

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление подготовки – 35.04.06 Агроинженерия

**Магистерская программа – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Магистерская диссертация)

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ С УДВОЕННЫМ
РАБОЧИМ ОРГАНОМ ПРОПЕЛЛЕРНОГО ТИПА**

Студент магистратуры _____



Кононов М.Д.

Научный руководитель, к.т.н.,



Лушнов М.А.

ученое звание

подпись

Ф.И.О.

Рецензент,

к.т.н., доцент



Матяшин А.В.

ученое звание

подпись

Ф.И.О.

Работа обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите
(протокол № 12 от 17 июня 2020 г.)

Зав. кафедрой доцент



Халиуллин Д.Т.

ученое звание

подпись

Ф.И.О.

Казань 2020

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Кононова М.Д., выполненной на тему: «Разработка конструкции и обоснование режимных параметров горизонтального смесителя с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа», представленной на соискание степени магистра по специальности 35.04.06 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Настоящая работа посвящена исследованию процесса смешивания компонентов кормовой смеси в кормосмесителе полужидких кормосмесей и совершенствованию его конструкции. В работе изложены результаты исследований влияния влажности компонентов кормовой смеси на качество однородности получаемого продукта. Разработан горизонтальный смеситель с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа, отличающийся оригинальностью, простотой конструкции и эффективностью в работе, позволяющий производить кормовую смесь с высокой однородностью по всему объему рабочей камеры.

Использование предлагаемой конструкции горизонтального смесителя для приготовления полужидких кормосмесей с удвоенным рабочим органом позволяет увеличить эффективность приготовления кормовых смесей без увеличения эксплуатационных и энергетических затрат.

Диссертация написана на русском языке, состоит из введения, пяти глав, общих выводов и содержит 93 страницы машинописного текста, в том числе 26 рисунков, 7 таблиц, 40 наименований использованной литературы и 8 страниц приложений.

ABSTRACT

The dissertation work by MD Kononov, carried out on the topic: “Design development and justification of the operating parameters of a horizontal mixer with a doubled working body of the propeller type”, submitted for the master's degree in specialty 35.04.06 - Technologies and means of agricultural mechanization.

This work is devoted to the study of the process of mixing the components of the feed mixture in the feed mixer semi-liquid feed mixtures and improving its design. The paper presents the results of studies of the influence of humidity of the components of the feed mixture on the quality of the homogeneity of the resulting product. A horizontal mixer with a propeller-type double working body has been developed, which is distinguished by originality, simplicity of design and operational efficiency, which allows producing a feed mixture with high uniformity over the entire volume of the working chamber.

Using the proposed design of a horizontal mixer for the preparation of semi-liquid feed mixtures with a doubled working body allows to increase the efficiency of preparation of feed mixtures without increasing the operating and energy costs.

The dissertation is written in Russian, consists of an introduction, five chapters, general conclusions and contains 93 pages of typewritten text, including 26 figures, 7 tables, 40 references and 8 pages of applications.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	 8
1.1 Технологии приготовления кормовых смесей.....	8
1.2 Анализ конструкций смесителей для приготовления кормов	19
1.3 Анализ основных параметров и способов оценки однородности смешивания	36
1.4 Цель и задачи исследований.	40
 2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ ПОЛУЖИДКИХ КОРМОСМЕСЕЙ С УДВОЕННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ПРОПЕЛЛЕРНОГО ТИПА.....	 42
2.1 Обоснование выбора конструкции смесителя для получения полужидких кормовых смесей с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа	42
2.2. Устройство и принцип действия предлагаемого смесителя	45
2.3. Технологические и конструктивные расчеты предлагаемого смесителя.	47
 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	 50
3.1 Общий план исследований	50
3.2 Методика определения влажности кормосмеси	50
3.3 Методика определения потребной мощности	52
3.4 Методика определения однородности смешивания кормосмеси	55
3.5 Методика статистической обработки результатов экспериментов	56

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ	59
4.1 Результаты определения влажности компонентов кормовой смеси	59
4.2 Результаты исследований определения однородности смешивания компонентов смеси в зависимости от их влажности.....	62
4.3 Результаты определения потребной мощности	65
 5 ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ ПОЛУЖИДКИХ КОРМОВ С УДВОЕННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНом ПРОПЕЛЛЕРНОГО ТИПА	67
5.1 Энергетический расчет и сравнение разработанного смесителя с базовой конструкцией смесителя СКО-Ф-3	67
5.2 Расчет экономической эффективности внедрения горизонтального смесителя с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа.....	73
5.3 Выводы по главе.....	78
 ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	79
 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	81
 ПРИЛОЖЕНИЯ	86

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы.

Одной из актуальных проблем современного сельскохозяйственного производства в России является обеспечение населения высококачественной животноводческой продукцией. Чтобы успешно удовлетворить потребность в мясных и молочных продуктах, животноводство должно интенсивно развиваться и расширяться, с установкой полноценной качественной кормовой базы.

Наиболее рациональное использование кормосмесей включает в себя смешивание с компонентами с высоким качеством приготовления и их скармливание животным только в готовом виде.

Одним из важнейших требований при производстве полужидких кормовых смесей является достижение однородной массы. При выполнении равномерного перемешивания необходимо учитывать механические, физические и реологические свойства всех компонентов кормовой смеси. Использование существующих устройств часто не всегда обеспечивает высококачественное микширование, поскольку используются неэффективно неэффективные устройства, которые потребляют много энергии.

В связи с вышесказанным стоит задача усовершенствовать конструкцию смесителя с изменением формы рабочего органа и обеспечить высокие показатели технологической эффективности при низких ресурсных и энергетических затратах, что немаловажно.

Работа посвящена разработке горизонтального смесителя полужидких кормосмесей, рабочий орган которого выполнен в виде двух, расположенных напротив, пропеллеров посаженных на вал, сравнительному исследованию эффективности функционирования рабочих органов кормосмесителей, исследованию механических, физических и реологических свойств компонентов кормовой смеси, значение которых необходимо знать при разработке и создании новых сельскохозяйственных машин для приготовления кормовых смесей и их рабочих органов.

Схемы классификации, а также карты и матрицы морфологического анализа играют важную роль в исследовании процессов и свойств обрабатываемых компонентов.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Технологии приготовления кормовых смесей

Сектор животноводства является основным потребителем кормов для животных. Кормление определенными типами кормов замедляет развитие животных [8], поскольку ни один из видов кормов не содержит полного набора питательных веществ, витаминов и минералов, которые нужны животным. Урожайность снижается, цены за единицу увеличиваются, а рентабельность в конечном итоге снижается. Например, неправильное соотношение полезных ингредиентов и питательных веществ в кормах для свиней может снизить среднюю массу тела в день на 30-35% и затраты на корм на единицу продукции на 50% [3]. В среднем потребление корма для производства 1 кг молока в 1,5 раза выше затрат на рабочую силу, в 2,5 раза выше для говядины, в 2,0 раза выше для свиней и в 1,3 раза выше для домашней птицы. Кроме того, поскольку только высококачественные корма могут обеспечить питательные вещества в организме животного в необходимых количествах и соотношениях, продуктивность животных обычно на 10-15% выше, чем при использовании кормовых смесей сравнимой питательной ценности [37].

Значительная часть затрат связана с логистическими затратами на транспортировку обработанных продуктов и готового сырья. А продукты питания комбикормовых заводов не всегда соответствовали требуемым качественным показателям. Например, согласно научным организациям, большое количество образцов комбикормов, отобранных на разных заводах для их изготовления, составляет около 2% от стандарта.

Ситуация ухудшилась в годы перестройки, когда количество животных и птицы сократилось, производство кормов для животных в специализированных компаниях и издержки из-за роста цен на сырье, белки и минералы, витаминные добавки (БМВД) и премиксы для промышленного приготовления пищи и энергоресурсов. В результате концентрация производства кормов для животных в хозяйствах имеет тенденцию к увеличению. По прогнозам, 54% комбикорма перерабатывается компаниями, занимающимися

производством кормов для животных, остальная часть перерабатывается непосредственно на фермах, на которых производится до 40 млн. Тонн комбикормов. на основе эксклюзивных или приобретенных компенсирующих добавок.

Однако особенность сельскохозяйственного производства оставляет определенное влияние на функционирование комбикормовой компании на ферме. В первую очередь это специализация животноводства, тип и возраст животных, который определяет возможный набор компонентов для будущей кормовой смеси и ее размер - объем урожая исходных компонентов и приготовленного корма, а также почасовая продуктивность технологических линий предприятия. Предыдущие исследования показали, что реальная часовая производительность производственных цепочек для производства полных кормовых смесей для молочных ферм, рассчитанная на основе рациона, рекомендованного для южных регионов молочного животноводства, варьируется в пределах довольно широкий диапазон. Например, в цехе, где 100 коров работают до 600 кг / час, зерновой компонент имеет линию подготовки корма, которая увеличивает часовую производительность производственной линии с 80 кг до 960 кг в час. , Кроме того, различия в рационе при кормлении животных разных возрастных групп на управляемом предприятии требуют частой и быстрой адаптации технологического процесса производства кормов для животных в требуемой форме и реальной возможности его применения на предприятиях и фермах.

Как известно, важной частью стоимости готового корма является стоимость используемых в нем компонентов. Поэтому приготовление кормов для животных должно быть максимально основано на сырье, производимом и доступном на ферме (злаки из зерновых и масличных культур, белковые компоненты, минеральные компоненты). В связи с этим для эффективного использования доступного сырья часто необходимо сбалансировать приготовленный корм с обогащенными добавками, например ферментами, когда в пищу вводится большой объем злаковых [31].

В сельском хозяйстве в большинстве случаев имеет смысл добавлять в корм лекарственные препараты, поскольку добавки, имеющиеся в промышленном производстве, не всегда соответствуют потребностям популяции животных, за которыми присматривают. Наличие устройств в технологической схеме внутрихозяйственной компании, с помощью которой этот процесс может быть осуществлен, является очень характерным признаком завершения его технологического процесса.

В то же время следует отметить, что никакие подробности о характеристиках компании и ее сырьевой базе строго не соответствуют официальным требованиям по снабжению систем метаболической энергии, сухого вещества и других питательных веществ, а официальные требования к качеству сырья и сбалансированному приготовлению пищи должны соответствовать принципам которые не противоречат изготовлению и требования к животноводству. Это значительно облегчается благодаря контролю качества во время технологической операции и применению соответствующих настроек для работы технологического оборудования на этапе приготовления пищи, что легко внедряется в сельскохозяйственной операции.

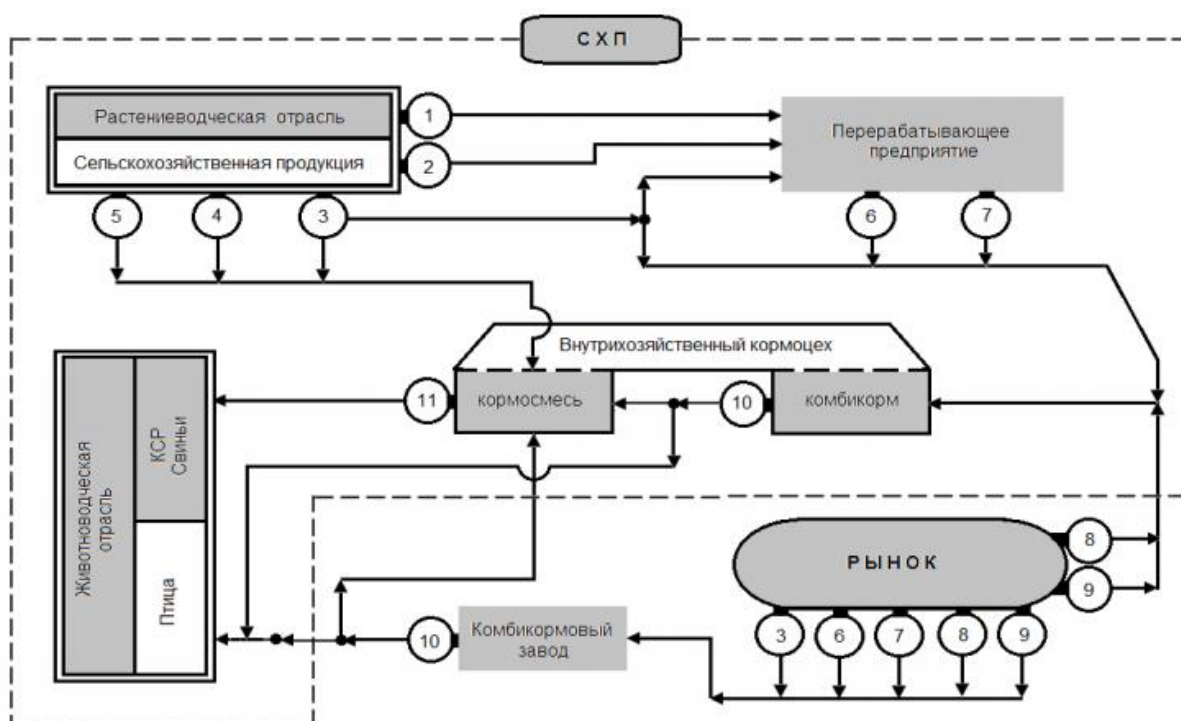
Важным фактором, который в конечном итоге определяет стоимость готового корма, является производительность технического оборудования, используемого в технологических линиях внутрихозяйственного предприятия. Для эффективной работы такой компании расположение оборудования ее производственных линий должно быть основано на блочно-модульном принципе, чтобы минимизировать транспортные операции и предложить возможность быстрого изменения режима работы [25]. Само оборудование должно соответствовать требованиям сохранения ресурсов и в то же время обеспечивать требуемое качество продукции.

Блок-схема, разработанная в ГНЭУ СКНИИМЭНСХ Российской академии сельского хозяйства, иллюстрирует возможные способы получения корма с фермы и получения на его основе целых кормовых смесей (Рисунок 1.1).

Сельскохозяйственные продукты, которые производятся в сельскохозяйственном производстве, включают семена зерновых и бобовых, масличные культуры, зеленые продукты, грубые корма (сено) и сочные продукты (силос, силос, корни).

Зерновые и масличные культуры, а также зеленая трава иногда используются для обработки пищевых продуктов и кормов для животных. Отходы от продуктов переработки (отруби, мука, мука, мука, жмых и т. д.)

И готовые продукты (травяная мука), используются для производства кормов для животных.



- 1 - зеленая трава; 2 - масличные культуры; 3 - зерно; 4 - волокно; 5 - вкусная еда; 6 - травяная мука; 7 - переработка пшеницы и масличных отходов;
 8 - белковые минеральные добавки; 9 - премьеры; 10 - полноценное питание;
 11 - полная пищевая смесь

Рисунок 1.1 - Структурная схема технологических вариантов производства готовых смесей и питательных веществ в хозяйстве

Если мы проанализируем технологические варианты схемы, мы можем различить два предельных варианта для достижения экономичности комбикорма:

– Приобретение кормов для животных из компонентов, купленных на рынке, путем частичной продажи на рынке собственных сельскохозяйственных продуктов, которые производятся специализированной компанией (например, комбикормовым заводом);

– Производство кормов для животных на ферме максимально используя свои кормовые ресурсы с возможностью покупки отсутствующих компонентов на рынке.

Варианты, расположенные в указанном интервале, могут различаться только в зависимости от ассортимента отсутствующих компонентов, купленных на рынке.

В первом варианте купленный корм, который соответствует особенностям животноводства, доступного на ферме, может быть роздан непосредственно животным (например, если он используется в качестве основного корма для домашней птицы) или использоваться как часть полного корма смешать, например, при производстве кормов для крупного рогатого скота. В последнем случае готовые кормовые смеси производятся на основе стационарных смесительных установок в небольших помещениях, мини-цехов по производству кормов или мобильных миксеров и распределителей, которые используют грубые и сочные корма нашего собственного производства и закупленные комбикорма. Нет необходимости строить громоздкие и дорогие кормовые цеха на фермах, а использование мобильных многофункциональных миксеров от автоматических кормушек снижает потребление энергии на 20% и затраты на оплату труда на 30% [31]. Однако решающую роль в этом варианте по-прежнему играет стоимость всего корма для животных, приобретенного у компании, который производится из приобретенных компонентов на специализированном комбикормовом заводе, и окончательное решение по тому или иному варианту может быть принято только путем анализа его технико-экономических показателей.

