

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации «Снижение энергоёмкости технологического процесса приготовления зерновой патоки», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»
Семёнов Сергей Вячеславович

Актуальность темы

Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года и Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на период 2017–2025 гг. указывает на актуальность и важность проведения научных исследований, связанных с разработкой ресурсосберегающих технологий производства высококачественных кормов, кормовых добавок, созданию технологий переработки и хранения продукции АПК.

Зерно злаковых культур, наряду с другими видами питательных веществ, содержит много крахмала, усвоение которого при кормлении животных происходит медленно, и при этом продуктивно используются только определённые формы крахмала в небольшом количестве. Усвояемость питательного потенциала крахмала не превышает 20-25% в зависимости от вида культур. По мнению С.В. Семёнова задача новых технологий переработки зерна состоит во внедрении таких способов обработки исходного сырья, которые позволили бы перевести крахмал в удобную для усвоения организмом животного форму. Это возможно при разрушении зерновой структуры крахмала на клеточном уровне. Разрыв природных связей между отдельными составляющими частями и перевод крахмала в более простые углеводы в виде декстринов и сахаров.

Одним из методов перевода крахмала в простые сахара является технология приготовления зерновой кормовой патоки. Использование в рационе сельскохозяйственных животных кормовых патоk, полученных из зерна, – это эффективный и экономически выгодный способ сбалансировать сахаропротеиновое отношение и устранить недостаток сахаров в питании крупнорогатого скота (КРС). Такой дефицит может достигать 40-70 %, что нарушает физиологические процессы в организме животных, замедляет развитие микрофлоры рубца, снижает перевариваемость питательных веществ и ведёт к проблемам с обменом веществ в организме животных, снижению продуктивности, накоплению кетонных тел и ухудшению репродуктивных функций.

Применение жидкой зерновой патоки позволяет:

- сбалансировать углеводно-протеиновое соотношение;
- повысить потребление грубых кормов на 20–25 %;
- уменьшить использование комбикорма на 1–2 кг на корову в сутки;
- уменьшить смертность среди молодняка;

- повысить прирост живой массы у молодняка и животных на откорме на 25-40 %;

- увеличить продуктивное долголетие;

- повысить среднесуточные надои молока на 1–2 литра на корову;

- уменьшить издержки производства в животноводстве.

Для приготовления патоки из зерновых культур необходимы недорогие и высокотехнологичные установки с низким потреблением электроэнергии. На данный момент существует много похожих однотипных устройств, но их конструкция была разработана интуитивно, без научного обоснования и анализа эффективности функционирования узлов установки. Кроме того, на существующих установках возникают сложности при переработке твёрдых сортов зерна (ячмень и т.д.): их приходится дополнительно предварительно измельчать, что усложняет процесс производства патоки и увеличивает её стоимость. На основании вышеизложенного С.В. Семёнов в соответствии с актуальностью вопроса, предложил разработку новых 4 моделей таких установок с параметрами и режимами работы, основанных на научных исследованиях и позволяющих осуществлять приготовление патоки без дополнительных предварительных операций.

В процессе анализа научных работ автор пришёл к пониманию, что для оценки эффективности установки приготовления зерновой патоки в качестве критериальных параметров следует выбрать:

- энергозатраты на нагревание воды и дробление зерна;

- качество сваренной патоки;

- скорость технологического процесса приготовления патоки.

Улучшая существующие модели установок для приготовления зерновой патоки и создавая новые, автор считает необходимым сосредоточиться на увеличении скорости разрушения зерна, удешевлении стоимости установки, уменьшении энергозатрат и повышении долговечности рабочих элементов.

Научная новизна исследования

Научную новизну работы составляют:

- конструкция установки для приготовления зерновой патоки с дезинтегратором с пассивными истирающими поверхностями (патент на изобретение № 2760160 Российская Федерация);

- математические зависимости для описания нагрева воды в установке;

- результаты моделирования движения потока воды в дезинтеграторе с пассивными истирающими поверхностями;

- рациональные конструкционные и технологические параметры установки для приготовления зерновой патоки

Теоретическая и практическая значимость работы

Предложены математические зависимости, позволяющие смоделировать процесс нагрева воды в установке в зависимости от её конструктивно-технологических параметров, а также модели для определения показателей движения потока воды в дезинтеграторе с пассивными

истирающими поверхностями.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования установки для приготовления зерновой патоки в сельскохозяйственном производстве. Производственные испытания проведены в ООО ПЗ «Большемурашкинский».

