С. 2108-2120.

14. Фролов В.Ю. Шнековый смеситель концентрированных кормов. [Текст] / Фролов В.Ю., Бычков А.В., Рытов К.П.// Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета , 2022. № 184.

17. Лушнов М.А. Стратегия оптимизации процессов приготовления полужидких кормосмесей для свиней в горизонтальном пропеллерном

смесителе /М.А. Лушнов, А.И. Рудаков// материалы науч.-практ.конф. инст. мех. и технич. сервиса. ч.1 – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2012 - 127-130 с.

18. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов./ Ю.И. Макаров// М.: Машиностроение,1973. – С. 216. 83

19. Макаров, Ю.И. Метод предварительной оценки конструкции смесителя периодического действия для смешения сыпучих материалов. / Ю.И. Макаров, В.А. Горбушин // Теоретические основы химической технологии, 1971, №3. – С. 453-459.

20.Мальцев, А.К. Классификация основных типов смесительных машин, применяемых в сельскохозяйственном производстве. / А.К. Мальцев // В. Сб. :Проектирование рабочих органов машин для животноводческих хозяйств (теория и расчет) – Ростов-на Дону, 1972, вып. 3: – С. 12-20.

21.Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов /С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин// - М.: Колос, 1984. - 168 с.

22.Мельников, С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов /С.В. Мельников// – Л.: Колос, 1985. - 640 с. : ил.

23.Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве – М.: Изд-во ВИМ, 1995. – 96 с.

24. Морозов, Н.М. Экономическая эффективность комплексной механизации животноводства. /Н.М. Морозов// - М.: Россельхозиздат, 1986. - 224 с.

25. Власов, Н.Г. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники /Н.Г.Власов// - М.: Колос, 1986. - 223 с.

26. Захаров М.В. , Разработка конструкции установки для кормораздачи / М. В. Захаров, М. А.Лушнов // Агроинженерная наука XXI века : Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 – летию Казанского ГАУ, Казань, 10–11 июня 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022 – С. 96-101.

27. Захаров М.В. , Обзор машин для измельчения кормов / М. В. Захаров, А. И. Вакилов // Студенческая наука - аграрному производству : Материалы 79-ой студенческой (региональной) национальной научной конференции, Казань, 09–10 февраля 2021 года. Том 2 – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021 – С. 48-54.

28. Захаров М.В. , Сокращение поголовья крупных животных в Российской Федерации / М. В. Захаров, М. А. Лушнов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции , посвященной памяти д.т.н, профессора П.Г.Мудрова, Казань, 26-27 октября 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023 – С. 293-299.

29. Захаров М.В. , Цифровизация сельского хозяйства. Анализ цифровых продуктов в области животноводства / М. В. Захаров, М. А. Лушнов // Прикладные исследования в агроинженерии : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, Казань, 22 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 145-151.

30. Григорьев, А. М. Винтовые конвейеры [Текст] / А. М. Григорьев. — М. : Машиностроение, 1972. - 184 с.

31. Утолин, В.В. Смеситель для приготовления сырых кормов из побочных продуктов крахмалопаточного производства [Текст] / В.В. Утолин, М.А. Коньков, А.А. Полункин, Н.В. Счастлилова // Инновационные технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве: Сб. науч. тр. по мат. междунаро. практ. конф. Ряз. гос. агротех. ун-т. - Рязань. - 2011. - С. 114 - 118.

32. Утолин В.В. Агрегат для приготовления кормов из вторичных продуктов крахмалопаточного производства. [Текст] / Утолин В.В., Полункин А.А.// Особенности технического оснащения современного

сельскохозяйственного производства.// Сб. науч. тр. по мат. международ, практ. Конф// Орел. гос. агротех. ун-т. - Орел, 2012. - С. 290- 294

33. А.С. 369408 МКИ G 01 f 11/02 Дозатор трудносыпучих материалов [Текст] / М.Н. Панфилов, И.А. Эбель, А.П. Шульга, В.И. Чичеткин, Ю.И. Номероцкий, опубли. 08.11.1973. Бюл. №10

34. Исаев, Ю.М. Давление спирального винта на частицу материала [Текст] / Ю.М. Исаев, Н.М. Семашкин, Н.Н. Назарова , В.А. Злобин // Современные наукоемкие технологии.-2010. - Т.9.-С. 175-176.

35. Исаев, Ю.М. К вопросу о вертикальном перемещении сыпучего материала [Текст] / Ю.М. Исаев, Х.Х. Губейдуллин, Н.М. Семашкин, О.П. Гришин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - №4.-С . 122-126.