В другом варианте имеется гибкая подстройка под производственную систему, позволяющая незамедлительно среагировать на перемену потребности

животноводства путем соответствующей реструктуризации процесса. Кроме того, сырье нашего производства использовалось по максимуму с целью снижения стоимости пищевых смесей, что было достигнуто за счет совершенствования технологических процессов производства сырья и производства пищевых продуктов. С этой целью на ферме была основана сельскохозяйственная компания с широким спектром производственных линий, с помощью которых мы можем максимально изготавливать готовые смеси для животных и кормов для животных, используя наше сырье и частично закупленные ингредиенты.

Одним из примеров являются цеха, ранее разработанная проектным институтом “Гипрониисельхоза” для производства комбикормов для свиней непосредственно в сельскохозяйственных предприятиях и межфирменных ассоциациях из отечественных зерновых и промышленных белково-витаминных добавок - ОЦК-4, ОКЦ-4, ОКЦ-15, ОКЦ-30 и комбикормовый завод на базе комплектов оборудования КОРК-15А и КЦК-5 которые используются на молочных фермах для 800-1200 коров и комплексов для откорма до 5000 шт.

Оборудование цехов ОЦК-4 производительностью 4 т/ч [37] оборудуются из отдельных независимых блоков:

- смешивать и размолоть, чтобы собрать и дозировать исходные компоненты пищевой смеси (крупы и готовое БМВД), размолоть пшеницу, смешать гранулированные компоненты круп с БМВД и распределить готовую пищу;
- производство белковых минеральных витаминов и пищевых добавок;
- жидкие добавки для обогащения кормов для животных техническим жиром, патокой и мочевиной;
- гранулирование пищи.

Оборудование цеха включает в себя автоматическую систему управления для объектов логистики и дозирования сыпучих грузов, транспортных средств и систему электронного оборудования. Кормозаготовительный отдел работает по описанной далее схеме.

Компоненты зерновых и промышленные витамины и белки вводятся один за другим в вибрационный сепаратор и магнитную колонку и собирают, после очистки, примеси в соответствующих емкостях камеры измельчения-смешивания. Там же подают травяную муку. Согласно данному рецепту с использованием пневматической машины управления (РУМ-1) компоненты, которые последовательно удаляются из каждого бункера, транспортируются к пневматическому распределителю с использованием пневматического конвейера.

Часть образованных таким образом компонентов зерна поступает в дробилку, а измельченные зерна собираются в воронке над смесителем. После того, как образец зерна выходит из равновесия, порции витаминно-белковых добавок и травяной муки, которые также добавляются в воронку над блендером, взвешиваются в соответствии с рационом. 500 кг части пищи, приготовленной по рецептуре, выливают из воронки в миксер, перемешивают, а готовую пищу либо доставляют на склад, либо в рабочую воронку блока жидкие или гранулированные добавки.

Пищевые мельницы КОРК-15А, КЦК-5-3, ЦПК-12 и т. Д. Производительностью 15-20 т / ч [14] для производства пищевых смесей из грубых, сочных и концентрированных пищевых добавок и жидкого обогащения в молочной промышленности. Фермы, иногда, различаются по комплектуемому оборудованию, но в большинстве случаев имеют схожие рабочие линии (рисунок 1.2):

- накопление, измельчение и дозирование грубых кормов, силоса, сенажа, зеленой массы, а также корневых клубней;
- прием, накопление измельченного и дозированного предложения концентратов; - всасывание, приготовление и дозированная доставка питательных растворов (патоки, мочевины, поваренной соли и др.);
- поглощение, приготовление и дозированная доставка минеральных добавок; - поглощение, накопление и дозирование пульпы;

- Сбор, транспортировка, смешивание, измельчение, обогащение и доставка кормовых смесей с влажностью 65-88%.

Технический процесс такого цеха заключается в следующем: солома в контейнере или тюке транспортного средства, трава или силос транспортного средства выгружается в соответствующий контейнер подачи по линии 17 и транспортируется на сборочный конвейер.

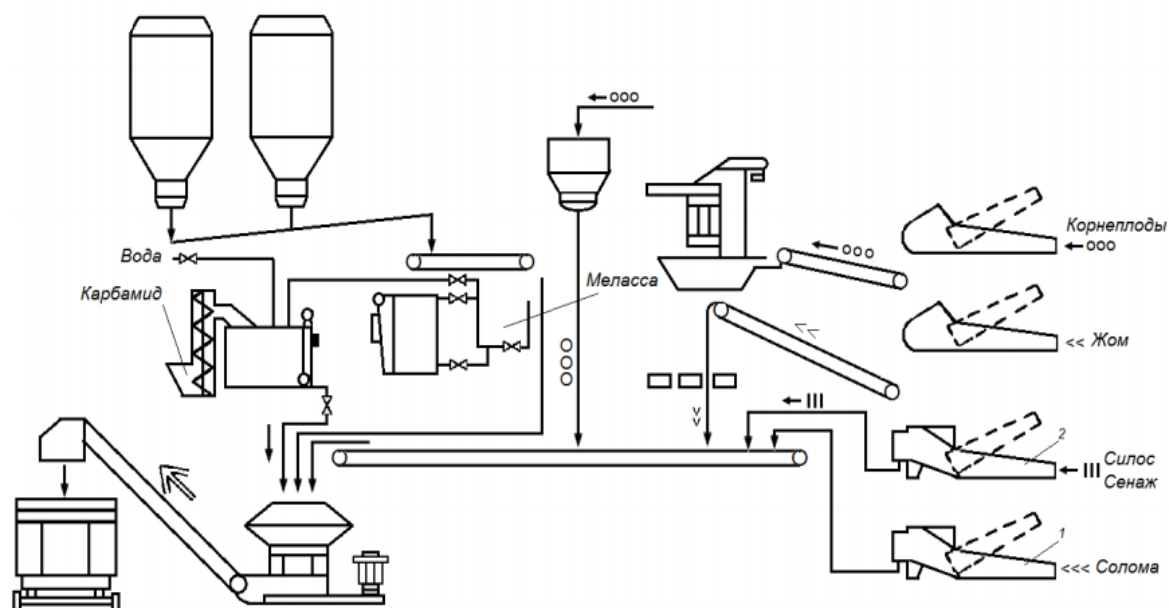


Рисунок 1.2 – Кормоцех КОРК-15А-9

Корнеплоды из транспортных средств выгружаются в чашу подачи клубней и направляются в измельчитель – камнеудолитель, где их моют, отделяют от посторонних включений и измельчают. Измельченные корневые клубни из дозатора воронки также поступают на сборочный конвейер. Жидкие обогащающие препараты, изготовленные на линии с дозирующим насосом, подаются через систему трубопроводов к соплам, которые прикреплены к корпусу смесителя. Дозирующие компоненты собираются с конвейерной ленты в улучшенном смесителе-измельчителе ИСК-ЗМ. Концентрированный корм также доставляется из бункера. В смесителе компоненты измельчаются, смешиваются и выгружаются в виде готовой кормовой смеси в мобильные кормушки и доставляются в животноводческие помещения.

Кормление животных кормовыми смесями, производимые в таких цехах, увеличивают рентабельность производства молока на 4,4–13,6% по сравнению с кормлением отдельных компонентов пищи, так как продуктивность коровы увеличивается и удельный расход корма уменьшается [9]. Однако используемые для этого цеха характеризуются высокой стоимостью компонентов, высоким энергопотреблением и их непрерывной работой, а также высоким пределом производительности, в некоторой степени возможностью немедленной перестройки технологического процесса производства корма для определенных групп животных. Объемное дозирование используемых в нем компонентов, как правило, не отвечает повышенным требованиям к неравномерному дозированию компонентов. Однородность получаемой кормовой смеси оставляет желать лучшего (78-88%).

Кормосмесь лучше всего потребляется животными, если она приготовлена по строгому и сбалансированному рецепту. К ним относятся зерновые (кукуруза, ячмень, пшеница, овес, горох и т. д.), Компоненты муки (отруби, мука), продукты от перерабатывающих компаний. Злаки являются базой для создания кормосмеси, объем которых достигает до 70% всей кормосмеси [7].

В технологическом процессе изготовления пищевого компонента можно выделить основные процессы, которые фактически обеспечивают необходимые изменения исходных свойств ингредиентов и качественных показателей готовой пищи. Отдельные компоненты, подлежащие модификации во время обработки, позволяют получить заданные параметры. Прежде всего, это процессы, которые обеспечивают требуемое распределение частиц по размерам обрабатываемого компонента, точность распределения материалов и высокооднородность полученной кормосмеси.

Измельчение компонентов кормовой смеси определяет качество будущего корма и потребление энергии для производственного процесса. Эффективное использование питательных веществ, содержащихся в животных в злаках и минеральных ингредиентах, возможно только в том случае, если они

измельчены до необходимого размера. Уменьшая модуль тонкости во время измельчения, вы не только увеличиваете количество мелких частиц и пыли, но и затраты энергии на измельчение продукта. Степень измельчения зерна регулируется по окончательной рецептуре подачи: модуль помола должен иметь размер 0,3-1,1 мм для свиней, крупного рогатого скота и 1,9-2,7 мм для свиней для домашней птицы. Содержание цельных продуктов в измельченном продукте не должно превышать 0,4 - 0,5%, частиц пыли - 22%.

Одной из основных операций в технологическом процессе производства целых пищевых смесей является дозирование ингредиентов. Неправильная дозировка приводит к снижению пищевой и биологической ценности пищи, дисбалансу в питательных веществах и избытку дорогих ингредиентов, а также увеличению стоимости конечного продукта. При производстве витаминных добавок, минеральных белков и сырья требуется особая точность измерений, поскольку малейшее отклонение от стандартов, установленных составом пищи, может иметь непоправимые последствия для введения отдельных ингредиентов. Для получения сбалансированной смеси пищи (корма для животных) в соответствии с принятой рецептурой требуются дозирующие устройства с погрешностью не более 0,15%, которые получены с использованием сенсорных тензометрических систем взвешивания. Измерительные приборы в миксерах или распределителях пищевых продуктов, в которых установлены приборы для измерения напряжения. Полученный параметр, который определяет качество готовой пищи на конечном этапе, является однородностью пищевой кормосмеси. Однородность должна быть не менее 90%.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что для характеристики приготовления полноценного корма в сельскохозяйственных условиях с консолидированной базой сырья необходимо обеспечить сельскохозяйственных животных разных видов и возрастов в строгом соответствии с требованиями к оформлению. для животных с метаболической энергией, сухим веществом и другими факторами снабжения, определение питательных веществ, определение основного принципа создания фермы: комплектация производственных линий

модульным способом приемы, отвечающие требованиям сохранения ресурса с наивысшим качеством и необходимостью наиболее важных технологических процессов и обеспечения получаемой пищи. Этому в значительной степени способствует существующая техническая база, которая состоит из оборудования, уже произведенного промышленностью, а также оборудования, разработанного исследовательскими и другими организациями и которое может использоваться в технологических линиях этих коммерческие компании.

1.2 Анализ конструкций смесителей для приготовления кормов

Устройства для приготовления кормов в животноводческой отрасли обладают высоким разнообразием из-за необходимости приготовления кормов с разными физико-механическими качествами ингредиентов: плотностью, размером и формой компонентов, гранулометрическим составом, текстурой [11]. Приготовление кормов помимо смешивания нередко сочетается с доизмельчением и тепловыми процессами.

Устройства для приготовления кормов, используемые в настоящее время при приготовлении пищевых смесей, можно классифицировать следующим образом:

- по типу приготавливаемого корма – смесители для жидких, полужидких и сыпучих (сухих)кормов;
- по характеру производства смешивания – смесители циклического и непрерывного действия;
- по расположению рабочего органа – смесители вертикальные, горизонтальные;
- по конструктивному признаку – смесители шнековые, лопастные, турбинные, пропеллерные, комбинированные, барабанные;
- по количеству рабочих органов – смесители одновальные, двухвальные, безвальные;

- по общему количеству выполняемых операций – смесители, смесители-раздатчики, смесители-запарники, смесители-измельчители, смесители-измельчители-раздатчики кормов.

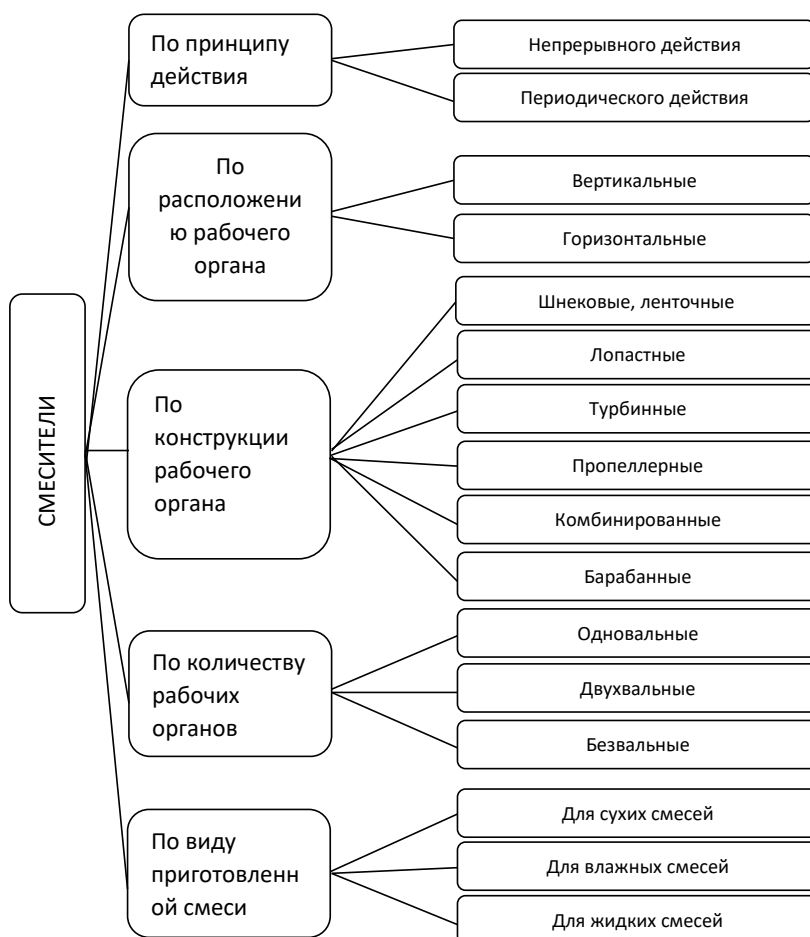


Рисунок 1.3 Классификация смесителей, применяемых в кормоприготовлении

В данный момент в нашей стране и в мире существует большое количество машин для приготовления кормосмесей. Некоторые из них представлены в таблице. 1.1 [38].