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на

- V International Conference "AGRITECH V - 2021: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies" held in Krasnoyarsk-Volgograd, Russia / Tashkent-Buhara, Uzbekistan, June 16-19 2021;
- IV Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов «Актуальные направления развития техники и технологии в России и за рубежом – реалии, возможности, перспективы» (г. Княгинино, НГИЭУ, 2021 г.);
- II Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и технологии в современном мире» (г. Княгинино, НГИЭУ, 2023 г.);
- XXVII Международной научно-практической конференции (онлайн-формат) «Инновационная техника и цифровые технологии в животноводстве» (г. Москва, 2023 г.);
- III Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и технологии в современном мире» (г. Княгинино, НГИЭУ, 2024 г.)

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 135 страницах машинописного текста, включая 95 наименований библиографических источников, 77 рисунков, 14 таблиц и 7 приложений.

Оценка содержания автореферата, его стиля и оформления

Заявленная тема диссертации соответствует полученным результатам и поставленным целям и задачам.

Стиль написания автореферата соответствует научным и литературным нормам. Работа оформлена согласно требованиям, предъявляемым к подготовке авторефератов кандидатских диссертаций.

По теме диссертации автором лично и при его непосредственном участии выполнены все этапы работы, проанализированы существующие технологии и оборудование для производства кормовой зерновой патоки, сформулированы проблема и задачи исследования, разработана установка для приготовления зерновой патоки, теоретически обоснована её конструкция и технология работы, создан лабораторный образец установки, проведены эксперименты по оценке результатов торических исследований и поиску оптимальных параметров работы агрегата, испытана установка в реальных

условиях производства и оценена её экономическая и энергетическая эффективность.

В разделе «ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА» С.В. Семёнов обосновывает актуальность исследуемой темы, её общенаучное значение, а также её практическую и теоретическую значимость.

Исходя из современного состояния вопроса, его изученности и детальности разработки, поставлена цель работы - снижение энергоёмкости технологического процесса приготовления зерновой патоки. В соответствии с поставленной целью работы автором определены и указаны следующие задачи исследования:

- разработать конструкцию установки для производства зерновой патоки;
- разработать теоретические предпосылки к обоснованию процесса нагрева воды в установке для приготовления зерновой патоки и конструкции дезинтегратора с истирающими поверхностями;
- выявить оптимальные параметры и режимы работы установки в процессе производства зерновой патоки;
- оценить экономическую и энергетическую эффективности разработанной установки.

С.В. Семёновым указаны положения, которые выносятся на защиту:

- конструкция установки для приготовления зерновой патоки с дезинтегратором с пассивными истирающими поверхностями;
- математические зависимости, описывающие нагрев воды в установке с обводным каналом при заданных значениях мощности насоса и диаметре обводного канала;
- результаты моделирования движения потока воды в дезинтеграторе с пассивными истирающими поверхностями;
- рациональные конструктивно-технологические параметры установки для приготовления зерновой патоки;
- модель, описывающая движение потока воды в дезинтеграторе с пассивными истирающими поверхностями установки в зависимости от изменяемых параметров;
- экономические и энергетические показатели эффективности установки для приготовления зерновой патоки, подтверждённые результатами производственных испытаний.

В разделе автореферата «СОДЕРЖАНИЕ» автор в лаконичной форме излагает суть диссертационной работы, убедительно подкрепляя теоретические выкладки математическим аппаратом и иллюстрациями: расчётными схемами и диаграммами, построенными на основе собранного и обработанного материала.

Так, в первом разделе «Состояние проблемы и задачи исследования» рассмотрены:

- базовая технология приготовления зерновой патоки;
- основные конструктивные узлы технологического оборудования;
- конструктивные особенности действующих установок по приготовлению зерновой патоки.

Приведён анализ особенностей изученной технологии и перспектив её дальнейшего совершенствования. На основании анализа научных публикаций выявлены две основные проблемы технологического процесса:

- значительные экономические и энергетические затраты, связанные с необходимостью нагрева воды;
- разрушения зерна, которые требуют ввода дополнительных операций и машин для их реализации.

Автор рассматривает в качестве основной актуальной задачи - создание энергоэффективных и экономичных установок технологии получения зерновой патоки с минимальным количеством компонентов, при высоком качестве продукта с минимальными экономическими и энергетическими затратами.

