

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

Тема: Разработка и исследование смесителя кормов
периодического действия

Студент группы М272-02



Мадияров А.А.

Научный руководитель,

к.т.н., доцент



Луцманов Р.Р.

Рецензент

к.т.н., доцент



Матяшина А.В.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 7 от «05» февраля 2020 г.)

Зав. кафедрой, доцент



Халиуллин Д.Т.

Казань - 2020 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	6
1.1 Кормовые смеси – основа повышения эффективности производства животноводческой продукции.....	6
1.2 Смесь. Процесс смешивания концентрированных кормов	8
1.3 Классификация смесителей концентрированных кормов	9
1.4 Анализ теоретических исследований процесса смешивания концентрированных кормов.....	16
1.5 Цель и задачи исследований	23
ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ	24
2.1 Анализ движения кормов в бункере смесителя.....	24
2.1.1 Теоретическое исследование движения частиц в смешиваемых твердых фазах.....	27
2.2 Математическая модель процесса смешивания, протекающего в бункере смесителя концентрированных кормов.....	30
2.3 Уравнение движения потока частиц по козырькам.....	32
2.4 Схема смесителя концентрированных кормов	34
ГЛАВА 3 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	36
3.1 Экспериментальная установка.....	36
3.2 Программа лабораторных исследований.....	38
3.3 Методика лабораторных исследований смесителя концентрированных кормов	39
3.3.1 Методика исследования параметров смесителя кормов.....	39
3.3.2 Методика исследования производительности смесителя сыпучих кормов.....	40
3.3.3 Методика исследования мощности смесителя	

концентрированных кормов	41
3.3.4 Методика исследования козырьков на коэффициент вариацни.....	42
3.3.5 Методика исследования влияния продолжительности смешивания при использовании козырьков на коэффициент вариацни.....	43
3.4 Результаты лабораторных исследований представленного смесителя кормов	44
3.4.1 Результаты исследования усилия, необходимого для перемещения зерна внутри зерновой массы	44
3.4.2 Результаты исследования влияния времени смешивания без использования козырьков.....	49
3.4.3 Результаты исследования влияния продолжительности смешивания при использовании козырьков для смешивания на коэффициент вариацни.....	50
ГЛАВА 4. ИСПЫТАНИЯ СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЕГО ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО	52
4.1 Типовая программа испытаний в производственных условиях	52
4.2 Результаты смесителя кормов в производственных Испытаниях.....	55
4.3 Определение стоимости представленного смесителя Кормов.....	57
4.4 Расчет экономического эффекта представленного смесителя.....	59
ВЫВОДЫ.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	65
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	71

ВВЕДЕНИЕ.

На сегодняшнее время в нашей стране производится приблизительно 55 различных видов комбикорм - для всех разновидностей птиц и животных. Более 50% получаемого зерна в сельхоз хозяйстве, расходуется для производства комбикорм.

Однородность -говоря иными словами, качество смешивания компонентов, является одной изглавной характеристикой качественного комбикорма. Качество смешивания компонентов несет за собой огромную практическую выгоду идоказана зарубежными и отечественными деятелями науки.

По словам ученых, до 15 % увеличения массы у животных, зависит от качественно приготовленного корма.

Одним из сложнейших технологических процессов является приготовления кормов к скармливанию. В России расходы труда на их подготовкупредставляют собой около 40-70% от общих затрат на исполнение единицы продукции, то есть ценность созданных кормов доходит до 20-50% издержки животноводческой продукции.

Такие масштабные расходы вызваны тем, что кормосмесители, используемые в сельском хозяйстве, не соответствуют указанным к ним требованиям: они энергоемки, малопродуктивны и не отвечают высокому качеству смеси (однородности смешивания кормов).

В результате эмпирического отбора,образовалисьнынешние типы смесителей для сыпучих кормов. Теория процесса всегда отставала от нужд производства. На сегодняшний день нет убедительных теоретических и экспериментальных математических моделей, описывающих процесс смешивания компонентов; нет единого точного взгляда на суть процесса, нет обоснованной методики проведения эксперимента и единых критериев в оценке качества смесей, не имеется единая терминология. Эти обстоятельства приводят к тому, что даже опытные данные различных создателей невозможно сравнить. Все научные исследования смесителя,

достигнутые за все периоды, позволяет разрешить лишь малую степень частных случаев: объяснение мощности привода, производительности смесителя, выбор типа смесителя в зависимости от физико-механических компонентов смеси и ряд других.

На данный момент перед наукой стоит важная задача - изучить главные закономерности процесса смешивания, которые позволили бы значительно увеличить эффективность процесса смешивания всех компонентов сыпучих кормов.

Научная цель исследований является достижение снижения продолжительности цикла смешивания и повышение однородности приготавливаемых кормовых смесей, а так же определение и описание общих закономерностей процесса смешивания.

Наш разработанный смеситель позволяет снизить время приготовления кормосмеси минимум на 7% и способствует увеличению однородности массы до 15%, также представленный нами смеситель кормов отвечает всем техническими и экономическими показателями.

С помощью наших результатов мы усовершенствовали модель кормосмесителя.

Усовершенствованы следующие показатели:

1. Изучения процессов смешивания, состоящих из 4 групп.
2. Выявление новых связей между дозированием компонентов и процессом их смешивания. И, как следствие этого, обоснование принципиально новых условий к дозаторам компонентов.
3. Найдены эффективные решения уменьшения о металлоемкости и энергозатратам.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

1.1 Кормовые смеси – основа повышения эффективности производства животноводческой продукции.

В 2010 году Доктриной продовольственной безопасности нашей страны был намечен постепенный переход сельского хозяйства на самообеспечение[24]. Одним из методов направления, указанных в доктрине, является усовершенствование и улучшение производства собственных смесителей для смешивания кормов [10]. Многие современные технологии и методы созданы на основе кормления животных минеральными кормами с добавлением разных видов питательных веществ.

К современным кормам предъявляются ряд инновационных требований и условий. В корма должны иметь возможность длительно храниться, легко дозироваться, в их составе должны содержаться все необходимые для роста и развития организма животного питательные вещества [12]. Только внедрение активных технологий, поможет эффективно развивать наше сельское хозяйство [45].

Низкое качество приготовленной кормосмеси ведет к снижению качеству продукции и продуктивности животных, ведет к перерасходу кормов, а значит к повышению себестоимости и удорожанию продукции[16].

Наиболее выгодным в экономическом плане, представляется приготовление кормов в условиях хозяйства [19,23].

Для заготовки кормов, в условиях хозяйства, не обязательно использовать импортное высокопроизводительное оборудование. Исходя из эксплуатационных и экономических суждений, наиболее применимым представляется использование небольших по габаритам кормоприготовительного оборудования [28].

Модель приготовления корма объединяется к поочередному выполнению нескольких технологических операций [35]:

- хранение компонентов смеси;

- постепенная подача компонентов на смешивание;
- смешивание корма.

В условиях хозяйства наиболее выгодной и перспективной представляется простая схема приготовления корма [33].

Ряд условий, которые предъявляются к современным видам смесителя:

- приготовление смеси, которой отвечают требованиям коэффициента вариации для различных видов животных и птиц;
- смесь приготавливается из нескольких видов компонентов;
- смесь должна быть обогащена добавками, концентрация которых может достигать 0,02 %.

Так же есть ряд условий и требований, которые предъявляются к самим системам смесителя [21,22]:

- смесители должны при необходимости изменять производительность за счет быстрого изменения конструкции;
- смесители не должны вызывать порчу смешиваемой смеси;
- смесители должны обладать высокой надежностью, позволяющий эксплуатировать их при отрицательных и положительных температурах на протяжении нескольких лет;
- смесители должны обладать обширной функциональностью, чтобы приготавливать корма по различным рецептурам;
- рабочие органы смесителя не должны измельчать и дробить смешиваемые корма;
- смесители кормов должны владеть высокими эргономическими качествами.

Для использования в условиях мелкого и среднего хозяйства наиболее приемлемыми оказываются следующие две схемы:

1. последовательно-параллельная;
2. прямая.

При прямой схемы приготовления корма, подача компонентов смеси на смешивание идет непосредственно. Последовательно-параллельной схеме происходит однократная дозировка корма.

Современный рынок насыщен смесителями концентрированных кормов, в том числе импортного производства. Но цена оборудования является высокой для большинства мелких производителей. В связи с чем производство отечественных смесителей представляется вполне оправданным решением.

1.2 Смесь. Процесс смешивания концентрированных кормов.

Смешивание кормов – это процесс перераспределения кормовых компонентов, чтобы они были размещены по всему объему корма равномерно.

Рационы кормления животных и птиц не должны вызывать заболеваний, должны быть насыщены питательными веществами и быть высококалорийными. Поэтому корма бывают в жидком и полужидком состоянии, так же и в сухом рассыпчатом и тестообразном. В современном рынке есть смесители для каждого перечисленного вида корма. Наиболее экономичным, с позиции производства, является сухие рассыпчатые корма, так как они имеют ряд преимуществ [26]:

- возможность использования различных по плотности компонентов;
- готовая смесь обладает хорошими качествами;
- готовая продукция длительный период может сохраняться без порчи.

Изучением процесса смешивания концентрированных кормов занимались многие известные ученые и эксперты: А.В. Байдов, В.Г. Артемьев, А.М. Григорьев, А.И. Завражнов, Ю.М. Исаев, С.Г. Карташов, Колшаков, В.В. Коновалов, Г.М. Кукта, В.И. Курдюмов, С.В. Мельников, В.Г. Коба, К.Я. Мотовилов, Ю.В. Назаренко, И.Ф. Сараев, Ф.Г. Стукалкин, И.Г. Панин, В.В. Утолин, С.К. Филатов, В.Ю. Фролов, В.Д. Хмыров, Вохер, T.F.Oxley, A. Peterson и другие.

1.3 Классификация смесителей концентрированных кормов.

Смесители кормов, выпускаемые промышленностью, различаются по назначению, по принципу действия, имеют разнообразные виды конструкции. В связи вышесказанным, затруднительно представляется классификация смесителей, основанная на одном принципиальном отличии. Оптимальным представляется более сложная классификация смесителей, базирующаяся на ряде технологических показателей [38,39,20,11,37].

Смесители кормов можно подразделить на следующие виды:

- специальные, которые в зависимости от состояния компонентов, бывают для приготовления сухих, влажных, полужидких смесей;
- комбинированные, в которых могут сочетаться два технологических процесса (измельчитель-смешиватель);
- универсальные, которые приготавливают разные по составу смеси.

Так же имеют отличия по типу мешалок:

- лопастные;
- пропеллерные;
- турбинные;
- шнековые;
- барабанные.

По существующим схемам смешивания, смесители подразделяют:

- периодического действия;
- устройства непрерывного действия.

Смесители непрерывного действия обладают большой удельной эффективностью. Так как время взаимодействия компонентов смеси в непрерывном действии ограничено, качество смеси несколько хуже, что ограничивает возможности использования микродобавок.

Смесители периодического действия имеют меньшую удельную производительность. Энергоемкость этих смесителей, как правило, выше, чем у смесителей непрерывного действия, так как ограниченный объем

корма циркулирует внутри устройства неоднократно. В таких видах смесителя значительно проще получить высокое качество смеси.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что смесители непрерывного действия наиболее выгодно подходят для использования в больших объемах производства [33]. Смесители периодического действия нужно применять, когда нужно соблюдать высокие требования к приготавливаемой смеси.

Оценками эффективности смешивания смесителя являются:

- энергоемкость процесса;
- эргономичность;
- возможность смешивания кормов различной влажности и температур;
- коэффициент удовлетворенной вариации получаемой смеси;
- высокая техническая надежность.

Смесители кормов обычно состоят из неподвижного рабочего бункера, внутри которого установлены неподвижные или вращающиеся лопастные мешалки и шнек. Корпус емкости бывает различной формы и размеров. Смесители, которые вращаются всем рабочим корпусом, перемешивают весь объем содержащейся смеси и имеют некоторые достоинства [37,14]:

- внутри бункера не имеется застойные зоны, вследствие чего бункер смесителя остается чистым;
- приготавливаемый корм меньше контактирует с рабочими органами, (kozyрьки, шнек) а значит - не измельчается.

К недостаткам этого вида смесителя относятся низкая производительность, так как для работы этого класса оборудования требуется наличие свободного места внутри бункера около 16...25 % его объема. Привод смесителя, вращающегося с корпусом, должен обладать высокими мощностными характеристиками, так как ему придется вращать большие массы своего корпуса, так и загруженного в бункер корма. К площадке, на котором будет устанавливаться смеситель, предъявляются

особые требования. Требуется наличие защитных сооружений, чтобы исключить воздействие корпуса на обслуживающий персонал [16,25,10].

Смеситель с неподвижным корпусом, имеет вращающиеся валы, на которых устанавливаются рабочие органы. Процесс расположения валов существенно влияет на конструктивные особенности и на процесс смешивания. Устройства с одним валом обладают низкой производительностью и имеют габаритные размеры. Смесители с наклонным и вертикальным расположением шнеков используются для объединения нескольких функций [42,13].

Некоторым отличием конструкций смесителей является также скорость вращения рабочих органов (шнеков). По этому показателю смесители разделяют на две группы [45]:

- тихоходные;

- быстроходные.

В гравитационных смесителях процесс смешивания происходит за счет перемещения потоков смеси под действием силы тяжести [19]. В бункере такого смесителя множественные завихрения, потоки компонентов соприкасаются с пассивными рабочими органами, нарушаются скорости движения потоков зерна. Для таких смесителей нужны габаритные размеры смесительной емкости. Эта группа отличается невысоким качеством смеси и низкими удельными затратами.

Есть виды смесителей, которые смешивают массу сжатым воздухом. Такой способ обработки приводит к изменению характера взаимодействия сыпучих масс и изменяет величину трения внутри смешиваемой массы.

У смесителей периодического действия в бункере установлены рабочие органы. Эффективность работы смесителя зависит от геометрических размеров и форм корпуса, а также конструкции рабочих органов. Емкость может вращаться или быть неподвижной [15].

Наиболее распространенной конструкцией смесителя периодического действия является смеситель СМ-2, представленный на рисунке 1.1.



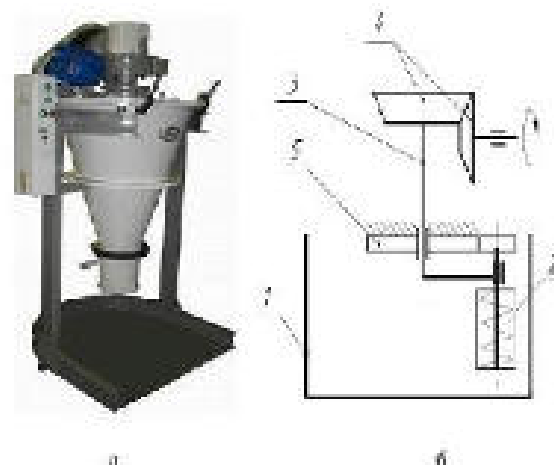
Рисунок 1.1 - Общий вид смесителя CM-2

Смеситель сделан из бункера цилиндрической формы, внутри которого вертикально установлен вал с рабочими органами. На вал насажен шкив, который через ремennую передачу получает действие от асинхронного двигателя. Такой вид смесителя обладает высокой надежностью. К недостаткам можно отнести то, что дозирование компонентов в бункер осуществляется вручную. Выгрузка приготовленного корма так же требует дополнительных усилий.

В этой конструкции, так как она является смесителем периодического действия, процесс обогащения приготавливаемого корма добавками значительно увеличивает время смешивания. Для перемешивания кормов с такими свойствами разработали смеситель планетарного типа СПШ/20[12].