Таблица 1.1 – Основные характеристики смесителей

№	Наименование оборудования	Назначение	Полезная вместим ость, м ³	Мощность привода, кВт	Масса, кг	Длительность смешивания, мин	Показатель неравномерности смешивания, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Смеситель конструкции А.К. Мальцева, СССР	Приготовление сухих комбикормов	0,06	0,9	-	-	5
2	Смеситель вибрационный, конструкции С.В. Евсеенкова, СССР	Приготовление сыпучих комбикормов	-	-	-	-	4...7
3	Смеситель С-7-1, СССР	Приготовление запаренных и сырых кормосмесей на свинофермах	0,7	1,7	590	15	14,4...20,1

Продолжение таблицы 1.1

4	Смеситель СГК-2,5М, СССР	Приготовление сухих рассычатых комбикормов	5,6	40	5396	4	-
5	Смеситель С-12,0, СССР	Приготовление запаренных и сырых кормосмесей на крупных свинофермах	12,0	13,6	20...30	12,3...18,3	1
6	Смеситель ОПС конструкции В.А. Ко хно , СССР	Приготовление влажных кормосмесей на свинофермах	1,0	-	-	-	8
7	Смеситель 2СМ-1, СССР	Приготовление сухих рассычатых комбикормов	2,7	10	1000	-	-

Продолжение таблицы 1.1

8	Смеситель конструкции Г.Ф. Иванова, СССР	Приготовление кормосмесей с большим содержанием грубых кормов	0,6...0,8	2,7...4,8	-	-	8...16
9	Планетарный смеситель конструкции А.Д. Селезнева, СССР	Приготовление сухих комбикормов	3,0	7,0	1900	10...20	25,6...35,1
10	Смеситель конструкции Э.М. Погосяна (а.с. № 747464), СССР	Приготовление сухих увлажненных кормосмесей	0,25	5,24	640	-	4,8...16,5
11	Смеситель СК-15Н, Россия	Приготовление сухих кормосмесей	3,0	5,5	500	4,0	5,0
12	Смеситель кормов СК-3,0, Россия	Приготовление сухих кормосмесей	3,0	7,5	800	6,0	5,0

Продолжение таблицы 1.1

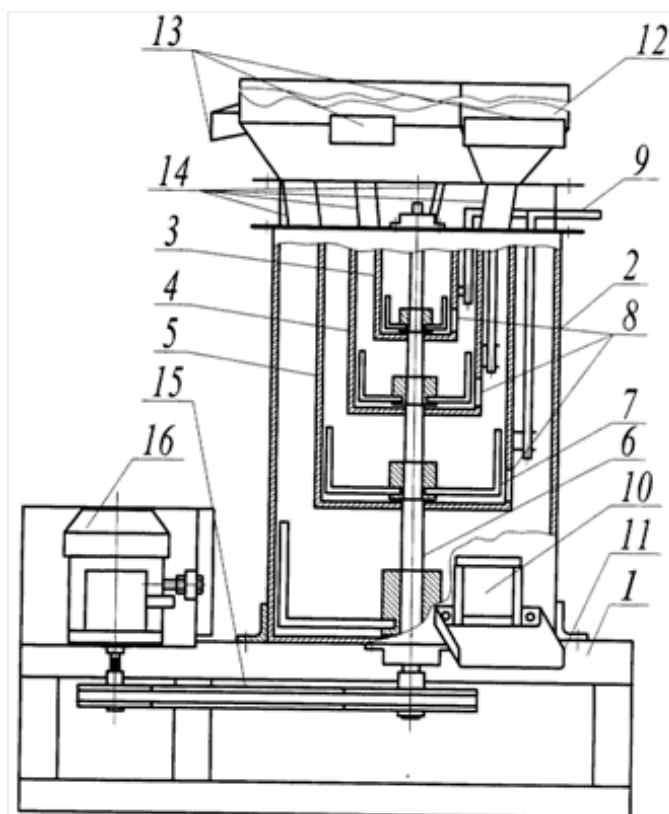
13	Смеситель кормов Россия	УСК-3, сухих кормосмесей	2,0	8,1	1200	2-4	7,0
14	Смеситель кормов Россия	УСК-6, сухих кормосмесей	6,0	14	2200	4,0	10
15	Смеситель барабанный фирмы «Miog», ФРГ	Приготовление сухих кормовых смесей и рассыпчатых комбикормов. Выпущено 24 типоразмера	0,2...10,0	0,75...28,0	450... 9370	3...10	-
16	Смеситель фирмы «Strong Scott», США	Приготовление сухих и увлажненных кормовых смесей и комбикормов. Выпущено 9 типоразмеров	0,45...8,5	4...29,4	-	2...7	-

Продолжение таблицы 1.1

17	Смеситель 28-8 фирмы «Sprout Voldroun», США	Приготовление сухих, влажных и жидких кормовых смесей и комбинированных кормов.	-	5...10	1450	-	-
18	Смеситель фирмы «Саймон-Баррон», Англия	Приготовление сухих комбикормов	10	3,7	-	15...20	-
19	Смеситель-раздатчик фирмы «Мастино-Менгеле и Стейнер», Италия	Приготовление и раздача смеси из сухих, влажных и сочных кормов в подготовленном к скормливанию виде	9,0	58,84	2000	4...5	-

Далее приведен патентный анализ конструкций смесителей кормов, которые отличаются по конструктивному исполнению и некоторым другим особенностям.

Смеситель комбикормов (рисунок.1.4) состоит из шасси 1, в котором установлен корпус 2, где три цилиндра 3, 4, 5 установлены последовательно на центральном валу 6 с помощью 7 винтов, установленных на нем, ножей круглой формы. Все эти контейнеры имеют выпускное окно с крышкой 8, которое открывается с помощью ручки 9. Коробка 2 снабжена выпускным окном с крышкой 10 и каналом 11 для выгрузки готовой смеси. Бункер 12 с крышкой 13 установлен на корпусе 2 для приема исходного компонента смеси, который разделен на четыре секции, причем наименьшая часть бункера поддерживается гибкой трубкой 14, имеющей наименьшую емкость 3 для смешивания, и самый большой имеющий жиле соответственно. 2. Контейнеры слева связаны. Смеситель приводится в действие характеристикой V-диапазона 15 с помощью электродвигателя 16 [26].

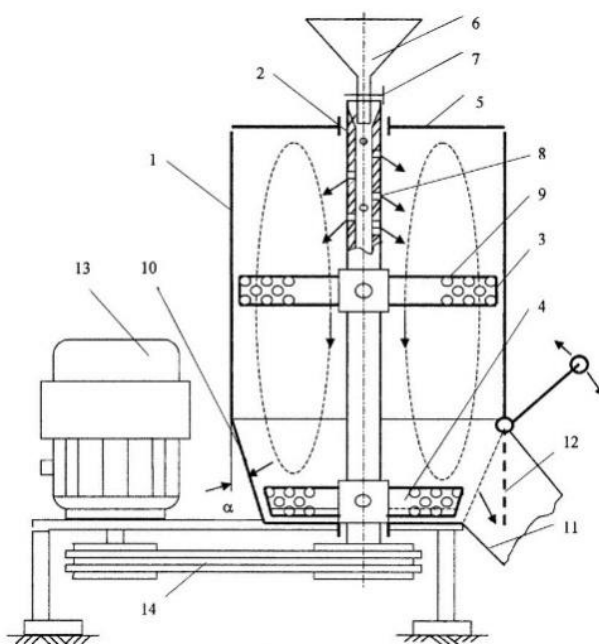


1 – рама; 2 – корпус; 3,4,5 – цилиндрические емкости; 6 – вал; 7 – мешалка;
 8 – затвор(шторка); 9 – рычаги; 10 – выгрузное окно; 11 – канал для выгрузки готовой смеси; 12 – бункер; 13 – крышки; 14 – гибкая труба; 15 – клиноременная передача;
 16 – электродвигатель.

Рисунок 1.4 - смеситель комбикормов (Патент РФ 2332253)

Недостатками данного смесителя являются: необходимость в высокой равномерности подачи загружаемых компонентов кормовой смеси; повышенная металлоемкость.

Смеситель кормов (рисунок 1.5) имеет вертикальный цилиндрический корпус 1, в котором рабочий орган со ступенями, прикрепленными к мешалкам 3 и 4, установлена на вал на одной оси 2. Сухие компоненты кормосмеси вносятся когда крышка 5 открыта. Подача жидких компонентов осуществляется в воронку 6 в полый перфорированный вал, под которым расположен верхний уровень мешалок 3. Корпус 1 в низу имеет форму конуса, концы мешалок 4 загнуты. Прорези 9 изготовлены на наружных половинках мешалок 3 и 4. Приготовленная кормосмесь сливается через трубку 11 с клапаном 12. Прорези 8 в трубе вала и прорези 9 на мешалках смесителя смещены по обе стороны. Нижняя часть корпуса и концы нижнего уровня мешалок загнуты под углом к вертикали смесителя сыпучих и жидких кормов, равным 18,5...32. [27].

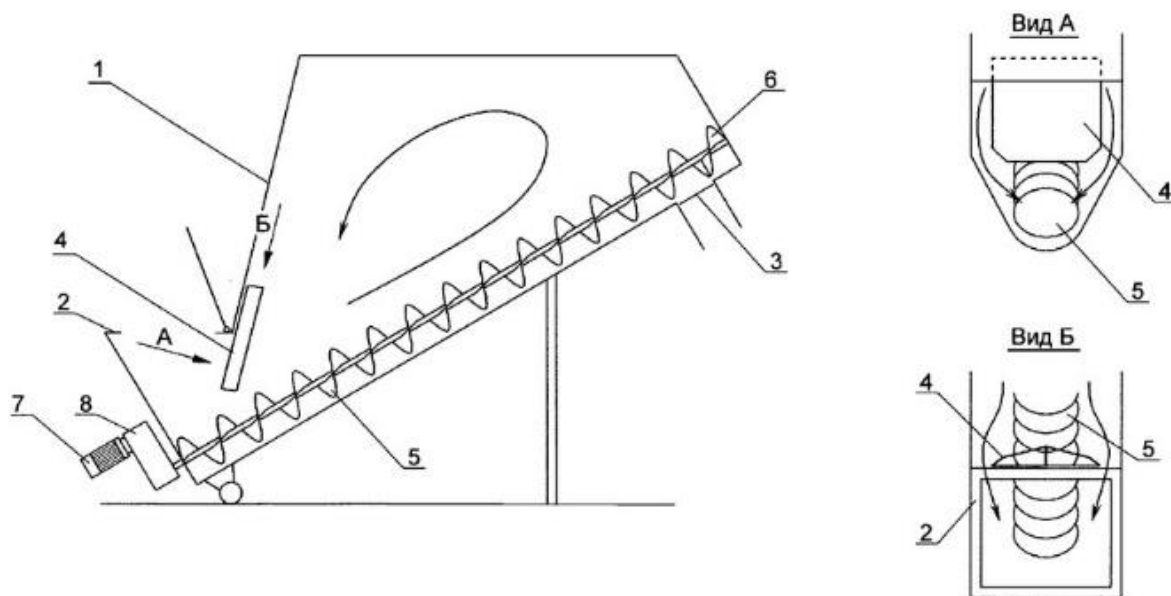


- 1 – корпус; 2 – вал; 3,4 – мешалки; 5 – крышка; 6 – воронка; 7 – кран-регулятор;
 8,9 – отверстия; 10 – коническая часть корпуса; 11 – трубка; 12 – клапан;
 13 – электродвигатель; 14 – ременная передача.

Рисунок 1.5 - Смеситель сыпучих и жидких кормов по патенту РФ № 2201120.

Недостаток данной установки в том что она не обеспечивает необходимое качество процесса перемешивания.

Смеситель кормов (рисунок 1.6) состоит из корпуса 1, который установлен под углом к горизонту, 2 устройств загрузки и 3 разгрузки, сепаратора 4, шнека 5 с зеркально отраженной секцией 6, электродвигатель 7 и редуктор 8. Сепаратор 4 прикреплен к наклонной передней стенке емкости 1 внутри, а его ширина меньше внутренней ширины смесительного бака, а нижний край сепаратора установлен практически рядом с винтом, так что по сторонам сепаратора образованы вертикальные пространства для прохождения частично смешанных компонентов. Еще одной особенностью сепаратора является его поперечное сечение, представляющее собой угол с тупым углом [28].



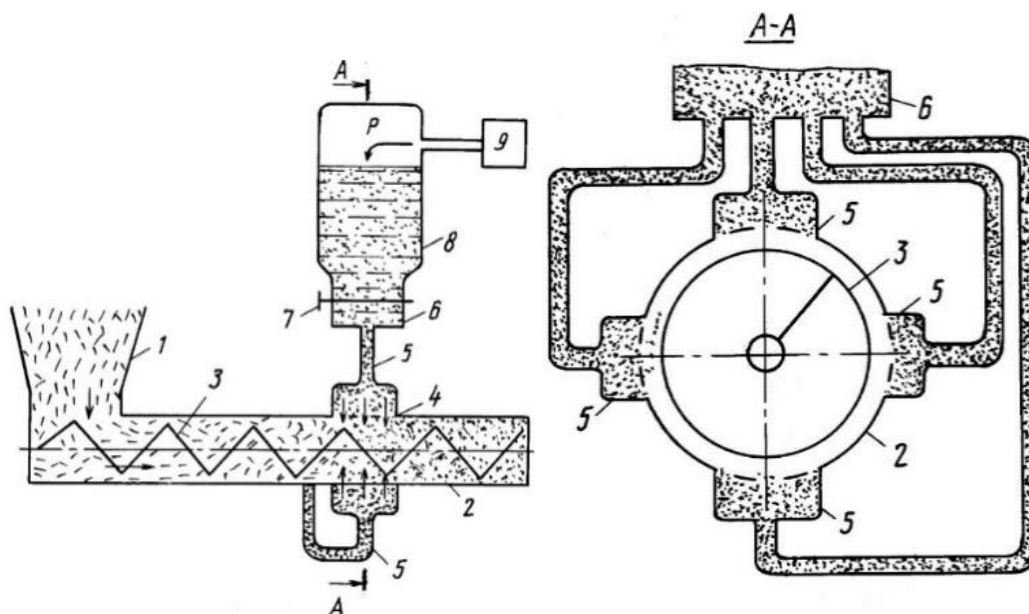
- 1 – корпус; 2 – загрузочное устройство; 3 – выгрузочное устройство;
 4 – разделитель; 5 – шнек; 6 – обратная секция шнека; 7 – электродвигатель;
 8 – редуктор.

Рисунок 1.6 - Смеситель кормов по патенту РФ 2328950.

Недостатками данного смесителя являются: необходимость в высокой равномерности подачи загружаемых компонентов кормовой смеси; повышенная металлоемкость.

Смеситель кормов (рисунок 1.7) работает следующим образом. Емкость подачи грубого корма заполнена грубым кормом, а резервуар 8 представляет собой емкость для жидкий компонент. Когда червяк поворачивается, в рабочую секцию 4 винтового конвейера подается грубая подача. Под воздействием давления, создаваемого компрессором 9 в резервуаре 8, жидкая фаза проникает через форсунки 5 в рабочую часть винтового конвейера, а через отверстия в трубчатом корпусе жидкий компонент равномерно проникает по окружности грубой области подачи. Благодаря расположению рабочей зоны перемешивания в начале шнекового конвейера, когда внутри конвейера перемещается другая грубая и полужидкая подача, гарантируется его новое механическое смешивание. Скорость подачи жидкого компонента

контролируется краном 7 и скоростью стержня 3. Это обеспечивает равномерное распределение полужидкой подачи через массу волокна. Поскольку жидкий компонент протекает через нити, он также гомогенизируется, что облегчает их сбор при наполнении и способствует полному смешиванию некоторых пищевых продуктов с другими при их перемещении по конвейеру. [29].



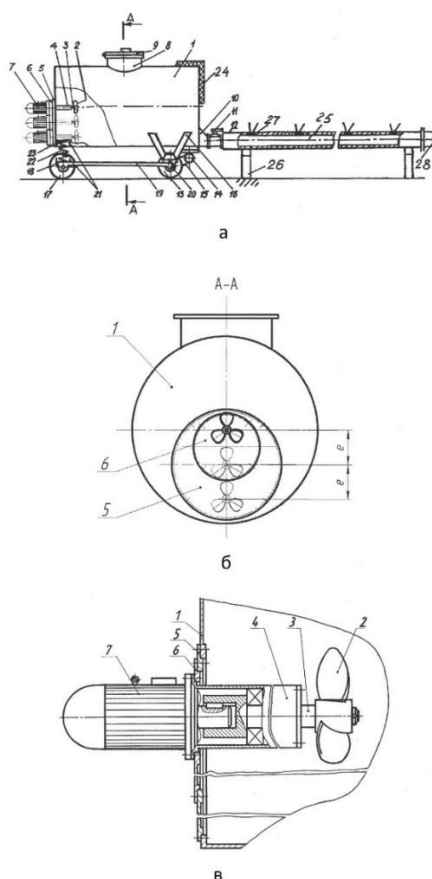
- 1 – загрузочный бункер; 2 – корпус винтового транспортера; 3 – винтовой смеситель; 4 – часть корпуса с перфорацией для жидких компонентов;
 5 – форсунки; 6 – коллектор; 7 – кран; 8 – резервуар для жидких компонентов;
 9 – компрессор;

Рисунок 1.7 - Смеситель кормов по патенту РФ 2033038.

Недостатком этого кормораздатчика-смесителя является низкая производительность при использовании его для получения кормов с высокой вязкостью рабочим органом данной формы.

Смеситель (рисунок 1.8) работает следующим образом. В емкость 1, укутанную утеплителем, через заливную горловину 8 загружают запаренный и нагретый до 90° полужидкий и вязкий корм при закрытом запорном устройстве 11. Утеплитель 24 помогает сохранять температуру корма в

емкости 1. После закрытия крышки 9 и утеплительного чехла над ней, условно не показанного на схеме, запускают электродвигатель 7, приводящий в движение пропеллер 2 и вал 3 с дебалансом, не показанном на схеме. Одновременно открывают запорное устройство 11 и под действием пропеллера 2 и вибрации емкости 1 под действием дебаланса, закрепленного на валу 3, подают кормовую смесь в трубопровод. Предложенное устройство позволяет изменять положение установочного узла 4 с пропеллером 2. Для этого необходимо отвернуть гайки со шпилек большой крышки 5, снять ее и повернуть на нужный угол, а затем посадить на шпильки и затянуть гайки, получив новое положение установочного узла 4 с пропеллером 2. Если крышку 5 повернуть на 180° , то получим нижнее положение пропеллера 2, изображенное на фиг. 2. Старое и новое положение пропеллера 2 будут находиться на расстоянии e от центра большой крышки 5. Чтобы расположить установочный узел 4 в центре большой крышки, достаточно снять со шпилек малую крышку 6 и повернуть ее на 180° [30].



