

На правах рукописи



ПОЛЯКОВА АНАСТАСИЯ АНАТОЛЬЕВНА

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
СМЕСИТЕЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань–2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Каширин Дмитрий Евгеньевич

Официальные оппоненты: **Фролов Владимир Юрьевич**,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет им. И.Т. Трубилина»,
заведующий кафедрой «Механизация
животноводства и безопасность
жизнедеятельности»

Хмыров Виктор Дмитриевич,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Мичуринский
государственный аграрный университет»,
профессор кафедры «Технологические
процессы и техносферная безопасность»

Ведущая организация: ФГБНУ «Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ»

Защита диссертации состоится 22 ноября 2018 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.03 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: www.rgatu.ru, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации www.vak3.ed.gov.ru.

Автореферат разослан « » _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



И.А. Юхин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации», утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г., предусматривает перевод продовольственного снабжения нашей страны на самообеспечение к 2020 г., а по мясу на 80...85%. Для выполнения требований правительства необходимо активное развитие практически всех отраслей сельского хозяйства, особое внимание уделяется животноводству.

Важнейшим условием развития животноводства является совершенствование процесса кормоприготовления, так как к кормам предъявляется целый ряд требований, выполнение которых необходимо для раскрытия генетического потенциала животных.

Известно, что стоимость кормов в животноводстве может достигать 75% от стоимости самой продукции. При этом наиболее дорогими являются концентрированные корма. Учитывая логистику перевозок, которая в значительной мере может удорожать стоимость используемых кормов, а также требования, предъявляемые к хранению готовых концентрированных кормов, в ряде случаев представляется наиболее целесообразным производство кормов непосредственно в хозяйстве.

Современные рационы кормления сельскохозяйственных животных предусматривают использование концентрированных кормов в рационе КРС до 30%, при выращивании свиней до 95%, а у птицы до 100%. Большое внимание уделяется сбалансированности готовых кормосмесей, так как получение кормов, включающих весь спектр необходимых для животных питательных веществ, обеспечивает увеличение их продуктивности на 10...15%. Как следствие, снижаются производственные издержки, увеличивается рентабельность производства.

Таким образом, обоснование устройств для приготовления концентрированных кормов имеет существенное значение для развития страны.

Степень разработанности темы. Совершенствованием процесса смешивания кормов занимались многие известные ученые: В.Г. Артемьев, А.В. Байдов, А.М. Григорьев, А.И. Завражнов, Ю.М. Исаев, С.Г. Карташов, Ю.М. Колпаков, В.В. Коновалов, В.Г. Коба, Г.М. Кукта, В.И. Курдюмов, С.В. Мельников, К.Я. Мотовилов, Ю.В. Назаренко, И.Г. Панин, И.Ф. Сараев, Ф.Г. Стукалкин, В.В. Утолин, С.К. Филатов, В.Ю. Фролов, В.Д. Хмыров, Voxer, Т.А. Oxley, А. Peterson и др.

Известно, что смесители шнекового типа имеют свои явные преимущества, в частности простота конструкции обеспечивает высокую

техническую надежность. Относительно невысокая энергоемкость процесса смешивания в сочетании с эксплуатационными преимуществами обеспечили широкое распространение данного типа смесителей.

Несмотря на явные преимущества шнековых смесителей, качество получаемой смеси не всегда отвечает предъявляемым требованиям, поскольку данный класс смесителей требует хорошей сыпучести смешиваемых компонентов. В связи с этим снабжение шнековых смесителей дополнительными рабочими органами, позволяющими устранить имеющиеся недостатки, представляется вполне актуальным.

Анализ известных исследований показал, что недостаточно исследован вопрос влияния механического активатора лопастного типа, устанавливаемого на выходе из шнека, на процесс смешивания концентрированных кормов.

Работа выполнена по плану НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2010-2015 гг. по теме 8 «Повышение эффективности эксплуатации электрооборудования, систем электроснабжения и автоматизация потребителей» (№ гос. рег. 01201174435), а так же 2016-2020 гг. по теме 3 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве» (№ гос. рег. АААА – А16 – 116060910025 - 5).

Цель исследований. Обоснование параметров смесителя концентрированных кормов.