Смешивания в этих смесителях осуществляется шнеком или лопастными мешалками. Общий вид смесителя СПШ/20, показан на рисунке 1.2 а.

Конструкция привода шнека такова (рисунок 1.2 б), что заставляет шнек совершать более сложное движение.

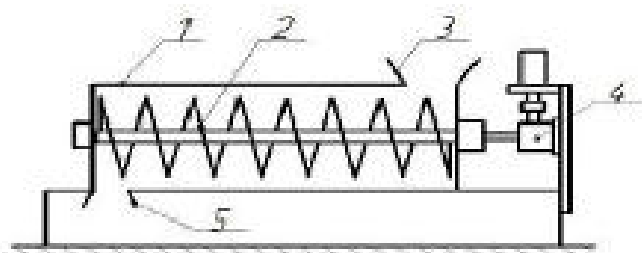


1 - смесительный бункер; 2 - шнек; 3 - вал; 4 - шестерни; 5 - шестерня закрепленная неподвижно в рабочей емкости

Рисунок 1.2 – Общий вид (а) и кинематическая схема (б) планетарно - шнекового смесителя СПШ/20.

Шнек, вращаясь, движется по траектории, копирующей внутреннюю поверхность бункера. За счет вращения бункера смесь подвергается сложному перемешиванию. Частицы корма находящиеся в массе измельчаются.

За счет сложной работы мешалки комки разрушаются в маленькие частицы. Одним из недостатков конструкции является изготовление привода рабочего органа. Смеситель обладает незначительными габаритными размерами [18].



1 - корпус шнека; 2 - шнек; 3 - загрузочная горловина;

4 - электродвигатель и понижающий редуктор; 5 – выгрузочная горловина.

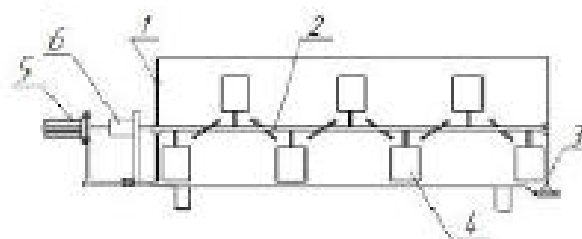
Рисунок 1.3 – Сема одношального шнекового смесителя кормов.

Если к качеству смеси предъявляются минимальные требования, а смешиваемые компоненты близки по механическому составу, целесообразным представляется изготовление простого шнекового смесителя (рисунок 1.3). Такие шнековые смесители просты в изготовлении и эксплуатации. Шнек в этом виде смесителя хорошо выполняет функцию транспортировки, смешивание осуществляется не стремительно, поэтому получить отличное качество смеси в шнековом смесителе не всегда возможно.

Путем увеличения длины шнека можно существенно улучшить качество смеси. Можно установить наивки под разными углами атаки, разместив в одном корпусе нескольких шнеков [17].

Достоинством шнековых смесителей является возможность совмещения процессов смешивания с процессом измельчения [26].

Лопастные смесители кормов, отличаются большей эффективностью, по сравнению с шнековыми.



- 1 – бункер; 2 - вал; 3 - выпуклая горловина;
4 - смешивающие лопасти; 5 - электродвигатель; 6 - редуктор.

Рисунок 1.4 – Схема лопастного смесителя кормов.

Одним из преимуществ лопастных смесителей является возможность изменения параметров конструкции. Можно установить лопатки для смешивания под разными углами, изменив их формы и площади, что позволит смешивать разные виды кормов.

Наиболее эффективным смешиванием обладают смесители, имеющие несколько валов, что обеспечивает смешивания кормов различными физическими качествами. В настоящее время изготавливаются огромное число разных видов лопастных смесителей. Для одновременного запаривания

и смешивания изготавливаются такие виды смесителей как СКЦ-Ф-3, С-2(7). Для обогащения кормов разными добавками и премиксами создают смесители серии: НРВ; НСН; РМ; VKL [41].

На рисунке 1.5 приведена предложенная нами классификация смесителей по виду рабочего процесса и рабочих органов [15,16,17, 19].

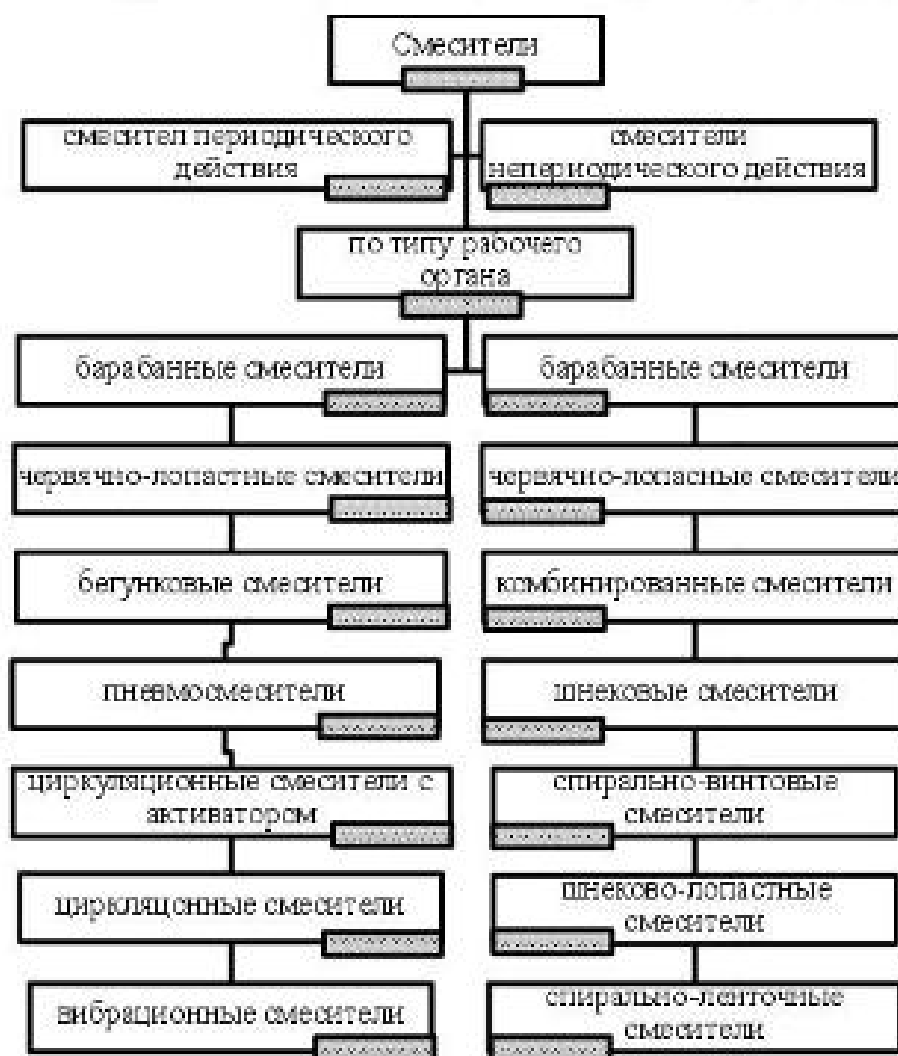


Рисунок 1.5 - Классификация смесителей по рабочему процессу и виду рабочих органов.

Исходя из анализа конструкции смесителей, делаем вывод, что в условиях малых животноводческих ферм, для смешивания сыпучих концентрированных кормов, наиболее эффективно использовать смеситель с вертикальным расположением шнека. Именно такой вид смесителя минимизирует энергоемкость установки и обеспечить высокий коэффициент вариации.

1.4 Анализ теоретических исследований процесса смешивания концентрированных кормов.

Смешивание сыпучих компонентов концентрированного корма – весьма сложный процесс. Вследствие смешивания необходимо получить равномерное распределение корма по всему объему. Во время перемешивания, под действием внешних сил, происходят процессы передвижения частиц в жидких или сыпучих массах. Смешивание компонентов корма совершается как снаружи, так и внутри смешиваемой массы. В бункере смесителя происходят процессы проникновения [32,42,44]. В связи с чем подходы к процессу смешивания отличаются. Есть множество теорий, которые описывают как параметры рабочего процесса, так и процесс смешивания. Одними из основных показателей при заготовке смеси является качество и ее количество, ключевым показателем, позволяющим определить качество приготавливаемой смеси путем взятия проб, является коэффициент вариации [27,28].

Учитывая, что смесь готовится из нескольких компонентов, количество которых отличается, наиболее целесообразным представляется экспериментальная оценка коэффициента вариации и сравнение с некоторым теоретически возможным идеалом. Коэффициент вариации смеси [41,30] оценивают как среднеквадратическое отклонение по следующим формулам:

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - p)^2}}{n-1} \quad (1.1)$$

$$\sigma_s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - x_{\text{ф}})^2}{n-1}} \quad (1.2)$$

где p - количество анализируемого компонента.

x_i - массовая доля анализируемого компонента в исследуемой пробе.

n - количество проб, забираемых при проведении исследований.

$x_{\text{ср}}$ - величина показателя, вычисляемая в результате определения среднеарифметического значения анализируемого компонента во всех исследуемых пробах.

В процессе поиска оптимального режима смешивания стремимся к минимизации величины данного критерия. Если его значение составляет менее 21 единиц, можно сделать вывод, что смесь отвечает установленным требованиям.

Формула, которая позволяет определить степень коэффициента вариации, является удобной для практического применения проведения анализов. Анализ качества корма основан на анализе концентраций смешиваемых компонентов взятой пробы:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n B_i/B_0, & B_i < B_0 \\ \sum_{i=1}^n \frac{2-B_i/B_0}{n}, & B_i > B_0 \end{cases} \quad (1.3)$$

где B_0 - «эталонная» доля содержания компонента, %;

B_i - содержание компонента смеси в исследуемой i -й пробе смешенного продукта, %;

n - количество испытаний;

B_0 - «эталонная» доля содержания компонента, %.

Отбираем большое количество проб из различных участков корма для обеспечения высокого уровня достоверности данных.

Степень коэффициента вариации приготовленной смеси, в случае существенной разнице количества по массе, определяем по формуле [40]:

$$\theta = \frac{\Phi_0(z)}{\Phi_0(z-3z)} \quad (1.4)$$

где z - величина диапазона, предусматривающая рамки возможного отклонения.

Φ_0 - значение функции Лапласа величины нормативных факторов.

Z - величина диапазона, предусматривающая рамки возможного отклонения.

По величине коэффициента вариации узнаем степень коэффициента вариации кормовой смеси λ , %. Коэффициент вариации смеси вычисляется по формуле [26]:

$$\lambda = 100 - \lambda \quad (1.5)$$

где λ - коэффициент вариации, %.

Коэффициент вариации λ , % определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{100 \cdot \sigma}{B_{cp}} \quad (1.6)$$

где B_{cp} - среднее арифметическое содержание контрольного компонента, найденное экспериментально, %.

σ - среднеквадратическое отклонение содержания контрольного компонента в смеси.

B_{cp} - среднее арифметическое содержание контрольного компонента, найденное экспериментально, %.

Значение среднеквадратического отклонения [39,20,21] находится из формулы:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(B_i - B)^2}{n-1}} \quad (1.7)$$

где B_i содержание контрольного компонента в i -й пробе, %.

Берем 4 пробы с разных участков объема готовой смеси. Контрольным компонентом берем компонент с меньшей массовой долей в смеси. При анализе сухих кормов, рекомендуемая масса пробы составит 2-5 г [17].

Для обеспечения достоверности анализа качества смеси, учитывая, что основным свойством частоты вероятности является устойчивость, необходимо обеспечить повторность взятия проб [27].

Делая вывод, следует отметить, что цель смешивания — это приготовление продукта, отвечающего высоким зоотехническим требованиям. Для каждого вида животных и птиц предусмотрены свои требования к кормовой смеси. Если λ превышает 94%, смесь считается хорошей, находящейся в диапазоне 83% - 94%, смесь считается

удовлетворительного качества, при величине λ менее 83% качество смеси считается плохого качества [25].

Конструкции серийно выпускаемых смесителей имеют довольно большой набор рабочих органов, так как они уже прошли определенный период «технической эволюции» [15,16,20,31].

Главным параметром любого шнекового смесителя является пропускная способность или же производительность. Для определения возможных значений производительности смесителя с ленточным шнеком предложена формула [37]:

$$Q_{\max} = \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot n \cdot S \cdot \psi \quad (1.8)$$

где S - шаг установки навивки ленточного типа на шнеке, м.

n - частота вращения шнека, c^{-1} .

Ψ - коэффициент, учитывающий степень заполнения свободного пространства шнека продуктом.

D - внешний диаметр навивки шнека, м.

d - диаметр трубы, на которой закреплена навивка шнека, м.

ρ - усредненная величина объемной массы смешиваемых компонентов, кг/м³.

Следующую формулу предложил Владимир Викторович Коновалов для более точного расчета производительности шнекового смесителя:

$$Q_{\min} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (D^2 - d^2) \cdot \omega \cdot r_c \cdot \rho \cdot \psi \cdot \sin \alpha_c \cdot (\cos \alpha_c - f \cdot \sin \alpha_c) \quad (1.9)$$

где α_c - средний угол развертки винта, рад.

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

r_c - средний радиус ленточного шнека, м.

f - коэффициент трения смеси по шнеку.

Если шнек имеет характеристики близкие к лопастному смесителю, то есть является сегментированным, то производительность определяется по формуле:

$$Q_{\lambda} = \frac{3600 R_{\lambda}^3 k_{\lambda} \omega b_{\lambda} \cos \alpha (Z_1 - Z_2) \sin \beta}{2} \varphi_{\lambda} \cdot \frac{m^3}{c} \quad (1.10)$$

где Z_1 и Z_2 - число, шт.

β - угол подъема корма по винтовой линии, образуемой лопастями;

k_B - коэффициент обратного перемещения смеси, равный 0,70...0,75.

$$(\beta = \frac{l}{2\pi R_{\text{кр}}}),$$

l - шаг винта лопастей, м.

Установленные в качестве рабочих органов лопастные мешалки определяем по формуле [38]:

$$Q_M = \frac{D^2 S_{\text{лр}} \varphi_n}{B}, \frac{\text{кг}}{\text{с}} (1.11)$$

где φ_n - коэффициент заполнения пустот в емкости шнекового бункера.

n - частота вращения лопастей, с^{-1} .

φ_n - коэффициент заполнения пустот в емкости шнекового бункера.

Р.Л. Зенков исследовал свойства зерновой массы и на основании полученных результатов предложил проводить расчет наклонно расположенного шнека по следующей формуле [34]:

$$Q = 48 \cdot n_B \cdot S_B \cdot \rho \cdot h^2 \sqrt{\frac{D_B}{n} - 1}, (1.12)$$

где n_B - частота вращения вала шнека, об/мин.

D_B - диаметр навивки, м.

S_B - шаг шнековой навивки, м.

ρ - объемная масса транспортируемых сыпучих компонентов, кг/м^3

h - толщина слоя перемещаемого продукта, м.

Толщина слоя продукта определяем по формуле:

$$h = D_B - L_{BT} \cdot \text{tg}(\beta + \alpha_{об}), (1.13)$$

где L_{BT} - дистанция между ближайшими точками, расположенными на краю навивок двух соседних шнеков, м.

β - угол расположения оси шнека относительно плоскости горизонта, град.

$\alpha_{об}$ - угол, при котором происходит обрушение сыпучей массы, град.

