

УТВЕРЖДАЮ
Врио Ректора Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Ижевская государственная
сельскохозяйственная академия»,
д.т.н., доцент Андрей Александрович Брацихин


«16» июля 2021 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Жданкина Георгия Валерьевича на тему «Технологии и оборудование сверхвысокочастотной обработки вторичного сырья животного происхождения», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве в диссертационный совет Д 999.179.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Актуальность темы диссертационных исследований

Из вторичного сырья животного происхождения вырабатывают мясокостную муку путем парового гидролиза, стерилизации и дальнейшей сушки. Из-за длительности контакта сырья с высокотемпературным теплоносителем снижается качество продукта. При этом затраты пара и электроэнергии достаточно высокие. Поэтому разработанная технология и оборудование термообработки вторичного сырья животного происхождения в электромагнитном поле сверхвысокой частоты для сохранения кормовой ценности при сниженных эксплуатационных затратах, выполнена на актуальную тему. Но сверхвысокочастотные установки обладают высокими эксплуатационными затратами из-за периодического режима работы, а в установках непрерывно-поточного действия задача обеспечения радиогерметичности остается нерешенной из-за имеющихся прорезей для передвижения сырья через резонатор.

Поэтому концепция рассматриваемой работы направлена на разработку теоретических и методологических основ конструкционно-технологического проектирования и создания сверхвысокочастотной (СВЧ) установки непрерывно-поточного действия с маломощными магнетронами воздушного охлаждения с соблюдением электромагнитной безопасности для термообработки вторичного сырья животного происхождения с сохранением кормовой ценности. Предусмотрены методики реализации критериев проектирования СВЧ установок в конструкционных исполнениях объемных резонаторов и оценку режимов работы для их эффективного функционирования.

Новизна исследования и полученных результатов

Научную новизну представляют научно-методические основы разработки СВЧ установки непрерывно-поточного действия с обеспечением электромагнитной безопасности для термообработки вторичного сырья животного происхождения, включающие методики выявления эффективных конструкционных исполнений нетрадиционных резонаторов путем оценки многокритериальных регрессионных моделей и обоснование электродинамических параметров и режимов работы установки.

Обоснованность научных положений, выводов диссертации и достоверность

Обоснованность и достоверность теоретических положений, заключения диссертации подтверждаются экспериментальными исследованиями с применением современной сертифицированной измерительной техники, а также выполненной проверкой адекватности результатов моделирования электромагнитных полей в нетрадиционных резонаторах.

Основные результаты научных исследований сформулированы в шести выводах.

Первый вывод о необходимости совершенствовании технологии и оборудования для обработки вторичного сырья животного происхождения аргументирован, информативен, достоверен.

Второй вывод, касающийся разработки модели функционирования многогенераторных установок для термообработки предварительно измельченного вторичного сырья животного происхождения в процессе обезвоживания в непрерывном режиме, достоверен. Новизна технических решений защищена 23 патентами.

Третий и четвертые выводы связаны с теоретическим обоснованием параметров электродинамической системы с нетрадиционными резонаторами, и уравнением динамики эндогенного нагрева вторичного сырья при изменении электрофизических и физико-механических параметров в процессе воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Они позволили выявить эффективные конфигурации резонаторов в соответствии с критериями проектирования и комплексно оценить основные параметры электродинамической системы. Результаты исследования аргументированы и являются достоверными и теоретически значимыми.

В пятом выводе приведен комплекс эффективных конструкционно-технологических параметров и режимов работы созданной сверхвысокочастотной установки с комбинированным резонатором. Параметры обоснованы с учетом выявленных эмпирических зависимостей, регрессионных моделей и результатов исследований физико-механических, микробиологических и органолептических показателей, характеризующих кормовую ценность сырья. Вывод имеет практическое значение, актуален, достоверен.

Шестой вывод свидетельствует о результатах проверки в производственных условиях сверхвысокочастотной установки, производительностью 30-40 кг/ч, предусматривающей подачу измельченного и обезвоженного сырья в комбинированный резонатор, его термообработку и обеззараживание при перемешивании, и дозированную выгрузку вареного продукта.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы содержат новые направления использования полученных результатов при решении проблемы разработки методологии конструкционно-технологического проектирования и создание сверхвысокочастотных установок непрерывно-поточного действия с маломощными магнетронами с соблюдением электромагнитной безопасности. Выводы конкретные и достоверные, представляют практическую значимость для фермерских хозяйств.

