О Т З Ы В

официального оппонента доктора технических наук, доцента
Дорняк Ольги Роальдовны на диссертационную работу

Шагеевой Адили Ильсуровны

на тему «Вакуумная СВЧ-сушка пиломатериалов в осциллирующем режиме», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности *4.3.4. - Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины*

Актуальность темы

Сушка древесины остается наиболее энергозатратной операцией в процесах переаботки древесного сырья. Современные технологии сушки направлены на повышение производительности сушильных установок, в том числе, благодаря использованию различных видов энергии. Попытки использования электромагнитной энергии в СВЧ диапазоне для сушки пиломатериалов выявили ряд негативных эффектов, которые пока не позволили использовать такой метод энергоподвода в промышленных масштабах. В частности, при СВЧ обработке сортиментов значительной толщины возникают значительные деформации, приводящие к разрушению материала. Поэтому диссертационная работа А.И. Шагеевой, посвященная исследованию комбинированного метода сушки, который позволяет интенсифицировать процесс за счет диэлектрического нагрева древесины и при этом существенно понизить риски ее растрескивания за счет периодического понижения давления в сушильной камере, представляется безусловно актуальной и имеющей большое практическое значение для деревообрабатывающих предприятий.

Научная новизна результатов исследования

В диссертации сформулирована математическая модель процесса вакуумной СВЧ-сушки древесины в осциллирующем режиме, которая позволяет прогнозировать изменение полей температуры и влагосодержания по сечению пиломатериала и проектировать режимы вакуумирования в сушильной камере с СВЧ энергоподводом.

А.И. Шагеевой разработана новая технология вакуумной СВЧ-сушки сортиментов в режиме осцилляции давления среды, состоящая из двух последовательно чередующихся стадий «нагрева» и «вакуумирования». Соискателем обосновано, что подвод электромагнитной СВЧ энергии на стадии «нагрева» необходимо осуществлять перпендикулярно пласти сортимента в два этапа, используя попеременно источники излучения, расположенные в противоположных позициях по отношению к штабелю.

В диссертационном исследовании даны актуальные для практики рекомендации по выбору режимов СВЧ обработки и ваккумирования, при которых удается сохранить целостность образцов. В частности, предлагается при влагосодержании в древесине выше предела насыщения клеточных стенок стадию «нагрева» проводить при пониженном давлении сушильного агента. При влагосодержании в пиломатериале ниже предела насыщения клеточных стенок стадию «нагрева» следует осуществлять при атмосферном давлении среды.

Автор диссертации дополнила разработанную ею технологию осциллирующей вакуумной СВЧ-сушки пиломатериалов оригинальной схемой энергообеспечения. Снабжение электроэнергией агрегатов сушильной установки на каждой стадии осциллирующей сушки осуществляется за счет продуктов сгорания древесных отходов, обеспечивающих работу электрогенератора.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций выносимых на защиту

Математическая модель процессов тепломассопереноса при вакуумной СВЧ-сушке пиломатериалов в режиме осцилляции давления сушильного агента построена на основе модели тепло- и влагопереноса А.В.Лыкова, адекватность которой многократно доказана в исследованиях процессов сушки учеными разных стран мира.

Результаты натурных экспериментов коррелируют с расчетными значениями, полученными в вычислительном эксперименте по предложенной математической модели.

Рекомендации по проектированию режимов вакуумной СВЧ-сушки и инженерная методика расчета основных конструктивных характеристик сушильной установки, работающей в осциллирующем режиме с СВЧ энергоподводом обоснованы.

В диссертационной работе применялись современные методы и средства проведения измерений. Опыты проводились на сертифицированном оборудовании.

Теоретическая значимость

К наиболее значимым теоретическим результатам относится математическая модель процессов тепломассопереноса при вакуумной СВЧ-сушке пиломатериалов в режиме осцилляции давления среды, а также результаты моделирования, позволяющие прогнозировать развитие температурного и влажностного профилей в сечении образцов древесины в завимости от геометрических и режимных параметров.