Формула позволяет учесть изменение параметров переменной массы от угла наклона шнека, коэффициента его заполнения и прочих конструктивных особенностей [8]:

$$Q_{\text{ш}} = 0,105 \cdot S \cdot n \cdot \psi \cdot k \cdot \left[\frac{R_0^2 - r^2}{2} - c^2 - 2 \frac{m \cdot c \cdot R_0 \cdot r}{c^2 + R_0 \cdot r} \cdot (R_0 - r) \right] (1.14)$$

S - где шаг витка шнековой наливки, м.

n - частота вращения шнека, об/мин.

ψ - коэффициент заполнения кожуха шнека.

k - усредненная величина объемной массы материала, кг/м³.

R_0 - радиус наливки шнека, м.

r - радиус вала, на котором закреплена наливка шнека, м.

m - показатель, выражающий значение трения смешиваемых компонентов о материал рабочего шнека.

$c = \frac{S}{2\pi}$ - площадь сектора, образуемого в результате вращения шнека на один радиан, м.

Наряду с производительностью, одной из важнейших характеристик, описывающих процесс смешивания, является его продолжительность – период времени, по истечению которого смесь достигает заданного качества. Поскольку продолжительность течения физических процессов, протекающих при перемешивании сыпучих масс, в значительной степени зависит от скорости движения взаимодействующих потоков, выразить длительность смешивания возможно, приняв во внимание скорости воздействия рабочих органов на зерновую массу, по следующей формуле [3]:

$$t_2 = t_1 \cdot \left(\frac{n_1}{n_2} \right) (1.15)$$

где t_1, t_2 - продолжительность процесса перемешивания, мин.

n_1, n_2 - частота вращения лопастного вала, мин⁻¹.

Потребляемая мощность является одним из важнейших характеристик смесителя.

Так, А.М. Григорьев предлагает определять мощность как работу, совершаемую при подъеме корма за единицу времени на требуемую высоту [9]:

$$N = \frac{Q(L_2 \cdot W + H)}{367} (1.16)$$

где Q - производительность транспортирующего устройства, кг/с.

H - высота транспортирования корма, м.

L_2 - проекция траектории движения кормосмеси на горизонтальную плоскость, м.

W - коэффициент, учитывающий сопротивление перемещенного корма, создаваемое за счет трения о внутренние стенки конвейера.

Аналогичная зависимость, но в несколько упрощенном виде, получается при рассмотрении шнека как конвейера, оказывающего некоторое сопротивление прохождению корма внутри цилиндрической камеры:

$$N_{ш} = 0,01 \cdot k \cdot Q \cdot H (1.17)$$

где H - высота транспортирования смеси, м.

k - вычисляемый коэффициент, показывающий величину сопротивления, оказываемую кормом при транспортировке по шнеку.

Q - производительность транспортирующего устройства, кг/с.

Транспортируемая смесь имеет различные показатели влажности. Величина трения тоже отличаются. В диапазоне широко распространенных устройств могут возникать условия близкие к гидравлическому трению [15].

Мощность шнекового конвейера определяется по формуле:

$$N = \frac{(N_1 + N_2 + N_3)k}{\eta} (1.18)$$

где k - коэффициент, который суммирует потери энергии, возникающие в результате частичного перемешивания корма и частичного его измельчения при транспортировке внутри цилиндра шнека.

N_1 - затраты мощности, возникающие при трении корма о поверхность наживки шнека, Вт.

N_2 - затраты энергии, необходимые для преодоления трения корма о кожух шнека, Вт.

N_3 - мощность, необходимая для транспортировки корма по транспортеру, Вт.

η - суммарное значение КПД элементов системы привода транспортера, %.

1.5 Цель и задачи исследований.

Цель исследований.

Изучить параметры смесителя сыпучих кормов.

Задачи исследования:

1. Провести исследование смесителей сыпучих кормов.
2. Экспериментально и теоретически обосновать параметры смесителя кормов, снабженного козырьками для смешивания.
3. Разработать смеситель концентрированных кормов, снабженного козырьками.
4. Провести экспериментальные исследования разработанного смесителя сыпучих кормов.
5. Оценить технико-экономический эффект смесителя.

Выводы.

Выполненный анализ литературных источников дает возможность совершить следующие заключения:

1. Кормление сельскохозяйственных животных наиболее выгодно проводить сухими кормами. При таком кормлении сокращаются расходы на приготовление, кормовая смесь может сохраняться длительное время, появляется возможность изменения состава рациона, и использования различных присадок.

2. Перспективным направлением является совершенствование смесителя с вертикальным расположением шнека с установкой дополнительными

козьями для смешивания. Сочетания этих двух принципов позволят получить снижение энергоемкости технологического процесса при небольших габаритных размерах смесителя.

3. Направленность на совершенствования конструкций смесителя предполагает повышение технической надежности существующих устройств при снижении себестоимости производства концентрированного корма, производство смесителей с расширенными функциональными возможностями и соблюдении значительных технологических и эргономических свойств.

ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ.

2.1 Анализ движения кормов в бункере смесителя.

«Соответствие с зоотехническими требованиями технологический процесс кормоприготовительных машин должен осуществляться с наименьшими затратами труда, средств и энергии, обеспечивать качествоготавливаемых смесей» [11].

Кормовая масса, находясь в падении, ведет себя как жидкость со свойствами[1].

В смешиваемой массе есть так называемые сталкивающие силы, которые устанавливают одну частицу относительно другой в процессе смешивания.

Плотности в каждой точки смешиваемой массы одинакова, поэтому осматриваемая среда обнаруживает свойства заполнения свободных зон. Если в определенный момент времени рассмотреть движущуюся частицу, то она обладает своим вектором скорости. Складываем скорости по координатам $P(x,y,z)$ и находим среднюю скорость смеси. Скорость представляют значениями u, v, ω – составляющими по осям x,y,z .

Значение скорости будет равно:

$$|v_a| = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} (2.1)$$

Сама же скорость по величине и направлению есть вектор.

$$v_a = ui + vj + wk (2.2)$$

где v - скорость, м/с.

i, j, k - единичные векторы в направлении координатных осей.

О векторе направленности скорости частиц смеси сыпучих кормов установленный период времени свидетельствует понятие линия тока движения. Такие кривые, похожие с линией тока, выражается следующей формулой:

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w} (2.3)$$

где аргумент t функций u, v, w необходимо рассматривать постоянным параметром. Обобщаем эти траекторные кривые совокупной системы, так как траектории движения не схожи с линиями течения тока.

$$\frac{dx}{dt} = u, \frac{dy}{dt} = v, \frac{dz}{dt} = w (2.4)$$

Здесь же t функций является, в отличие от показанных уравнений (2.3), неустойчиво независимой. Рассмотрим другой вариант, когда частицы идут вдоль некоторой плоскости, единичные частицы должны двигаться друг относительно друга, чтобы то пространство, которое было между ними, было заполнено без полостей.

Тогда восполняющий элемент объема $d\tau = dxdydz$, в котором масса смеси:

$$dm = \rho d\tau (2.5)$$

Вследствие изменения ее плотности может измениться за время dt .

Если количество заполняемой смеси равно количеству выгружаемого, то для такой несжимаемой массы оно принимает вид:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \Leftrightarrow \text{div} v_a = 0 (2.6)$$

Введем величину – производительность, для подробного анализа процесса, и запишем уравнение более единым:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial(pu)}{\partial x} + \frac{\partial(pv_a)}{\partial y} + \frac{\partial(pw)}{\partial z} = e \Leftrightarrow \frac{\partial p}{\partial t} + \operatorname{div}(pv_a) = e(2.7)$$

Запишем уравнение неразрывности для движения частицы в плоскости:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y} = 0(2.8)$$

Для нестационарного движения это уравнение проинтегрируем:

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y}, v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}(2.9)$$

Из равенства тока получается:

$$d\psi = 0 \Leftrightarrow \psi = \text{const}(2.10)$$

где функция ψ называется функцией потока.

Теорема Гаусса гласит: если поток совпадает с вектором нормали к поверхности, значит и через абстрактное сечение оно будет положительным. Находим активность тока, пусть $\vec{n}$ будет – вектором к элементу поверхности dS , и через $dS=\vec{n}$ – направленный элемент поверхности.

$$\iiint_V \operatorname{div}(pv_a) d(2.11)$$

Отсюда выходит:

$$\iiint_V \operatorname{div}(pv_a) d\tau = \iint_{\partial V} pv_a dS(2.12)$$

Тогда в постоянной плотности массы имеем:

$$\iiint_V \operatorname{div} v_a d\tau = \iint_{\partial V} v_a dS$$

или

$$\iiint_V \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) d\tau = \iint_{\partial V} (u \cos \alpha + v \cos \beta + w \cos \gamma) dS$$

где $\cos \alpha$, $\cos \beta$, $\cos \gamma$ это направляющие косинусы нормали. И это уравнение называется теоремой Гаусса [12].

2.1.1 Теоретическое исследование движения частиц в смешиваемых твердых фазах.

Проанализируем процесс смешивания одной твердой фазы (А) внутри другой движущейся фазы (В). Эти движения твердой частицы (А) порождены случайными столкновениями, поэтому нет необходимости точно описывать движение каждой частицы. В этом исследуемом процессе, подчеркнем следующие закономерности:

- изменение (внесение) фазы (Б) не влияет на изменение динамику движения,
- вероятный характер поведения частицы (Б) определен ближайшими точками этой твердой частицы,
- столкновение частицами разных фаз регулярны, чем столкновение частиц фазы (Б) между собой.

Поля тяжести и скорости выполняют роль температуры, которая порождает хаотическое движение малых частиц. Именно эти соображения положены в теорию броуновского движения.

Данное действие применимо при математическом подходе и поэтому рассмотрим трехмерную систему. За ограниченный интервал времени частицы фаз (А) и (Б) соударяются множество раз. Частица фазы (Б) может переместится по всей области движения. Не следует путать плотность фазы и функцию плотности распределения фазы (Б). Так как распределение по импульсам частиц в этой временной шкале носит характер максвеловского распределения импульсов сил, при рассмотрении условий движения частицы целесообразно иметь возможность устанавливать наличие частицы в конкретный момент времени – движущейся частицы в объеме $(r, r + dr)$ в момент времени t , при этом

$$\iiint_V \rho(r, t) dr = 1 \quad (2.13)$$

Структура плотности должна быть непрерывной, потому что цикл осматриваемых частиц стабилен.

$$\frac{\partial r}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \tau}(fv) = \frac{\partial r}{\partial t} + \operatorname{div}(fv_a) = 0 \quad (2.14)$$

Выразим поток плотности вероятности fv_a складывающимся из двух частей:

$$v_a = v_0 + v_{\text{случ}} \quad (2.15)$$

Одна из частей представляет флуктуацию, а вторая является результатом действия сил.

Для этой части используем понятия гидродинамики о движении частиц в вязкой среде. С макроскопической точки зрения случайное блуждание имеет характер диффузионного процесса.

Организованный поток твердых частиц записываем так:

$$fv_0 = -\frac{1}{p} f \frac{\partial v}{\partial \tau} \quad (2.16)$$

где V - потенциал внешнего силового поля (силы тяжести), Н.

Диффузионный поток частиц выражается:

$$fv_{\text{случ}} = -D \frac{\partial f}{\partial \tau} \quad (2.17)$$

где D - коэффициент диффузии, учитывающий вязкость и плотность.

Величина D может быть определена экспериментально. Но внести его значения в таблицу невозможно. Поэтому рассмотрим предел, когда $t \rightarrow \infty$ система доходит до своего пика равновесия.

Отсюда получаем три уравнения для частиц компонентов потока плотности вероятности:

$$fv_a = -\left(\frac{1}{p} f \operatorname{grad} V + D \operatorname{grad} f\right) = 0 \quad (2.18)$$

преобразуем

$$\frac{\partial \ln f}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \tau} \left(-\frac{V}{Dp}\right) \quad (2.19)$$

Из этого

$$f(r) = \text{const} \cdot e^{-\frac{V(r)}{Dp}} \quad (2.20)$$

Решение данных уравнений позволяет получить коэффициент диффузии D , который сопряжен с силовым полем, вязкостью среды и размером частиц

$$D = \frac{\theta}{\rho}(2.21)$$

Вязкость подчиняется закону Стокса, потому что может быть описана уравнениями движения жидкости.

$$F = 6\pi\eta rV(2.22)$$

где V - скорость движения жидкости, м/с.

F - сила тяжести, Н.

V - скорость движения жидкости, м/с.

η - вязкость жидкости, м²/с.

R - размер частиц, м.

Соединим эти выражения и получим:

$$D = \frac{k_B TV}{F}(2.23)$$

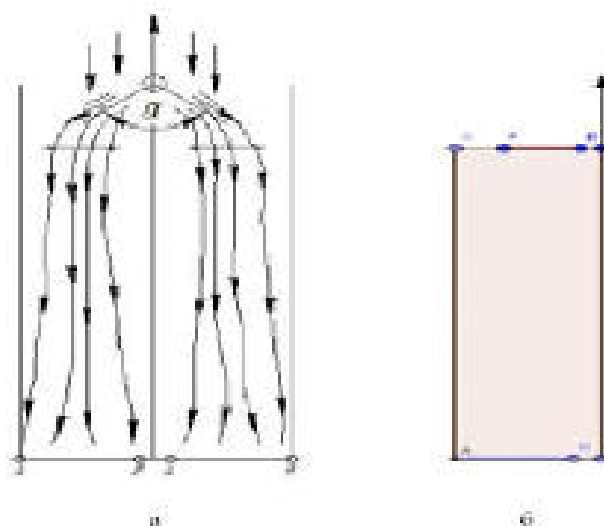
Эти значения применимы в математической модели смешивания.

Собирая все формулы вместе, подставляя установленную величину в функцию, приходим к уравнению Фоккера-Планка:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \operatorname{div}(f \operatorname{grad} V) - \frac{\theta}{\rho} \Delta f = 0(2.24)$$

Таким образом, удалось свести процесс к линейному дифференциальному уравнению по структуре параболического вида при интервальной нормировке условий, формирующих начальные и граничные значения и определяющих основные условия искомой функции $f(r,t)$. Решение полученной системы позволяет получить данные об эволюции системы. В диапазонах времени, много больших, чем интервалы взаимных соударений частиц фаз (А) и (Б), начинает проявляться релаксационный характер (при распределении Больцмана) при времени релаксации, зависящим в значительно большей мере не от характера свойств смеси как конгломерата частиц, а от формы области, типа ее границ, начального распределения и т.д.

Представим, что емкость смесителя представляет собой двумерную область овальной формы. Вертикальное сечение бункера представлено в рисунке 2.1.



Используя привычные обозначения и систему координат, показанные на рисунке 2.1 б, запишем все уравнения.

AG – высота смесителя;
AB – область выгрузки смеси;
EF – область загрузки смеси.

Запишем уравнение движения сыпучих кормов:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \\ \left. \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right| = -v_0, \\ \left. \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right| = v_0, \end{cases} \quad (2.25)$$

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right|_{BC + CD + ED + FG + GA} = 0$$

Первым будет решать это уравнение. Основным его целью является получение приближенного значение поля скоростей.