Для решения поставленной цели определены следующие **задачи исследования:**

1. Провести анализ смесителей концентрированных кормов.
2. Теоретически и экспериментально обосновать параметры смесителя концентрированных кормов, снабженного механическим активатором.
3. Разработать смеситель концентрированных кормов, снабженный механическим активатором.
4. Испытать смеситель концентрированных кормов в производственных условиях и оценить его технико-экономический эффект.

Объект исследований. Влияние параметров механического активатора на смешивание компонентов концентрированного корма в смесителе.

Предмет исследований. Теоретические и экспериментальные закономерности, связывающие параметры смесителя с энергетическими показателями и коэффициентом вариации, характеризующим приготавливаемую смесь.

Научная новизна диссертационной работы:

1. Теоретические зависимости показателей работы смесителя концентрированных кормов от его параметров.

2. Экспериментально установленные эмпирические модели энергоемкости и коэффициента вариации приготовления кормов в смесителе.

3. Результаты испытания смесителя концентрированных кормов, снабженного механическим активатором, в производственных условиях и оценка его технико-экономического эффекта.

Теоретическая и практическая значимость работы. Установлены аналитические и экспериментальные зависимости, позволяющие определять параметры смесителя концентрированных кормов с активатором, влияющие на производительность и энергоемкость. Разработан смеситель концентрированных кормов, содержащий бункер для смешиваемых сыпучих компонентов, шнек и механический активатор, воздействующие на зерновой поток. Новизна конструкции защищена патентом на полезную модель № 166266.

Методология и методы исследований. Теоретические исследования выполнены на основе методик теоретической механики, прикладной теории гидродинамики, термодинамики и физики.

Экспериментальные исследования проводили в соответствии с известными методиками планирования и проведения эксперимента. Для постановки опытов использовали сертифицированное оборудование. Статистическая обработка опытных данных производилась с помощью ПЭВМ в среде программы MathCAD.

Положения, выносимые на защиту:

- аналитическая модель влияния параметров смесителя на смешивание концентрированных кормов;
- экспериментальные зависимости влияния параметров смесителя на коэффициент вариации получаемой смеси и энергоемкость процесса смешивания;
- результаты производственных испытаний и технико-экономические показатели смесителя кормов.

Степень достоверности результатов исследований. Достоверность результатов исследования базируется на основании применения методик, соответствующих требованиям ГОСТов 13496.4-93, 13496.0-80, 13586.5-2015, сертифицированного поверенного контрольно-измерительного оборудования, сходимостью теоретических и экспериментальных исследований, составляющей 93,5%. Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, согласуются с результатами, опубликованными в независимых источниках по теме исследования, и прошли широкую апробацию в печати, на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований внедрены в ООО "Ока Молоко" Шацкого района Рязанской области и АО "Октябрьское" Пронского района Рязанской области. Результаты исследования могут быть использованы проектными и научно-исследовательскими организациями для проектирования и совершенствования конструкций смесителей концентрированных кормов.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит в разработке и формировании цели работы, определении направлений теоретических и экспериментальных исследований, установлении принципиальных методологических и методических положений, организации и проведении комплексных исследований.

Апробация результатов исследований.

Основные результаты выполненной работы обсуждены на международных научно-практических конференциях «Инновационные технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве»; «Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы» (Рязанского ГАТУ, 2011, 2014, 2017, 2018 г.); «Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства» (Воронеж, 2015 г.); «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки» (Южно-Уральский ГАУ", 2016 г.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в печати в 10 научных работах, из них 5 статей в журналах, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук», получен 1 патент РФ на полезную модель. Общий объем публикаций составит 3,6 п.л., из которых 3,1 п.л. приходится на долю автора.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 144 страницах машинописного текста и содержит 8 таблиц, 46 рисунков и 7 приложений. Список литературы включает 166 источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность научной работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведены основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса цель работы и задачи исследования» проведен анализ современных средств смешивания концентрированных

кормов. На основании проведенного исследования предпринята попытка классифицировать смесители по принципу действия и устройству рабочих органов. Выполнен краткий обзор основных теоретических положений, направленных на обоснование параметров известных шнековых смесителей. Сформулированы цель работы и задачи исследования.