- 1 – ёмкость; 2 – пропеллер; 3 – вал; 4 – установочный узел; 5,6 – крышка;
 7 – электродвигатель; 8 – люк; 9 – крышка; 10 – выгрузной патрубок; 11 – запорное устройство; 12 – разводящие рукава; 13,17 – колёса; 14 – электродвигатель;
 15 – цепная передача; 16 – стойки; 18 – подвеска; 19 – рычаги; 20 – оси;
 21 – подстаканники; 22 – пружины; 23 – упор; 24 – дебаланс; 25 – подшипники;
 26,27 – крышки.

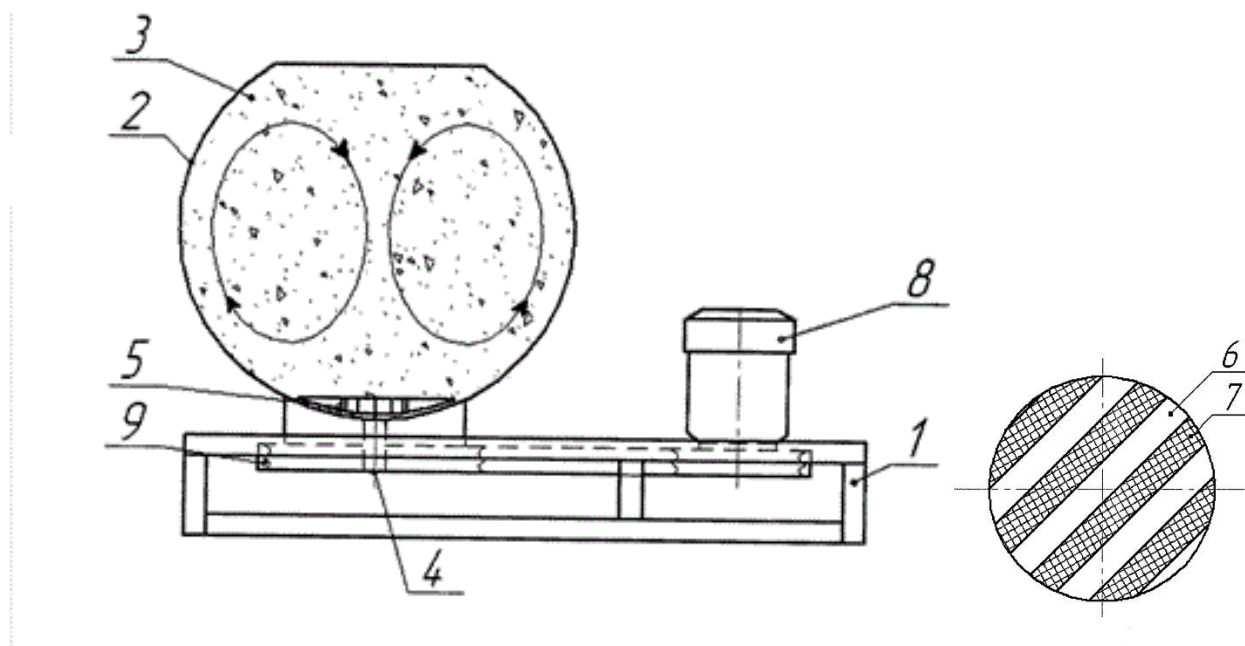
Рисунок 1.8 - Мобильный смеситель-кормораздатчик.

Недостатком этого кормораздатчика-смесителя является низкая производительность при использовании его для получения кормов с высокой вязкостью рабочим органом данной формы.

Смеситель кормов (рисунок 1.9) работает следующим образом.

Ёмкость смесителя заполняется 3-мя компонентами в смеси согласно рецептуре. Наличие центробежных сил при взаимодействии лопастей 5 ротора на компонентах смеси позволяет перемещать компоненты первичной смеси к

периферии резервуара, а затем вдоль стенок резервуара. Материалы в полосах 6,7 влияют на компоненты смеси, которые составляют стенки резервуара. Это приводит к лучшей смеси компонентов. Когда достигается высокая точка, компоненты смеси возвращаются в центр резервуара под действием силы тяжести и формы резервуара.



1 – рама; 2 – корпус; 3 – камера смешивания; 4 – вал; 5 – ротор;
6,7 – чередующиеся полосы с различными коэффициентами трения; 8 – привод;
9 – клиноременная передача.

Рисунок 1.9 - Смеситель кормов по патенту РФ 2442446.

Недостатком данного смесителя является малая степень заполнения емкости, высокая энергоемкость процесса смешивания, сложность конструкции.

Смеситель кормов (рисунок 1.10) работает следующим образом. Перед загрузкой корма в бункер разгрузочные люки закрываются заслонками. Бункер измельчителя-смесителя загружается загрузочной массой при работающих шнеках, которые измельчают ножами и перемешиваются. По мере приготовления кормовой смеси дозатор кормов подъезжает к кормушке, водитель трактора открывает жалюзи с помощью гидравлического привода,

управляемого компьютерной системой, включает разгрузочные конвейеры, и корм подается в кормушку по направляющим лоткам.

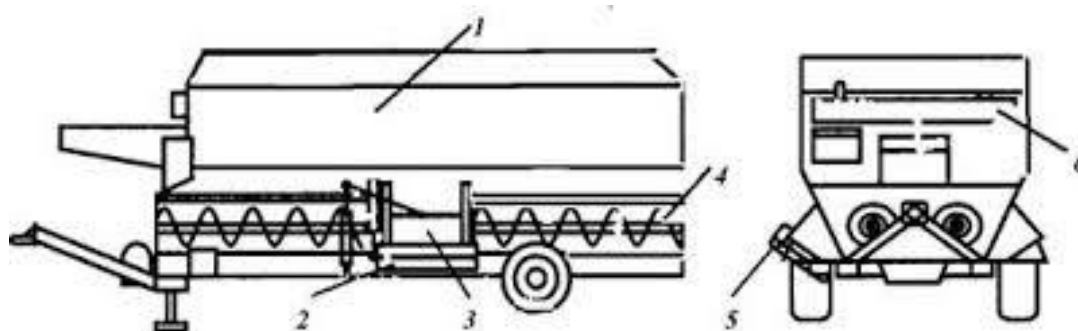


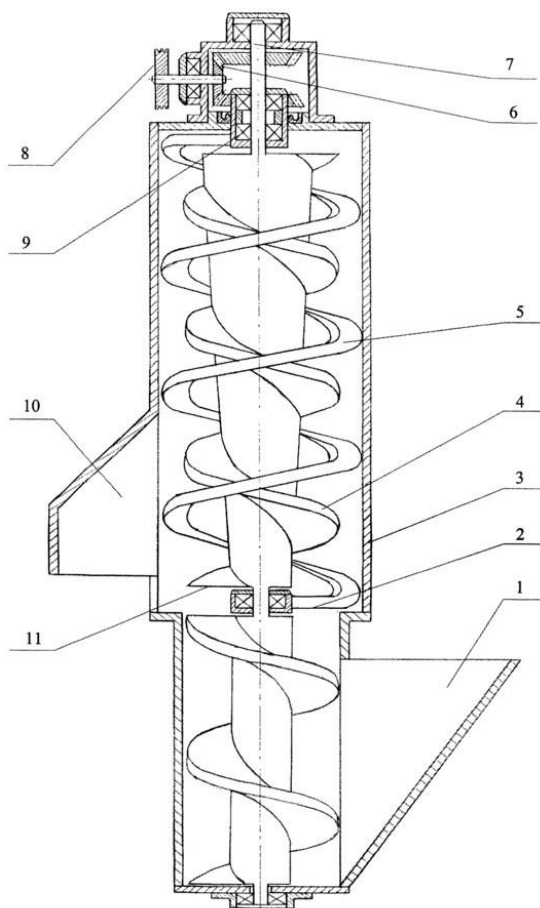
Рисунок 1.10 - Смеситель кормов «Запэнергомаш» (Беларусь) ИСРК-12.

1 – бункер; 2 – направляющий лоток; 3 – заслонка;

4 – шнеки-смесители; 5 – выгрузной транспортер; 6 – компьютерная система.

Смеситель кормов (рисунок 1.11) работает следующим образом.

Ингредиенты в смеси (грубая и зеленая смеси, корнеплоды, концентрированная смесь и т. д.) Вводятся в загрузочное устройство, где они захватываются винтом с неподвижным винтом. При подъеме заготовка измельчается резкими изогнутыми витками рабочей жидкости 2 винта с ремнем и рабочей жидкости на винте с помощью неподвижного винта 11. Затем материал поднимается с помощью неподвижного винта и попадает в пространство между рабочим органом, дробится. По мере того как диаметр конической части рабочего тела шнека увеличивается с помощью сплошного шнека, материал в зоне шлифования перемещается по окружности шнека. Измельченный материал опускается в окно отвода с помощью рабочего органа с ременным винтом. Материал с недостаточным шлифованием захватывается рабочим органом с помощью неподвижного абразивного винта. Поскольку материал подвергается воздействию двух винтовых инструментов с противоположными направлениями намотки и вращения, он смешивается.



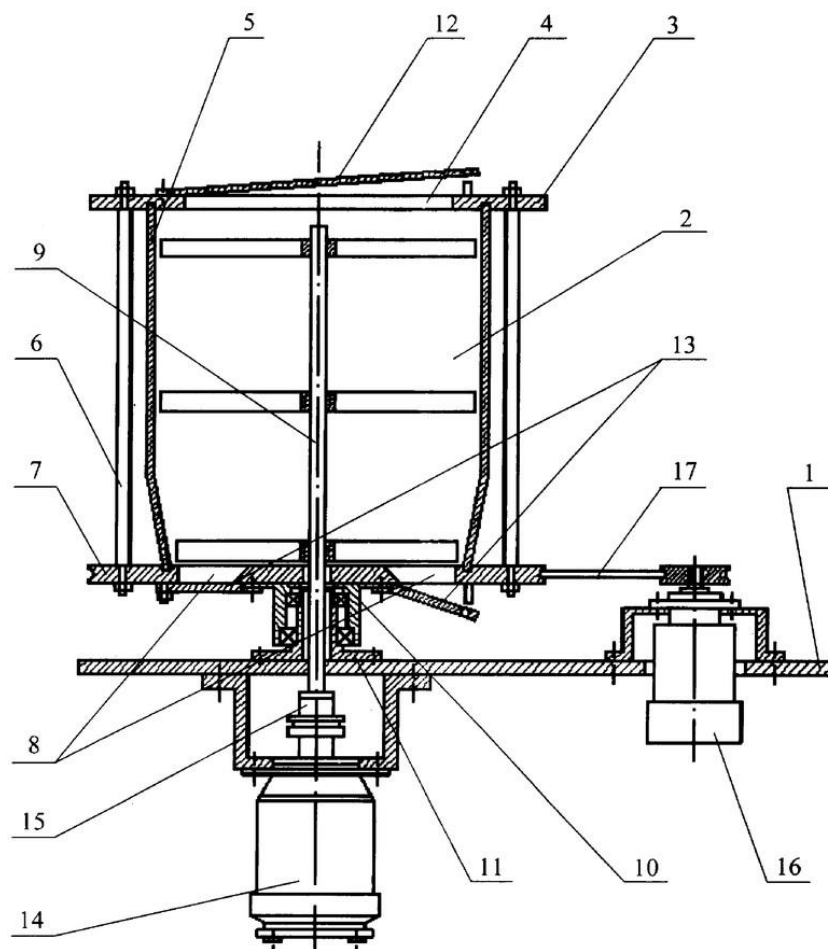
1 – загрузочное устройство; 2,11 – заостренные отогнутые витки; 3 – корпус;
 4 – сплошной винт; 5 – ленточный винт; 6 – конический редуктор; 7 – приводной вал;
 8 – ременная передача; 9 – приводной вал; 10 – выгрузное окно.

Рисунок 1.11 - Смеситель кормов по патенту РФ 2465764.

Недостатком данного устройства является скромный выбор смешиваемых компонентов, низкий показатель производительности и сложное исполнение конструкции.

Смеситель кормов (рисунок 1.12) работает следующим образом. Продукт поступает в бункер 2 смесителя через входной канал 4 в задвижке 3. Зерно смешивается с сочными кормами вращением ротора 9 и вращением емкости 2, и смесительная установка может работать в одном из трех режимов: 1) с приводом и скачком ротора; 2) когда привод ротора выключен и привод бункера включен; и 3) когда ротор и прыжковый привод включены. После

достижения определенной смеси и некоторой однородности готовый продукт покидает контейнер через выгрузное окно 8.



1 – станина; 2 – бункер; 3 – крышка; 4 – входное отверстие; 5 – цилиндр; 6 – стойки; 7 – планшайбы; 8 – отверстия; 9 – ротор; 10 – стакан; 11 – вал; 12,13 – входная и выходная дверцы; 14,16 – электродвигатель; 15 – муфта; 17 – клиноременная передача.

Рисунок 1.12 – Смеситель сыпучих кормов по патенту РФ 2255798.

Недостатком данного смесителя является высокая энергоемкость процесса смешивания, сложность конструкции.

Проведенный нами анализ машин, показал большое их многообразие, однако обзор смесителей кормов выявил наличие недостатков, которые влияют на качество продукта, а именно недостаточная однородность кормовой смеси. Для большинства представленных кормосмесителей имеются несколько технических

решений, но применение их не позволяет получить требуемые значения однородности кормовой смеси. Поэтому совершенствование способов смешивания и технических средств для этого процесса является актуальной задачей.

1.3 Анализ основных параметров и способов оценки однородности смешивания

Для определения содержания контролируемого компонента в образцах существуют различные методы, в которых контролируемый компонент определяется ручной переборкой, либо на ситовом сепараторе, либо промыванием контрольных образцов. Эти методы ведут за собой большие трудозатраты, поэтому было предложено определять концентрацию контролируемого компонента с использованием признака разделения.

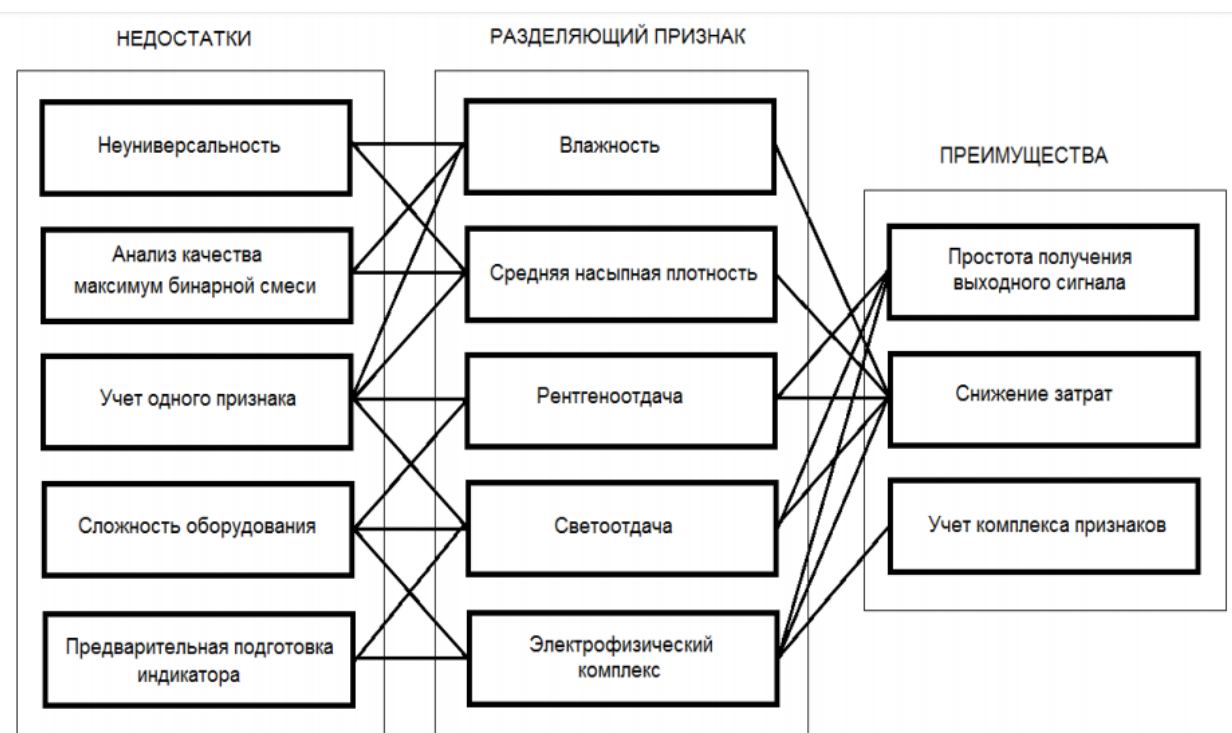


Рисунок 1.13 – Структурная схема известных экспресс- методов определения неравномерности смешивания

В работе [25] показан метод, который основан на анализе расположения и регистрации заранее окрашенных светоотражающих частиц (слабокислый

раствор риванола) после приготовления корма в смесителе. Данный метод имеет хороший показатель точности, но возникает необходимость в специализированном оборудовании и кропотливой подготовке контрольного компонента

Наиболее простым и точным методом по определению однородности смешивания компонентов кормовой смеси является метод по разделению влажности:

$$C_i = \frac{m_b - \psi_m}{|\psi_2 - \psi_1|} \quad (1.1)$$

где m_b , ψ_m - масса смеси в навеске и масса навески до высушивания; ψ_2 , ψ_1 - относительная влажность исходных компонентов в долях единицы.

