

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Риттер Екатерины Сергеевны
«Сверхвысокочастотная сушка древесины на основе однопроводной линии
поверхностных волн», представленной на соискание ученой степени доктора
философии (PhD) по специальности 6D071900 – Радиотехника, электроника и
телекоммуникации

Актуальность диссертационного исследования. В настоящее время наиболее перспективным направлением по созданию сушильных установок для крупногабаритных пиломатериалов считается использование переменного электромагнитного поля СВЧ диапазона. Широкий диапазон габаритных размеров пиломатериалов и многообразие древесных пород усложняет создание многопрофильных сушильных установок. Для каждого конкретного назначения СВЧ установки приходится подбирать устройство возбуждения электромагнитного излучения, устройство концентрации сверхвысокочастотной энергии на облучаемый объект, размеры сушильной камеры и т.д.

Для обеспечения качественной сушки древесины особенно протяженного древесного материала необходимо управлять распределением температуры в материале. Для этого необходимо обеспечить равномерное воздействие СВЧ энергией по всей длине облучаемого объекта.

В данной диссертационной работе предложена возможность применения более качественной СВЧ сушки древесины и крупногабаритного пиломатериала путем разработки нового инструментария, позволяющего создавать равномерное распределение электромагнитного поля СВЧ диапазона по всей площади древесного материала.

Очевидно, что создание новых способов возбуждения сверхвысокочастотного излучения, облучения объектов сушки, равномерного распределения электромагнитного излучения по длине облучаемого материала позволит в конечном итоге разработать более эффективные установки для сушки древесины.

Для изготовления производительной сверхвысокочастотной установки потребуется наиболее эффективный, обоснованный инженерными расчетами способ доставки электромагнитной энергии до облучаемого объекта, система равномерной концентрации СВЧ излучения на облучаемый объект, устройство возбуждения требуемой структуры электромагнитного поля, что в конечном итоге приведет к повышению технико-экономических показателей разрабатываемой установки по сравнению с существующими.

Из основных блоков, образующих СВЧ установку, можно выделить следующие: сверхвысокочастотный генератор (магнетрон), однопроводная линия передачи энергии до объекта сушки, система распределения СВЧ энергии на объекте, устройство поглощения неостребованной СВЧ энергии.

В предлагаемом варианте сверхвысокочастотной установки используется однопроводная линия передачи, выполненная в виде одиночного провода, покрытого тонким слоем диэлектрика. Ранее такая

линия известна как линия Гоубау. Вдоль такой линии распространяются электромагнитные волны E- типа. Для оптимизации количества звеньев в предлагаемом варианте СВЧ установки для сушки древесины не обходимо решить ряд задач:

– Исследовать наиболее эффективный способ доставки энергии электромагнитного поля до объекта сушки.

– Определить модель сверхвысокочастотного нагрева, на основе которой будет проведен анализ процессов, протекающих в однопроводной линии поверхностных волн.

– Исследовать процессы поглощения электромагнитной энергии СВЧ диапазона древесным материалом.

– Проанализировать зависимости глубины проникновения электромагнитного поля в пиломатериал от частоты СВЧ генератора.

– Выявить возможность оптимизации геометрических размеров однопроводной линии поверхностных волн.

– Проанализировать устройства возбуждения поверхностной волны E_{00} .

– Исследовать способы равномерной концентрации энергии электромагнитного поля по всему объему облучаемого объекта.

– Исследовать возможности регулирования распространения электромагнитного поля в поперечном направлении.

Результаты исследований, представленных в диссертационной работе, проводились на базе Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева, на кафедре «Энергетика и радиоэлектроника» и на базе Омского государственного технического университета, на кафедре «Средства связи и информационная безопасность».

Целью диссертационной работы является создание новых способов облучения сверхвысокочастотной энергией древесных материалов, равномерного распределения электромагнитного излучения по всей длине крупногабаритных пиломатериалов, применяя для этого однопроводную линию передачи и вибраторное устройство возбуждения волны E_{00} .

Предметы исследования:

1. Модели сверхвысокочастотной сушки древесины, учитывающие основные особенности воздействия электромагнитного поля СВЧ диапазона на древесный материал, содержащие вибраторное устройство возбуждения, переизлучающую вибраторную антенную решетку, поглощающую нагрузку и нагревательную систему.

2. Выбор оптимального диапазона частот при сушке различных видов пиломатериалов.

3. Способы равномерного распределения СВЧ облучения на различные виды древесного материала: брус, доски, шпон, фанерные плиты, древесностружечные плиты, древесная стружка, щепа.

4. Способы конструирования поглощающих нагрузок.

5. Способы утилизации неостребованной энергии электромагнитного поля сверхвысокочастотного диапазона.

Для решения поставленных задач необходимо провести ряд исследований:

1. Исследовать модели сверхвысокочастотного облучения древесного материала.

2. Исследовать возможность суммирования энергии СВЧ поля от независимых магнетронов.