В описании *второго раздела* «Результаты теоретических исследований» указано, что с помощью анализа функционально-морфологической схемы и причинно-следственной диаграммы проведён анализ схемы установки для приготовления зерновой патоки.

Автором разработана схема установки для приготовления зерновой патоки с выделением её подсистем, создана ментальная модель установки с установлением причинно-следственных связей.

С.В. Семёновым предложена расчётная схема для изучения процесса нагрева воды в разработанной установке (рисунок 1). Определены коэффициенты теплоотдачи гидравлического контура в зависимости от применения труб различного диаметра. Была проведена оценка нагрева воды в установке. Для этого рассмотрен её гидравлический контур. В результате получено уравнение, описывающее изменение потребляемой мощности в зависимости от параметров установки (1).

В результате совместного решения уравнений (1), (2) и (3) численным методом в среде Matlab определены значения температуры воды и потребляемой мощности. Теоретические графики нагрева воды в установке представлены на рисунке 2

Применение различных диаметров обводного канала влияет и на энергетические показатели работы установки. Определено, что при нагреве воды с диаметром обводного канала, равным 32 мм, расчётная потребляемая мощность составляет 3,9 кВт, 50 мм – 5,5 кВт, 65 мм – 6,5 кВт (Рисунок 3, а). На основании полученных расчётных значений определены удельные энергозатраты на нагрев воды (Рисунок 3, б). Оценивая нагрев воды в совокупности двух критериев (времени нагрева и удельных энергозатрат), определено рациональное значение внутреннего диаметра обводного канала – 50 мм.

Для ускорения разрушения зерна автором предлагается включить в состав установки пассивный дезинтегратор и проводить измельчение зерна с его помощью. Были предложены два варианта пассивного дезинтегратора:

- в виде перфорированной прямой решётки, расположенной под некоторым углом в обводном канале (Рисунок 4, а)
- в виде цилиндрической решётки, установленной внутри обводного

канала гидравлического контура установки (Рисунок 5).

Было проведено моделирование движения потока воды в пассивном дезинтеграторе. Моделирование проводилось в программе Star-CCM+. Задавались следующие условия:

- обтекание потоком воды двух решёток, расположенных на расстоянии L ;
- диаметр трубы $d = 30$ мм;
- длина расчётного участка l м.

Рассматривалась решётка дезинтегратора в виде перфорированной пластины толщиной 3 мм. Характеристики решётки задали, исходя из паспортных данных выпускаемых промышленностью стандартных перфорированных листов: расстояние между осями соседних отверстий решётки 14 мм, диаметр отверстий решётки 6 мм. Из паспорта насоса в программу вносился массовый расход $G=7$ кг/с. Давление на выходе из измельчителя задавалось равным 6 атм. При моделировании использовалась k-w sst модель турбулентности ($Re=3,4 \cdot 10^5$).

По результатам гидравлических расчётов (в частности уравнения Бернулли) с учётом принятых допущений, автором установлено,

- при варианте исполнения пассивного дезинтегратора в виде перфорированной решётки (Рисунок 4) наблюдается значительное увеличение сопротивления сети и потерь мощности водяного потока, то есть установка не эффективна (таблица 1).
- при исполнении пассивного дезинтегратора в виде цилиндрической решётки (Рисунок 5) обладает малыми потерями мощности и давления в гидравлическом контуре установки (Таблица 2), то есть установка эффективна.

В результате моделирования движения потока воды в дезинтеграторе с пассивными истирающими поверхностями определены форма и размеры дезинтегратора: трубный дезинтегратор с внутренним диаметром 50 мм, отверстиями 6 мм с максимально возможной длинной решётке (Таблица 3).

В *третьем разделе* «Программа экспериментальных исследований» изложена программа исследований, представлена экспериментальная установка, приборы и измерительная аппаратура, применяемые в ходе исследований. Была разработана экспериментальная установка для приготовления зерновой патоки (рисунок 6), позволяющая проводить эксперименты по приготовлению зерновой патоки, фиксируя измеряемые параметры в режиме реального времени, производить отбор проб патоки. Исследовали влияние внутреннего диаметра обводного канала на процесс нагрева воды в разработанной установке. Для этого были изготовлены обводные каналы с внутренним диаметром 32 мм, 50 мм и 65 мм. На втором этапе исследований проводилась оценка влияния параметров трубчатого дезинтегратора с внутренним диаметром 50 мм и диаметрами отверстий 4, 6 и 8 мм (рисунок 7). Для определения эффективности работы предлагаемой установки в условиях научной лаборатории разработана методика, позволяющая оценить влияние

В обзоре *третьего раздела* «Программа экспериментальных исследований» говорится о программе исследований. Представлена экспериментальная установка, приборы и измерительная аппаратура, применяемые в ходе исследований.