Рассматриваемый метод определения однородности имеет высокую точность, если значение влажности компонентов кормовой смеси разнятся более чем 25% и при доведении до однородности двух и более компонентов, которые должны иметь равнопроцентную влажность [40].

В рассматриваемой работе [18] определение массы измельченного контрольного зерна в изъятой пробе, учитывая влажность, содержащаяся в травяной нарезке по формуле:

$$m_k = m_c - m_T \quad (1.2)$$

где m_c , m_T - масса мерной емкости со смесью и мерной емкости с травой, определенные с точностью до 0,1 г.

Рассмотренный метод применяется при повышенном содержании влаги одного из компонентов кормовой смеси, что сокращает диапазон его использования.

Наиболее перспективным способом нахождения однородности кормосмеси является использование радиоволн [19,5,2]. Исходя из данных [16] этим способ можно получить точные значения однородности различных материалов различающиеся агрегатным и структурным строением. Сложность производимой операции и дорогостоящие оборудование не позволяет широко применять данный способ.

В научных работах А.С. Лившица и В.И. Гусейнова [16] описано предложение автоматизации процесса кормосмешения и контроля уровня однородности используя его электрические и физические свойства, например, влажность и плотность, значения которых будут распознаваться за счет разности значений структурного состава по объему смешивания на время, в конечном этапе принимающее среднее значение всей смеси. Авторами предлагается определять качество однородности смеси с использованием полного сопротивления постоянного тока. Данный способ ограничен в использовании, так как применяется только для кормов с высоким содержанием влаги.

В настоящее время известно множество параметров оценки степени однородности смешивания компонентов кормовой смеси: коэффициент однородности, степень смешивания и перемешивания, мера рассеяния и различные критерии. В связи с множеством параметров, нет единого показателя оценивающего степень полученной смеси [19,20]. В связи с этим в каждом 25 образце выбирают определенный параметр или несколько параметров.

В большинстве научных и исследовательских работах для определения качества смешивания компонентов смеси описано применение среднего квадратичного отклонения S , содержание контрольного ингредиента в образце. Для нахождения квадратичного отклонения используют формулу:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{m})^2}{n - 1}} \quad (1.3)$$

где x_i - содержание контрольного ингредиента в i -ой образце; $\bar{m}$ - среднее арифметическое значение наблюдений ключевого ингредиента во всех образцах; n - общее число отобранных образцов.

При отборе большого количество образцов значение x_i приближается по вероятности к математической модели M вероятной величины x_i .

Среднеквадратичное отклонение S имеет зависимость от значения количество взятых образцов и принимает это значение. В связи с этим использование среднеквадратичного отклонения является невозможным для определения качества смешивания кормовой смеси с различным содержанием в ней контролируемого ингредиента и принимается в относительной форме. В таблице 1.2 приведены наиболее часто применяемые расчетные формулы для проведения оценки качества кормовой смеси.

Таблица 1.2 Критерии качества смеси компонентов

Название критерия	Формула для расчета
1	2
Мера рассеяния M	$M = \frac{1}{\langle c \rangle} \sum_{i=1}^n c_i/n$
Коэффициент неоднородности	$S = \frac{1}{\langle c \rangle} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - c)^2} \%$
Степень смешения $M1$	$M1 = \frac{S}{S_o}; S_o = c_o(1 - c_o)$
Коэффициент изменчивости V	$V = \frac{S}{\langle c \rangle}$
Степень перемешивания $M2$	$M2 = \ln \frac{100}{x}; \frac{x}{100} = \frac{F_0 - F}{F}$
Полнота перемешивания U	$U = \alpha \Delta F = F/F_0$

1.4 Цель и задачи исследований

Цель исследования. Повышение качества полужидких кормов на основе разработки конструкции горизонтального смесителя с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа.

Объект исследования. Горизонтальный смеситель с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа.

Предмет исследования. Закономерности смешивания компонентов в рабочем объеме смесителя кормов горизонтального типа.

Задачи исследования:

1. Провести анализ и предложить перспективную конструкцию смесителя полужидких кормосмесей;
2. Изготовить опытный образец горизонтального смесителя полужидких кормосмесей с удвоенным рабочим органом и экспериментально определить его конструктивно-технологические параметры и режимы работы;
3. Разработать программу и методику экспериментального исследования процесса смешивания полужидких кормосмесей;
4. Произвести статистическую обработку полученных результатов эксперимента;
5. Провести технико-экономическую оценку эффективности горизонтального смесителя полужидких кормосмесей с удвоенным рабочим органом;
6. Сделать выводы по полученным результатам.

Методы исследования. При исследовании и описании параметров процесса смешивания компонентов кормовой смеси были приняты во внимание теоретические основы смешивания и законы гидродинамики. Лабораторные исследования были проведены на созданной нами лабораторной установке с использованием методов планирования и прогнозирования

Научная новизна работы:

Заключается в математической модели процесса смешивания полужидких кормов, совокупности теоретических и экспериментальных исследований, результатах экспериментальных исследований по определению эффективности смешивания полужидких кормов, предложении конструкции горизонтального кормосмесителя с применением удвоенного рабочего органа пропеллерного типа, аналитических зависимостях, показывающие характер изменения рабочих органов в зависимости от конструкции смесителя.

Теоретическая и практическая ценность заключается в том, что применение горизонтального смесителя с удвоенным рабочим органом позволяет повысить эффективность процесса смешивания компонентов и повышение однородности кормосмеси.

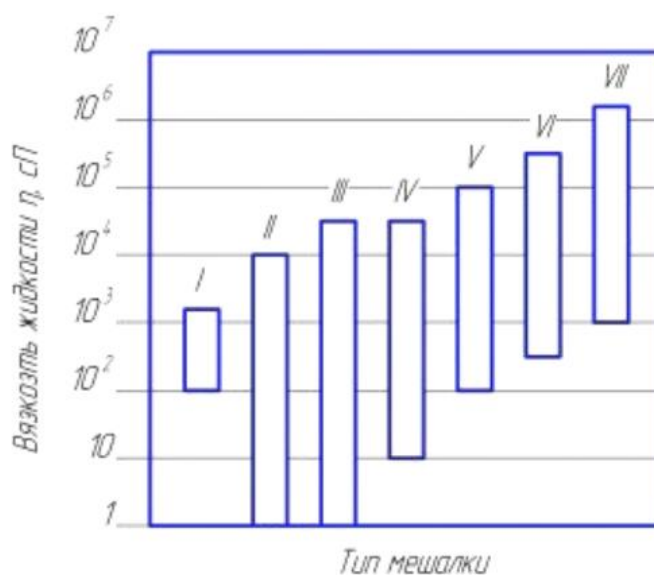
Апробация работы. Результаты диссертационной работы зачитывались и обсуждались на 77-ой и 78-ой студенческих научных конференциях Казанского ГАУ (2018-2019г.)

Публикации. По теме диссертационной работы было опубликовано 4 научные статьи, из которых 2 статьи напечатаны в изданиях.

2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ ПОЛУЖИДКИХ КОРМОСМЕСЕЙ С УДВОЕННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ПРОПЕЛЛЕРНОГО ТИПА

2.1 Обоснование выбора конструкции смесителя для получения полужидких кормовых смесей с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа

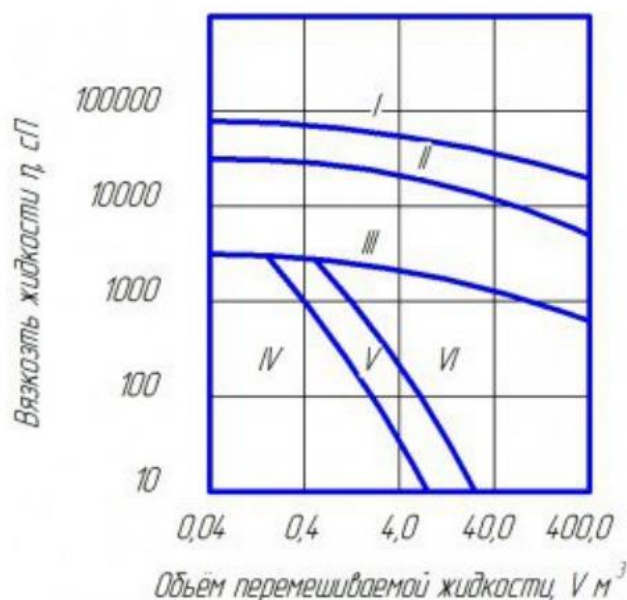
Смеситель с пропеллерным рабочим органом применяется для смешивания кормосмесей с низкими значениями вязкости и малым количеством осадков, в которых содержатся твердые компоненты. Недостатками пропеллерных смесителей является невозможность применения в производстве для приготовления кормовых смесей с повышенной вязкостью или с использованием твердой фазы [22]. На рисунке 2.1 представлена схема применения некоторых типов смешивающих органов для ингредиентов с разной степенью вязкости



I – якорная; II – пропеллерная; III – турбинная с плоскими лопатками; IV – лопастная; V – рамная; VI – шнековая; VII – ленточная

Рисунок 2.1 – Пределы использования различных типов рабочих органов типа мешалка

Для выбора типа смешивающего органа на рисунке 2.2 представлен график. Построенная параболическая кривая ставит предел ширины спектра работы выбранного смешивающего органа.



I – лопастная модифицированная; II – лопастная; II – турбинная; IV – пропеллерная, 420 мин⁻¹; V – пропеллерная, 1150 мин⁻¹; VI – пропеллерная, 1750 мин⁻¹

Рисунок 2.2 - График, обосновывающий выбор турбинного, лопастного и пропеллерного рабочего органа

Исходя из полученных графических данных Можно сделать вывод, что наиболее эффективными типами смесителей при смешивании компонентов с различным значением вязкости, а так же при различных объемах являются пропеллерные мешалки. В настоящее время наиболее перспективным является внедрение машин для приготовления кормовых смесей увеличивающие процесс турбулизации при уменьшении энергозатрат и металлоемкости [21]. Теоретические исследования показали возможность применения вихревых потоков и закрученного движения, образующие центробежные силы, а так же использование колебаний упругости, создающие газовые пузыри и пульсирующие потоки [33,34]. Наивысший показатель эффективности достигается при использовании смесителя с пропеллерным рабочим органом.

Уровень теоретических познаний и проведенных исследований процесса смешивания кормовых смесей позволяет сделать вывод, что на качество получаемого продукта влияют следующие свойства:

- физико-механические свойства (геометрические параметры, количество содержания влаги и др.)
- процесс перемешивания (воздействие рабочих органов, потоками жидкости или газа, и комбинированные способы);
- габариты и параметры смесителей (ширина, длина, диаметр, рабочий объем емкости, расположение рабочего органа в смесителе);
- рецептурные параметры (степень заполнения емкости, норма внесения компонента).

Фактором использования одного из выбранного способа является точность установленных параметров перемешивания и требований технологического процесса. Для выбора рабочего органа, способа приготовления комовой смеси и соотношения отличных друг от друга смесительных устройств чаще всего выбирают два параметра:

1. Эффективность перемешивания кормосмесителя;
2. Скорость (интенсивность) перемешивания T .

Скорость смешивания, выражается с помощью количества оборотов мешалки, потребная мощность к объему смеси в мешалке. В действительности скорость смешивания определяется достижением однородности приготавливаемой кормовой смеси.

Показатель смешивания I является мерной величиной интенсивности перемешивания, на которую влияет количество оборотов рабочего органа и потребная мощность на объем приготавливаемой смеси (N/V). На рисунке 2.3 показана зависимость индекса перемешивания от выявленных факторов

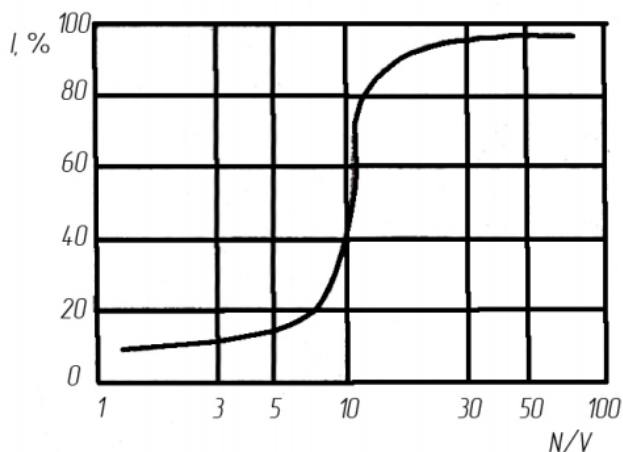
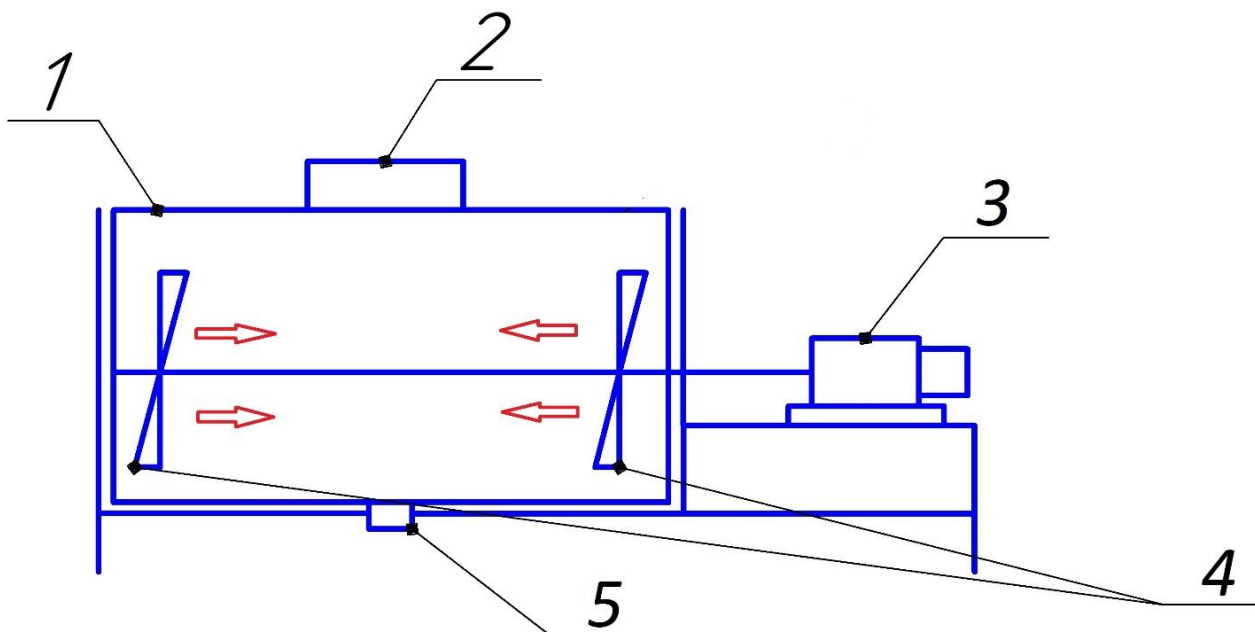


Рисунок 2.3 – Зависимость $I = f(N/V)$ кормосмеси

Исходя из вышеописанной зависимости на рисунке 2.3 можно сделать вывод, что степень смешивания I мал, - слабое, но при этом расход мощности принимает наименьшее значение N/V . При увеличении потребной мощности степень смешивания увеличивается, но при небольшом приросте, следовательно увеличение расходов мощности при $(N/V) > 10 - 15$ нецелесообразно и экономически не выгодно.