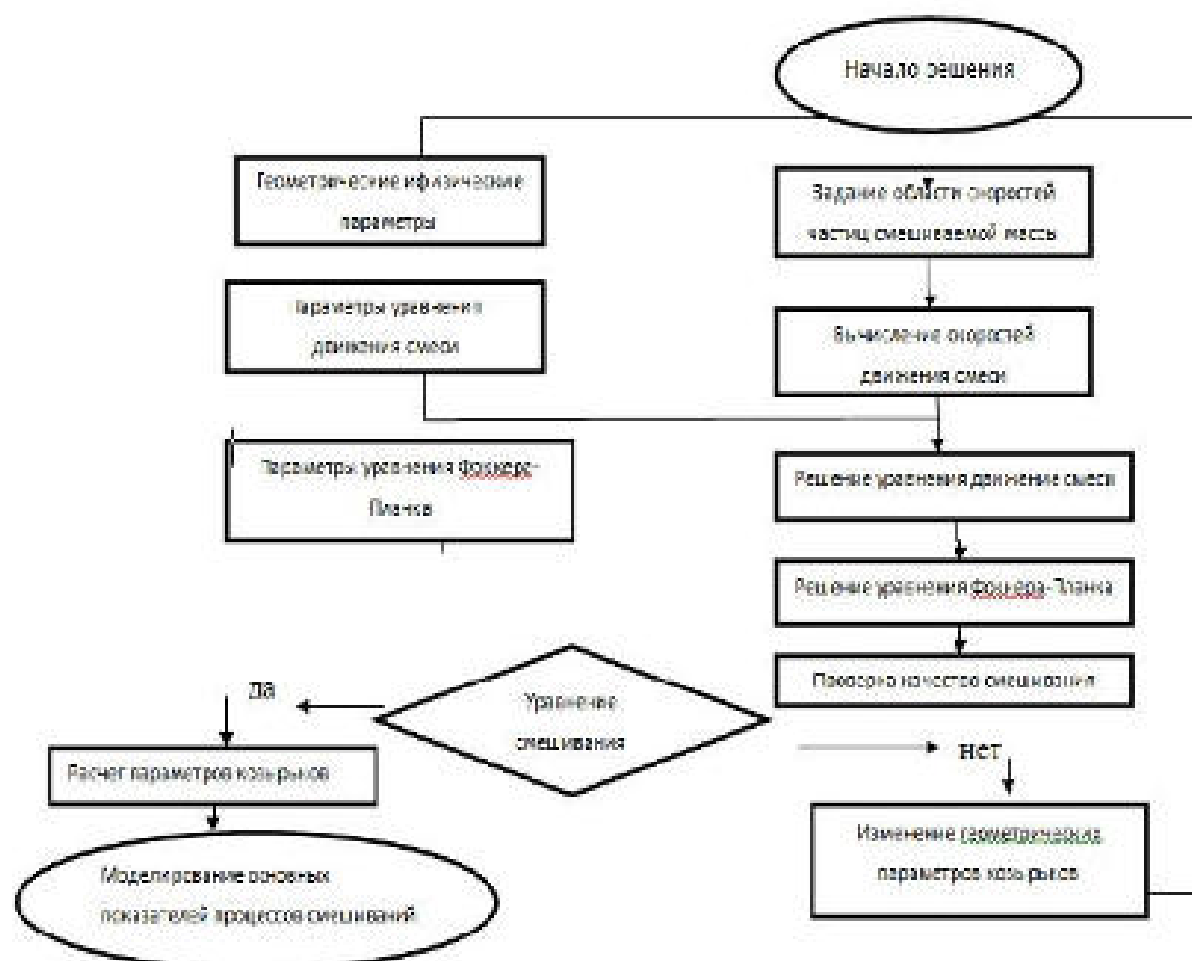
Нестационарные уравнение диффузии Фоккера-Планка и граничные параметры для выделения решения получают вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial t} = b_{11} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + b_{22} \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} - \frac{\partial}{\partial x} \left(v \frac{\partial f}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v \frac{\partial f}{\partial y} \right) \\ f|_{A\bar{\Gamma}} + \bar{\Gamma}C + CD + DE + EG + GF + FA = 0 \end{cases} \quad (2.26)$$

Показанные на рисунке красивые задачи будем решать последующей последовательностью:

- приближаем на границе и в области операторы их сеточными аналогами, благодаря чему получим систему уравнений;
- включим в области и границе сетку;
- данное решение сеточного уравнения принимаем в качестве искомого решения.

Блок-схема решения задачи оптимизации показана на рисунке 2.2.



2.3 Уравнение движения потока частиц по козырькам.

От предыдущих разделов нам известны параметры пятна заброса, при которых уровень коэффициента вариации достигается максимума. Так же определили причины, приводящие к значениям коэффициента вариации. Теперь выясним, при каких углах должны устанавливаться козырьки для дополнительного смешивания.

Есть наклонная плоскость, по которой движется поток смеси. Пусть a и b верхняя и нижняя координата пятна заброса сыпучей смеси козырьков. Рассмотрим движение только одной твердой частицы, так как скорости их равны. Не принимая во внимание силы инерции, воспользуемся квазистатическим приближением. Зависящий от времени t , угол наклона φ плоскости, будем считать постоянным.

Частица спускается по наклонной плоскости не отрываясь от козырьков. Значит равнодействующая сила, перпендикулярна этой плоскости и равна нулю. Сумма скатывающей силы и силы трения равна равнодействующей вдоль плоскости (рисунок 2.3)

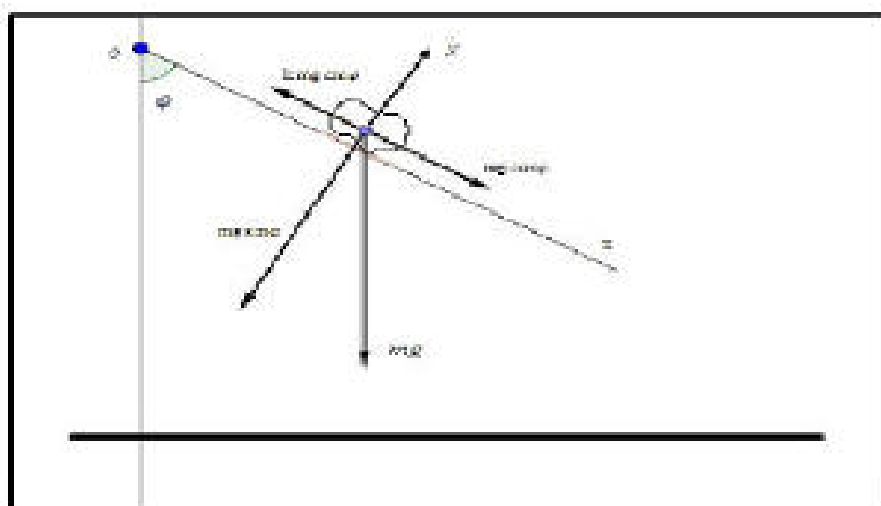


Рисунок 2.3 - Частица на наклонной плоскости

По рисунку 2.3 запишем закон движения:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg \cos \varphi - k mg \sin \varphi \quad (2.27)$$

где g -ускорение свободного падения, m/c^2 .

m - масса смеси на козырьках, кг.

k -коэффициент трения.

Сокращаем величину массы и получаем:

$$\frac{d^2x}{dt^2} g (\cos\varphi - k \sin\varphi) = g^* \quad (2.28)$$

добавляем первоначальные условия:

$$x(0) = 0 \text{ и } \frac{dx(0)}{dt} = v_0 \quad (2.29)$$

получается уравнение для скатывающей скорости:

$$v(t) = v_0 + g^* t \quad (2.30)$$

и для пройденного пути:

$$x(t) = v_0 t + \frac{1}{2} g^* t^2 \quad (2.31)$$

где t - время, с.

Находим время пребывания твердой частицы на плоскости (козырьках):

$$x(t) = L \Rightarrow t^* = \frac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2g^*L}}{g^*} \quad (2.32)$$

Тогда частица обретает скорость покидания козырьков:

$$v_n = v(t^*) = v_0 + g^* t^* \quad (2.33)$$

Выясним координаты точки на поверхности корма, в которую попадает частица после свободного падения. Возьмем H – как высоту подвеса козырьков, то высота падения равна $H - L \cos\varphi$. Получается время падения:

$$v_n \cos\varphi t + \frac{1}{2} g t^2 = H - L \quad (2.34)$$

где L – длина, м.

H – высота, м.

$$t_n = \frac{-v_n \cos\varphi + \sqrt{v_n^2 \cos^2\varphi + 2g(H - L \cos\varphi)}}{g} \quad (2.35)$$

Из этого находим точку падения

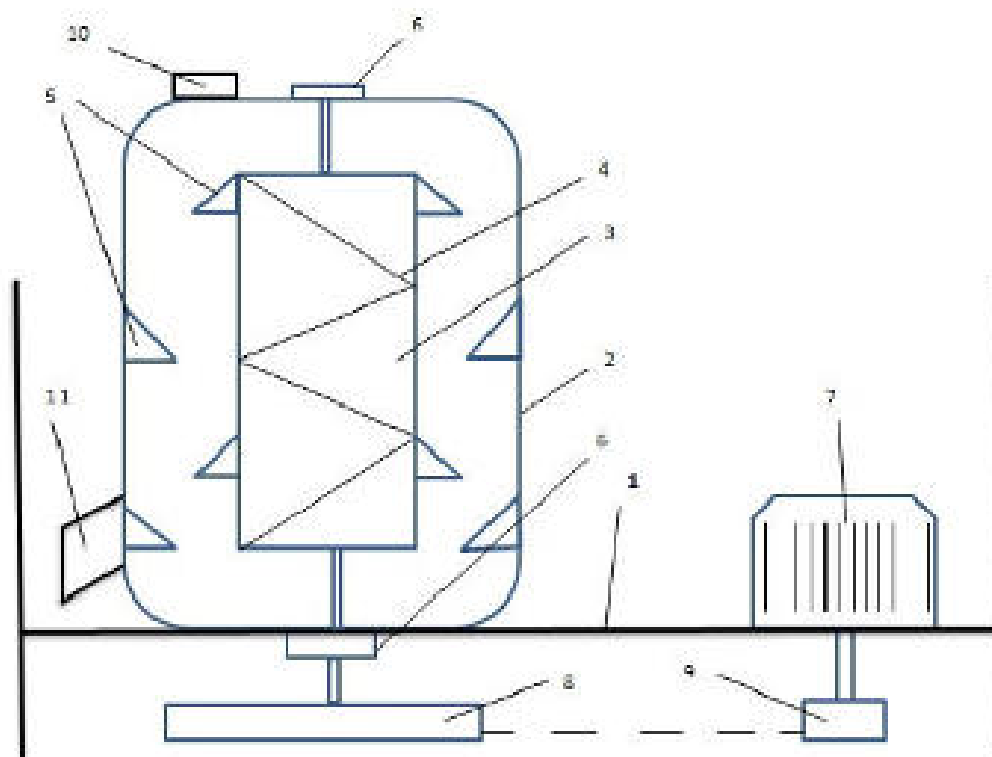
$$L \sin\varphi + v_n \sin\varphi t_n \quad (2.36)$$

Отсюда наибольший и наименьший угол установленных козырьков вычисляется следующим решением:

$$\begin{cases} L \sin\varphi + v_n \sin\varphi t_r \\ L \sin\varphi + v_n \sin\varphi t_r \end{cases} \quad (2.37)$$

2.4 Схема смесителя концентрированных кормов.

Схема смесителя концентрированных кормов представлена на рисунке 2.4



1-рама; 2- корпус; 3- труба; 4-шнек; 5- козырьки; 6-корпус подшипника; 7-электродвигатель; 8- шкив ведомый; 9- шкив ведущий; 10- загрузочный патрубок; 11-выгрузной патрубок.

Рисунок 2.4 – смеситель концентрированных кормов с установленными козырьками.

Смеситель концентрированных кормов состоит из бункера (2) с загрузочным приемником (10) и выгрузной горловиной(11), вертикального шнека (4) и охватывающего его кожуха (3) с козырьками (5). Привод шнека осуществляется от электродвигателя (7).

Работа смесителя осуществляется следующим образом: компоненты концентрированной кормовой смеси через загрузочный приемник (10) засыпаются в бункер (2) послойно при закрытой заслонке (10) горловины (11). В процессе работы электродвигатель (7) приводит в работу шнек (4). Электродвигатель и шнек соединены между собой ременной передачей.

Шнек поднимает кормовую смесь вдоль кожуха (3) вверх, затем смесь устремляется вниз по установленным козырькам. Установленные козырьки способствует лучшему перемешиванию.

После трех-четырех минут циркуляции смесь приобретает однородные свойства. Выгрузка происходит через горловину (11).

Установленные козырьки равномерно распределяют кормовые добавки и премиксы по всему объему смеси. Шнек обеспечивает высокие показатели коэффициента вариации приготавливаемого корма.

Выводы.

В результате выполненных теоретических исследований сделаем следующие выводы:

1. Создаваемая козырьками интенсивность процесса смешивания во многом зависит от пятна заброса смеси в рабочую емкость. Теоретический установили, что длина козырьков должна составлять 0,07 м, высота расположения козырьков над уровнем зерна в бункере 0,1 м, средняя скорость зерна, поступающего на поверхность козырька равна 0,05 м/с.

2. Наш смеситель должен содержать бункер для смешивания и шнек. Шнек должен обеспечивать циркуляцию смеси в рабочей камере, забирая его из нижней части бункера и подавая его вверх по трубе. Затем кормовая смесь падая/попадает на козырьки, тем самым увеличивая интенсивность смешивания.

ГЛАВА 3 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИИ.

3.1 Экспериментальная установка.

Для проведения лабораторных исследований, был изготовлен опытный образец смесителя сыпучих кормов [22,24,30,31].

На рисунке 3.1 показан общий вид смесителя с козырьками.



Рисунок 3.1 Общий вид смесителя концентрированных кормов

Смеситель состоит из рамы 1 (рисунок 3.1), на которой вертикально установлен смесительный бункер 2. Привод шнека осуществляется от электродвигателя 3 через ременную передачу 4. В передней части рабочей камеры находится выпускное окно 5, закрываемое заслонкой 6. Имеется также пульт управления 7, позволяющий осуществлять пуск и остановку электродвигателя. Во внутренней части бункера установлены козырьки 8.

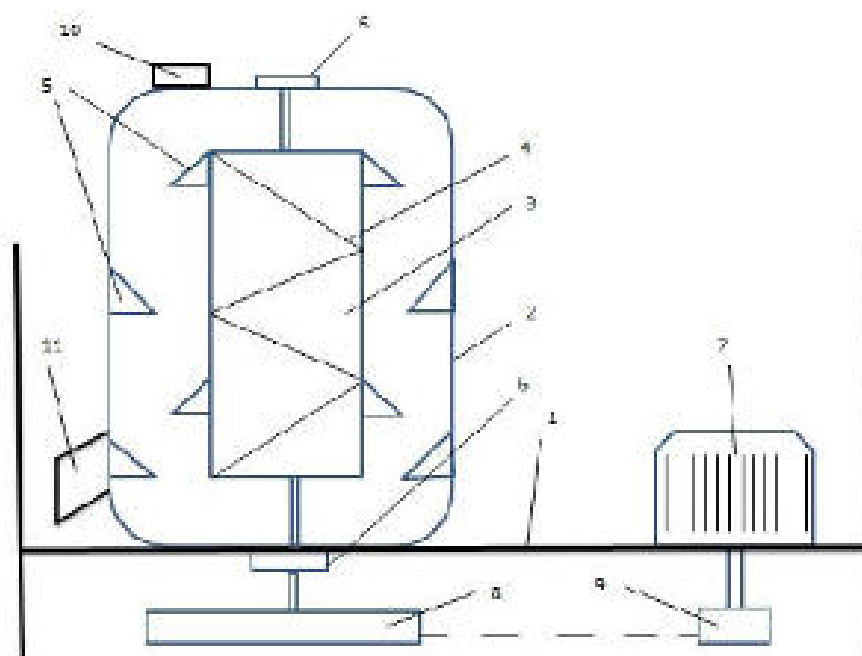


Рисунок 3.2 Вид смесительного бункера оснащенного козырьками

Конструкция козырьков представлена на рисунке 3.2.