Автором была разработана экспериментальная установка для приготовления зерновой патоки (Рисунок 6), позволяющая проводить эксперименты по приготовлению зерновой патоки с фиксацией измеряемых параметров в режиме реального времени и производить отбор проб патоки.

Проведены экспериментальные исследования о влиянии внутреннего диаметра обводного канала на процесс нагрева воды в разработанной установке. Для этого были изготовлены обводные каналы с внутренним диаметром 32 мм, 50 мм и 65 мм.

На втором этапе исследований проводилась оценка влияния параметров трубчатого дезинтегратора с внутренним диаметром 50 мм и диаметрами отверстий 4, 6 и 8 мм (Рисунок 7). Для определения эффективности работы предлагаемой установки в условиях научной лаборатории разработана методика, позволяющая оценить влияние конструкционных и режимных параметров на рабочий процесс приготовления зерновой патоки, состоящий из двух этапов:

Этап 1. При исследовании нагрева в ёмкость заливали 100 л воды, включали насос. По регулятору температуры определяли изменение температуры воды и через каждый градус фиксировали потребляемую мощность. После опыта рассчитывали удельные энергозатраты на нагрев 1 л воды на 1 °C.

Этап 2. Приготовление патоки проходило в следующей последовательности:

- в накопительную ёмкость заливали 50 литров воды,
- включали насос, вода под действием лопаток насоса нагревалась и при достижении 40 °C засыпали 25 кг зерна,
- добавляли ферменты МЭК.

Через каждые 7,5 минут проводили фиксацию потребляемой мощности и отбор проб патоки. Так продолжалось, пока смесь нагревалась до 60 °C, после чего установка выключалась, отбиралась финальная партия патоки. Далее установку промывали и проводили следующий опыт.

Качество патоки оценивали по количеству целых зёрен в готовом продукте.

Для оценки энергоэффективности установки определялись удельные энергозатраты при нагреве воды (как отношение потребляемой мощности двигателя, затрачиваемой на нагрев единицы объёма воды на 1 °C) и удельные энергозатраты при приготовлении патоки (отношение потребляемой мощности двигателя к единице объёма готовой кормосмеси).

Лабораторные исследования проведены в соответствии с действующими ГОСТами, общепринятыми и частными методиками испытаний техники, обеспечивающими получение первичной информации в виде реализаций случайных процессов с последующей их обработкой на персональном

компьютере при помощи прикладных программ.

В четвертом разделе «Результаты экспериментальных исследований установки для приготовления зерновой патоки» представлены результаты исследований по изучению способов нагрева воды в лабораторной установке для приготовления зерновой патоки (Рисунок 8). Изучение полученных результатов наглядно демонстрирует влияние диаметра обводного канала установки на нагрев воды, представленный на рисунке 8.

По результатам экспериментальных исследований по нагреву воды в установке для приготовления зерновой патоки с различными диаметрами гидравлического контура, по словам автора, можно утверждать, что вода нагревается быстрее в полтора раза при применении обводного канала с внутренним диаметром 50 мм. Использование обводного канала с внутренним диаметром 65 мм разницы относительно диаметра 50 мм не имеет.

Влияние внутреннего диаметра обводного канала на потребляемую мощность и удельные энергозатраты показаны на рисунках 9 и 10.

При рассмотрении результатов исследований автор указывает, что потребляемая мощность электродвигателя пропорционально возрастает и при $d = 32$ мм составляет 3,9 кВт, при $d = 50$ мм – 6,3 кВт, а при $d = 65$ мм – 7,0 кВт. С точки зрения энергоэффективности, лучше использовать вариант исполнения обводного канала с диаметром 50 мм. В этом случае удельные энергозатраты на 10% ниже, чем при $d = 32$ мм и при $d = 65$ мм.