2.2 Устройство и принцип действия предлагаемого смесителя

На основании анализа конструкции машин для приготовления кормовых смесей нами была разработана конструкция смесителя полужидких кормосмесей с горизонтальным рабочим органом пропеллерного типа представленная на рисунке 2.4.



1-корпус; 2-загрузочный патрубок; 3-электродвигатель; 4-пропеллер; 5-выгрузной патрубок.

Рисунок 2.4 - Схема лабораторной установки для исследования процессов смешивания

Смеситель полужидких кормосмесей состоит из корпуса (рабочей камеры) 1, с загрузочным патрубком 2, электродвигателя 3 с соединенным с помощью эластичной муфты, двух пропеллеров 4 и выгрузного патрубка 5.

Смешивание компонентов кормосмеси осуществляется воздействием рабочего органа на компоненты кормосмеси в рабочем объеме кормосмесителя. Компоненты кормосмеси поступают в корпус 1 через загрузочный патрубок 2 и многократно перемещается в рабочем объеме от краев корпуса к центру под действием импульса, передаваемого перемешиваемой смеси пропеллерами 4 правого и левого вращения, посаженные на вал с электродвигателем 3. При достижении необходимой равномерности продукт смешивания выходит через выгрузной патрубок 5.

Интенсификация процесса смешивания достигается за счет турбулизации потока путем установки дублирующего рабочего органа и в связи с этим достигается равномерность во всем рабочем объеме смесителя [12].

Анализ работы предлагаемого технического решения показал, что применение двух пропеллеров в корпусе смесителя значительно повышает показатель однородности во всем объеме приготовленной кормосмеси, снижает время на приготовление не повышая энергоемкость машины.

2.3. Технологические и конструктивные расчеты предлагаемого горизонтального смесителя

Для оценки работы смесителя кормов приняты следующие показатели:

- производительность (Q , т/ч) - количество готовой смеси в единицу времени;

- мощность, потребная для вращения вала пропеллерного смесителя:

- Показатель неравномерности смешивания, %

Производительность за час рабочего времени:

$$Q = \frac{V \cdot \rho \cdot \varphi}{t_{\text{зап}} \cdot t_{\text{см}} \cdot t_{\text{раз}}} \quad (2.1)$$

где V – объем емкости смесителя, м^3 ;

ρ – плотность рабочей смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$, $\rho = 1035 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$t_{\text{зап}}$, $t_{\text{раз}}$ – затраты времени на загрузку, выгрузку смесителя, ч;

$t_{\text{см}}$ – время перемешивания, ч. $t_{\text{см}} = 0.8$.

φ – коэффициент наполненности смесителя, $\varphi = 0.9$;

Затраты энергии на процесс перемешивания:

$$\mathcal{E} = \frac{N}{365 \cdot Q \cdot t_{\text{см}} \cdot k_p} \quad (2.2)$$

где N – установленная мощность двигателя, кВт;

$t_{\text{см}}$ – время перемешивания, ч. $t_{\text{см}} = 0.8$.

k_p - коэффициент эффективности пользования рабочего времени; $k_p = 0.9$.

Число оборотов пропеллера:

Так как вал жестко соединен с электродвигателем при помощи муфты, частоту вращения пропеллера принимаем равной частоте вращения электродвигателя

$$n \approx 400, \text{ мин}^{-1}; 7, \text{ сек}^{-1}$$

Угловая скорость:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \quad (2.3)$$

где n - число оборотов, сек^{-1}

$$\omega = 2 \cdot 3.14 \cdot 7 = 43$$

Шаг винта:

$$H = 0,136, \text{ м}$$

Радиус пропеллера:

$$R = \frac{D}{2} = \frac{0,187}{2} = 0,0936, \text{ м} \quad (2.4)$$

Мощность, потребная для вращения вала пропеллерного смесителя:

$$N = \frac{q \cdot k \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H^3 \cdot \omega^3 \cdot \cos \beta}{\eta}, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

где q - ускорение силы тяжести, м/сек^2 ;

k - коэффициент, учитывающий проскальзывание жидкости;

ρ - плотность жидкости, кг/м^3

R – радиус пропеллера, м ;

H – шаг винта, м ;

β – подъем винта, град

ω - угловая скорость,

η - КПД привода, ($\eta = 0,9 \dots 0,96$).

$$N = \frac{9,8 \cdot 0,7 \cdot 1030 \cdot 3,14 \cdot 0,00876 \cdot 0,00251 \cdot 3475 \cdot 0,71}{0,9} = 1843 \text{ Вт}$$

$$= 1,8 \text{ кВт}$$

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Общий план исследований.

При проведении экспериментов были поставлены задачи:

1. определения влажности кормосмеси
2. определение однородности смешивания кормосмеси
3. определение потребной мощности
4. статистическая обработка данных по результатам экспериментов

3.2 Методика определения влажности компонентов кормосмеси.

Влажность компонентов кормовой смеси определяется с помощью метода сушки корма в бюксах в сушильном шкафу [1]. Для этого был задействован шкаф для высушивания ШСС – 80п, термометр ТПК-М.



Рисунок 3.1 – Шкаф сушильный стерилизационный ШСС – 80п, термометр ТПК-М

Влажность приготовленной кормовой смеси определяется следующим образом. Используется несколько весовых стаканчиков с крышками, которые взвешиваются на весах ВК-600.1. Приблизительно 30 грамм отобранной кормовой смеси укладывается в лабораторную посуду с плотно закрывающийся крышкой, из которой в последствии будут браться порции по 5 грамм и укладываться в весовые стаканчики. В стаканчик должно закладываться строго 5 грамм исследуемой смеси.



Рисунок 3.2 – Весы ВК-600.1

Далее шкаф подогревается до рабочей температуры, которая равняется 140 °С. Затем в шкаф укладываются весовые стаканчики с уже открытыми крышками и сушатся в течении 40 минут при постоянной температуре 140 °С. После 40 минут выдержки достаём весовые стаканчики из сушильного шкафа закрываем их крышками и даём остыть до комнатной температуры.

После того как весовые стаканчики охладятся, по очереди взвешиваем их на весах и по разнице в весе находим массу выпарившейся влаги.

Влажность рассчитываем по формуле :

$$W = \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}, \quad (3.1)$$

где a - масса стаканчика с крышкой, г;

b - масса стаканчика с крышкой и кормовой смесью до высушивания, г;

c - масса стаканчика с крышкой и кормовой смесью после высушивания,

г.

3.3 Методика определения потребной мощности

Определение потребной мощности для приготовления кормосмесей в горизонтальном смесителе с удвоенным рабочим органом определяется по выражениям [38]:

$$N_{\Pi} = K_N \cdot d^5 \cdot n^3 \cdot \rho, \text{ Вт} \quad (3.2)$$

где K_N - Коэффициент мощности определяется из графиков как функция размера центробежного критерия Рейнольдса Re ;

ρ - плотность загружаемых компонентов, кг/м³ ;

n – количество оборотов рабочего органа, с⁻¹;

d - диаметр рабочего органа, м.

Таблица 3.1 - Состав и реологические параметры смесей

Кормовая смесь	Компоненты кормовых смесей, %					Влажность $W, \%$	Реологические параметры		$\rho, \text{кг/м}^3$
	конц корма	картофель	кукурузный силос	сенная мука	соль		$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\tau_0, \text{Па}$	
1	23,2	62,7	-	13,4	0,7	74,5	0,66	30,3	1033,0
2	24,8	41,2	24,8	8,2	1,0	84	0,79	13,7	1038,0
3	33,0	66,2	-	-	0,8	77,0	0,54	21,8	1034,0

При проведении экспериментов были использованы пропеллеры диаметром 0,18 м.



Рисунок 3.3 – мешалка пропеллерного типа

В ходе эксперимента прибором MFC710 замерялись параметры электродвигателя смесителя.



Рисунок 3.4 – MFC710

Частота вращения замерялось цифровым лазерным тахометром DT2234C+.



Рисунок 3.5 – тахометр DT2234C+

Определение мощность на валу электродвигателя:

$$N = \frac{N_{\pi}}{\eta} \quad (3.3)$$

где η - КПД привода, ($\eta = 0,9 \dots 0,96$).

Эксперименты по определению потребной мощности проводились с трехкратной повторностью.

3.4 Методика определения однородности смешивания кормосмеси

В лаборатории вода наливается в смеситель; когда устройство включено, мы устанавливаем необходимую скорость. Компоненты смеси (максимум 25% по объему) заполняются небольшими количествами в работоспособном состоянии. Затем, когда привод включен, остальная часть корма добавляется до желаемой влажности. Содержание влаги в кормовой смеси определяет ее вязкость, предельное напряжение и его плотность. Во время эксперимента измеряется время перемешивания. После остановки рабочих органов по ГОСТ 13496.0-80 периодически отбиралось 3 образца.

Согласно ГОСТ 13496.0-80 достаточное количество испытуемого материала должно составлять 0,025% от количества корма, что составляет приблизительно 0,06 кг. Испытуемым материалом было пшеничное зерно. Количественно степень однородности может быть охарактеризована следующими условиями [10]:

$$C = \frac{C_{\text{ср}} - \Delta C}{C_{\text{ср}}} \quad (3.4)$$

где $C_{\text{ср}}$ - средняя концентрация в смесителе кормов;

ΔC - разница между максимумом и минимумом значениями концентраций.

Среднее арифметическое отклонений определяется анализом проб по выражению [39]:

$$Z = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{i} \quad (3.5)$$

Где i - количество образцов. x_1, x_2, x_n - относительная концентрация вещества в образцах, определяемая по выражениям:

$$x_i = \frac{\gamma_i}{\gamma_0}, \text{ при } \gamma_i < \gamma_0$$

$$x_i = \frac{(1 - \gamma_i)}{(1 - \gamma_0)}, \text{ при } \gamma_i > \gamma_0$$

Где γ_i, γ_0 - объемные доли анализируемого компонента в i -й пробе и во всем аппарате.

Когда однородность превышает 90%, кормовая смесь считается готовой и процесс перемешивания завершается.

3.5 Методика статистической обработки результатов экспериментов

Одной из задач статистической обработки экспериментальных данных является поиск величин, характеризующих необязательную статистическую совокупность. Достаточную информацию об опыте можно получить, используя следующие свойства: среднее значение - $\bar{x}$; стандартное отклонение (стандартное отклонение) - S ; стандартная ошибка (средняя ошибка) - $S_{\bar{x}}$; коэффициент вариации - V .

Наиболее часто используемым свойством является среднее арифметическое, которое является частным для деления суммы значений всех опций на их число.:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.6)$$

Одним из наиболее важных статистических свойств является стандартное отклонение, которое характеризует распространение значений варианта относительно центра распределения, то есть для арифметики:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.7)$$

где X - значение отдельных вариантов;

$\bar{x}$ - средняя арифметическая;

n - число вариант.

Стандартное отклонение является именованным числом и выражается в тех же единицах, что и данные измерений. Поэтому трудно сравнивать различные свойства, чтобы оценить степень их изменения. Относительный показатель вариации изучаемого материала можно рассчитать как коэффициент вариации:

$$v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3.8)$$

Одной из важнейших задач статистического анализа является определение степени аппроксимации оценок (среднее арифметическое, стандартное отклонение и др.), Рассчитанных для выборки с теми же параметрами для населения в целом. Прямая проверка этого, как правило, невозможна, но теория математической статистики позволяет с некоторой вероятностью определить пределы, в которых проживает среднее население. Для этого рассчитывается средняя ошибка:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3.9)$$

При этом значении выражение значения суммы в числах в меру ее единства является показателем того, что она может привести к ошибке, и это допустимо на среднем уровне с ее ошибкой - $\bar{x} = \pm S_{\bar{x}}$.. Чаще всего тот факт, что это средняя арифметическая, ограничит его ошибки. Мера ошибки среднего и

стандартного отклонения определяется, в частности, тем, что раскрывается следующая формула:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\Pi} (m_{cp} - m_i)^2}{\Pi}}, \quad \Pi \rightarrow \infty \quad (3.10)$$

где m_{cp} - среднее арифметическое значение;

m_i - значение отдельных вариантов;

Π - повторность. (периодичность).

Коэффициент вариации - среднее между измеренными квадратами ошибка определяется по формуле, включающей проценты:

$$W = \frac{\sigma}{m_{cp}} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1 Результаты определения влажности компонентов кормовой смеси

Одним из важнейших показателей, который характеризует физико-механические и технологические характеристики смешивания пищевых продуктов, является влажность, которая влияет на равномерность и время приготовления. Чем больше изменение влажности, тем эффективнее процесс смешивания ингредиентов сырой смеси для приложения усилия, необходимого для достижения однородности по всему объему камеры смешивания, при одновременном сокращении времени перемешивания. приготовить пищевую смесь.

Для определения влияния влажности на однородность и время приготовления, эксперименты проводились с кормовыми смесями с различной влажностью представленные в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Результаты исследований по определению средней влажности кормовой смеси.

№ опыта	Влажность W, %
1	88
2	84
3	80
4	76

Порядок определения влажности кормовой смеси. Процесс определения влажности кормовой смеси показан на рисунках (4.1, 4.2).



Рисунок 4.1 – Процесс взвешивания массы смеси.

Взвешиваем на весах 5 весовых стаканчиков с точностью до 0,01г. Далее исследуемый материал (примерно 30г) помещаем в отдельную емкость. Из этой емкости отбираем порции весом ровно 5г и помещаем в весовые стаканчики.



Рисунок 4.2 – Процесс помещения весовых стаканчиков в сушильный шкаф.

Далее шкаф подогревается до рабочей температуры, которая равняется 140 °С. Затем в шкаф укладываются весовые стаканчики с уже открытыми крышками и сушатся в течении 40 минут при постоянной температуре 140 °С. После 40 минут выдержки достаем весовые стаканчики из сушильного шкафа закрываем их крышками и даем остыть до комнатной температуры.

После того как весовые стаканчики охладятся, по очереди взвешиваем их на весах и по разнице в весе находим массу выпарившейся влаги.

Влажность рассчитываем по формуле:

$$w = \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}, \quad (4.1)$$

где a - масса стаканчика с крышкой, г;

b - масса стаканчика с крышкой и кормовой смесью до высушивания, г;

c - масса стаканчика с крышкой и кормовой смесью после высушивания,

г.

Определение влажности для каждого образца проводится в количестве двух раз. Содержание влаги в исследуемом образце определяется как среднее арифметическое этих двух значений. Допускается разница до 0,5% между двумя показаниями.

При проведении эксперимента были составлены протоколы (см. Приложение А). Данные экспериментов были приведены в таблицах А.1-А.4 (см. Приложение А)

4.2 Результаты исследований определения однородности смешивания компонентов смеси в зависимости от их влажности

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 удвоенным рабочим органом пропеллерного типа (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Экспериментальная лабораторная установка с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа для определения однородности смеси.

В качестве объекта исследования была выбрана кормовая смесь:

- концентрированные корма – 23,7%
- картофель – 42,3%
- кукурузный силос – 25,1%
- сенная мука – 7,9%
- соль – 1,0%
- контролируемый материал – 0,025%

Вначале, на весах взвешиваем необходимое количество исследуемого материала. На каждом этапе эксперимента исследованию подвергалось 35 килограмм исследуемого материала.

Эксперимент проводится при влажности кормовой смеси 76%, 80%, 84% 88%

Таким образом, вращательное движение в кормосмесителе, который создается при помощи пропеллеров электродвигателем захватывает исследуемый компонент и перемещает его по всему объему в течении определенного времени, при неизменности следующих параметров:

- частота тока – 40 Гц;
- сила тока – 0.7А;
- частота вращения привода n – 400 мин⁻¹
- объем исследуемого компонента – 35 Кг.

По полученным данным, по формуле 3.4 определяем однородность смеси

На рисунке 4.4 приведен график зависимости уровня однородности кормовой смеси от времени перемешивания $Z = f(t_{см})$ с разной влажностью от 76 до 88 %, при частоте вращения привода n равной 400 мин⁻¹ и его диаметре равным 0,18 м, построенный по табличным результатам, представленным в приложении Б.

