

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Аникеевой Ксении Геннадьевны «Озонирование древесного
наполнителя в производстве композиционных материалов с матрицей
из термопластичных полимеров», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
4.3.4 – Технологии, машины и оборудование для лесного
хозяйства и переработки древесины

Содержание работы

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Она содержит 153 страницы основного машинописного текста, в том числе 9 таблиц, 71 рисунок. Библиографический список включает 109 источников.

Актуальность темы диссертационного исследования

В современных условиях развития деревообрабатывающей промышленности эффективное использование вторичных древесных ресурсов является важным направлением в производстве композиционных материалов. Ключевым фактором, ограничивающим применение измельчённой древесины в составе древесно-полимерных композитов, является ее низкое адгезионное взаимодействие с полимерными матрицами. Существующие методы модификации древесного наполнителя имеют ряд ограничений: высокую стоимость, ухудшение адгезионных свойств или необходимость в применении химических реагентов.

Разработка энергоэффективных и безопасных методов целенаправленной поверхностной функционализации древесных отходов приобретает первостепенное значение в области переработки древесины. Озонирование представляет собой перспективный окислительный процесс, позволяющий модифицировать поверхностный слой лигноцеллюлозных частиц с формированием дополнительных полярных центров без деструкции целлюлозного каркаса, однако его применение в технологии древесно-полимерных композитов до настоящего времени не получило достаточного научно-технического обоснования.

Таким образом, научное обоснование и технологическая реализация

процесса озонирования измельчённой древесины, направленная на прогнозируемое изменение поверхностной энергии наполнителя и повышение качества межфазного сцепления, отвечает приоритетным задачам совершенствования технологий глубокой переработки древесного сырья, что обуславливает высокую научную и прикладную актуальность представленной работы.

Новизна исследований и полученных результатов

Новизна диссертационной работы заключается в разработке математической модели совмещенного процесса сушки и озонирования измельченной древесины в условиях псевдооживленного слоя, технологической схемы модификации древесного наполнителя для повышения адгезионных характеристик композитов на его основе, включающей предварительную сушку сырья вне реактора и последующую газофазную обработку озоном, а также установлении количественных закономерностей влияния дозы озонирования и природы полимерной матрицы на физико-механические свойства, а также кинетику биоразложения древесно-полимерных композиционных материалов.

Степень обоснованности и достоверности научных положений

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены фактическими данными и наглядно представлены в приведенных таблицах и рисунках. Достоверность полученных результатов диссертации основывается на логичном, методически обоснованном подходе к постановке и решению задач, успешном достижении целей исследований и хорошей воспроизводимости полученных результатов.

Основные результаты работы изложены в 19 публикациях, из них 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, и 4 работы в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science. Тезисы докладов по теме диссертации были представлены на всероссийских и международных конференциях. Считаю, что апробация основных результатов работы является достаточной.

Соответствие паспорту специальности

Основные результаты диссертационной работы соответствуют п. 3

«Теория и методы воздействия техники и технологий на лесную среду в процессе лесовыращивания, заготовки и переработки древесного сырья» (пункты 1, 2, 3 научной новизны) и п. 4 «Технология и продукция в производстве: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих им производствах» (пункты 4 и 5 научной новизны) из паспорта специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций

Научная значимость представленной работы заключается в создании математической модели совмещенного процесса сушки и озонирования измельченной древесины в условиях псевдооживленного слоя. Модель основана на принципах тепломассопереноса и химической кинетики окисления лигноцеллюлозного комплекса и позволяет количественно описать взаимное влияние начальной влажности сырья, гидродинамики газового потока и дозы озонного воздействия на кинетику снижения краевого угла смачивания поверхности наполнителя.

Работа имеет большую практическую значимость, которая заключается в разработке энергоэффективной и легко масштабируемой технологии целенаправленной поверхностной функционализации древесных отходов методом озонирования для производства древесно-полимерных композитов с полимерными матрицами различной химической природы, включая полностью биоразлагаемые системы на основе термопластичного крахмала и полигидроксibuтирата.

Разработанная технология производства биоразлагаемых посадочных контейнеров с программируемой скоростью биоразложения была внедрена на ООО «НТЦ «Биополимер» (г. Ессентуки).

Замечания по тексту диссертации

При знакомстве с диссертацией Аникеевой К.Г. возникли следующие замечания и вопросы:

1. На стр. 4 утверждается, что озонирование является «энергоэффективным и экологически безопасным» методом. Однако генерация озона требует значительных энергозатрат, а остаточный озон (ПДК 0,1 мг/м³) нуждается в

каталитическом разрушении. На чем основана оценка энергоэффективности в сравнении с термической модификацией?

2. В п. 2.1 (стр. 43–47) описана молекулярная динамика взаимодействия озона с компонентами древесины. Однако термин «молекулярная динамика» в современной науке относится к компьютерному моделированию движения атомов. Не целесообразнее ли использовать формулировку «молекулярные механизмы» или «химическая кинетика»?