3. Разработать способы равномерного распределения СВЧ мощности на древесные объекты различной протяжённости.

4. Разработать варианты конструкций поглощающих нагрузок.

5. Разработать системы преобразования неостребованной СВЧ энергии поля в тепловую энергию.

Объекты исследования: компоненты, составляющие поле волны E_{00} , в однопроводной линии передачи. Регулировка интенсивности мощности поля волны E_{00} в поперечном направлении. Процессы поглощения и переизлучения волны E_{00} объектами различной структуры для создания равномерного распределения СВЧ излучения по длине однопроводной линии поверхностных волн.

Методы исследования. В процессе выполнения диссертационной работы были использованы положения классической электродинамики, теория электромагнитного поля, теория антенн и радиоволн, включая теорию процесса диэлектрического нагрева и основные законы геометрической оптики. Представленные в работе экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на специально изготовленной установке.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Разработан способ облучения древесного материала сверхвысокочастотной энергией с помощью однопроводной линии передачи, на проводе которой размещена антенная решетка из переизлучающих вибраторов.

2. Разработан способ равномерного распределения энергии электромагнитного поля по всему объему крупногабаритного пиломатериала.

3. Разработан способ суммирования мощностей от независимых маломощных магнетронов в виде тепла в объекте сушки.

4. Предложены варианты конструкций поглощающих нагрузок и способы перераспределения неиспользуемой мощности, подводимой от сверхвысокочастотного генератора.

Практическая ценность работы. Осуществляя СВЧ облучение древесных материалов с помощью однопроводной линии передачи, и используя эффекты, связанные со структурой поля поверхностной волны E_{00} , а также учитывая свойства эллиптического и параболического рефлекторов, оказалось возможным существенно повысить равномерность распределения энергии электромагнитного поля по всему объему крупногабаритного пиломатериала, а также снизить габаритные размеры и металлоемкость СВЧ сушилок.

Положения, выносимые на защиту:

1. Способ сверхвысокочастотного облучения древесных материалов.

2. Способ равномерного распределения сверхвысокочастотного излучения по объему древесного материала

3. Сложение сверхвысокочастотных мощностей от маломощных магнетронов в древесном материале.

4. Построение конструкций поглощающих нагрузок для перераспределения неиспользуемой мощности.

Апробация работы. Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на Международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения-2018: Евразийский потенциал и новые возможности развития в условиях глобальных вызовов» (г. Петропавловск, 16 ноября 2018 г.), VI международной практической конференции «Молодежь и наука-2019», посвященной «Jastar July» (г. Петропавловск, 12 апреля 2019 г.), LXVII Международной научно-практической конференции «Технические науки - от теории к практике» (Россия, г. Новосибирск, 27 февраля 2019 г.),

Внедрение результатов работы. Результаты исследований проходят одобрение на внедрение в производственный процесс ТОО «Основание» г. Петропавловск, также планируется внедрение ТОО «Компания «КазЛес» г. Нур-Султан.

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 14 публикаций, в том числе 5 – в научных изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК. В международных рецензируемых научных журналах, имеющих в базе данных Scopus (Скопус) показатель процентиля по CiteScore (СайтСкор) не менее 35 опубликовано 2 статьи; 4 – в материалах конференций, в том числе 1 – зарубежная; 1 – в региональном периодическом вестнике. Результаты исследования отражены в двух патентах на полезную модель.

Личный вклад автора.

Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований получены автором самостоятельно. В печатных работах, которые написаны в соавторстве, соискателю принадлежит ведущая роль при обобщении и анализе полученных результатов.

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 114 страницах 59 рисунков и 7 таблиц. Библиографический список состоит из 125 наименований, в том числе 20 – на английском языке.

Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования, определены цель и задачи диссертационной работы, представлены методы, предметы и объекты исследования. Приводятся научные положения, выносимые на защиту и дается краткое описание каждой главы диссертационной работы.

В первой главе рассмотрены основные способы сушки древесины. Указаны преимущества и недостатки сверхвысокочастотного, инфракрасного и индукционного воздействия на древесный материал с целью его нагрева и сушки. Воздействие энергии электромагнитного поля СВЧ диапазона рассматривается как наиболее эффективный и перспективный способ сушки древесины.

Также в данной главе проанализированы две модели облучения материалов с применением электромагнитных полей СВЧ диапазона. Показано, что сверхвысокочастотная сушка древесины производится в результате разрешения ее в ближней зоне облучения.

Вторая глава посвящена анализу воздействия электромагнитной энергии СВЧ диапазона на древесный материал. Проанализирован ряд зависимостей диэлектрических свойств древесины при различной плотности, температуре и влажности древесного материала. Используя опыт предыдущих исследований (публикации, монографии, учебные пособия, диссертации) в области сверхвысокочастотной сушки древесины, проведен анализ распространения сверхвысокочастотного излучения в крупногабаритном древесном пиломатериале.