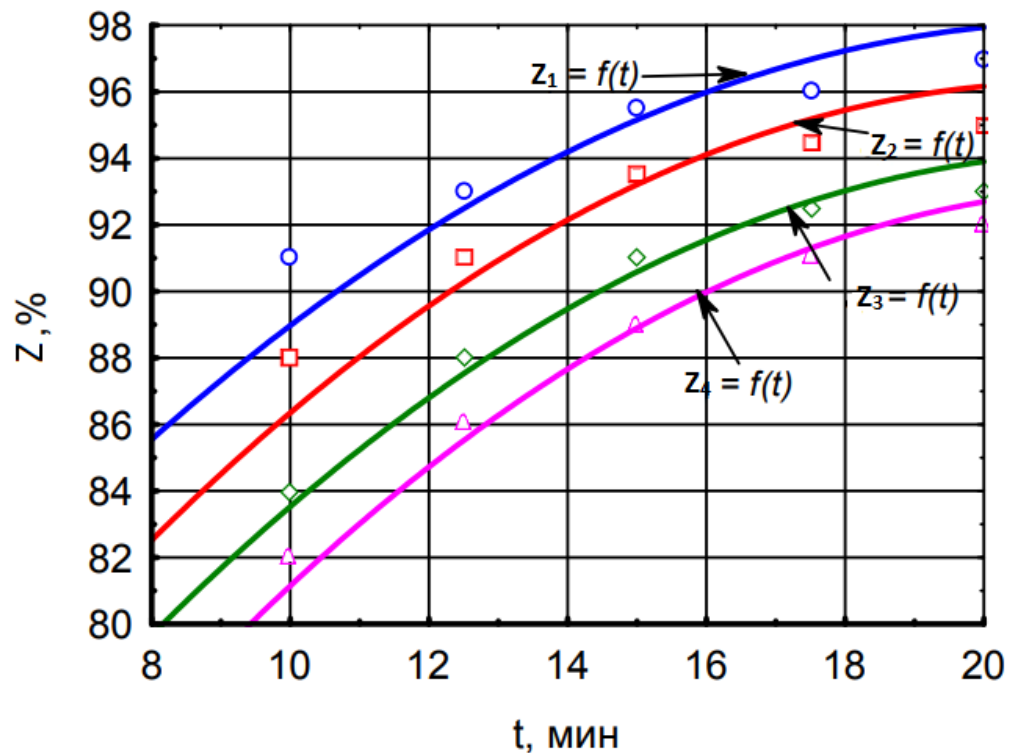


Рисунок 4.4 - Зависимости степени однородности кормосмесей

$Z = f(t_{см})$ при влажности $\circ$ – 88%; $\square$ – 84%; $\diamond$ - 80%; Δ - 76%

По составленным зависимостям видно, что при влажности компонентов кормовой смеси 88% однородность смешивания принимает наибольшее

значение в ходе проведенных экспериментов, при влажности компонентов кормовой смеси 76% однородность смешивания принимает наименьшее значение. По результатам полученных данных были получены данные, показывающие влияние содержания влаги на однородность смешивания значения которых приведены в приложении (см. Приложение Б).

Используемая лабораторная установка позволяет определять зависимость степени однородности кормовой смеси от влажности $Z = f(t_{\text{см}})$. Если эти значения известны, имеет смысл выбрать методы и технологические примеры для повышения эффективности работы при разработке новых пищевых комплексов и рабочих органов, взаимодействующих с элементами повышения рабочей эффективности.

4.3 Результаты определения потребной мощности

Проведя серию экспериментов, согласно методике предложенной в разделе 3, нами были проведены эксперименты по определению потребной мощности для предлагаемой конструкции кормосмесителя с удвоенным рабочим органом.

Определение потребной мощности для приготовления кормосмесей в горизонтальном пропеллерном смесителе определяется по выражениям:

$$N_{\Pi} = K_N \cdot d^4 \cdot n^3 \cdot \rho, \text{ кВт} \quad (3.2)$$

где K_N - Коэффициент мощности определяется из графиков как функция размера центробежного критерия Рейнольдса Re ;

ρ - плотность загружаемых компонентов, кг/м^3 ;

n – количество оборотов рабочего органа, с^{-1} ;

d - диаметр рабочего органа, м.

$$N_{\Pi} = 0,81 \cdot (0,18^5) \cdot 7^3 \cdot 1032 = 1,67 \text{ кВт}$$

Определение мощность на валу электродвигателя:

$$N = \frac{N_{\pi}}{\eta} \quad (3.3)$$

где η - КПД привода, ($\eta = 0,9 \dots 0,96$).

$$N = \frac{1,67}{0,96} = 1,8$$

Каждая серия экспериментов повторялась пять раз. Результаты эксперимента приведены в приложении В.

5 ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ ПОЛУЖИДКИХ КОРМОВ С УДВОЕННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ПРОПЕЛЛЕРНОГО ТИПА

5.1 Энергетический расчет и сравнение разработанного смесителя с базовой конструкцией смесителя СКО-Ф-3

Показатель эффективности оборудования в животноводстве является показателем энергоэффективности. Энергетический анализ позволяет оценить существующие и вновь разработанные технологии и механизмы механизма. [23].

В роли базовой конструкции нами взят смеситель СКО-Ф-3.

Общее энергопотребление при смешивании пищевых продуктов определяется как сумма компонентов прямых и материализованных затрат энергии, определенных для производственной единицы:

Оценка эффективности проводилась по коэффициенту энергетических затрат:

$$K_{\varepsilon} = \frac{E_{\text{сн}}}{E_{\text{сб}}} \quad (5.1)$$

где $E_{\text{сн}}$ - Общая затрата основного процесса смешивания разработанной машины, МДж/т;

$E_{\text{сб}}$ - Общая затрата основного процесса смешивания базовой машины, МДж/т.

Общее энергопотребление для смешивания кормовых смесей определяется как сумма прямых и материализованных энергетических затрат:

$$E_{\text{с}} = E_{\text{п}} + E_{\text{о}} + \frac{E_{\text{ж}} + E_{\text{об}} + E_{\text{пом}}}{W} \quad (5.2)$$

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

E_0 - овеществленные затраты энергии, МДж/т;

$E_{\text{пом}}$ - энергоемкость производственных помещений, МДж/ч;

W - эксплуатационная производительность, т/ч.

$E_{\text{ж}}$ - энергозатраты живого труда, МДж/ч;

$E_{\text{об}}$ - энергоемкость оборудования, МДж/ч;

Прямые затраты энергии определяются выражением:

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = H_{\text{э}} \cdot K_{\text{э}} \quad (5.3)$$

$H_{\text{э}}$ - расход электроэнергии, кВт-ч/т;

$K_{\text{э}}$ - коэффициент конвертации 1 кВт-ч в МДж, $K_{\text{э}} = 3,6$;

Затраты электрической $H_{\text{э}}$ энергии определяются выражением:

$$H_{\text{э}} = n_{\text{э}} \cdot W \quad (5.4)$$

где $H_{\text{э}}$ - затрату электрической энергии на переработку продукта, кВт-ч/т, $n_{\text{э}} = 1,67$ кВт-ч/т;

$$H_1 = 1,67 \cdot 2 = 3,34 \text{ кВт. ч}$$

$$H_2 = 1,67 \cdot 2,2 = 3,67 \text{ кВт. ч}$$

Прямые затраты составляют:

$$\mathcal{E}_1 = 3,34 \cdot 3,6 = 12,02 \text{ МДж/т}$$

$$\mathcal{E}_2 = 3,67 \cdot 3,6 = 13,21 \text{ МДж/т}$$

Материализованные затраты энергии определяются по выражению:

$$\mathcal{E}_{03э} = H_{э} + K_{эКВ.э} \quad (5.5)$$

где $K_{эКВ.э}$ - энергетический эквивалент электрической энергии, $K_{эКВ.э} = 8,7$ МДж/кВт-ч;

$$\mathcal{E}_{03э1} = 3,34 + 8,7 = 12,04 \text{ МДж}$$

$$\mathcal{E}_{03э2} = 3,67 + 8,7 = 12,37 \text{ МДж}$$

Энергетические затраты живого труда определяются выражением:

$$\mathcal{E}_{ж} = n \cdot \alpha_{ж} \quad (5.6)$$

где n - количество обслуживающего персонала, чел;

$\alpha_{ж}$ - энергетический эквивалент затрат живого труда,

$\alpha_{ж} = 0,9$ МДж/чел-ч.

Для базовой и новой машины:

$$\mathcal{E}_{ж} = 1 \cdot 0,9 = 0,9 \text{ МДж/ч.}$$

Общая энергоемкость оборудования определяется выражением:

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

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

$\alpha_{об} = 104$ МДж/кг;

M - масса оборудования, кг.

$$E_{об1} = 104 \cdot 1700 = 176800 \text{ МДж}$$

$$E_{об2} = 104 \cdot 1500 = 156000 \text{ МДж}$$

Энергоемкость, приходящаяся на 1 час работы оборудования определяется выражением:

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

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

$T_{г}$ - годовая загрузка машины, ч

$$\mathcal{E}_{об1} = \frac{104 \cdot 1700}{876} = 202 \text{ МДж}$$

$$\mathcal{E}_{об2} = \frac{104 \cdot 1500}{876} = 178 \text{ МДж}$$

Овещественные затраты энергии в кормах определяются выражением:

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

где $H_{к}$ - расход корма за год, т;

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

$e_{к} = 0,003 \text{ МДж/т};$

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

$\alpha_{к}$ - энергетический эквивалент кормов, МДж/кг, $\alpha_{к} = 0,008 \text{ МДж/т};$

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

$$\mathcal{E}_{к} = \frac{5475 \cdot (1,632 + 2,479)}{876} = 26 \text{ МДж}$$

Общие овещественные затраты энергии определяются выражением:

$$\mathcal{E}_{о} = \mathcal{E}_{озэ} + \mathcal{E}_{к} \quad (5.10)$$

$$\mathcal{E}_{01} = 12,04 + 26 = 38,04 \text{ МДж}$$

$$\mathcal{E}_{01} = 12,37 + 26 = 38,37 \text{ МДж}$$

Энергоемкость производственных помещений определяется выражением:

$$\mathcal{E}_{\text{пом}} = \frac{\alpha_{\text{пом}} \cdot \alpha \cdot S_{\text{пом}}}{100T_{\text{г}}} \quad (5.11)$$

где $\alpha_{\text{пом}}$ - энергетический эквивалент помещения,

$\alpha_{\text{пом}} = 5025 \text{ МДж/м}^2$; α - годовые амортизационные отчисления, %,

$a = 10\%$;

$S_{\text{пом}}$ - площадь, занимаемая оборудованием, м^2

$$\mathcal{E}_{\text{пом1}} = \frac{5025 \cdot 0,1 \cdot 8}{100 \cdot 876} = 0,05 \text{ МДж}$$

$$\mathcal{E}_{\text{пом2}} = \frac{5025 \cdot 0,1 \cdot 7}{100 \cdot 876} = 0,04 \text{ МДж}$$

Полные затраты энергии для экспериментальной и базовой машины:

$$E_{c1} = 12,02 + 12,04 + \frac{0,9 + 202 + 0,05}{2} = 125,06 \text{ МДж}$$

$$E_{c2} = 13,21 + 12,37 + \frac{0,9 + 178 + 0,05}{2} = 112,06 \text{ МДж}$$

Коэффициент энергетических затрат определяется выражением:

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{112}{125} = 0,89$$

Технические характеристики и энергетическая оценка смесителя СКО-Ф-3 и экспериментального смесителя приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технические характеристики и энергетическая оценка смесителей СКО-Ф-3 и экспериментального смесителя

№	Показатели	Ед. изм	СКО-Ф-3	Экспериментальный смеситель
1	Масса	кг	1700	1500
2	Потребная мощность	кВт	6,8	5,5
3	Количество обслуживающего персонала	чел.	1	1
4	Разряд работ	-	IV	IV
5	Норма амортизации	%	10	10
6	Годовая загрузка	час.	876	876
7	Прямые затраты энергии	МДж/т	12,02	13,21
8	Энергозатраты живого труда	МДж/т	0,9	0,9
9	Энергоемкость оборудования	МДж/т	176800	156000
10	Энергоемкость здания	МДж/т	0,05	0,04
12	Полные затраты энергии	МДж/т	125	112
13	Коэффициент энергетических затрат	-	-	0,89

У экспериментального смесителя совокупные затраты энергии на 11 % меньше, чем базовый смеситель СКО-Ф-3. Это объясняется тем, что экспериментальный смеситель имеет большую производительность меньшую массу конструкции.

5.2 Расчет экономической эффективности внедрения горизонтального смесителя с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа

Экономическая эффективность экспериментального горизонтального смесителя с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа определялась по общепринятой методике [4.24]. Расчет экономической эффективности горизонтального пропеллерного смесителя с удвоенным рабочим органом был сделан путем сравнения его с имеющимся коммерческим смесителем СКО-Ф-3. Исходные данные для расчета экономической эффективности основного смесителя СКО-Ф-3 и назначенного смесителя приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Исходные данные для расчета экономической эффективности смесителя для получения полужидких кормосмесей

№	Наименование	Единица изм.	СКО-Ф-3	Экспериментальный смеситель
1	Масса конструкции	кг	1700	1500
2	Производительность	т/ч	2	2,2
3	Обслуживаемое поголовье	голов	1000	1000
4	Часовая тарифная ставка	руб.	100	100
5	Балансовая стоимость	руб.	400000	250000
6	Потребляемая мощность	кВт	6,8	5,5
7	Обслуживающий персонал	чел.	1	1
8	Норма амортизации	%	10	10

Продолжение таблицы 5.2

9	Норма затрат на ремонт и ТО	%	10	10
10	Отчисления на социальные нужды	%	30	30
11	Годовая загрузка	ч	876	876
12	Стоимость электроэнергии	руб.	3,8	3,8
13	Коэффициент использования рабочего времени	-	0,9	0,9

Часовая производительность определяется выражением:

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

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 емкости аппарата, ч;

$t_{\text{см}}$ – продолжительность смешивания, ч. $1,2 = t_{\text{см}1}$, $0,6 = t_{\text{см}2}$.

Энергоемкость процесса определяется выражением:

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

где N – мощность электродвигателя, кВт;

$t_{\text{см}}$ - продолжительность смешивания, ч. $1,2 = t_{\text{см}}$, $0,6 = t_{\text{см}}$

K_p - коэффициент использования рабочего времени; $K_p = 0,9$

Металлоемкость процесса определяется выражением:

$$M_c = \frac{G_{cm}}{365 \cdot Q \cdot t_c \cdot \tau} \quad (5.14)$$

Производительность труда определяется выражением:

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

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:

$$\Phi_{пр} = \frac{C_6}{365 \cdot Q \cdot t_c \cdot \tau} \quad (5.17)$$

где C_6 – балансовая стоимость аппарата (на 15% больше оптовой цены).

Суммарные эксплуатационные затраты определяются выражением:

$$C_{эксп} = C_{от} + C_{энер} + C_A + C_{рем} \quad (5.18)$$

где $C_{от}$ – оплата труда рабочему с начислениями, руб/т;

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

$C_{энер}$ – затраты на амортизацию устройства, руб/т;

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

$$C_{от} = \frac{t_{час}}{Q \cdot \tau} \quad (5.19)$$

$$C_{\text{энер}} = \frac{C_{\text{э}} \cdot N \cdot t_{\text{год}}}{365 \cdot Q \cdot t_c \cdot \tau} \quad (5.20)$$

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

N - потребляемая мощность, кВт;

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

$$C_a = \frac{C_B \cdot \alpha}{365 \cdot Q \cdot t_c \cdot \tau \cdot 100} \quad (5.21)$$

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

$$C_{\text{рем}} = \frac{C_B \cdot \alpha_1}{365 \cdot Q \cdot t_c \cdot \tau \cdot 100} \quad (5.22)$$

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

Годовая экономия в расчете на одно устройство определяется выражением:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (C_{1\text{эксп}} + C_{2\text{эксп}}) \cdot 365 \cdot Q \cdot t_c \cdot \tau \quad (5.23)$$

Срок окупаемости капиталовложений определяется выражением:

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

где K – дополнительные капиталовложения.

Коэффициент эффективности капиталовложений определяется выражением:

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

Результаты вычислений экономической эффективности сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности горизонтального пропеллерного смесителя

№	Показатели	Ед.изм.	Базовая машина	Предлагаемая машина
1	Часовая производительность	т/ч	2	2,2
2	Фондоемкость процесса	руб/т	238	147
3	Энергоемкость процесса	кВт/ч	3,5	3
4	Металлоемкость конструкции	кг/т	0,093	0,048
5	Трудоемкость процесса	чел.ч/т	0,5	0,4
6	Эксплуатационные затраты	руб/т	113	84
7	Годовая экономия	руб	-	46890
8	Годовой экономический эффект	руб	-	46863
9	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений	год	-	3,2
10	Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	-	-	0,22

5.3 Выводы по главе

Энергоемкость приготовления кормосмеси при использовании разработанного горизонтального смесителя с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа снижается на 11%.