Практическая значимость диссертационного исследования связана с разработкой высокоинтенсивной технологии качественной сушки пиломатериалов. Определены и обоснованы рациональные режимы процесса вакуумной СВЧ сушки древесины сосны, дуба, березы. Научно-технические решения автора диссертационной работы приняты к внедрены в производственный процесс.

Разработана оригинальная конструкция энергоэффективной сушильной установки высокой производительности для сушки пиломатериалов, работающей на дешевом и доступном источнике энергии на основе древесных отходов.

Разработанные установка и способ управления комбинированным процессом сушки могут быть реализованы для сушки других видов растительного сырья.

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности.

Тема диссертации Шагеевой Адили Ильсуровны «Вакуумная СВЧ-сушка пиломатериалов в осциллирующем режиме», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует паспорту специальности научных работников 4.3.4. - Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины, т.к. она согласована с пунктом 4 (Технология и продукция в производствах: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих

им производствах), а также п. 7 (Технологические комплексы, производственные процессы, поточные и автоматические линии, машины и агрегаты в лесном хозяйстве и лесной промышленности).

Публикации и соответствие автореферата диссертационной работе

Содержание работы представлено в научных публикациях и патенте на изобретение РФ, апробировано на конференциях различного уровня. Всего опубликовано 18 работ. Основные результаты диссертации отражены в 4 статьях в издании, рекомендованном ВАК РФ.

Автореферат отражает основное содержание и выводы диссертационной работы.

Диссертация написана оформлена в соответствии с существующими стандартами, в тексте даны ссылки на авторов и заимствованные источники.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 127 страницах, содержит 39 рисунков и 12 таблиц. Библиографический список включает 103 наименования отечественных и зарубежных источников.

Во введении автором определены актуальность темы, сформулированы цель и задачи работы, указаны основные положения, выносимые на защиту, приведен перечень конференций и семинаров, на которой апробирована работа.

В первой главе проведен аналитический обзор исследований в области СВЧ-сушки древесины. Обоснована перспективность применения в технологическом процессе производства пиломатериалов предлагаемого в работе осциллирующего способа СВЧ-сушки сортиментов.

Во второй главе автором дается подробный анализ физической картины процесса вакуумной СВЧ-сушки пиломатериалов. Предложена математическая модель исследуемого процесса сушки в режиме осцилляции давления среды. Установлено, что для равномерного нагрева и распределения влаги по толщине пиломатериала целесообразно проводить процесс СВЧ-сушки с использованием двух вариантов осциллирующего режима. Полученная математическая модель позволяет определить рациональные режимные параметры исследуемого способа сушки древесины.

В третьей главе даны описание разработанной автором экспериментальной установки и методика проведения исследований процесса вакуумной СВЧ-сушки пиломатериалов в двух предложенных осциллирующих режимах в зависимости от начального содержания влаги в образцах. Представлены результаты математического и физического моделирования процессов изменения полей температуры и влагосодержания в единичном сортименте и штабеле пиломатериалов при воздействии электромагнитной СВЧ энергии. Сформулированы определенные рекомендации для выбора осциллирующего режима СВЧ-сушки, соблюдение которых обеспечивает равномерную сушку по толщине сортимента при небольшой продолжительности процесса.

В четвертой главе приведены рекомендации для промышленной реализации результатов исследования процесса вакуумной СВЧ-сушки пиломатериалов в осциллирующем режиме. Показано, что следует применять систему параллельно

расположенных магнетронов с попеременным воздействием на пласть сортимента электромагнитной СВЧ энергии. Определены удельные энергетические затраты на сушку штабеля пиломатериалов в зависимости от соотношения затрат конвективной и СВЧ энергии.

В заключении работы по итогам проведенных теоретических и экспериментальных исследований сформулированы основные выводы.