а – вид нижней части камерь, б, – вид верхней части.

Схема получившейся таким образом лабораторной установки приведена на рисунке 3.3.



1-рама; 2- корпус; 3- труба; 4-шнec; 5- козырьки; 6-корпус подшипника; 7-электромотор; 8- шкив ведомь; 9- шкив ведущий; 10- загрузочный патрубок; 11-выгрузной патрубок.

Рисунок 3.3 Схема лабораторной установки.

3.2 Программа лабораторных исследований.

В экспериментальных исследованиях определялись свойства концентрированных кормов, которые влияют на характеристики работы смесителя кормов. По существующим методикам определяли физико-механические свойства материалов. Коэффициент трения является одним из главных параметров физико-механических свойств смеси при конструкторских расчетах. Значение коэффициента трения зависит не только от качеств груза, но и свойств материала, с которым находится в контакте перемещаемая смесь.

В современных условиях особую важность имеют процессы производства, заготовки и хранения концентрированных кормов для сельскохозяйственных животных и птиц. К смесителям сыпучих кормов предъявляют ряд условий[22,42,8]:

- компактность и универсальность оборудования;
- низкая энергоемкость процесса;
- высокая техническая устойчивость;
- вероятность изменения рецептуры приготавливаемого корма
- отсутствие измельчения частиц кормовой смеси.

Разработанная нами шнековой смеситель должен обеспечивать приготовление качественного, концентрированного корма, при надобности обогащать смесь добавками и премиксами, так же должна отвечать всем установленным требованиям [11,17,35,36].

Качества приготавливаемого корма зависит от ряда управляемых и неуправляемых требований [15,5,9,10,11,13]:

- соотношением компонентов смеси;
- уровень очистки зерен в смешиваемой массе;
- от размера зерен в зерновой смеси;
- температура и влажности смеси;
- степень измельчения компонентов зерновой массы.

Конструктивно-технологические строения смесителя кормов, так же оказывает большое влияние на качество приготавливаемой смеси [8,9,13,15,17,18,19].

Перед изготовкой смесителя и его рабочих органов экспериментальным путем определяем его характеристики.

Продолжительность рабочего процесса t (мин), в котором обеспечивается достижение требуемой степени вариацни смеси λ (%), производительность Q (кг/с) и энергоёмкость E (кВт·ч/т) рабочего процесса являются основными критериями позволяющих установить эффективность всего рабочего процесса смесителя.

Программа исследования для обоснования технологических параметров всего рабочего процесса смесителя выглядит следующим образом:

- 1) Установить влияние вращения шнека на кормовую смесь, регулировать обороты шнека заменой шкивов.
- 2) Определить в каких углах будут установлены козырьки для получения хорошей массы смеси.
- 3) Определить количество устанавливаемых козырьков.
- 4) Исследовать влияние высоты, необходимое для перемещения частиц зерна в перемешиваемой массе.

Программу исследования будем проводить в две стадии [12,21,14,16,17]. На первой стадии найдем количество козырьков необходимых для получения хорошей массы, определим их угол и режим работы. На второй стадии установим параметры и скорость вращения шнека.

3.3 Методика лабораторных исследований смесителя концентрированных кормов.

3.3.1 Методика исследования параметров смесителя кормов.

В соответствии с планом лабораторного исследования, проводимый на начальном этапе эксперимент был ориентирован на исследование влияния следующих параметров на критерии оптимизации:

- количество козырьков и угол их установки;
- обороты вращения шнека.

Производительность (Q), мощность (N) и энергоемкость (E) процесса являются измеряемыми параметрами, а в последующем и аспектами оптимизации. На энергозатраты большей мере влияют количество транспортируемой смеси, показатели рабочих органов, а также силы трения.

Учитывая все указанные расчеты [10,24,26,31,38], частоту вращения рабочего шнека (X1) выбирали в диапазоне от 650 до 750 об/мин. При малых оборотах смесителя (вращение 500 об/мин) происходит неустойчивый процесс смешивания. Просачивается зерно между кожухом шнека и его стенкой. Увеличение частоты вращения выше 800 об/мин тоже не дало явного преимущества. Неоправданно повышается энергоемкость смешивания, возрастает затраты на трение смешиваемой смеси о наливку шнека, увеличивается количество травмируемой смеси. В бункере смесителя установили по 4 шт козырьков для большего влияния на приготавливаемую смесь. Угол козырьков установили в диапазоне 70° до 85°.

3.3.2 Методика исследования производительности смесителя сыпучих кормов.

Перед проведением опытов, опытный образец смесителя полностью очищали от остатков зерна. Дали смесителю проработать с открытой заслонкой пару минут для полной очистки. После чего установку настраивали на требуемый режим работы. С помощью разных шкивов изменяли скорость вращения рабочего шнека. Частоту вращения рабочего шнека измеряли с тахометра ТЧ10-Р с погрешностью ± 15 об/мин.

Смеситель наполняем из смеси зерна, состоящий из:

- овса;
- ячмень;
- гороха.

Компоненты брали в соотношение 1:1:1, до заполнения бункера. Далее включаем установку и подставляем мерную емкость, с объемом 5 л, на выгрузочное окно. Загрузка бункера осуществлялась таким образом, что вся зерновая смесь, подаваемая шнеком, устремлялась в установленную мерную емкость.

С начало загрузки бункера смесителя измеряли время. При наполнение измерительной емкости ее извлекали изпод выгрузочного окна и определяли время по секундомеру марки ЧСЭ-01. После чего вес полученной смеси взвешивали на электронных весах марки НД-150 с точностью $\pm 0,02$ гр.

Производительность рабочего шнека определили по данной формуле [36,11]:

$$Q = \frac{M}{t} \quad (3.1)$$

где М - масса зерна, собранного в мерную емкость, кг.

t-времянеобходимая для заполнения мерной емкости зерном, с.

Опыты проводили с трехкратной повторностью. После каждого проведенного опыта смеситель отключали, заполняли уровень зерновой смеси до нужного уровня и перестраивали на новый исследуемый режим в соответствии с планом.

3.3.3 Методика исследования мощности смесителя концентрированных кормов.

Перед проведением опытов к смесителю подключали прибор К-51, чтобы измерить мощность потребляемой электродвигателем в холостом ходу. Опытному образцу давали поработать 5-7 минут на холостом ходу, так как во время работы происходит деформация некоторых узлов смесителя, что сказывается на затратах.

С помощью ваттметра измеряли величину мощности, употребляемую электродвигателем шнека.

Полезную мощность, совершаемую смесителем, определяли по следующему выражению:

$$N_{\pi} = N_{\pi o} - N_{xx} (3.2)$$

$N_{\pi o}$ - полная мощность, потребляемая рабочими органами установки, кВт.

N_{xx} - мощность, потребляемая рабочими органами установки на холостом ходу, кВт.

Потребляемая мощность электродвигателя подвержена ряду неуправляемых факторов в частности:

- изменение трения в бункере установки при разных видах смешиваемых продуктов и разных температур;
- зависящий от величины тормозного момента изменение $\cos \varphi$.

Именно поэтому важной характеристикой технологического процесса является энергоемкость.

Энергоемкость E , кВт·ч/т, нашли по данной формуле:

$$E = N / Q (3.3)$$

Q - производительность установки, т/ч.

N - мощность, потребляемая электродвигателем, кВт.

3.3.4 Методика исследования козырьков на коэффициент вариации.

Представленная модель смесителя концентрированных кормов содержит в рабочем бункере установленные козырьки, закрепленные к наружной и внутренней стенке соответственно. Благодаря этим козырькам нарушается струйное истечение компонентов концентрированного корма, то есть ускоряется смешивание.

Работа козырьков осуществляется следующим образом: шнек подает концентрированный корм сверху на его лопасти. Кормовой поток стекает по козырькам в рабочую камеру вниз. Таким образом, внутри рабочей емкости создается однородная перемешанная многокомпонентная масса.



Рисунок 3.4 - козырьки для смешивания в сборе.

Углы козырьков находится в диапазоне от 70° до 85° . Уменьшение угла козырьков менее 70° не оказывает существенного влияния на изменение струйности истечения зерна. Увеличение угла на величину более 90° является существенным препятствием на пути истечения смеси и создает неравномерность распределения зерна в рабочем бункере. При проведении экспериментов определяли время процесса t , мин. Оптимальное время, которая необходима для достижения удовлетворительной степени вариации (85%) при демонтированных козырьках составляет 11 минут. Наличие установленных козырьков значительно ускоряет процесс смешивания.

Таким образом, потраченное на эксперимент время определить на основании однофакторного эксперимента.

3.3.5 Методика исследования влияния продолжительности смешивания при использовании козырьков на коэффициент вариации.

В таблице 3.1 приведено соответствие характеристики качества смеси количественному значению степени коэффициента вариации смеси λ , %, принятое в соответствии с ГОСТ для концентрированных кормов.

Качество смеси	λ , %
Хорошее	>92

Продолжение таблицы 3.1

Удовлетворительное	85..92
Плохое	<85

Заключительным этапом исследования является определение времени рабочего процесса, нужного для достижения удовлетворительного качества смеси при работе представленного смесителя кормов в режиме, соответствующем значениям основных технологических параметров козырьков.

Варьирование фактором «время рабочего процесса смесителя» t , мин совершали на 7 уровнях при значении верхнего уровня 7 минут: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 минут. Рабочий процесс повторили с 3-х кратной повторностью в каждой точке.

Это значение времени процесса с установленными козырьками будет являться определяющим при вычислении производительности представленного смесителя.

3.4 Результаты лабораторных исследований представленного смесителя кормов.

3.4.1 Результаты исследования усилия, необходимого для перемещения зерна внутри зерновой массы.

Полученные данные показаны в приложении А1.

Процесс движения отдельных частиц (зерен) внутри смешиваемой массы недостаточно изучен. Поэтому для установления математической модели его находили в два этапа. На первом этапе подбирали коэффициенты регрессии для выбранной модели, на втором определили вид математической модели.

Все основные этапы обработки приведены в приложении А2.

Исследования, описывающий рабочий процесс, позволили выяснить, что наивысшей достоверностью цикл описывается уравнением логарифмического вида (приложение А2).

Зависимость усилия перемещения одного зерна от высоты слоя зерновой смеси:

$$F_1(h) = -1,61 + 1,57 \cdot \ln(h) \quad (3.4)$$

где h - высота зерновой смеси, см.

Коэффициент детерминации данной математической модели $R^2=0,938$, что соответствует о высокой степени достоверности установленной модели реальному физическому процессу.

Зависимость усилия перемещения одного зерна пшеницы F_1 , Н и трех разных зерен этой же культуры F_3 , Н, транспортируемых по длине на расстояние 50 мм друг от друга внутри зерновой массы от толщины слоя зерна h , см приведены в виде формул 3.4-3.5, а также показан графически на рисунке 3.7.

Описывающий аналогичный процесс при транспортировке трех зерен соответствует уравнению:

$$F_3(h) = -1,543 + 2,087 \cdot \ln(h), \quad (3.5)$$

При этом коэффициент детерминации достигает $R^2=0,947$.

В результате следующего этапа исследования удалось установить величину усилия, требуемую для перемещения зерен ячменя транспортируемых внутри зерновой массы ячменя по толщине.

Усилие, которое ушло на перемещения одного зерна F_1 , Н и трех зерен пшеницы F_3 , Н, транспортируемых по толщине внутри зерновой пшеничной массы от величины слоя h , см показаны формулами 3.6-3.7, представлены графически на рисунке 3.8.

$$F_1(h) = -2,496 + 1,907 \cdot \ln(h), \quad (3.6)$$

$$F_3(h) = -3,386 + 2,487 \cdot \ln(h) \quad (3.7)$$

Коэффициенты детерминации R^2 равны 0.830 и 0.807, поэтому приведенные уравнения описывают процесс с высокой точностью.

Проведем статистическую обработку данных, проведенных опытов.

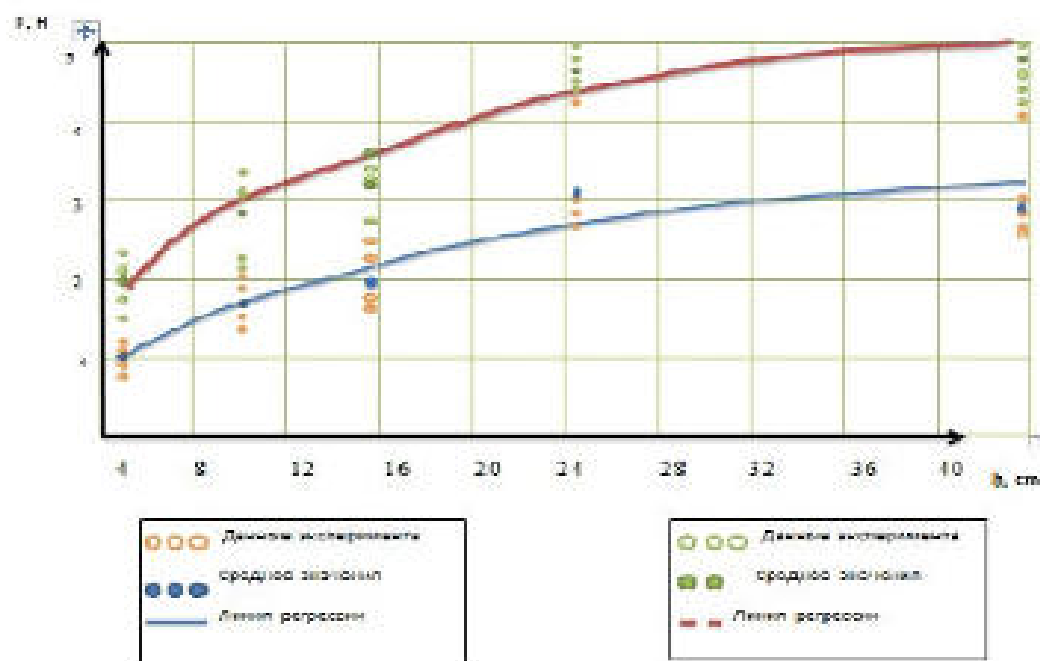


Рисунок 3.5 - Графическая зависимость усилия необходимого для перемещения F , (Н) зерен пшеницы транспортируемого по длине от высоты слоя зерновой массы h , см.

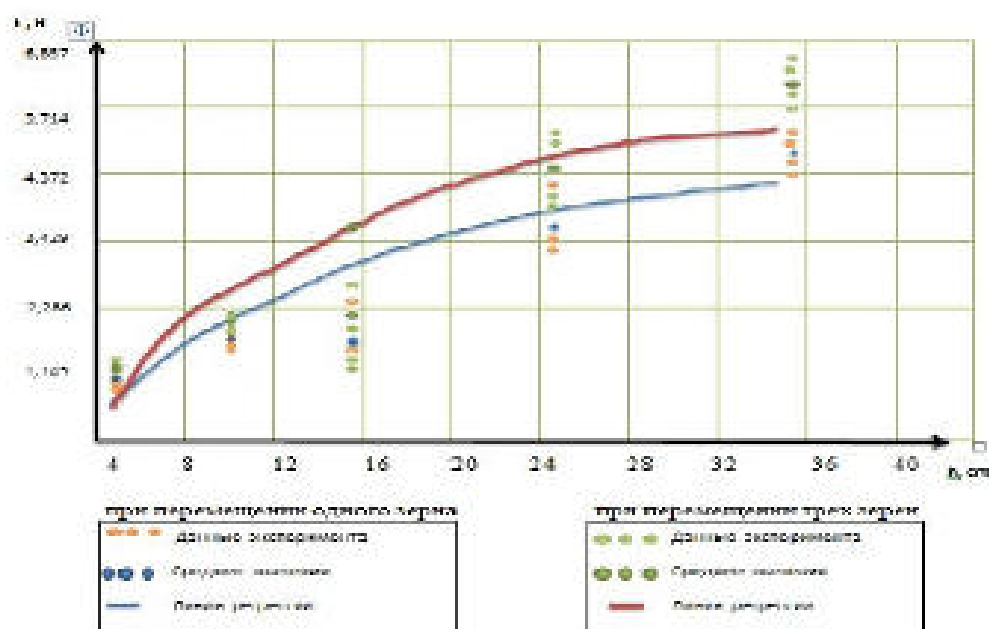


Рисунок 3.6 - Графическая зависимость усилия F , Н, необходимые для перемещения транспортируемых по толщине зерен пшеницы внутри зерновой массы этого вида от высоты слоя h , см.