Далее проводились исследования трёх исполнений трубчатого дезинтегратора с внутренним диаметром 50 мм и диаметрами отверстий 4, 6 и 8 мм при нагреве 50 л воды. Анализ данных показал, что увеличение диаметра отверстий с 4 до 6 мм позволяет ускорить нагрев: время нагрева воды с 12 до 40 °С сокращается с 32 до 26 минут. Однако дальнейшее увеличение диаметра отверстий до 8 мм привело к незначительному увеличению времени нагрева из-за резкого роста турбулентности и увеличения сопротивления трубчатого дезинтегратора (Рисунок 11).

Увеличение диаметра отверстий дезинтегратора также влияет на энергопотребление установки (Рисунки 12, 13). При работе установки для нагрева воды с помощью трубчатого дезинтегратора с диаметром отверстий 6 мм мощность, потребляемая электродвигателем, увеличивается с 4,9 до 6,8 кВт. С увеличением диаметра отверстий до 8 мм мощность возрастает незначительно и составляет 7 кВт. Таким образом, автор делает вывод, что энергозатраты растут с увеличением диаметра отверстий трубчатого дезинтегратора.

С.В. Семёнов, анализируя нагрев воды по совокупности двух параметров (времени нагрева и удельным энергозатратам), делает вывод, что оптимальный диаметр отверстий трубчатого дезинтегратора составляет 6 мм.

На втором этапе исследования определялось влияние параметров установки по приготовлению зерновой патоки на разрушение зерна. С данной целью была изучена работа установки без пассивного дезинтегратора. Зерновую патоку приготовили из пшеницы «Московская 39».

В ходе эксперимента установлено, что через 22,5 минуты после начала

процесса в патоке всё ещё оставались целые зёрна. Через 30 минут целых зёрен в патоке не зафиксировано. Процесс измельчения проходил медленно, о чём говорит пологая кривая на графике (Рисунок 14), приведённом автором.

Далее эксперименты проводились на установке с применением пассивного дезинтегратора и использованием зерна пшеницы, ржи и ячменя. Изменение качественных показателей представлено на рисунках 15, 16 и 17. Результаты сравнения с данными, полученными без дезинтегратора, показали, что дезинтегратор ускоряет процесс разрушения зерна.

Энергетическая оценка проводилась через удельные энергозатраты. Результаты энергетической оценки при приготовлении патоки из пшеницы, ржи и ячменя сведены в одном графике для удобства восприятия и анализа (рисунки 18, 19).

Сравнение энергетических показателей работы показало, что средняя потребляемая мощность электродвигателя выше при приготовлении патоки из зерна пшеницы, чем из зерна ржи или ячменя. Это объясняется тем, что зерно пшеницы мягче зёрен ржи и ячменя и разбивается быстрее.

При анализе графиков выявлено, что трубчатый дезинтегратор с отверстиями 6 мм максимально эффективно разрушает зерновки в установке при приготовлении зерновой патоки из мягких видов зерна (пшеница и т.д.): удельные энергозатраты на весь цикл приготовления пшеничной патоки составили 91,8 Вт·ч/л, время приготовления – 58 мин. При приготовлении зерновой патоки из ржи – 96,2 Вт·ч/л и 59 мин соответственно. При приготовлении зерновой патоки из твердых видов зерна (ячмень и т.д.) рекомендуется применять трубчатый измельчитель, в котором диаметр отверстий составляет 8 мм. При этом удельные энергозатраты на весь цикл приготовления патоки составляют 98,7 Вт·ч/л, время приготовления – 60 мин.

Как показали результаты исследований, трубчатый дезинтегратор достаточно эффективно способствует разрушению зерновок. Однако при использовании цилиндрической решётке с отверстиями 6 мм, обеспечивающей минимальные энергозатраты, зерна ячменя разрушаются не полностью. Именно поэтому, автором было принято решение установить на выходе из гидравлического контура дополнительную истирающую решётку и оценить её влияние на процесс приготовления патоки. К верхней крышке ёмкости установки посредством болтовых соединений была прикреплена истирающая решётка. Схема установки и общий вид истирающей решётки представлен на рисунке 20.

Испытания усовершенствованной установки проводились по той же методике, что и с трубчатым дезинтегратором без дополнительной истирающей решётки. В результате проведённых исследований выявлено, что при установке дополнительной истирающей решётки удельные энергозатраты снижаются на 2 Вт·ч/л, что составляет 5,2% относительно варианта без истирающей решётки (рисунок 21).