В третьей главе проведен анализ структуры поля волны E_{00} в однопроводной линии передачи. Предложен вариант возбуждения электромагнитного поля волны E_{00} при помощи системы возбуждения, состоящей из трех полуволновых вибраторов.

Также в данной главе предложены варианты конструкций поглощающих нагрузок, служащих для поглощения неиспользуемой энергии электромагнитного поля волны E_{00}

В результате проведенных исследований, предложена модель сверхвысокочастотной установки для сушки древесины и крупногабаритных пиломатериалов.

Четвертая глава посвящена способам равномерного облучения сверхвысокочастотной энергией древесных материалов различной конфигурации. Предложено использование свойств параболического и эйдетического отражателей для обеспечения требуемой интенсивности поля волны E_{00} на поверхности облучаемого древесного материала.

В заключении обобщены и отражены основные результаты диссертационного исследования.

Работы, опубликованные по теме диссертации

1. Д.В. Риттер, В.П. Кисмирешкин, К.Т. Кошеков, Е.С. Риттер Промышленный нагрев на основе однопроводной линии передачи СВЧ энергии. Вестник Алматинского университета энергетики и связи. №4(4) (43). 2018. С. 102-108.

2. Риттер Д.В., Герасимова Ю.В., Худайбергенов Б.Б., Риттер Е.С. Современные методики для проведения магнитотеллурического зондирования. Материалы международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения-2018: Евразийский потенциал и новые возможности развития в условиях глобальных вызовов» Т2. - Петропавловск: СКГУ им. М.Козыбаева, 2018. С. 208-212

3. Риттер Д.В. Кошеков К.Т., Жусупов Е.Б., Риттер Е.С. Модели сверхвысокочастотного облучения древесины. Материалы международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения-2018: Евразийский потенциал и новые возможности развития в условиях глобальных вызовов» Т2. - Петропавловск: СКГУ им. М.Козыбаева, 2018. С. 277-280

4. Риттер Д.В., Кошеков К. Т., Риттер Е.С., Вибраторная система возбуждения поверхностной волны E00 в однопроводной линии передач. Материалы VI международной студенческой научно-практической конференции «Молодежь и наука-2019», Петропавловск: СКГУ им. М.Козыбаева, 2019. С. 101-104

5. Риттер Е.С , Кисмерешкин В.П., Илимбаева Ж.А., Риттер Д.В. Комплекс антенн по технологии поверхностного волновода. Вестник Академии гражданской авиации . Алматы 2019. – №4 – С. 127–129.

6. Риттер Д.В., Кошеков К.Т., Риттер Е.С. Сверхвысокочастотная сушка древесины полем волновода на основе однопроводной линии передачи электромагнитной энергии. Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева №2. 2019. С. 268-274.

8. Риттер Д.В., Кошеков К.Т., Риттер Е.С., Кисмирешкин В.П. Способ СВЧ сушки древесины. Патент на полезную модель № 4541. Опубл. 26.03.2019 г.

7. Риттер Д.В., Савостин А.А., Риттер Е.С. Система распределения сверхвысокочастотной энергии на облучаемые объекты. Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – Павлодар, 2019. – №1 - С. 355-360

8. . Риттер Е.С , Кисмерешкин В.П., Риттер Д.В. Зыкова Н.В. Исследование эффективности системы резонансных вибраторов для равномерного распределения поля волны E00., Вестник ПГУ. Энергетическая серия, Павлодар 2020, №2 - С. 272-277

9. Ekaterina Ritter, Jacek Cieslik, Vladimir Kismereshkini, Alexey Savostin, Dmitry Ritter and Nabi Nabiev. Installation for concentrated uniform heating of objects by microwave radiation. INTL JOURNAL OF ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS, 2020 VOL. 66 NO. 2, PP. 295–300. DOI: 10.24425/ijet.2020.131877

10. E.S. Ritter, V.P. Kismereshkin, J. Cieslik, A.A. Savostin, D.V. Ritter, A.M. Aytulina, I.R. Kasimov, B.K. Bekkozhiba. System for uniform drying of bulky lumber with microwave radiation. «Eastern-European Journal of Enterprise Technologies», Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 4, No 8 (106), August 2020, PP. 21-28. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210263

11. . Риттер Е.С , Кисмерешкин В.П., Риттер Д.В. Зыкова Н.В. Система для равномерной концентрации электромагнитной энергии при СВЧ – сушке древесины. Патент на полезную модель № 4988. Опубл. 29.05.2020 г

13 Семенюк В.В., Риттер Д.В., Риттер Е.С. Возможности применения фазированных антенных решеток для преодоления аварийных ситуаций в период летных заданий БЛА. Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, №2. 2020. С. 172-179

14. Ritter E.S., Ritter E.S. Microwave energy concentrations on irradiated objects using waveguide vibrator grids Международная научно-практическая конференция «Европейская наука 21 века», Польша, 09 - 15 марта 2021, Т.9, С. 58-61.