Эти зависимости показывают, что при транспортировке смешиваемой массы по ширине начинает проявляться «туннельный эффект» в процессе которого образуется канал в зерновой массе, что снижает величину усилия.

Размеры и формы поверхности разных видов зерна отличаются, поэтому следующий этап исследования приучен анализу свойств пшеницы сорта «Немчиновская-57».

Устанавливаем математическую модель (3.8 – 3.9) зависимости усилия при помощи статической обработки данных. Представлена на графическом рисунке 3.7 и по длине зерна 3.10 – 3.11.

Коэффициенты детерминации полученных уравнений соответственно равны $R^2=0,925$; $R^2=0,988$; $R^2=0,954$; $R^2=0,986$. Результаты статистической обработки приведены в приложении А2.

$$F_1(h) = -1,755 + 1,77 \cdot \ln(h), \quad (3.8)$$

$$F_3(h) = -1,751 + 2,157 \cdot \ln(h), \quad (3.9)$$

$$F_1(h) = -1,66 + 1,931 \cdot \ln(h), \quad (3.10)$$

$$F_3(h) = -4,185 + 3,817 \cdot \ln(h), \quad (3.11)$$

Зависимости 3.9-3.1 представлены графически на рисунках 3.7-3.8.

По этим зависимостям видно, что при транспортировке пшеницы внутри зерновой массы, наивысшие значения отмечаются при перемещении 3-х зерен пшеницы по пшеницы. Такой эффект создается и при шероховатости оболочки зерна [13].

Результаты данных помогут для построения аналитической теории рабочего процесса смесителя. Поэтому в заключительном этапе мы провели исследование процесса перемещения зерна внутри массы другого состава.

Определены зависимости усилия перемещения по толщине зерна F_T , и по длине зерна F_D . Результаты статистической обработки представлены в приложении А2, графические зависимости на рисунке 3.7:

$$F_D(h) = -0,946 + 1,914 \cdot \ln(h), \quad (3.12)$$

$$F_T(h) = -1,62 + 1,861 \cdot \ln(h), \quad (3.13)$$

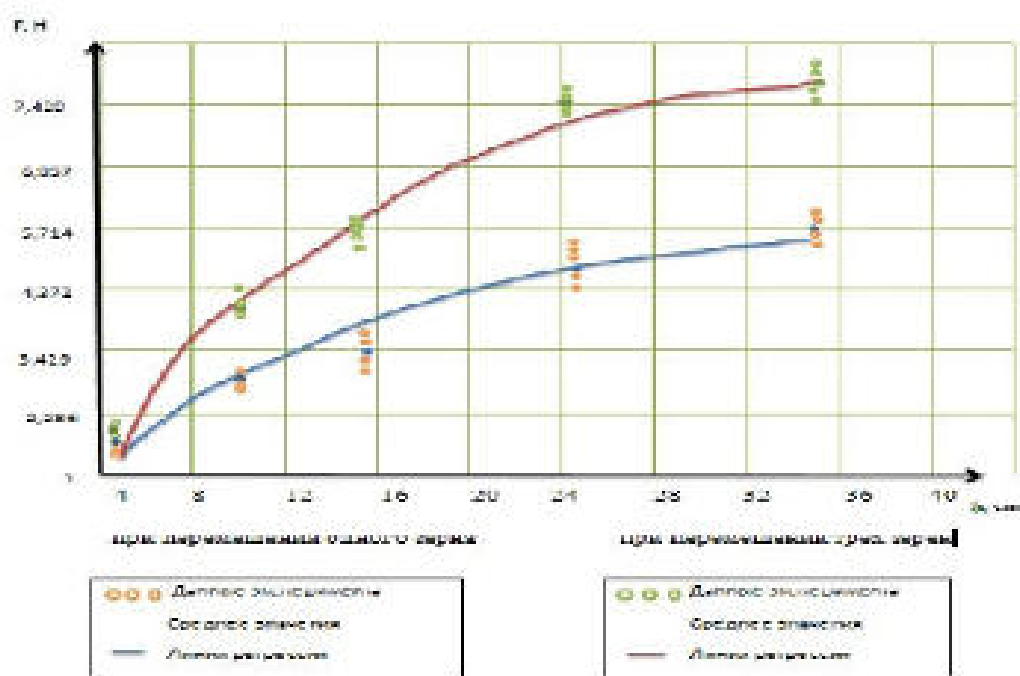


Рисунок 3.7 - Графическая зависимость усилия необходимого для перемещения одного зерна F_1 , Н и трех зерен F_3 , Н по длине зерна пшеница по пшенице от высоты слоя h , см.

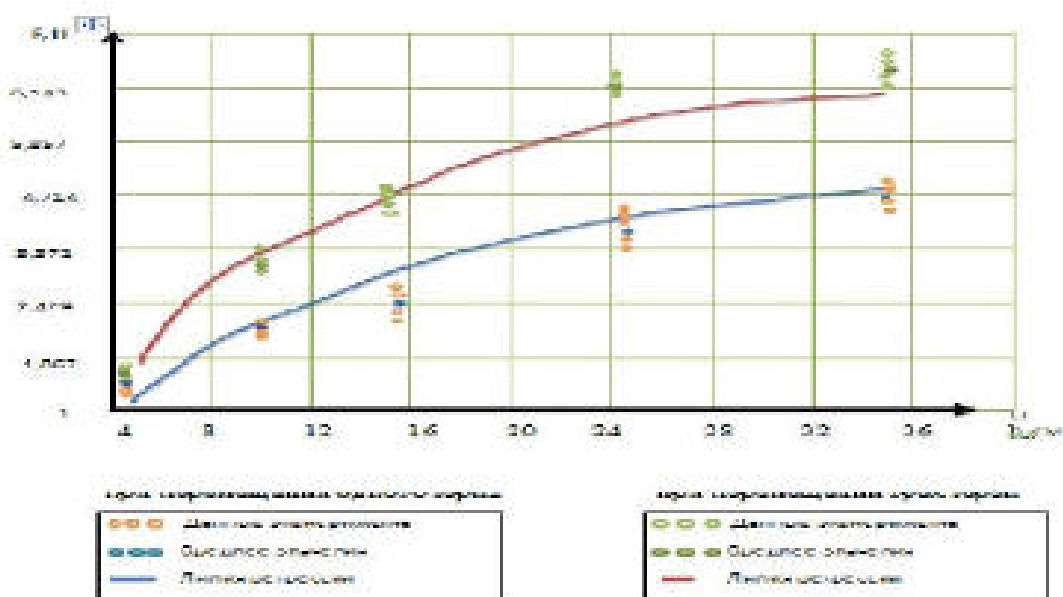


Рисунок 3.8 - Графическая зависимость усилия перемещения одного зерна F_1 , Н и трех зерен F_3 , Н в толщине зерна пшеница по пшенице от высоты слоя h , см.

Коэффициент детерминации для уравнений 3.12, 3.13 соответственно равны $R^2=0,937$; $R^2=0,957$.

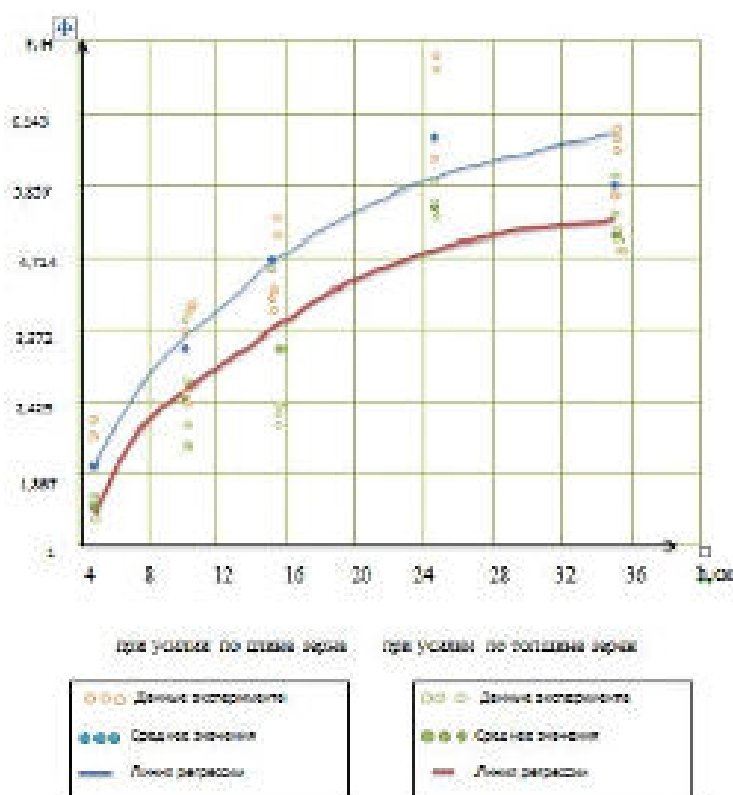


Рисунок 3.9 - Графические зависимости усилия перемещения F , (Н) трех зерен пшеницы по ячменю от высоты слоя h , см.

3.4.2 Результаты исследования влияния времени смешивания без использования козырьков.

Изучение качества смешивания на влияние времени рабочего процесса, без использования козырьков, проводили при значениях частоты вращения шнека, определенных максимальной производительности $Q=0.340$ кг/сек (приложение Б4). Такое сочетание условий соответствует критериям частоты вращения шнека 750 об/мин [2,7,16,19,23].

Регрессионную зависимость качество смешивания, выраженного показателем коэффициента вариации корма λ , %, от продолжительности процесса смешивания t мин. при демонтированных козырьках нашли от статической обработки данных эксперимента, показанных в приложении Б5.

$$\lambda(t) = 26,39 + 7,49 \cdot t - 0,24 \cdot t^2, \quad R^2 = 0,934. \quad (3.14)$$

На рисунке 3.15 представили установленную регрессионную зависимость.

Из графика видно, что в определенном режиме работы представленного смесителя, при демонтированных козырьках для смешивания смесь достигает удовлетворительной степени коэффициента вариации (85%) по истечению 13 минут. Далее процесс стабилизируется и совершается незначительный рост критерия оптимизации в течение следующих 5 минут.

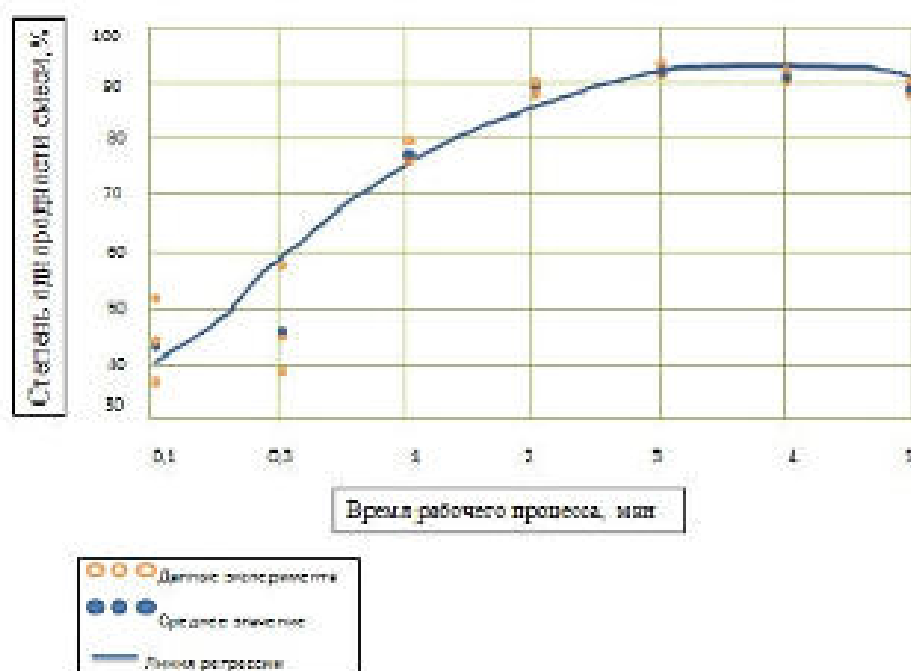


Рисунок 3.10 – Зависимость показателя коэффициента вариации смеси λ , %, от продолжительности процесса смешивания t , мин. при сочетании критериев обеспечивающих максимальную производительность режиме рабочего шнека и демонтированных козырьках для смешивания.

Из графика видно, что первые 3,5 минуты наблюдался значительный разброс опытных данных, о чем говорит большая величина дисперсии в первых трех экспериментальных точках.

3.4.3 Результаты исследования влияния продолжительности смешивания при использовании козырьков для смешивания на коэффициент вариации.

В результате статистической обработки данных эксперимента, представленных в приложении Б8, получена регрессионная зависимость

качества смешивания, выраженного показателем коэффициента вариации смеси λ , %, от продолжительности процесса смешивания при установленных козырьках

$$\lambda(t) = 40,99 + 17,06 \cdot t - 1,36 \cdot t^2, \quad R^2 = 0,96. \quad (3.15)$$

Данная зависимость представлена графически на рисунке 3.19 (кривая 1) в сравнении с результатом аналогичного исследования при демонтированных козырьках (кривая 2), выраженного зависимостью 3.19.

Из графика следует, что при установленных козырьках, в режиме работы смесителя, соответствующем оптимальным значениям, смесь достигает удовлетворительной степени коэффициента вариации (85%) по истечении 3,5 минут после включения установки. Далее процесс стабилизируется, и происходит незначительный рост критерия оптимизации. Можно также заметить, что при установленных козырьках, по сравнению с режимом работы без козырьков, результат увеличивается в 1,5 раза уже на 1-й минуте рабочего процесса.