По мнению С.В. Семёнова снижение энергозатрат произошло за счёт ускорения времени нагрева водно-зерновой смеси, обусловленного её дополнительным трением о поверхность решётки. Одновременно на фоне

дополнительного разрушительного столкновения водно-зерновой смеси с поверхностью истирающей решётки происходит более интенсивное разрушение зерновок (Рисунок 22). В результате этого, уже через 22,5 мин. количество целых зерновок в 100 г патоки составляет 20 шт., а к концу процесса её приготовления целых зёрен не наблюдается.

Исследования в производственных условиях эффективности установки по приготовлению зерновой патоки проводились в цехе по приготовлению рассыпных комбикормов на племенном заводе ООО ПЗ «Большемурашкинский», расположенном в пос. Советский Большемурашкинского района Нижегородской области в период с 22 по 28 июля 2024 г.

Температура окружающего воздуха во время проведения эксперимента составляла 24 °С. Установка по приготовлению зерновой патоки находилась в комплектации с трубным измельчителем, расположенным в обводном канале установки, и истирающей решёткой в накопительном баке. В результате проведённых исследований установлено, что при приготовлении патоки из пшеницы сорта «Немчиновская-17» (данный сорт пшеницы используется в качестве корма КРС в ООО ПЗ «Большемурашкинский») через 7,5 минут после внесения зерна в установку с водой при взятии пробы зерновой патоки целые зерна отсутствуют. При этом среднее значение полной потребляемой мощности электродвигателя за весь цикл приготовления патоки составило 5,1 кВт, а удельные энергозатраты – 64,3 Вт·ч/л, время полного цикла приготовления патоки – 56,7 мин.

В обзоре *пятого раздела* «Эффективность работы установки для приготовления зерновой патоки» приведены результаты расчётов технико-экономических и энергетических показателей разработанной установки.

Энергетическая оценка показала, что разработанная установка для приготовления зерновой патоки по сравнению с выпускаемой установкой УЖК-500 позволяет снизить энергозатраты на 67%.

На основании анализа технико-экономических показателей автором установлено, что экспериментальную установку по приготовлению зерновой патоки по сравнению с УЖК500 при использовании в специализированных хозяйствах с малым количеством голов эксплуатировать целесообразнее и эффективнее. Прямые эксплуатационные затраты у разработанного варианта меньше на 49 %, годовая экономия денежных средств у разработанного варианта 250828,4 руб., при сроке окупаемости 2,1 года.

Автором диссертационной работы, С.В. Семёновым проделана большая работа:

1. Изучены различные методы и оборудование для производства зерновой патоки. На основе полученных сведений, была разработана функционально-морфологическая схема установки для приготовления зерновой патоки, где автором в качестве основной была выделена главная функция F_0 - получение зерновой патоки с постановкой задачи: задействовать минимальное количество структурных элементов, которые выполняют все функции с минимальными энергозатратами. На основании проведённого

анализа автором разработана схема установки для приготовления патоки, где был выделен гидроконтур, системы управления (АСУ и СЭС) и система нагрева.

2. Методами математического моделирования и проведения гидравлических расчётов при заданных условия и ограничениях С.В. Семеновым разработана схема установки для производства зерновой патоки.

Ключевым моментом для снижения энергетических затрат, увеличения скорости процесса приготовления патоки при производстве качественного продукта (без включений зёрен) стало предложение автора о внедрении пассивных дезинтеграторов и истирающих решёток в технологическую линию приготовления зерновой патоки

Заслуга автора в том, что им были получены теоретические обоснованные аналитические выражения, которые позволяют точно рассчитать тепловые процессы и энергетические затраты в разработанной установке, скорость процесса приготовления патоки требуемого качества, благодаря чему можно повысить эффективность установки.

Так, для экспериментальной установки удалось определить, что нагрев 100 л воды от 0 до 60 °С занимает 1,3 часа при отсутствии теплообмена с окружающей средой и 1,6 часа – в случае его наличия. При этом оптимальный диаметр трубы обводного канала составляет 50 мм.

При моделировании движения жидкости в дезинтеграторе с пассивными истирающими поверхностями определены его конструкция и параметры: цилиндрическая решётка максимально возможной длины с отверстиями 6 мм и внутренним диаметром 50 мм.

3. Определены оптимальные параметры установки, позволяющие получить качественную патоку с минимизацией энергозатрат: дезинтегратор в виде цилиндрической решётки с отверстиями 6 мм и внутренним диаметром 50 мм, наличие дополнительной истирающей решётки на выходе из трубчатого измельчителя повышает качество патоки и снижает энергетические затраты на 5 %. При этом удельные энергозатраты в процессе приготовления ячменной патоки составляют 67 Вт·ч/л, время полного цикла приготовления – 58,2 мин., удельные энергозатраты и время приготовления пшеничной патоки составляют соответственно 64,3 Вт·ч/л и 56,7 мин.