В приложениях к диссертационной работе представлены параметры инженерного расчета СВЧ-сушильного комплекса, а также акт внедрения в производство и полученный патент на изобретение.

По диссертационной работе имеются замечания.

1. Математическая модель тепломассопереноса в капиллярно-пористом материале академика А.В. Лыкова применительно к исследуемой технологии сушки (2.1-2.3) включает уравнение общего давления в материале. Судя по представленным результатам численного моделирования это уравнение не реализовано. Отсутствуют расчетные данные о динамике профиля общего давления в материале. В таком случае следовало сформулировать упрощенную модель для температуры и влагосодержания в древесине, а также не включать в блок-схему (рис.2.4) соответствующий элемент.

2. Граничное условие (2.11) для влагосодержания противоречит допущению 6 (стр. 35) "значение влагосодержания поверхности пиломатериала, равновесное текущему значению давления над ней, устанавливается мгновенно…"

3. Величина модуля вектора напряжённости электрического поля, создаваемого магнетроном не связана с формулами (2.16-2.18). Она зависит, в частности, от выходной мощности магнетрона, геометрических характеристик волновода.

4. Не выполнены оценки затухания амплитуды напряженности электрического поля в высушиваемом образце и в штабеле при разной влажности.

5. Уравнение для диэлектрической проницаемости на стр. 51 не является полиномиальным.

6. В тексте диссертации следовало указать значение всех входных параметров модели, при которых проводились расчеты.

7. Полагаю, что утверждения по тексту диссертации об отсутствии воздуха в камере ошибочны, поскольку вряд ли в данных условиях достижим полный вакуум.

8. Более интересно и значимо сравнение технико-экономические показателей сушки в вакуумной СВЧ камере и вакуумной камере с конвективным теплоподводом также в осциллирующем режиме.

9. Не указано, какие термопары использованы в натурном эксперименте. Какую погрешность вносит СВЧ нагрев термопар?

10. Какова погрешность показаний пирометра, на показания которого, очевидно, повлияет загрязнение диагностических окон за счет конденсации водяного пара?

11. На стр. 50 указано, что были проведены серии экспериментов по вакуумной СВЧ-сушке образцов древесины разных пород. Однако в работе нет результатов статистической обработки натурного эксперимента. Не указано число опытов и число повторений. В приложении выполнены оценки "расхождения между расчетными и экспериментальными значениями" температуры и влагосодержания. Остаются неясными значения погрешности проведенных измерений.

Указанные замечания не влияют на основные положения и выводы диссертации.

Заключение

Диссертация Шагеевой Адили Ильсуровны «Вакуумная СВЧ-сушка пиломатериалов в осциллирующем режиме» содержит совокупность новых научных результатов и положений, предлагаемых соискателем для публичной защиты, имеет внутреннее единство и свидетельствует о его личном вкладе в науку. В работа содержатся научно обоснованные технические и технологические решения, которые могут быть использованы на предприятиях лесопромышленного комплекса.

Диссертационная работа А.И. Шагеевой отвечает критериям, установленным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в текущей редакции), предъявляемым к работам на соискание степени кандидата наук.

Автор работы – Шагеева Адиля Ильсуровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. - Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Официальный оппонент, доктор технических наук
(01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника),
доцент, заведующий кафедрой электротехники,
теплотехники и гидравлики федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Воронежский
государственный лесотехнический университет им.
Г.Ф. Морозова»

Дорняк
Ольга
Роальдовна

«27» ноября 2023 г.

Адрес: 394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова».
Тел.: +7 (473)253-73-08, +7(908)1449097
E-mail: ordornyak@mail.ru
Адрес официального сайта в сети «Интернет» https://vgltu.ru

Подпись Дорняк О.Р.
удостоверяю:
секретарь ректората
27.11.2023 г.

Вход. № 05-7816
«04» 12 2023 г.
подпись