Во второй главе «Теоретическое исследование смесителя концентрированных кормов» предложена система дифференциальных уравнений, описывающая движение сыпучих масс внутри бункера. Основная цель решения уравнения - получить приближенное значение поля скоростей для поиска более сложного решения – уравнения движения смешиваемой массы, обладающей вязкими свойствами. Временем установления стационарного поля скоростей пренебрегаем, по сравнению с общей продолжительностью смешивания.

Установившееся движение смеси концентрированных кормов в смесительном бункере можно представить в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \\ \frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_{FE} = -v_0, \\ \frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_{AB} = v_0, \\ \frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_{BC+CD+ED+FG+GA} = 0, \end{array} \right. , \quad (1)$$

В результате решения получаем разностную систему линейных уравнений стационарного движения перемешиваемой сыпучей массы, имеющей физические свойства, сходные с идеальной жидкостью.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\varphi_{i+1j}}{hx^2} + \frac{\varphi_{i-1j}}{hx^2} + \frac{\varphi_{ij+1}}{hy^2} + \frac{\varphi_{ij-1}}{hy^2} - \left(\frac{2\varphi_{ij}}{hx^2} + \frac{2\varphi_{ij}}{hy^2} \right) = 0, \\ i, j = 1, \dots, N-1 \\ \frac{\varphi_{iN} - \varphi_{iN-1}}{hy} hx \Big|_{(i,j) \in FE} = v_0, \\ \frac{\varphi_{i1} - \varphi_{i0}}{hy} hx \Big|_{(i,j) \in AB} = -v_0, \\ \frac{\varphi_{i1} - \varphi_{i0}}{hy} \Big|_{(i,j) \in BC} = 0, \frac{\varphi_{iN} - \varphi_{iN-1}}{hy} \Big|_{(i,j) \in DE+FG} = 0 \\ \frac{\varphi_{1j} - \varphi_{0j}}{hx} \Big|_{(i,j) \in GA} = 0, \frac{\varphi_{Nj} - \varphi_{N-1j}}{hx} \Big|_{(i,j) \in CDA} = 0, \end{array} \right. , \quad (2)$$

Полученная система линейных алгебраических уравнение имеет единственное решение.

Зная потенциал движения смеси концентрированных кормов, имеющей свойства идеальной жидкости, определяется скорость из выражения – $grad \varphi$

или его сеточного аналога, который следует использовать в качестве начального приближения при решении уравнений движения компонентов смеси:

$$u_{ij} = \frac{\varphi_{i+1j} - \varphi_{ij}}{hx}, v_{ij} = \frac{\varphi_{ij+1} - \varphi_{ij}}{hy} \quad (3)$$

Используя сеточные уравнения Фоккера-Планка получаем систему дифференциальных уравнений относительно неизвестной плотности:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial t} &= (b_{11} - u_{ij}) \frac{f_{i+1j} - 2f_{ij} + f_{i-1j}}{hx^2} + (b_{22} - v_{ij}) \frac{f_{i+1j} - 2f_{ij} + f_{i-1j}}{hy^2} - \\ &- \frac{u_{i+1j} - u_{ij}}{hx} \cdot \frac{f_{i+1j} - f_{ij}}{hx} - \frac{v_{i+1j} - v_{ij}}{hy} \cdot \frac{f_{i+1j} - f_{ij}}{hy} \\ f_{ij} \Big|_{t=0} &= f_0 \\ f_{ij} \Big|_{ij \in AB+BC+CD+DE+EG+GF+FA} &= 0 \end{aligned} \right. , \quad (4)$$

Определенная система дифференциальных уравнений при заданных начальных условиях заведомо имеет единственное решение, которое может быть найдено с помощью численных методов системы MathCAD.