36. Исаев, Ю.М. Обоснование процесса перемещения семян спиральновинтовым рабочим органом [Текст] / Ю.М. Исаев, Н.М. Семашкин, Н.Н. Назарова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011. - № 1. - С. 97-99.

37. Курочкин, А.А. Устройство для внесения жира в концентрированные корма [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Коновалов, К.М. Мишин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - М., 2002. - № 5 - С. 12-1

38. Евсеенков, СВ. Повышение эффективности процесса смешивания компонентов сыпучих кормов [Текст]: дис... д-ра. техн. наук: 05.20. 01 / Евсеенков СВ. - Челябинск, 1994. - 361 с.

39. Ведищев, СМ. Исследование влияния конструктивно-режимных параметров шпеколопастного смесителя на его качественные показатели [Текст] / СМ. Ведищев, Н.В. Хольшев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. — Тамбов, 2011. - №3 - С 32-34.

40. Коновалов, В. В. Расчет оборудования и технических линий приготовления кормов (примеры расчетов на ЭВМ) [Текст] : учебное пособие / В. В. Коновалов. - ПГСХА, 2002. - 206 с.

41. Мельников, СВ. Механизация и автоматизация животноводческих ферм: Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений [Текст] / СВ. Мельников. - Л.: Колос, 1978. - 560 с.

42. Хусаинов, Р. К. Общий подход к решению вопроса обеспечения работоспособности техники в АПК / Р. К. Хусаинов, И. Г. Галиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 190-194.

43. Рудаков, А. И. Развитие технических средств для приготовления кормосмесей в животноводстве / А. И. Рудаков, М. А. Лушнов // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 126-132.

44. Кононов, М. Д. Кормосмеситель полужидких кормосмесей с оригинальным рабочим органом пропеллерного типа / М. Д. Кононов, М. А. Лушнов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 95-97.

Приложение А

Результаты эксперимента по определению производительности горизонтального смесителя кормов с ленточно-спиральным шнеком в зависимости частоты вращения привода n , а так же от объема рабочего материала в лабораторной установке при влажности кормосмеси 20 %:

Таблица А.1 – Значение скорости вращения рабочего органа на холостом ходу

№ п/п	Скорость вращения, мин^{-1}	Сила тока, А	Напряжение, В	Частота тока, Гц
1	300	12	44	11,8
2	250	11	37	10,2
3	200	10	34	8,7
4	150	10	26	7,4
5	100	5	21	6,2

Таблица А.2 – Значение производительности в зависимости от частоты вращения рабочего органа при заполненном бункере на 50 %

№ п/п	Производительность, кг/час	Скорость вращения, мин^{-1}	Сила тока, А	Напряжение, В	Частота тока, Гц
1	146	300	15	60	17,2
2	129	250	14	53	16,1
3	112	200	13	44	15,2
4	97	150	12	36	13,4
5	84	100	12	32	12,2

Таблица А.3 – Значение производительности в зависимости от частоты вращения рабочего органа при заполненном бункере на 100 %

№ п/п	Производительность, кг/час	Скорость вращения, мин ⁻¹	Сила тока, А	Напряжение, В	Частота тока, Гц
1	148	300	18	73	20,1
2	129	250	17	63	19,2
3	112	200	15	54	18,0
4	97	150	14	46	17,2
5	84	100	13	42	16,4

Приложение Б

Результаты эксперимента по определению однородности смешивания Z от затраченного времени смешивания t с влажностью кормосмеси 20 % и диаметром рабочего органа $d = 0.3$ м.

Таблица Б.1 – Данные по однородности смешивания K_o от времени t мин. частотой вращения шнека $n = 300 \text{ мин}^{-1}$

№	№ пробы	t, мин	$(x_u - x_{cp})$	$(x_u - x_{cp})^2$	$K_o, \%$
1	1	5	2,88	8,29	81
	2		3,68	13,54	
	3		1,12	1,25	
	4		3,52	12,39	
	5		1,92	3,69	
2	1	7	3,36	11,29	83
	2		1,76	3,10	
	3		0,64	0,41	
	4		3,04	9,24	
	5		1,44	2,07	
3	1	9	-2,67	7,14	85
	2		-1,79	3,21	
	3		2,29	5,23	
	4		-0,51	0,26	
	5		2,69	7,23	
4	1	10	2,94	8,67	86
	2		1,98	3,94	
	3		0,42	0,17	
	4		1,86	3,44	
	5		2,66	7,05	
5	1	12	2,99	8,9401	88
	2		1,23	1,5129	
	3		0,21	0,0441	
	4		3,01	9,0601	
	5		1,01	1,0201	