В целом заключение и рекомендации раскрывают решения всех задач, сформулированных в диссертационной работе новые теоретические положения, математические и регрессионные модели.

Значимость для науки и практики результатов исследований

Теоретическую и практическую значимость представляют:

- методологические основы создания СВЧ установки, реализующей технологию термообработки вторичного сырья животного происхождения для сохранения кормовой ценности;
- модель процесса функционирования многогенераторных СВЧ установок непрерывно-поточного действия с рациональными параметрами для термообработки сырья, отвечающая основным технологическим критериям;
- аналитические зависимости, позволяющие обосновать параметры ЭД системы с нетрадиционными резонаторами и получить уравнение динамики эндогенного нагрева сырья, с изменяющимися диэлектрическими и физико-механическими параметрами при термообработке;
- результаты исследования распределения ЭМП в разработанных нетрадиционных резонаторах, позволившие выявить эффективные конструкционные исполнения, обеспечивающие высокую напряженность ЭП и высокую собственную добротность при работе СВЧ установок непрерывно-поточного действия с соблюдением электромагнитной безопасности;
- комплекс конструкционно-технологических параметров и режимы работы СВЧ установок, обоснованных с учетом выявленных эмпирических зависимостей, регрессионных моделей и результатов исследований физико-механических, микробиологических и органолептических показателей, характеризующих кормовую ценность сырья;
- разработанные 3D модели и технологические схемы многогенераторных СВЧ установок с маломощными магнетронами для термообработки и обеззараживания предварительно измельченного сырья в резонаторах, новизна технических решений которых защищена патентами РФ;
- созданная и апробированная в производственных условиях многогенераторная СВЧ установка непрерывно-поточного действия с комбинированным резонатором, обеспечивающим электромагнитную безопасность, высокую собственную

добротность и высокую напряженность ЭП, достаточную для обеззараживания измельченных и обезвоженных непищевых отходов убоя животных и птиц при их термообработке;

- результаты экспериментальных исследований, позволяющих разработать рекомендации по эксплуатации многогенераторной СВЧ установки непрерывно-поточного действия с комбинированным резонатором и электронным блоком в шкафу управления.

Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 285 страницах, содержит 135 рисунков и 44 таблицы.

Введение включает оценку актуальности исследуемой проблемы; степень ее проработанности; научную цель; научную новизну; теоретическую и практическую значимость; предмет и объект исследования; положения, выносимые на защиту, степень достоверности; сведения о реализации и об апробации результатов исследования.

В первом разделе проведен аналитический обзор ресурсов и объемов сырья и их электрофизических характеристик, технологий и технических средств переработки вторичного сырья животного происхождения, в том числе с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Обоснованы цель научного исследования и сформулированы задачи для ее достижения.

Во втором разделе представлена научно-методическая база исследований для решения комплекса взаимосвязанных задач, таких как: выявление эффективных моделей СВЧ установок непрерывно-поточного действия с наиболее приемлемыми конструкциями объемных резонаторов, обеспечивающих термообработку и обеззараживание сырья; согласование параметров электродинамической системы «генератор-резонатор-нагрузка» и электрофизических характеристик сырья с конструкционно-технологическими параметрами и режимами работы установок.

Приведены результаты исследования распределения и визуализация электромагнитного поля в объемных резонаторах разного конструкционного исполнения, плотности тока, и их собственной добротности, в том числе уравнение распределение электромагнитного поля в комбинированном резонаторе с учетом особенностей цилиндрического и сферического резонаторов. Дана оценка обеспечения электромагнитной безопасности установки с комбинированным резонатором, путем теоретического исследования распределения напряженности электрического поля и мощности потока излучений в кольцевой щели. Представлены результаты исследования динамики нагрева многокомпонентного сырья в электромагнитном поле сверхвысокой частоты при изменении электрофизических и физико-механических параметров в процессе термообработки.

Приведен анализ разработанных конструкционных исполнений СВЧ установок непрерывно-поточного действия для термообработки и обеззаражи-

вания вторичного сырья животного происхождения. При этом установки сгруппированы с учетом конструкции объемных резонаторов и содержания механизмов для предварительного измельчения сырья. Установки оценены по удельным энергетическим затратам на термообработку сырья в процессе обеззараживания и соответствия их критериям проектирования, как: возможность обеспечения высокой собственной добротности резонатора и напряженности электрического поля, достаточной для обеззараживания сырья при сохранении кормовой ценности и электромагнитной безопасности.