В результате математического моделирования, представленного на рисунке 2, установлены значения конвекционных скоростей

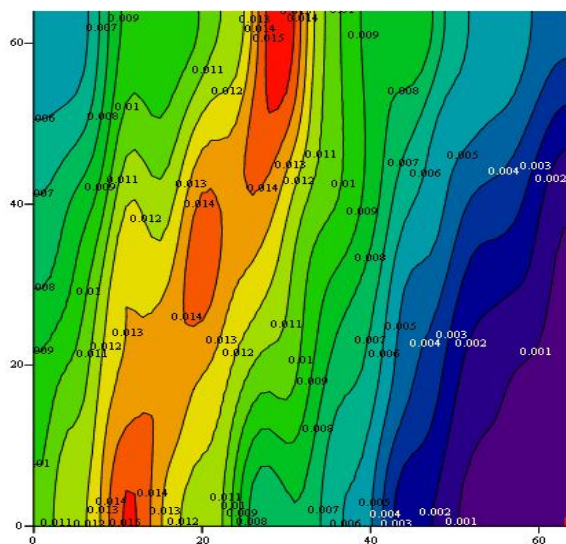
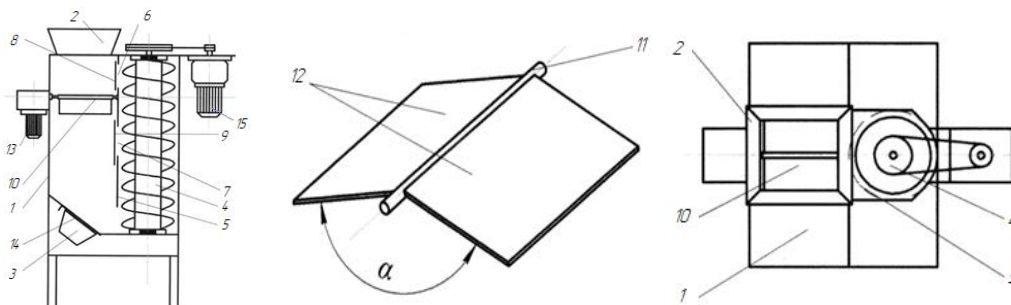


Рисунок 2 – Результаты моделирования конвекционных скоростей движения смеси и распределения фазовых концентраций в смесительном бункере:

Минимальная горизонтальная скорость $-0,141$ м/с, максимальная $-0,07$ м/с, средняя $-0,026$ м/с. Те же величины для вертикальной скорости: $-0,101$ м/с, $0,016$ м/с и $-0,004$ м/с. Для модуля скорости имеем: $0,0004$ м/с, $0,172$ м/с и

0,0027 м/с. Вычислено, что при изменении размера пятна заброса компонентов в смесительный бункер от 0,5 до 0,15 м коэффициент вариации приготавливаемой смеси составит 0,819, угол расположения лопастей активатора при их длине 0,19 м варьируется от 10° до 36° , а частота колебаний не должна превышать 1,5 Гц.

Дано описание предлагаемой схемы смесителя концентрированных кормов (рисунок 1):

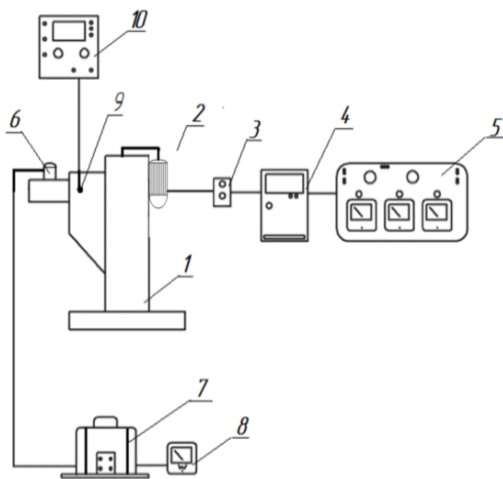


1 – рама; 2 – загрузочная горловина; 3 – выгрузная горловина; 4 – рабочий шнек; 5 – кожух шнека; 6, 7 – перепускные окна; 8, 9 – заслонки; 10 – механический активатор; 11 – вал активатора; 12 – лопасти активатора; 13, 15 – электродвигатель; 14 – шибберная заслонка.

Рисунок 1 – Схема смесителя концентрированных кормов

В третьей главе «Лабораторные исследования смесителя концентрированных кормов» приведены программа, методика и результаты лабораторных исследований с описанием оборудования и условий их проведения.

Структурная схема лабораторной установки приведена на рисунке 3.