Ежегодная экономия на снижении производственных затрат за счет увеличения их производства (себестоимости дополнительных продуктов) от внедрения оборудования на 1000 голов составляет 46 890 рублей.

Энергоемкость процесса приготовления кормовой смеси при использовании разработанного смесителя с удвоенным рабочим органом пропеллерного типа снижается на 15%.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

На основе анализа существующих конструкций машин для приготовления кормовых смесей нами был разработан лабораторный смеситель для приготовления полужидких кормовых смесей для определения степени однородности кормосмеси, в котором исключен момент застоя компонентов кормовой смеси за счет турбулизации потока путем установки дублирующего рабочего органа и в связи с этим достигается равномерность во всем рабочем объеме смесителя.

Анализ работы предлагаемого технического решения показал, что применение удвоенного рабочего органа в горизонтальном смесителе полужидких кормосмесей значительно повышает эффективность и однородность получаемого продукта, при этом материалоемкость оборудования практически не увеличивается.

Проведенные технологические и конструктивные расчеты позволяют сделать вывод, что применение удвоенного рабочего органа в горизонтальном смесителе полужидких кормосмесей пропеллерного типа увеличивает эффективность приготовления кормовых смесей от других известных машин такого типа, имеет весьма неплохую производительность, имеет низкое потребление электроэнергии и эффективна в работе в комплексе с другими машинами в условиях повышенной стоимости на электроэнергию.

Для проведения научных исследований были разработаны методики, на основании которых были проведены эксперименты по определению влажности кормовой смеси, однородности смешивания компонентов в зависимости от их влажности.

По результатам эксперимента стало известно, что при влажности компонентов кормовой смеси 88% однородность смешивания принимает наибольшее значение в ходе проведенных экспериментов, при влажности компонентов кормовой смеси 76% однородность смешивания принимает наименьшее значение, эксперимент проводился в диапазоне влажности от 76% до 88%.

В результате проведенных сравнительных исследований эффективности приготовления кормовой смеси в лабораторном смесителе с использованием одного и с удвоенным рабочим органом установлено, что применение удвоенного рабочего органа позволяет повысить эффективность работы в среднем на 18 % при этом не сильно увеличивая удельный расход энергии.

Энергетическая оценка разработанной установки показала снижение энергоемкости на 11%, полных затрат энергии на 15%, коэффициент энергетических затрат равен 0,89. Годовой экономический эффект от использования смесителя с удвоенным рабочим органом составляет 46890 рублей на 1000 голов свиней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешкин, В.Р. Планирование эксперимента при моделировании рабочего процесса кормоприготовительных машин. /В.Р. Алешкин// Тр. ин-та Кировский СХИ. - Пермь, 1980. - т. 68. - с. 102 - 106.
2. Артюшин, А.И. Оценка качества смешивания кормов рентгеновским абсорбционным методом / А.И. Артюшин // В сб: Научно-технический бюллетень по механизации и электрификации животноводства. Механизация кормопроизводства. Запорожье, вып. 4, 1975, – С. 65-74.
3. Базонов, В.Н. Техничко-экономический анализ современного состояния свиноводства в России / В.Н. Базонов, И.В. Базонов // Научно-технический прогресс в животноводстве: Перспективная система машин – основа стратегии машино - технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г.: Сб. научн. трудов ВНИИМЖ.– 2004. Т. 13 ч. 3: – С. 59-67.
4. Власов, Н.Г. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники /Н.Г.Власов// - М.: Колос, 1986. - 223 с.
5. Гейфман, В.П. Экспериментальные исследования смесителей кормов непрерывного действия/ В.П. Гейфман, Г.М. Кукта, В.Л. Гринберг // В сб.: Механизация и электрификация сельского хозяйства. Механизация и автоматизация процессов на животноводческих фермах и комплексах. - Киев, – 1977, вып. 39: – С. 17-22.
6. Горбатов, А.В. Реометрия пищевого сырья и продуктов /А.В. Горбатов, Ю.А. Мачихин и др. под ред. Ю.А. Мачихина // - М.: Агропромиздат, 1990. - 271 с.
7. Девяткин, Е.М. Рациональное использование кормов /Е.М. Девяткин // - М.: Россельхозиздат, 1990. - 256 с.
8. Демин, О.В. Совершенствование методов расчета и конструкций лопастных смесителей / дисс. канд. техн. наук; Тамбов, 2003, – С. 210.
9. Доровских, В.И. Определение рациональных вариантов эффективного использования кормоцехов в молочном скотоводстве. / В.И. Доровских, С.Г. Калиниченко // Научнотехнический прогресс в животноводстве:

- Перспективная система машин – основа реализации стратегии машино-технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г.; Сб. научн. трудов ВНИИМЖ- 2004. Т. 13 ч. 2: – С. 90-95.
- 10.Зайдель, А.П. Ошибки измерения физических величин /А.П. Зайдель// - М.: Наука, 1974. - 224 с.
- 11.Коба, В.Г. Механизация и технология производства продукции животноводства. /В.Г. Коба, Н.В., Д.Н. Брагинец, В.Ф. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич// - М.: Колос, 2000. - 528 с.
- 12.Кононов, М.Д. Кормосмеситель полужидких кормосмесей с оригинальным рабочим органом пропеллерного типа /М.Д. Кононов, М.А. Лушнов// Труды I-ой Международной научно-практической конференции. Научное издание. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2020. – С. 95-97.
- 13.Концепции развития технологий, способов механизации и автоматизации процессов при производстве продукции животноводства на период до 2010 г. / ВНИИМЖ, Подольск, 2002. – С. 104.
- 14.Кукта, Г.М. Технология переработки и приготовления кормов / Г.М. Кукта // М.: Колос, 1978. – С. 240.
- 15.Кукта, К.М. Технологические и технические основы механизированных процессов приготовления кормов в условиях интенсивного животноводства /К.М. Кукта// Автореф. дис. докт. техн. наук. - Киев, 1979. - 35 с.
- 16.Лившиц, А.С. Автоматическое устройство контроля качества смешивания кормовых материалов / А.С. Лившиц, В.И. Гусейнов // Сб. : Проблемы создания оборудования кормоцехов (тезисы докладов научно-технической конференции). Вильнюс, 1980: – С. 145-147.
- 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.

- 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-наДону, 1972, вып. 3: – С. 12-20.
- 21.Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов /С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин// - 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. Oyama J., Ayaki K. Kagaki Kikai, 1956, №20, – Р. 6. (англ.)
- 26.Патент № RU 2033038; “Автоматические устройства”; публикация патента 20.04.1995; Автор(ы): Гаджиев Фикрат Гасан оглы[AZ], Чалый Петр Васильевич[RU]; Патентообладатель(и): Гаджиев Фикрат Гасан оглы[AZ], Чалый Петр Васильевич[RU];
- 27.Патент № RU 2201120; “Специальные устройства для приготовления кормов”; публикация патента 27.03.2003; Автор(ы): Сыроватка В.И., Комарчук А.С.; Патентообладатель(и): Государственное научное учреждение Всероссийский научно- исследовательский и проектно-технологический институт механизации животноводства.
- 28.Патент № RU 2202177; “Машины для резки сена, соломы или кормов; режущие аппараты соломорезок”; публикация патента 20.04.2003; Автор(ы):

- Рудаков А.И., Маркин О.Ю., Сальников А.Н.; Патентообладатель(и): Рудаков Александр Иванович, Маркин Олег Юрьевич, Сальников Андрей Николаевич.
29. Патент № RU 2328950; “Специальные устройства для приготовления кормов”; публикация патента 20.07.2008; Автор(ы): Комлацкий Василий Иванович (RU), Васильев Владимир Александрович (RU), Лабетиков Вадим Михайлович (RU); Патентообладатель(и): Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет" (RU)
30. Патент № RU 2332253; “Специальные устройства для приготовления кормов”; публикация патента 27.08.2008; Автор(ы): Чупшев Алексей Владимирович (RU), Коновалов Владимир Викторович (RU), Гусев Сергей Владимирович (RU), Терюшков Вячеслав Петрович (RU); Патентообладатель(и): ФГОУ ВПО "Пензенская ГСХА"
31. Пахомов, В.И. Организационно-технологические основы создания блочно - модульных внутрихозяйственных комбикормовых предприятий / В.И. Пахомов // – Зерноград: ВНИИТ ПТИМЭСХ, 2001, – С. 259.
32. Пискарёва, Т.И. К вопросу о физико-механических характеристиках сыпучих кормовых смесей / Т.И. Пискарёва // Материалы и технологии XXI века: сб. статей IX Международной НПК. – Пенза, 2011. – С. 154 – 156.
33. Рудаков, А.И. Морфологический анализ смесителей для получения жидких и полужидких кормов в животноводстве / А.И. Рудаков, М.А. Лушнов // Сб. науч. тр., - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2002.- с. 266-271.
34. Рудаков, А.И. Определение минимальной мощности потребной для смешивания кормов в винтовом смесителе / А.И. Рудаков, Р.З. Сулейманов // Сб. науч. тр. - Горький: Изд-во Горьковского СХИ, 1990. - с. 58-63.
35. Рудаков, А.И. Пропеллерный смеситель кормов / А.И. Рудаков, Р.З. Сулейманов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1988. - № 3. - с. 25 -27.

- 36.Рудаков, А.И. Современные принципы разработки и совершенствования технических объектов в животноводстве /А.И. Рудаков// - Казань: Изд - во Казан. Ун-та, 2002.– 304 с.
- 37.Сыроватка, В.И. Механизация приготовления кормов. Справочник / В.И. Сыроватка // -М.: Агропромиздат, 1985. – С. 307.
- 38.Хлыстунов, В.Ф. Интенсификация процесса приготовления кормосмесей для свиней горизонтально-шнековым порционным циркуляционным смесителем / В.Ф. Хлыстунов // дисс. канд. техн. наук. – зерноград, 1984, – С.185.
- 39.Хуснутдинов, В.А. Оборудование производств неорганических веществ / В.А. Хуснутдинов, Р.С. Сайфуллин, И.Г. Хабибуллин// - Л.: Химия, 1987. – 248с.
40. Черкасов, Р.И. Методика и алгоритм расчета параметров вертикального шнека смесителя сыпучих материалов / Р.И. Черкасов // Электронный научный журнал «Фундаментальные исследования» №8 ч.1 2015, – С.79-82.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Результаты исследований по определению влажности кормовой смеси

Таблица А.1 Результаты исследований по определению влажности кормовой смеси.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ w, %	Сред- няя влажнос ть w_{cp} , %
100	19,85	24,85	20,45	87,5	88
041	21,30	26,30	21,92	87,6	
088	19,90	24,90	20,48	88,4	
017	19,94	24,94	20,53	88,2	
035	19,98	24,98	20,58	88,3	

Таблица А.2 Результаты исследований по определению влажности кормовой смеси.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ w, %	Сред- няя влажнос ть w_{cp} , %
--	--	---	---	---	--

		зерна до высушивания- в, г	го зерна после высушивания- с, г		
100	19,85	24,85	20,65	84	84
041	21,30	26,30	22,12	83,6	
088	19,90	24,90	20,68	84,4	
017	19,94	24,94	20,73	84,2	
035	19,98	24,98	20,79	83,8	

Таблица А.3 Результаты исследований по определению влажности кормовой смеси.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчика с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушивания- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна после высушивания- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Сред- няя влажнос- ть $w_{cp}, \%$
100	19,85	24,85	20,83	80,4	80
041	21,30	26,30	22,32	79,6	
088	19,90	24,90	20,89	80,1	
017	19,94	24,94	20,93	80,2	
035	19,98	24,98	20,99	79,7	

Таблица А.4 Результаты исследований по определению влажности кормовой смеси.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ w, %	Сред- няя влажнос ть W_{cp} , %
100	19,85	24,85	21,03	76,3	76
041	21,30	26,30	22,47	76,2	
088	19,90	24,90	21,12	75,6	
017	19,94	24,94	21,15	75,8	
035	19,98	24,98	21,17	76,1	

Приложение Б

Результаты эксперимента по определению однородности смешивания Z от затраченного времени смешивания t с влажностью кормосмеси 76 – 88% и диаметром пропеллеров $d = 0.18$ м.

Таблица Б.1 – Данные по однородности смешивания Z от времени t с частотой вращения пропеллеров $n=400$ мин⁻¹

№ п/п	t, мин	Z _{1,88%}		Z _{2,84%}		Z _{3,80%}		Z _{4,76%}	
		опытные значения	среднее значение	опытные значения	среднее значение	опытные значения	среднее значение	опытные значения	среднее значение
1	10	89	92	89	90	83	86	82	83
		92		92		89		83	
		94		90		88		82	
		93		88		85		85	
		92		91		85		83	
2	12,5	94	94	94	92	91	89	84	86
		93		89		88		88	
		95		92		89		87	
		92		94		90		86	
		96		91		87		85	
3	15	98	96	96	94	93	92	89	89
		94		93		92		92	
		96		95		90		89	
		97		92		92		87	
		95		94		93		88	
4	17,5	96	97	95	95	92	93	91	91
		99		93		93		92	
		97		97		94		90	
		95		96		95		93	
		98		94		92		89	
5	20	98	98	95	96	93	94	94	92
		98		97		92		92	
		99		95		96		92	
		97		97		94		91	
		98		96		95		92	

Таблица Б.2 – Данные по однородности смешивания Z от времени t с частотой вращения пропеллеров $n=200 \text{ мин}^{-1}$

№ п/п	t, мин	Z ₁ ,88%		Z ₂ ,84%		Z ₃ ,80%		Z ₄ ,76%	
		опытные значения	среднее значение	опытные значения	среднее значение	опытные значения	среднее значение	опытные значения	среднее значение
1	10	85	84	80	80	75	77	76	74
		82		83		76		72	
		86		81		78		73	
		84		79		79		75	
		83		77		77		74	
2	12,5	88	87	83	85	82	83	78	79
		87		87		83		82	
		89		85		84		76	
		86		86		82		80	
		85		84		84		79	
3	15	91	89	87	87	86	85	84	83
		92		85		85		81	
		89		86		84		85	
		85		89		87		82	
		88		88		83		83	
4	17,5	92	91	87	89	89	87	87	86
		90		91		86		84	
		93		89		88		85	
		94		86		85		88	
		89		92		87		86	
5	20	96	93	93	91	89	89	89	87
		91		91		90		88	
		90		89		93		85	
		95		90		85		87	
		93		91		88		86	

Приложение В

Результаты эксперимента по определению мощности привода N и производительности смесителя Q от 1 и 2х мешалок $d=0.18\text{м}$, при влажности кормосмеси $W = 88\%$ и частоте вращения привода $n = 300 \text{ мин}^{-1}$.

Таблица В.1 – Значения мощности привода и производительности смесителя от количества мешалок

№ п/п	Количество мешалок, шт	N, кВт		Q, м ³ /ч	
		Опытные значения	Среднее значение	Опытные значения	Среднее значение
1	1	1,1	1,2	3,8	3,9
		1,2		3,9	
		1,5		4,1	
		1,3		4,0	
		0,9		3,7	
2	2	1,7	1,8	9,7	9,8
		1,8		9,8	
		1,9		9,9	
		1,6		9,6	
		2,0		10	

Приложение Г

Результаты эксперимента по определению частоты вращения привода n от объема рабочей жидкости в лабораторной установке при влажности кормосмеси $W = 88\%$.

Таблица Г.1 – Значение частоты вращения привода n при частоте тока 35 Гц

Частота, Гц	Сила тока, А	Кол-во оборотов в минуту, мин ⁻¹	Объем рабочей жидкости, л
35	0,6	217	25
	0,65	208	30
	0,7	195	35
	0,75	187	40

Таблица Г.2 – Значение частоты вращения привода n при частоте тока 40 Гц

Частота, Гц	Сила тока, А	Кол-во оборотов в минуту, мин ⁻¹	Объем рабочей жидкости, л
40	0,6	268	25
	0,7	252	30
	0,75	222	35
	0,8	283	40

Таблица Г.3 – Значение частоты вращения привода n при частоте тока 45 Гц

Частота, Гц	Сила тока, А	Кол-во оборотов в минуту, мин ⁻¹	Объем рабочей жидкости, л
45	0,65	365	25
	0,7	298	30
	0,7	283	35
	0,8	260	40

Таблица Г.4 – Значение частоты вращения привода n при частоте тока 50 Гц

Частота, Гц	Сила тока, А	Кол-во оборотов в минуту, мин ⁻¹	Объем рабочей жидкости, л
50	0,7	461	25
	0,75	442	30
	0,8	427	35
	0,9	400	40