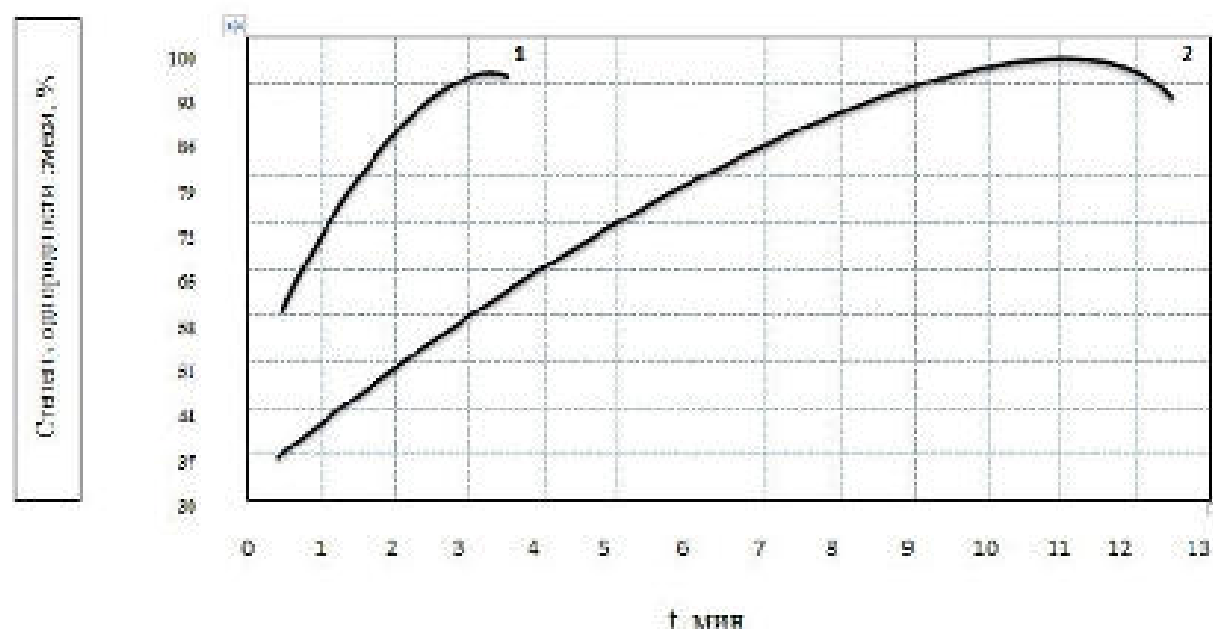


Рисунок 3.11 – Зависимости показателя продолжительности процесса смешивания $t_{\text{мин}}$ от коэффициента вариации смеси λ , %, мин. при установленных козырьках и без них.

Выводы

В результате проведенных лабораторных исследований смесителя концентрированных кормов получили эмпирические модели, устанавливающие влияние частоты вращения рабочего шнека, количество козырьков, угла их наклона на производительность Q , кг/с и энергоемкость E , кВт·ч/т. Выяснили, что при 750 об/мин и установки козырьков на 75° производительность достигает максимума. При определенных параметрах шнека, показывающих максимальную его производительность, получена регрессионная модель, выражающая зависимость показателя коэффициента вариации смеси λ , % в рабочем бункере смесителя при демонтированных козырьках от продолжительности рабочего процесса t , мин. Смесь доходит до удовлетворительной степени коэффициента вариации (85%) по истечении 13 минут с момента начала рабочего процесса в заданном режиме. При установленных параметрах шнека, обеспечивающих максимальную его производительность, и параметрах козырьков установлена эмпирическая зависимость показателя коэффициента вариации смеси λ , % от продолжительности рабочего процесса t , мин. Смесь достигает удовлетворительной степени коэффициента вариации (85%) по истечении 3 минут с момента начала рабочего процесса.

ГЛАВА 4. ИСПЫТАНИЯ СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЕГО ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО.

4.1 Типовая программа испытаний в производственных условиях.

Исследования, которые мы провели во 2 и 3 главах, позволят нам выяснить показатели смесителя кормов.

К современному кормосмесителю предъявляется ряд требований, которые относятся как к качеству корма, так же и к эффективному использованию смесителя в производстве.

Поэтому целью испытания смесителя в производстве являлось определение его экономической эффективности. Для этого необходимо было решить следующие пункты задач:

- установить эффективность процесса кормосмешивания;
- дать оценку сухим кормовым смесям;
- узнать производственным путем, экономический эффект внедрения смесителя в производство и срок окупаемости вложений, по сравнению с другими существующими аналогами.

«Согласно условиям стандарта приготовленная смесь считается хорошей при $\lambda > 90\%$, удовлетворительной при $\lambda = 80...90\%$, плохой при $\lambda < 80\%$ » [32,33,34,35].

В условиях производства степень коэффициента вариации приготовленной кормовой смеси λ , % надо оценивать по коэффициенту вариации [50]. Коэффициент вариации смеси определяется следующей формулой:

$$\lambda = 100 - v(4.1)$$

где v - коэффициент вариации, %.

Коэффициент вариации v , % определяется формулой [7]:

$$v = \frac{100 \cdot \sigma}{B_{cp}}, \quad \text{т(4.2)}$$

где B_{cp} - среднее арифметическое содержание контрольного компонента, найденное экспериментально, %.

σ - среднеквадратическое отклонение содержания контрольного компонента в смеси.

Значение среднеквадратического отклонения находится из выражения [26]:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(B_i - \bar{B})^2}{n-1}} \quad (4.3)$$

где B_i - содержание контрольного компонента в i -й пробе, %.

Опытный образец кормосмесителя должен обладать универсальностью, то есть с помощью него можно будет смешивать корма различных плотностей и по разным рецептурам[8,6,79,30,41,42,10].

Кормовая смесь №1 состоит из овса (90%) и ячменя (9%), с добавлением жмыха подсолнечника, соли и других премиксов. После смешивания эти компоненты проходят через молотковую дробилку. Эта приготовленная смесь подходит для крупно-рогатого скота.

Кормовая смесь №2 приготовлена для кур-несушек. В ее состав входит овес (15%), пшеница (20%), отруби пшеничные (55%), костная мука (0.5 %) и премиксы для откормки (9,5%).

Кормовая смесь № 3 предназначена для свиней на откормке. Смесь состоит из пшеницы (15%), жмыха подсолнечника (5%), овес (15%), отруби (60%) и добавки для откорма (5%).

Испытания над смесителем проводили в аудитории кафедры машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ. Наш опытный смеситель кормов мы подключили к счетчику электрической энергии марки СО-505 (ГОСТ 657096) после чего провели опыты, в соответствии с приведенными данными.

Перед засыпанием в бункер смесь взвешивали на весах НД-150, с точностью до $\pm 0,1$ кг. Общий вес зерна равнялся 9 кг.

Время перемешивания составляло 3,5 минуты. В это время измеряли потребляемую электроэнергию.

После смешивания смеситель отключали. Выгрузка смесителя проводили в два этапа: сначала пробу взяли из выгрузной горловины, а затем из загрузочного окна. Взяли по три пробы массой $20 \pm 0,02$ гр.



Рисунок 4.1 – Смеситель концентрированных кормов во время испытаний.

Каждую полученную пробу взвешивали на электронных весах, потом отделяли ячмень и так же взвесили его массовую долю в пробе.

По формулам 4.1, 4.2, 4.3 определяли степень коэффициента вариации, так же среднеквадратическое отклонении в каждой пробе.

Полученные результаты эксперимента внесены в приложение В1.

4.2 Результаты смесителя кормов в производственных испытаниях.

На полученных данных при приготовлении кормовых смесей, построили диаграмму (рисунок 4.2).

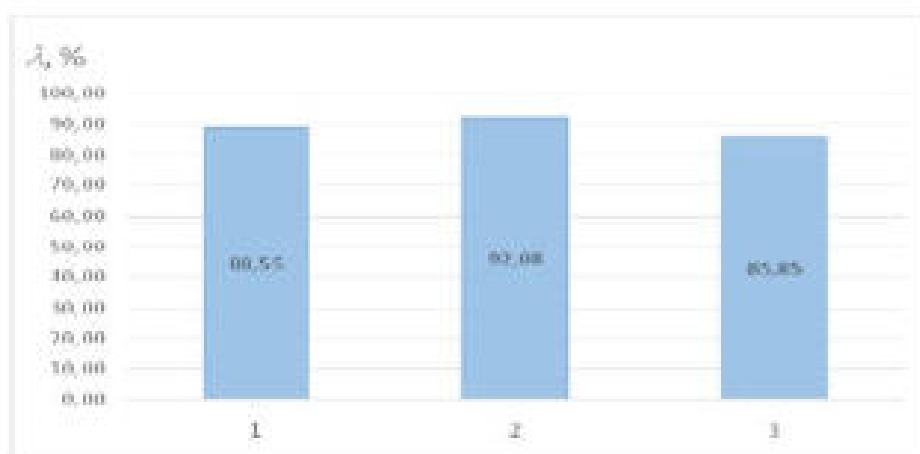


Рисунок 4.2 – Сравнение полученных результатов во время производственных испытаниях смесителя на показатель коэффициента вариации смеси во время приготовления трех видов кормосмесей.

1 - готовая смесь для крупно-рогатого скота.

2 - недробленая смесь для кур.

3 - смесь для свиней на откорме.

Из приведенной диаграммы следует, что результат при приготовлении смеси по рецепту №2 (для свиней на откорме) превышает показателя №1, предназначенного для крупно-рогатого скота. Наименьший результат $\lambda = 85,85\%$ был достигнут при приготовлении смеси для свиней [2,3,4,13].

Результаты, полученные во время испытания показывают, что приготовленные по рецепту смеси, соответствуют требованиям ГОСТ 33875-2015.

Анализ полученных результатов показывает, что кормовая смесь, приготовленная по любому из трех рецептов, соответствует требованиям ГОСТ 32855-2014 и может быть применена для кормления сельскохозяйственных животных [11].

По все этим 3 рецептам был показан хороший результат ($\lambda > 85,85\%$).

Для показания эффективности нашего смесителя все полученные результаты указаны в таблице 4.1. В этой таблице сравнили показатели с серийно-выпускаемым смесителем СВ-1.

Никаких технологических нарушений, во время производства испытания, выявлено не было.

Из таблицы 4.1 видно, что наш смеситель обладает некоторыми преимуществами перед аналогом. У представленного смесителя меньший цикл смешивания, а это уменьшает затраты рабочего времени у обслуживающего персонала.

Таблица 4.1 – Результаты испытаний двух видов смесителя

Показатели	Предлагаемый смеситель	Сравниваемый смеситель СВ-1,1
Средняя продолжительность смешивания, мин.	3	11-16
Средняя продолжительность выгрузки смеси, мин.	1	12
Мощность электрического двигателя, кВт	0,3	1,5
Часовая производительность т/ч	0,7	0,30-0,6
Удельный расход энергии, кВт·ч/т	0,6	3-6
Качество смеси %	88,7	н/д
Потеря корма, %	<0,2	н/д

4.3 Определение стоимости представленного смесителя кормов.

Для того чтобы определить рыночную стоимость нашего смесителя применяли сравнительный и затратный подход к оценке стоимости.

Затратный подход заключается в составлении перечня узлов, приборов, так же материалов, определении затрат на оплату труда рабочим и стоимости электроэнергии. На этих показаниях определяется полная себестоимость изготовления единицы оборудования, которая состоит:

$$S = S_{м} + S_{ст} + S_{зп} + S_{от} + S_{э} \quad (4.4)$$

где: $S_{э}$ - стоимость израсходованной электроэнергии, руб.

$S_{зп}$ - стоимость заказных изделий, руб.

$S_{м}$ - стоимость материалов, руб.

$S_{ст}$ - стоимость стандартных изделий, руб.

$S_{от}$ - расходы на оплату труда, руб.

Чтобы узнать рыночную стоимость, умножаем норму доходности на значение себестоимости единицы.

$$S_y = S \cdot (1 + 0,15) \quad (4.5)$$

Затратный поход по оценке стоимости составил примерно 15 000 руб.

В рамках сравнительного подхода применили метод сравнения с рыночными ценами на существующие аналоги. Цены на указанные аналоги корректируются с учетом поправочных коэффициентов, в качестве которых приняты:

1) K_1^{Q/Q_t} - соотношение часовой производительности нашего смесителя и смесителя-аналога;

2) $K_2=0,65$ - наличие у аналога дополнительных приспособлений (электронные весы, смотровое окно)

3) $K_4=1,1$ - наличие козырьков у предлагаемого смесителя концентрированных кормов. Стоимость аналогов смесителя и характеристики показаны на таблице 4.2

Таблица 4.2 - Стоимость установки по сравнительному подходу

Характеристики и цены		Аналоги		
		КУ-100	СКВ-2,0	СВ-1,1
Установленная мощность N, кВт		3,65	4	1,6
Часовая производительность Q, т/ч		1,7	4	0,7
Цена, руб.		226000	242000	75000
Поправочные коэффициенты	K_1	0,42	0,32	1,5
	K_2	-	0,76	-
	K_3	0,86	0,86	-
	K_4	1,2	1,3	1,2
Оценка с учетом поправочных коэффициентов, руб.		77460	42398	122660
Средняя цена, руб.		80506		

Распределение весов по сравнительным подходам составляет 80% и 20%:

$$S_y = 15000 \cdot 0,2 + 80000 \cdot 0,8 = 67000 \text{руб.}$$

Далее находим балансовую стоимость смесителя:

$$S_B = S_y \cdot K, \quad (4.6)$$

где K - коэффициент, показывающий расходы на монтаж, наладку оборудования (приписывается равным 1,1).

Стоимость предлагаемого смесителя кормов составит:

$$S_B = 67000 \cdot 1,1 = 73700 \text{руб.}$$

4.4 Расчет экономического эффекта представленного смесителя.

Для начала определяем экономические показатели. К ним относятся

- годовая экономия использования смесителя;
- срок окупаемости капитальных вложений.

Методикой расчета является сравнительный анализ сравниваемого и предлагаемого оборудования [1, 6, 7, 9, 33]. Для сравнения выбрали смеситель кормов СВ-1.

Для этих целевых показателей определяем следующие величины.

Обычно одно животное употребляет в сутки 7 кг приготовленной смеси, тогда годовой объем приготовленного корма V , т составит:

$$V = n \cdot 0,007 \cdot 365 \quad (4.7)$$

где n – поголовье стада, шт.

Годовая нормативная нагрузка T , ч:

$$T = V / Q \quad (4.8)$$

где V - годовой объем перерабатываемого сырья, т.

Q - часовая производительность установки, т/ч.

Энергоемкость процесса смешивания корма E , кВт·ч/т составит:

$$E = \frac{N}{Q} \quad (4.9)$$

где N - мощность электрооборудования, кВт.

Затраты труда на годовой объем работы t , человек-час вычисляются по формуле:

$$t = T \cdot z (4.10)$$

где z - численность обслуживающего персонала, чел.

Общие годовые затраты на оплату труда составят:

$$Z_{OT} = h_{\text{ч}} \cdot t \cdot 1,3 \cdot 1,28 (4.11)$$

где $h_{\text{ч}}$ - часовая ставка персонала, руб./ч.

t - количество часов работы в смену, ч.

Затраты на ремонт и обслуживания составят:

$$Z_{ТО/ТР} = S_{\text{Б}} \cdot k_{ТО} (4.12)$$

где $S_{\text{Б}}$ - балансовая стоимость оборудования, руб.

$k_{ТО}$ - коэффициент отчислений на техническое обслуживание и ремонт (9%).

Затраты на электрическую энергию в год определяются по формуле:

$$Э = V \cdot E \cdot C_{\text{э}} (4.13)$$

где E - энергоемкость приготовления концентрированной смеси, кВт·ч/т.

$C_{\text{э}}$ - тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Далее вычисляем целевые показатели. Прямые затраты в год вычисляем по формуле:

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{э}} + S_{\text{Б}} + e_{\text{н}} (4.14)$$

где $Z_{\text{п}}$ - прямые затраты, руб.

$Z_{\text{э}}$ - эксплуатационные годовые затраты, руб.

$S_{\text{Б}}$ - стоимость оборудования, руб.

$e_{\text{н}}$ - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (принимается равным 0,2).

Эксплуатационные затраты в год выражаем по формуле:

$$Z_{\text{э}} = Z_{OT} + Э + Z_{ТО/ТР} + A (4.15)$$

где Z_{OT} - годовые затраты на оплату труда, руб.