1 – смеситель концентрированных кормов;
2 – асинхронный электродвигатель, приводящий рабочий шнек;
3 – коммутационно-защитный аппарат;
4 – частотный регулятор;
5 – прибор К-51 для измерения мощности;
6 – механический активатор шунтового типа;
7 – лабораторный автотрансформатор марки 1М;
8 – ваттметр марки АРРА 135;
9 – электромагнитный датчик ФОН-1;
10 – осциллограф марки С1-35;
11 – емкость для отбора проб приготавливаемой смеси

Рисунок 3 – Схема лабораторной установки

На первом этапе исследование было направлено на установление параметров шнека. Для этого исследовали совместное влияние на производительность (Q) и энергоёмкость (E) следующих управляемых факторов, учитываемых при оптимизации: частота вращения шнека (x_1); угол

наклона шнека относительно вертикали к выгрузной горловине (x_2); раскрытие перепускного окна, находящегося в середине кожуха шнека (x_3).

Для выполнения исследования использовали трёхфакторный план проведения опытов второго порядка с факторами, варьируемыми на трёх уровнях.

В результате проведенного исследования получены две математические модели (9), (10), представленные графически на рисунке 4-5.

В результате поиска рациональных значений параметров полученных математических моделей, выполненного в среде MathCAD, установлено, что при $x_1 = 70$ об/мин, $x_2 = 9^\circ$, $x_3 = 45^\circ$ производительность шнека достигает максимума, равного 0,339 кг/с. Минимальное значение $E = 0,178$ кВт·ч/т достигается при следующем сочетании факторов: $x_1 = 70$ об/мин, $x_2 = 7,54^\circ$, $x_3 = 90^\circ$.

$$Q(x_1, x_2, x_3) = 0.131 - 0.00467 \cdot x_1 - 0.0094 \cdot x_2 + 0,00054 \cdot x_3 + 0,00056 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,000052 \cdot x_1^2 - 0,000007 \cdot x_3^2 \quad (9)$$

$$E(x_1, x_2, x_3) = 2,724 - 0,0412 \cdot x_1 - 0,3204 \cdot x_2 + 0,0026 \cdot x_3 + 0,0018 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0004 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,0002 \cdot x_1^2 + 0,0153 \cdot x_2^2 \quad (10)$$

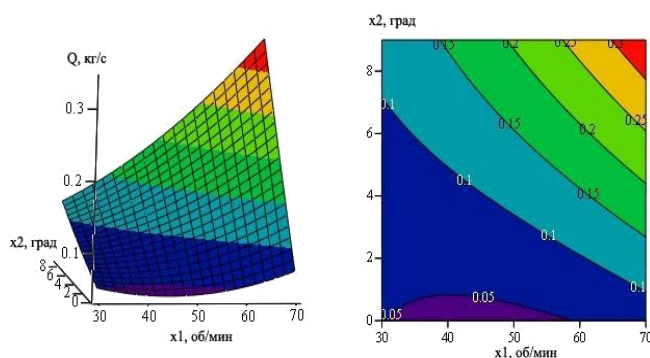


Рисунок 4 – Зависимость производительности смесителя Q (кг/с) от частоты вращения шнека x_1 (об/мин) и угла наклона шнека относительно вертикального положения x_2 (град.) при фиксированном на рациональном уровне значении угла раскрытия заслонки x_3 (град.)

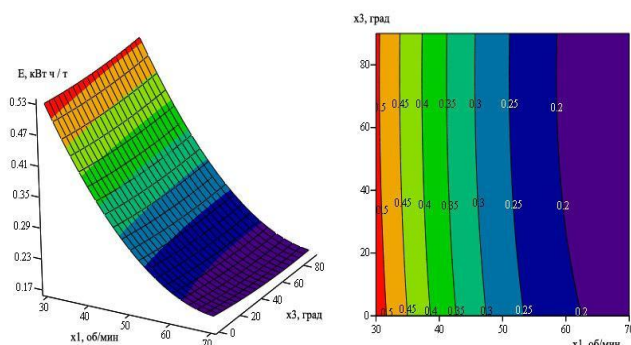


Рисунок 5 – Зависимость энергоемкости процесса E (кВт·ч/т) от частоты вращения шнека x_1 (об/мин) и угла раскрытия заслонки x_3 (град.) при фиксированном на рациональном уровне значении угла наклона шнека относительно вертикального положения x_2 (град.)