3. На стр. 49 указывается, что краевой угол фиксировался через 3,0 секунды после нанесения капли. Учитывая высокую пористость и капиллярную активность древесной муки, не приведёт ли такой короткий интервал к смещению влияния поверхностной энергии и скорости впитывания? Целесообразно ли построить кинетические кривые смачивания в диапазоне 0–30 с?

4. На рис. 2.10 (стр. 59) доза озонирования определена как произведение концентрации на время. В условиях псевдооживленного слоя реальная поглощённая доза зависит от гидродинамики и времени пребывания частиц. Не требуется ли ввести параметр «эффективная поглощённая доза» или подтвердить однородность обработки экспериментально?

5. На стр. 72–75 критическое значение влажности 8 % обосновано эмпирически. Требуется теоретическое пояснение выбора именно этого порогового значения с позиций физики сорбции и диффузии озона в капиллярно-пористой структуре.

6. В гл. IV (стр. 87–116) сравнение трёх полимерных матриц проводилось при разных температурах переработки (ПЭВД – 130 °С, ПГБ – 150 °С, ТПК – 130 °С). Не влияет ли температурный фактор на сопоставимость результатов физико-механических испытаний?

7. Автор утверждает, что озонирование обеспечивает «максимальный прирост плотности и пределов прочности» (стр. 131). Однако на рис. 4.14–4.16 для некоторых составов двухступенчатая обработка показывает сопоставимые результаты. Не целесообразнее ли обсудить экономическую целесообразность усложнения технологии?

8. Оценка биоразложения (гл. 5.2, стр. 121–124) проведена только по потере массы. Для подтверждения экологической безопасности целесообразно добавить анализ изменения прочности в процессе деструкции и фитотестирование продуктов распада на предмет отсутствия токсичности.

9. На мой взгляд, имеются упрощения в математической модели: модель может не учитывать локальные неоднородности псевдооживленного слоя

(каналообразование, застойные зоны) и не учтены возможные побочные реакции (образование радикалов, вторичных оксидантов);

10. Ограниченная валидация модели: проверка модели может быть проведена только для узкого диапазона параметров (температура, влажность, концентрация озона) и отсутствуют сравнения с альтернативными моделями или промышленными данными.

11. Неясен точный химический механизм улучшения адгезии (какие функциональные группы образуются на поверхности древесины), а также нет данных о глубине проникновения озона в частицы разного размера.

12. Из диссертации не понятна стабильность модифицированного наполнителя, так как окисленная поверхность древесины может терять активность при хранении (взаимодействие с влагой, кислородом) и нет данных о сроках сохранения улучшенных адгезионных свойств.

13. Физико-механические свойства композита оцениваются только в момент изготовления композита в модельных условиях, без учёта старения и кинетики биоразложения в реальных средах, без учёта влияния влажности воздуха, температуры хранения, УФ-излучения и отсутствия данных о токсичности продуктов разложения (особенно при озонировании).

14. Нечёткие количественные выводы: формулировки типа «улучшение на 20–30 %» без указания доверительных интервалов или статистической значимости и отсутствие уравнений регрессии или номограмм для инженерных расчётов.

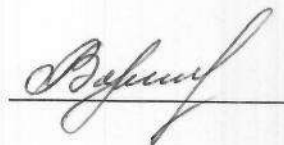
Приведённые замечания не носят принципиального характера, не снижают общей научной и практической ценности работы и не влияют на её положительную оценку.

В заключении следует отметить, что диссертационная работа Аникеевой Ксении Геннадьевны направлена на решение важной научно-технической задачи, связанной с повышением адгезионного взаимодействия между древесным наполнителем и полимерными матрицами в производстве древесных-полимерных композиционных материалов. Считаю поставленные цель и задачи достигнутыми. Автореферат полностью соответствует диссертации и отражает содержание работы.

На основании сказанного считаю, что диссертационная работа Аникеевой Ксении Геннадьевны на тему «Озонирование древесного наполнителя в производстве композиционных материалов с матрицей из термопластичных полимеров», представленная на соискание ученой степени

кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение научных задач, имеющих важное значение для лесопромышленного комплекса России. Работа соответствует п. 9 Положения «О порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. (в текущей редакции), а ее автор – Аникеева Ксения Геннадьевна заслуживает присвоения 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 (05.21.05 – Древоисноведение, технология и оборудование деревопереработки), профессор, профессор кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»,



Варанкина
Галина
Степановна

«07» 05 2026
Г.

Адрес: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., 5,
ФГБОУ ВО «СПбГЛТУ», каф. ТМКиСД
Тел.: +7(812) 217-92-53
E-mail: varagalina@yandex.ru.



Вход. № 05-8953
«26» 05 2026 г.
подпись 