$Э$ - годовые затраты на электроэнергию, руб.

$З_{ТО/ТР}$ - годовые затраты на ТО и ремонт, руб.

A - амортизационные отчисления, руб.

Срок окупаемости смесителя определяем по формуле:

$$C_0 = \frac{S_E}{Э_r} (4.16)$$

Годовой экономический эффект относительно прямых затрат по сравниваемому смесителю, %:

$$Э_r^{\%} = \frac{Э_r}{Э_{II}^C} \cdot 100\% (4.17)$$

Показателей экономического эффекта привели в табличном процессоре MSExcel (приложение В2).

Если сельское хозяйство имеет 380 голов крупно-рогатого скота, то экономический эффект от использования представленного смесителя, по сравнению с уже существующим оборудованием, составит 35826 руб.

Во многом срок окупаемости оборудования зависит от размера хозяйства, где будет использоваться смеситель.

В таблице 4.3 приведены понятия зависимости характеристик экономического эффекта от размеров хозяйства.

Таблица 4.3 - Характеристики экономического эффекта от размера хозяйства

Размер хозяйства, голов КРС	Показатели		Ед. изм.	Значения
70	Годовая экономия абсолютная	$Э_r$	Руб.	6925
	Годовая экономия относительная	$Э_r^{\%}$	%	13,79
	Срок окупаемости	C_0	лет	14,21
110	Годовая экономия абсолютная	$Э_r$	Руб.	15432
	Годовая экономия относительная	$Э_r^{\%}$	%	14,59
	Срок окупаемости	C_0	лет	5,69

Продолжение таблицы 4.3

210	Годовая экономия абсолютная	$\mathcal{E}_r$	Руб.	28 629
	Годовая экономия относительная	$\mathcal{E}_r^{\%}$	%	18,15
	Срок окупаемости	C_0	лет	2,99
300	Годовая экономия абсолютная	$\mathcal{E}_r$	Руб.	49 111
	Годовая экономия относительная	$\mathcal{E}_r^{\%}$	%	17,03
	Срок окупаемости	C_0	лет	0,99
500	Годовая экономия абсолютная	$\mathcal{E}_r$	Руб.	89 502
	Годовая экономия относительная	$\mathcal{E}_r^{\%}$	%	19,75
	Срок окупаемости	C_0	лет	0,87
800	Годовая экономия абсолютная	$\mathcal{E}_r$	Руб.	146 885
	Годовая экономия относительная	$\mathcal{E}_r^{\%}$	%	19,83
	Срок окупаемости	C_0	лет	0,72

На рисунке 4.3 изображена зависимость срока окупаемости от величины хозяйства (голов КРС).

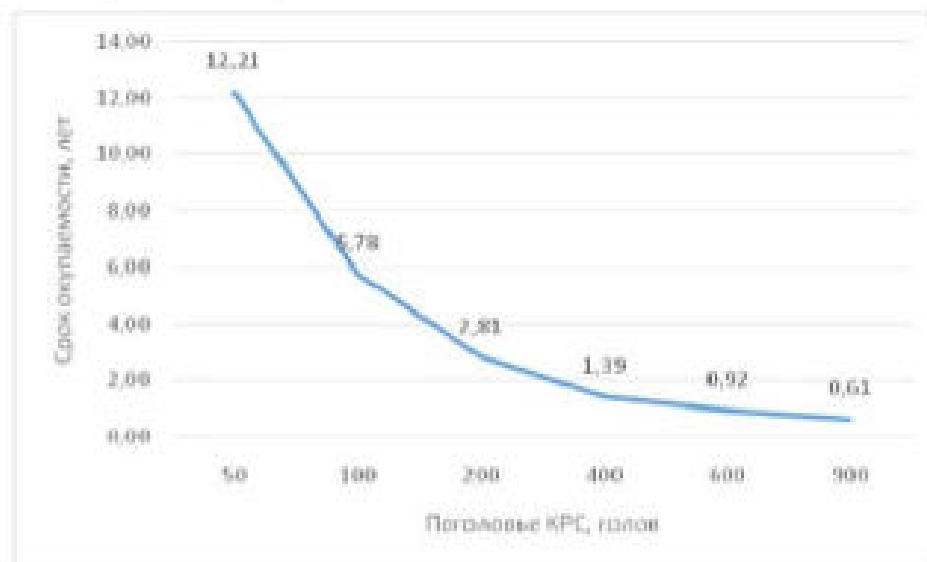


Рисунок 4.3 – Зависимость величины хозяйства от срока окупаемости.

Из этих показателей следует, что использование представленного смесителя кормов рекомендуется хозяйствам величиной от 50 до 65 голов крупно-рогатого скота.

ВЫВОДЫ

В результате приведенных испытаний смесителя с установленными козырьками можно сделать следующие заключения:

1. Производительность смесителя с козырьками составляет 0,5 т/час. Это без учета времени на загрузку бункера.
2. Смеситель с козырьками качественно смешивает компоненты корма. Степень коэффициента вариации смеси составляет более 87,6 %.
3. Данный вид смесителя кормов выгоднее будет использовать мелким хозяйствам, поголовье скота которых не превышает 50 голов.
4. 1 шт смесителя рассчитан на обслуживание поголовья крупно-рогатого скота размером до 100 голов. При среднем потреблении смеси 7 кг в день на одно животное.
5. Годовая экономия использования представленного смесителя кормов, по сравнению с существующим, составило 45623 руб. Срок окупаемости при 120 голов КРС составит 1,4 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выпускной квалификационной работы был разработан новый вид смесителя с козырьками. На сегодняшний день использования в хозяйстве концентрированных кормов представляет значительную перспективу.

1. Из уже имеющихся смесителей кормов выявлено, что при повышении их производительности существенно снижаются качества кормов.
2. Экспериментально выявлено, что производительность смесителя зависит от угла наклона козырьков, частоты вращения.

3. Состав смеси зависит от параметров пятна заброса корма козырьками в смесительный бункер.

4. Экономический эффект использования смесителя с козырьками составил 45623 руб. при 120 голов КРС.

Перспективы дальнейшей разработки темы:

в дальнейшей перспективе научных исследований необходимо продолжить работу в этом направлении, а именно совершенствовании конструкции козырьков для приготовления кормов существенно отличающихся составом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонюк, В.С. Основы животноводства: Учебное пособие [Текст] / В.С. Антонюк. - Минск: Изд-во Дизайн Про, 1997. - С. 497.
2. Артемьев, В.Г. Результаты производственных исследований смесителя минеральных удобрений [Текст] / В.Г. Артемьев, А.О. Барышов // Сборник научных трудов, посвященный 75 –летию доктора технических наук, профессора Артемьева Владимира Григорьевича «Механика жидких и сыпучих материалов в спирально-винтовых устройствах». Ульяновск, 2013. - С. 13-17.
3. Арютов, Б.А. Методы повышения эффективности механизированных производственных процессов по условиям их функционирования в растениеводстве: Учебное пособие [Текст] / Б.А. Арютов, А.Н. Важенн, А.В. Пасин. - М.: Изд-во Академия Естествознания, 2010. – С. 365.
4. Байдов, А.В. Технология и агрегат для приготовления комбикорма из плющеного фуражного зерна: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Байдов Антон Владимирович. - Рязань, 2005. - С. 156.
5. Белянчиков, Н. Н. Механизация технологических процессов [Текст] / Белянчиков Н. Н., Белехов И. П., Кожевников Г. Н. - М.: Изд-во Агропромиздат, 1989. - С. 400.
6. Брагинец Н.В. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства [Текст] / Н.В. Брагинец, Д.В. Полишкин. - 3-е изд. перераб. М.: Агропромиздат, 1991. – С. 190.
7. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике [Текст] / М. Я. Выгодский. – М., 2000. – С. 867.
8. Гриб, В.К. Механизация животноводства: Учебник для с.-х. вузов [Текст] / В.К. Гриб. - Мн.: Ураджай, 1997. - С. 640.
9. Григорьев, А. М. Винтовые конвейеры [Текст] / А. М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
10. Гуляев, В.П. Сельскохозяйственные машины: Учебное пособие [Текст] / В.П. Гуляев. - Санкт-Петербург: Изд-во Лань, 2017. – С.240.

11. ГОСТ 25809-83 (СТ СЭВ 203-75) Смесители водоразборные. Типы и основные размеры. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 37 с.
12. ГОСТ 23153-78 Кормопроизводство. Термины и определения 30.06.1979 Область применения: Настоящий стандарт устанавливает применяемые в науке, технике и производстве термины и определения понятий, относящихся к кормопроизводству. – М.: Издательство стандартов, 1995. – 18 с.
13. ГОСТ 12.2.007.0—75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 13 с.
14. ГОСТ 12.1.005—88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: Стандартинформ, 2008. – 50 с.
15. ГОСТ Р 53055-2008 Машины сельскохозяйственные и лесохозяйственные с электроприводом. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.
16. ГОСТ Р 53056-2008 — Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2009. – 27 с.
17. ГОСТ 13496.4—93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.- М.: Стандартинформ, 2011. – 17 с.
18. ГОСТ 13496.8—72 Комбикорма. Методы определения крупности размола и содержания неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений. - М.: Стандартинформ, 2011. – 4 с.
19. ГОСТ 13496.0—80 Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы отбора проб. – М.: Стандартинформ, 2012. – 15 с.
20. ГОСТ 31653—2012 Корма. Метод иммуноферментного определения микотоксинов. - М.: Стандартинформ, 2012. – 15 с.

21. ГОСТ 32855—2014 Требования при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота на мясо для выработки продуктов детского питания. - М.: Стандартинформ, 2015. – 21 с.
22. ГОСТ 13496.3—92 (ИСО 6496—83) Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения влаги. – М.: Стандартинформ, 2016. – 13 с.
23. ГОСТ Р13586.5-2015 Зерно. Метод определения влажности. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.
24. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации на период до 2020 года. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http:// rg.ru/2010/02/03/prod-dok.html](http://rg.ru/2010/02/03/prod-dok.html)
25. Епифанов А.П. Электропривод в сельском хозяйстве: Учебное пособие. Гриф УМО вузов России [Текст] / А.П. Епифанов. - Санкт-Петербург: Изд-во Лань, 2016. – С. 224.
26. Завражнов А.И. Влияние конструктивных параметров мобильного смесителя-раздатчика кормов на однородность смешивания [Текст] / А.И. Завражнов, С.Ю. Астапов // Достижения науки и техники АПК, 2007. - № 6. - С. 2527.
27. Завражнов, А.И. Снижение энергоемкости процесса смешивания кормов в шнековом смесителе-раздатчике [Текст] / А.И. Завражнов, С.Ю. Астапов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2007. - № 3. - С. 205-209.
28. Завражнов, А.И. Влияние конструктивных параметров мобильного смесителя-раздатчика кормов на однородность смешивания [Текст] / А.И. Завражнов, С.Ю. Астапов // Достижения науки и техники АПК, 2007. - № 6. - С. 2527.
29. Завражнов, А.И. Модернизация технологии подработки зерна путем применения авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов [Текст] / А.И. Завражнов, К.Н. Тишанинов // Российская сельскохозяйственная наука, 2008. - № 3. - С. 56-58.

30. Завражнов, А.А. Современные вопросы науки и производства в агроинженерии [Текст] / А.А.Завражнов. - Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2013. – С. 496.

31. Завражнов, А.И. Интеллектуальная следящая система для управления машинами и агрегатами в маточниках и питомниках [Текст] / А.И. Завражнов, А.С. Гордеев, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев //Вестник Митуринского государственного аграрного университета,2014. - № 5. - С. 42-46

32. Завражнов, А.И. Интеллектуальные машинные технологии и техника в промышленном садоводстве в России [Текст] / А.И. Завражнов, А.Ю. Измайлов, А.А. Завражнов, В.Ф. Федоренко, И.Г. Смирнов, В.Ю. Ланцев, Д.О. Хорт // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК «Материалы VIII Международной научно-практической конференции "ИнформАгро-2016». ФГБНУ "Росинформатех", 2016. - С. 238-244.

33. Земсков, В.И. Проектирование ресурсосберегающих технологий и технических систем в животноводстве: Учебное пособие. Гриф УМО вузов России [Текст] / В.И. Земсков. - Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2016. – С. 384.

34. Зенков, Р.Л. Машины непрерывного транспорта: Учебное пособие для вузов по специальности «Подъемно – транспортные машины и оборудования» [Текст] / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – М: Машиностроение,1980. – 304 с.

35. Исаев, Ю.М. Дозирование в смесителе спирального протравливателя [Текст] / Ю.М. Исаев, Х.Х. Губейдуллин, А.В. Шуреков. – Пенза: Современные наукоемкие технологии, 2008. - № 4. - 58-59с.

36. Исаев, Ю.М. Равномерность дозирования в смесителе спиральновинтового протравливателя [Текст] / Ю.М. Исаев, М.В.Воронина, А.В. Шуреков. – Пенза: Современные наукоемкие технологии, 2008. - № 3.- С. 69.

37. Карташов, С.Г. Эффективность технологий и технических средств заготовки зерносенажа для фермерских хозяйств [Текст] / С.Г. Карташов, Е.И. Резник, Л.З. Бестаев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-технической конференции: В 3-х томах. - 2014. - С. 31-38.

38. Карташов, С.Г. Приготовление высокопитательных и обеззараженных комбикормов в фермерских хозяйствах с использованием многофункциональных смесителей [Текст] / С.Г. Карташов, В.С. Ромашинский, Р.П. Сапронова // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. - 2014. - № 1 (13) - С. 86-89.

39. Карташов, С.Г. Разработка структурных технологических систем в блочно-модульном исполнении для приготовления высокобелковых кормосмесей [Текст] / С.Г. Карташов, Е.И. Резник // Инновации в сельском хозяйстве. - 2015. - № 3 (13) - С. 185-189.

40. Карташов, С.Г. Экономичное мобильное энергетическое транспортное средство для заготовки высокобелковых кормов для фермерских хозяйств [Текст] / С.Г. Карташов, Е.И. Резник, В.И. Ермченко // Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. - 2015. - С. 332-336.

41. Карташов, С.Г. Методические рекомендации по технологическому проектированию предприятий по производству комбикормов РД-АПК 1.10.17.0115 [Текст] / С.Г. Карташов, В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуров, В.Я. Гольяпин, А.Д. Федоров, Ю.И. Чавькин, В.И. Сыроватка, Е.М. Клычев, В.С. Ромашинский, А.В. Смоленский, П.А. Чапский, В.А. Сысуев, П.А. Савиных, Ю.В. Сыгучев // Министерство сельского хозяйства РФ. Москва. - 2015.

42. Карташов, С.Г. Оборудование в блочно-модульном исполнении для приготовления обогащенных комбикормов [Текст] / С.Г. Карташов, Е.И.

Резник// Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. - 2016. - № 4 (24). - С. 92-95.

43. Карташов, С.Г. Инновационная технология для приготовления высокобелковых кормовых смесей [Текст] / С.Г. Карташов, Е.И. Резник, Н.В. Перепелкин // Материалы конференции, посвященной 120-летию М.Ф. Томмэ. - 2016. - С. 234-238.

44. Карташов, С.Г. Технические средства по приготовлению гомогенизированных смесей из фуражного зерна для корма животным [Текст] / С.Г. Карташов // Вестник ВИЭСХ. - 2018. - № 1 (30). - С. 67-71.

45. Карташов, С.Г. Способ приготовления кормолекарственных смесей с антигельминтиками [Текст] / С.Г. Карташов, Е.М. Клычев // Российский паразитологический журнал. - 2018.Т.12 - № 1. - С. 70-75.