Следующий этап исследования был направлен на изучение параметров механического активатора. В качестве исследуемых факторов были выбраны: угол раскрытия лопастей механического активатора (x_1); угол поворота механического активатора относительно оси рабочего вала (x_2); частота

колебаний механического активатора (x_3). Критерием оптимизации являлся коэффициент вариации приготавливаемой смеси λ , %.

Эксперимент проводили при фиксированном значении времени рабочего процесса (7 мин.). Исследование выполняли в соответствии с трёхфакторным планом проведения опытов.

Результат эксперимента по определению влияния параметров механического активатора на коэффициент вариации λ , % представлен в виде эмпирического уравнения (11) и зависимости, представленной на рисунке 6.

$$\lambda(x_1, x_2, x_3) = 38,18 + 0,1 \cdot x_1 + 0,43 \cdot x_2 + 0,633 \cdot x_3 + 0,001222 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,004667 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,001 \cdot x_2^2 - 0,003846 \cdot x_3^2 \quad (11)$$

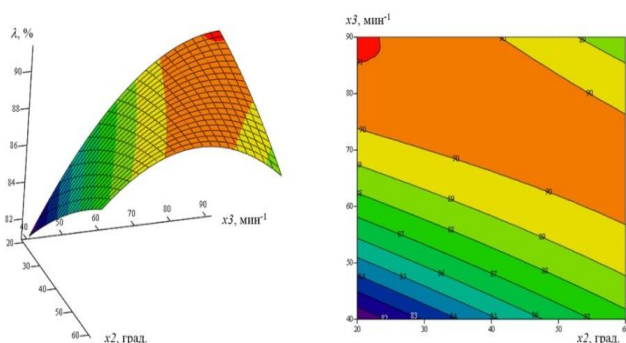


Рисунок 6 – Зависимость показателя однородности смеси λ , % от факторов x_2 , град. и x_3 , мин⁻¹ при фиксированном на рациональном уровне значении фактора x_1 , град.

В результате поиска сочетания факторов в среде MathCAD установлено максимальное значение коэффициента вариации смеси $\lambda = 91,1$ %, достигаемое при значениях факторов $x_1 = 130^\circ$, $x_2 = 20^\circ$, $x_3 = 90$ мин⁻¹.

Заключительный этап лабораторных исследований был направлен на определение времени смешивания, необходимого для достижения требуемой величины коэффициента вариации λ , %. Опыты проводили поэтапно при установленном и настроенном на рекомендуемый режим, а также при демонтированном механическом активаторе. Для определения коэффициента вариации приготавливаемой смеси λ , % принимали в качестве контрольного предварительно промаркированного компонента овес, окрашенный в оранжевый цвет, так как его количество в смеси было наименьшим и составляло 15%. Результаты проведенного исследования представлены в виде математических моделей (12), (13) и графически на рисунке 7.

При работающем активаторе, настроенном на рекомендуемый режим:

$$\lambda(t) = 40,99 + 17,06 \cdot t - 1,36 \cdot t^2, \quad R^2 = 0,96. \quad (12)$$

При демонтированном активаторе:

$$\lambda(t) = 26,38 + 7,48 \cdot t - 0,23 \cdot t^2, \quad R^2 = 0,933 \quad (13)$$

Анализ полученных зависимостей показывает, что при демонтированном активаторе смесь достигает удовлетворительной величины коэффициента

вариации $\lambda = 85\%$ по истечении 11 минут смешивания, а при работающем – через 4 мин.