По сравнению с действующими установками экспериментальная установка по расчётам автора позволяет снизить энергозатраты на 67 %.

Замечания и пожелания

К автореферату диссертационной работы имеются следующие замечания и вопросы по разделам:

«ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ»

Согласно ГОСТ Р 7.0.11-2011 после раздела о положениях, выносимых на защиту, должен быть раздел «Степень достоверности и апробация результатов», который в автореферате отсутствует.

Считаю, что данный раздел можно разделить на два, чтобы подчеркнуть важность работы:

«Обоснованность и степень достоверности результатов» и «Апробация результатов»

1. Обоснованность и степень достоверности результатов

Степень достоверности материала подтверждается соответствующими документами, например, актами, патентами, решениями комиссий по результатам апробации или других практических исследований.

Например, расчётные программы и модули, которые работают при вводе других исходных данных, то есть «обкатка» математической модели выдаёт адекватный материал, не противоречащий результатам экспериментальных исследований.

Данный раздел необходимо дополнить следующим материалом.

Достоверность основных результатов работы подтверждается

- высокой степенью сходимости результатов теоретических расчётов и эксперимента;
- применением расчётных способов оценки точности параметров элементов установки по производству патоки;
- большим объёмом проведённых экспериментальных исследований;
- апробацией результатов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов исследований в диссертационной работе С.В. Семёнова подтверждаются актами апробации и внедрения, а также патентами, прилагаемыми к данной работе.

В этом же разделе можно указать публикации и участие в научных конференциях и семинарах и т.п., тем более этому есть подтверждающие документы в приложении к диссертации С.В. Семёнова.

2 Апробация результатов

Апробация — это официальное одобрение, утверждение, основанное на проверке, испытании модели (конструкции).

В приложении к диссертационной работе имеется акт апробации установки по приготовлению патоки, где в заключении указано следующее:

«Установка по приготовлению зерновой патоки представляет интерес как для небольших фермерских хозяйств, так и для крупных хозяйств (при включении установки по приготовлению зерновой патоки в технологическую линию по производству комбикорма), поэтому рекомендуется к серийному производству. Установка может работать на любой зерновой культуре, выращиваемой сельскохозяйственным предприятием».

3. Структура и объем работы

В тесте автореферата этот раздел повторяется.

«СОДЕРЖАНИЕ»

1. В описании первого раздела есть фраза «разрушение зерна», что имеет в виду автор: дробление, истирание, помол и т.д.? Возможно и

химическое разрушение. Рекомендуется дать более точную формулировку, например, «измельчение зерна» или другую на усмотрение автора.

2. В описании *второго раздела* «Результаты теоретических исследований» указано, что с помощью **анализа функционально-морфологической схемы и причинно-следственной диаграммы** проведён анализ схемы установки для приготовления зерновой патоки.

В тексте автореферата эта схема и диаграмма не приведены, нет ссылок на источник, поэтому стоит включить функционально-морфологическую схему и причинно-следственную диаграмму в текст автореферата с указанием авторства. Кроме того, будет не лишним привести принципиальную схему установки с указанием блоков (Рисунок 2.2 в диссертации). Тогда фраза «Для этого рассмотрен её **гидравлический контур**» будет восприниматься более предметно.

В целях наглядности просчёта математической модели и параметров гидравлического расчёта следует привести в тексте реферата вместо рисунка 1 расчётную схему (Рисунок 2.6 в диссертации) с указанием элементов (узлов) контура.

«Автором разработана схема установки для приготовления зерновой патоки с выделением её подсистем, **создана ментальная модель установки с установлением причинно-следственных связей**». Несколько смущает фраза «ментальная модель», скорее «виртуальная» или «схематичная». Для подтверждения этой фразы, как раз и нужно привести причинно-следственную диаграмму.

Требуется внести *формулировку автора* понятия «**пассивный дезинтегратор**»: о каком типе и виде дезинтеграторов идёт речь.