Представленные результаты наглядны и хорошо согласуются между собой и с теорией «Электромагнитные поля и волны».

В третьем разделе приведены методологические аспекты исследования и разработки СВЧ установок для термообработки вторичного сырья животного происхождения. Описаны разработанные СВЧ установки с нетрадиционными резонаторами, предусмотрены операционно-технологические схемы термообработки и обеззараживания предварительно измельченного сырья. Приведена методика разработки основных узлов многогенераторных радиогерметичных СВЧ установок, состоящих из маломощных магнетронов с воздушным охлаждением.

Представленные результаты хорошо иллюстрированы, а операционно-технологические схемы эндогенного нагрева сырья в установках с резонаторами разного конструкционного исполнения согласованы с имеющимися технологиями переработки вторичного сырья животного происхождения в агропредприятиях.

В четвертом разделе приводятся результаты экспериментальных исследований термообработки вторичного сырья животного происхождения воздействием ЭМП СВЧ, в том числе:

результаты исследования динамики нагрева сырья; регрессионные модели; результаты исследования распределения температурного поля по поверхности сырья; сравнительную технологическую схему производства белкового корма из вторичного сырья животного происхождения; технические характеристики созданной и апробированной сверхвысокочастотной установки с комбинированным резонатором; результаты оценки электромагнитной безопасности.

В пятом разделе приведены результаты экономической оценки применения установок в фермерских хозяйствах по методу приведенных затрат. В качестве целевой функции такой оптимизации использовали интегральный эффект: доход от эксплуатации установки и кормовая ценность продукта.

В заключении дается развернутая характеристика результатов диссертационных исследований в соответствии с поставленными задачами.

Основные положения диссертации изложены в 71 научной работе. В том числе опубликовано 5 статей в изданиях, включенных в Web of Science, 22 статьи в журналах из перечня ВАК РФ, 23 патента на изобретения. Издана монография.

Уровень решаемой проблемы в соответствии поставленными задачами и содержанием научной работы соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по спе-

циальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации, характеризуют результаты проведенных исследований.

Замечания по работе

1. Не ясен принцип разработки множества конфигураций объемных резонаторов. Каким образом обоснованы их электродинамические параметры?
2. Как влияет на распределение электромагнитных полей и устойчивость работы генератора величина загрузки сырья?
3. Который из трех методов определения собственной добротности резонаторов, приведенных в диссертации, дает более достоверный результат.
4. Не ясно, почему выбрали установку с комбинированным резонатором, обеспечивающим электромагнитную безопасность только с экранирующим корпусом? Среди разработанных конструкций есть установка с биконическим резонатором, которая обеспечивает радиогерметичность без экранирующего корпуса в силу своих особенностей.
5. Теоретические графики динамики нагрева сырья получены при разных напряженностях электрического поля, а экспериментальные – при разных удельных мощностях, чем это связано?
6. Каким образом определяли диэлектрическую проницаемость сырья и степень неравномерности нагрева загрузки?
7. Как обеспечивали критическую напряженность электрического поля для прекращения жизнедеятельности микроорганизмов?
8. В чем заключается интегральный экономический эффект?

Отмеченные недостатки не снижают теоретической и практической значимости выполненной работы.

Заключение

Диссертационная работа Жданкина Георгия Валерьевича «Технологии и оборудование сверхвысокочастотной обработки вторичного сырья животного происхождения» представляет самостоятельно выполненную законченную научно-квалификационную работу, в которой содержатся новые научно-обоснованные технические и технологические решения проблемы по совершенствованию и развитию технологии и оборудования для переработки вторичного сырья животного происхождения в агропредприятиях, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. По своей актуальности, научной новизне, практической значимости диссертационная работа соответствует требованиям пп.9 и 10 раздела II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного правительством Российской Федерации от 24.09.013 г. № 842, в редакции Постановления от 01.10.2018 г № 1168 с изменениями от 26.05.2020, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор **Жданкин Георгий Валерьевич** заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Отзыв подготовлен:

- доктор технических наук, профессор, декан факультета энергетики и электрификации

Лекомцев Петр Леонидович



- кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой энергетики и электротехнологии

Ниязов Анатолий Михайлович



Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании факультета энергетики и электрификации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», протокол №7 от «15» июля 2021 года.

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА»).

Адрес: 426069, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.

Телефон: +7(3412) 58-99-47.

Электронная почта: info@izhgsha.ru