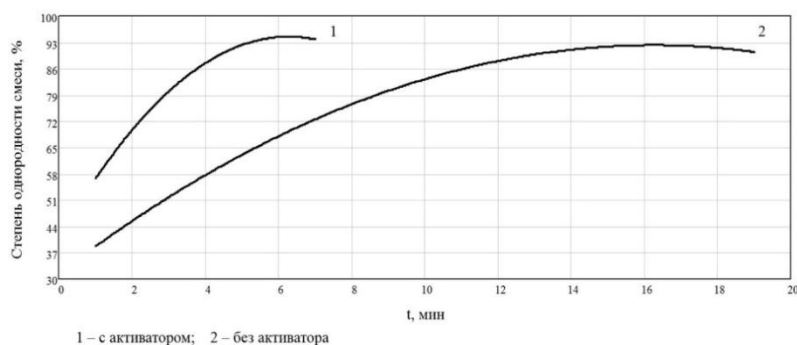


Рисунок 7 – Зависимость коэффициента вариации смеси $\lambda\%$, от продолжительности смешивания t , мин. При установленном активаторе (кривая 1) и без активатора (кривая 2)

В четвертой главе «Производственные испытания смесителя концентрированных кормов и технико-экономическая оценка эффекта его внедрения» приведена методика и результаты исследований, выполненных на базе ООО «Ока Молоко» и АО «Октябрьское». Производственные испытания заключались в приготовлении концентрированных кормов по трем рецептам: смесь №1 для КРС, смесь №2 для свиней на откорме и смесь №3 для кур-несушек. Качество приготовленной смеси оценивалось по величине коэффициента вариации.

Во время производственных испытаний установлена средняя продолжительность технологического цикла и средняя продолжительность выгрузки готового продукта. Уточнены требуемые мощности электродвигателей, часовая производительность и удельный расход энергии.

Проведен расчет технико-экономических показателей использования предлагаемого смесителя концентрированных кормов в сравнении с существующим оборудованием (серийно-выпускаемым смесителем СВ-1.1). На рисунке 8 представлена зависимость срока окупаемости от величины поголовья КРС.

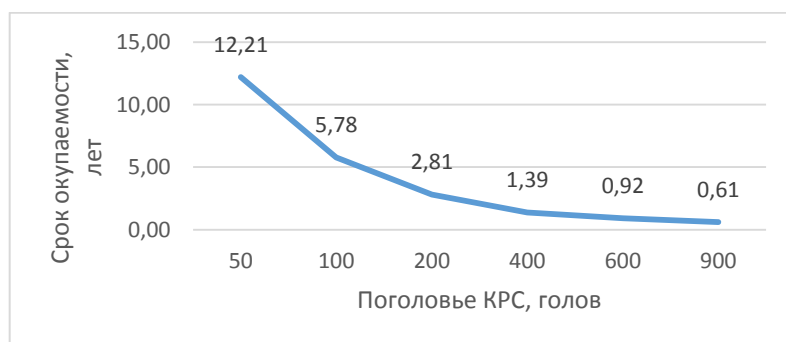


Рисунок 9– Зависимость срока окупаемости смесителя от величины поголовья КРС

Из представленных результатов экономических расчетов следует, что внедрение предлагаемого смесителя концентрированных кормов в производство может быть рекомендовано фермерским хозяйствам величиной от 100 голов КРС до 930 (при использовании одного устройства).

Заключение

1. Из анализа смесителей концентрированных кормов установлено, что при повышении производительности шнековых смесителей снижаются качественные показатели приготавливаемых кормов.

2. Теоретически определено, что состав смеси концентрированных кормов зависит от параметров пятна заброса корма активатором в смесительный бункер, так при длине пятна от 0,5 до 0,15 м коэффициент вариации равен 0,819. Наименьшая продолжительность смешивания компонентов смеси наблюдается при скорости их поступления на поверхность активатора 0,05 м/с. Угол расположения лопастей его при длине 0,19 м варьируется от 10° до 36° . Частота колебаний не превышает 1,5 Гц.

3. Экспериментально выявлено, что производительность шнека смесителя зависит от угла наклона к выгрузной горловине, частоты вращения и величины раскрытия перепускного окна. Определены рациональные параметры шнека смесителя: угол наклона шнека к выгрузной горловине 9° ; частота его вращения 70 мин⁻¹; величина раскрытия перепускного окна 45° . При этом производительность шнека составляет 0,339 кг/с.

4. Экспериментально уточнены значения параметров механического активатора смесителя: угол установки двух лопастей друг к другу 130° , при частоте их возвратно-поступательных движений 90 мин⁻¹ относительно оси вала на угол 20° , при этом коэффициент вариации кормовой смеси из зерновых компонентов составляет 91,1%. Продолжительность приготовления концентрированного корма массой 50 кг при совместной работе шнека, обеспечивающего циркуляционный поток компонентов на активатор составляет 4 минуты при коэффициенте вариации смеси 85%.