Дезинтеграторы - тип специализированных промышленных машин, предназначенных для получения конечного продукта с различными свойствами из сухих сыпучих материалов путём *измельчения, перемалывания или перемешивания*. Размер частиц материала, поступающего в дезинтегратор, может варьироваться в среднем от 20 до 90 мм, а измельчённого продукта на выходе- 0,1...0,5 мм.

Производительность и степень измельчения продукта зависят от типа рабочих органов, количества ударных элементов, характеристик подаваемого материала, регулировки частоты вращения роторов.

Хотелось бы получить уточнения по этим вопросам.

3. В описании третьего раздела автор ссылается на **ГОСТы**, но требуется указать, какие именно, так как они должны быть актуальными.

4. В обзоре четвёртого раздела есть выражения:

«Это объясняется тем, что зерно пшеницы мягче зёрен ржи и ячменя и **разбивается** быстрее...», возможно, «измельчается» или «разрушается»?

«При анализе **графиков** выявлено,...», возможно, «расчётных графиков» или «графиков, построенных на основе полученных результатов». Анализируют обычно данные, а не графики.

Автореферат в целом соответствует национальному стандарту ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Очевидно, что подавляющая часть схем, диаграмм и таблиц составлена автором диссертационной работы, но это следует подчеркнуть или указать, например, во введении или в заключении.

Заключение

Несмотря на высказанные замечания, автореферат диссертации Сергея Вячеславовича Семёнова «Снижение энергоёмкости технологического процесса приготовления зерновой патоки», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки), является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, имеющей значимость, как в теоретическом, так и практическом плане.

На основе анализа проектно-научной документации, созданной функционально-морфологической схемы и математической модели была разработана эффективная установка, которая содержит пассивные дезинтеграторы и истирающие поверхности. Данная установка позволит производить зерновую патоку прямо на сельскохозяйственном предприятии из собственного сырья, при снижении энергетических и ресурсных затрат.

Определены оптимальные параметры установки, позволяющие получить качественную патоку с минимизацией энергозатрат: дезинтегратор в виде цилиндрической решётки с отверстиями 6 мм и внутренним диаметром 50 мм, наличие дополнительной истирающей решётки на выходе из трубчатого измельчителя. При этом удельные энергозатраты в процессе приготовления ячменной патоки составляют 67 Вт·ч/л, время полного цикла приготовления – 58,2 мин., удельные энергозатраты и время приготовления пшеничной патоки составляют соответственно 64,3 Вт·ч/л и 56,7 мин.

Годовая экономия денежных средств от внедрения разработанной установки в сравнении с УЖК-500 составит 250828,4руб. при сроке окупаемости 2,1 года, а снижение энергозатрат – 67% при суточном объёме 220 л.

Сформулированные теоретические модели обоснованы и подтверждены экспериментальными лабораторными и производственными испытаниями.

Апробация экспериментальной установки для приготовления зерновой патоки с дезинтегратором в виде цилиндрической решётки с отверстиями 6 мм и внутренним диаметром 50 мм при наличии дополнительной истирающей решётки на выходе из трубчатого измельчителя показала, что данная установка может быть рекомендована для серийного производства.

Проведённые автором исследования могут стать основой при разработке технологий и технических средств производства гранулированных комбикормов с добавлением в них зерновой патоки.

Содержание автореферата сжато и информативно излагает основные положения диссертационной работы.

Публикации соответствуют теме диссертационного исследования и автореферата.

Рецензент:

Ученый секретарь

Института агробиотехнологий им. А.В. Журавского

ФИЦ Коми НЦ УрО РАН - обособленное подразделение

ФГБУН Федерального исследовательского центра

«Коми научный центр Уральского отделения

Российской академии наук»

кандидат сельскохозяйственных наук (06.01.06 луговое хозяйство и лекарственные, эфирно - масличные культуры, 2003 г.)

Коковкина Светлана Васильевна *Кок -*

« 07 » декабря 2024 г.

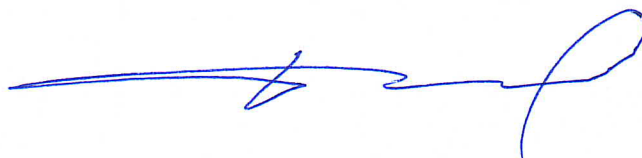
Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), 167023, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, д. 27, телефон (8212) 31-95-03 Email npti@bk.ru

Подпись Светланы Васильевны Коковкиной заверяю

Директор Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
кандидат экономических наук

Юдин Андрей Алексеевич

М.П.



Вх. 16.12.2024г.