5. Испытания смесителя концентрированных кормов в производственных условиях показали, что при загрузке в смеситель порции компонентов общей массой $50 \pm 0,01$ кг и смешивании величина коэффициента вариации кормовой смеси из измельчённого зернового материала для крупного рогатого скота составляет 88,55%, для свиней 92,08%. Годовой экономический эффект для 100 голов крупного рогатого скота составит 6824 руб.

Предложения производству

1. Для повышения производительности смесителя концентрированных кормов целесообразно использовать механический активатор.

2. Рекомендуемые параметры механического активатора при использовании его на смесителе концентрированных кормов: производительность 0,339 кг/с, угол установки лопастей друг к другу 130° ,

частота возвратно-поступательных движений 90 мин^{-1} при вращении на угол относительно оси вала 20° .

Перспективы дальнейшей разработки темы:

В дальнейшей перспективе научных исследований необходимо продолжить работу в направлении совершенствовании конструкции механического активатора, приготавливать концентрированные корма из компонентов существенно отличающихся гранулометрическим составом.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России

1. **Полякова, А.А.** Конструктивно-технологические параметры спирального смесителя [Текст] / А.А. Полякова, В.В. Утолин, Е.Е. Гришков, А.Н. Топильский // Сельский механизатор. - 2015. - №7.- С.28-29.

2. **Полякова, А.А.** Исследование влияния конструктивно-технологических параметров смесителя-обогапителя концентрированных кормов на энергоемкость процесса смешивания [Текст] / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. - 2016. - № 9 (120). - С. 107-113.

3. **Полякова, А.А.** Использование уравнения Фоккера-Планка для аналитического обоснования процесса смешивания в шнековом смесителе [Текст] / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин, М.Ю. Костенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №04(128). С. 1061 – 1070. – IDA [article ID]: 1281704073. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/04/pdf/73.pdf>, 0,625 у.п.л.

4. **Полякова, А.А.** Обоснование параметров механического активатора смесителя-обогапителя [Текст] / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2017.-№ 1 (33). - С. 75-79.

5. **Полякова, А.А.** Снижение энергоемкости технологического процесса смесителя - обогапителя [Текст] / Д.Е. Каширин, А.А. Полякова // Сельский механизатор. - 2018. - № 2. - С. 20-21.

Патент на полезную модель

6. Пат. № 166266 Российская Федерация, МПК⁷ В 01 F 7/24. Смеситель-обогапитель концентрированных кормов /Каширин Д.Е., Полякова А.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – № 2016116473/05; заявл. 26.04.2016; опубл. 20.11.2016, Бюл. № 32. – 7с.: ил.

Публикации в журналах, сборниках научных трудов, материалах научных конференций

7. **Полякова, А.А.** Исследование производительности шнекового смесителя [Текст] / А.А. Полякова, М.А. Милютин, Д.Е. Каширин, А. И. Трыханкин, В. В. Никитов // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. - 2015. - № 1.- С. 158-160.

8. **Полякова, А.А.** Экспериментальное определение энергоемкости шнекового смесителя-обогапителя [Текст] / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин // Сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей «Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. Под общ ред. Т.М. Сигитова. Пермь, 2016. - С. 189-191.

9. **Полякова, А.А.** К вопросу снижения энергоемкости при использовании шнекового смесителя [Текст] / А.А. Полякова // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки». ФГБОУ ВО "Южно-Уральский государственный аграрный университет".-2016. - С. 231-233.

10. **Полякова, А.А.** К вопросу определения производительности шнекового смесителя обогапителя концентрированных кормов [Текст] / А.А. Полякова // Сборник научных статей «Проблемы развития современной науки» по материалам I Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2016. - С. 57-58.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л.1 Тираж 100 экз. Заказ № 1389
подписано в печать 14.09.2018 г*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П. А. Костычева»
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1
Отпечатано в издательстве учебной литературы и
учебно-методических пособий
ФГБОУ ВО РГАТУ
390044 г. Рязань, ул. Костычева, 1*