

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора  
Рыбина Бориса Матвеевича на диссертационную работу  
Шишкиной Светланы Борисовны на тему «Формирование рентгеноза-  
щитного лакокрасочного покрытия на древесной подложке», представ-  
ленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 4.3.4 «Технологии, машины и оборудование  
для лесного хозяйства и переработки древесины»

### Актуальность темы диссертационной работы

Действие ионизирующего излучения на человека требует применения различных защитных материалов. В настоящее время для защиты от рентгеновского излучения широко используются такие материалы, как рольный свинец, просвинцованная резина, баритовая штукатурка, применение которых связано с трудностями технологического и эксплуатационного характера. Поэтому задача поиска новых технологических решений по созданию композиционных материалов различного назначения, которые позволят не только усилить защитные свойства, но и повысить декоративность несущих поверхностей, расширить область их применения весьма **актуальна**. Несомненно, лакокрасочные материалы со специфическими свойствами будут интересны в этой области.

Вопросом создания рентгенозащитной лакокрасочной композиции и посвящена диссертация Шишкиной Светланы Борисовны. Немаловажное значение при этом имеют проведенные теоретические исследования, посвященные вопросу формирования рентгенозащитного защитного покрытия именно на древесной подложке с целью усиления защиты и эстетичности линейки плитных защитных материалов на основе древесины. Экспериментальные исследования и обработка их результатов, безусловно, представляют научный и практический интерес.

## **Степень научной новизны и научных положений, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна**

Автором обоснованы и экспериментально подтверждены теоретические закономерности кинетики сушки твердого пористого тела при формировании рентгенозащитного покрытия естественной и конвективной сушкой.

Установлено, что время высыхания состава с повышенным содержанием минерального наполнителя зависит от способа сушки и рецептуры рентгенозащитной лакокрасочной композиции, а защитные свойства – от содержания сульфата бария и толщины технологического слоя покрытия.

Автором доказано соответствие полученных экспериментальных данных теоретическим закономерностям. Установленные автором закономерности механизма формирования рентгенозащитного покрытия, выносимые на защиту, безусловно, имеют элементы новизны, взаимосвязаны с целью и задачами исследования в области создания новых лакокрасочных материалов. Достоверность научных положений, результатов и выводов обеспечена исследованиями, основанными на фундаментальных положениях теории электромагнитного излучения (в частности, рентгеновского), кинетики сушки твердых тел и подтверждена современными методами моделирования и вероятностно-статистической математической статистики с проверкой адекватности полученных моделей. Рассмотрены возможности применения полученных результатов в условиях действующего производства и учебном процессе при изучении профильных дисциплин.

## **Научная и практическая значимость результатов и научных положений диссертации**

Значимыми для теории и практики, с точки зрения оппонента, являются следующие результаты работы автора:

- математическое описание и результаты практических экспериментов процесса сушки технологического слоя рентгенозащитной лакокрасочной композиции в естественных условиях и с применением конвективного нагрева с точки зрения теоретических закономерностей кинетики высыхания твердого пористого тела.

- полученная рецептура рентгенозащитной лакокрасочной композиции и методика определения рентгенозащитных свойств с получением значений свинцового эквивалента.

- технология формирования рентгенозащитного лакокрасочного покрытия на древесной подложке.

### **Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Основные выводы и рекомендации, сформулированные автором в диссертации, базируются на огромном теоретическом и экспериментальном материале, накопленном более чем за четверть века исследований. Удовлетворительное совпадение экспериментальных и расчетных данных, применение современных методов исследования, включая компьютерное моделирование, обработку растровых изображений, проведенную экспертную оценку по ряду свойств объекта исследования подтверждают достоверность полученных результатов. Выводы по работе нашли экспериментальное подтверждение и не противоречат общеизвестным научным положениям.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций подтверждается также соответствующим числом публикаций и апробацией результатов работы на конференциях и других научных мероприятиях различного уровня.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Диссертация написана на высоком научно-техническом уровне, логично, доступным языком и оформлена в соответствии с требованиями ВАК и ГОСТ Р 7.0.11-2011. Структура изложения материала последовательна, соответствует теме диссертационного исследования.

Работа состоит из 179 страниц основного текста и включает в себя введение, шесть глав, заключение, содержащее выводы и рекомендации, библиографического списка из 118 наименований отечественных и зарубежных источников, 28 приложений (на 32 страницах приведены результаты промежуточных расчетов, результаты апробаций и акты внедрения). В работе содержатся 57 рисунков, 55 таблиц. Общий объем диссертации составляет 213 страниц машинописного текста. Содержание и последовательность глав логичны и достаточны для достижения цели и задач, поставленных автором для решения вопросов разработки и формирования рентгенозащитного лакокрасочного покрытия на древесной подложке.

## Анализ содержания и оформления работы

Во введении обоснована актуальность темы и приведена степень ее работанности, сформулирована цель, предмет и объект исследования, научная новизна, научная и практическая значимость работы, методы исследования, методы исследований, научные положения, выносимые на защиту, степень достоверности результатов и апробация результатов работы. Содержатся данные о месте проведения работы, структуре и объеме диссертации.

В первой главе автором достаточно полно представлен проведенный по литературным источникам анализ защитных отделочных материалов. Рассмотрен вопрос механизма ослабления рентгеновского излучения, поведение рентгенозащитных материалов в процессе воздействия проникающих видов волн и приведены требования, предъявляемые к ним. Выводы по данной главе логически вытекают из текста и составляют основу для постановки задач научных исследований.

Дано обоснование необходимости разработки рентгенозащитной лакокрасочной композиции как замыкающей в линейке разработанных в ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» плитных материалов с защитными свойствами (Фанотрен, Плитотрен). Выбор в качестве компонентов состава композиции сульфата бария, вододисперсионной акриловой краски и разбавителя – воды, безусловно доказывает не только наличие защитных свойств такого излучения, как рентгеновское, но и решает вопросы экологичности и безопасности разработанного лакокрасочного материала со специфическими свойствами.

Анализ состояния вопроса позволил четко сформулировать цель и задачи исследования.

### Замечания по главе:

1. Подробно приведены общеизвестные основы физики рентгеновского излучения и основные положения теории ослабления данного вида проникающих волн.
2. Недостаточно рассмотрен вопрос поведения акриловых пленкообразователей под воздействием проникающих электромагнитных волн, и, как следствие, непонятны преимущества при выборе его в качестве пленкообразователя (связующего) в составе рентгенозащитной композиции.

Во второй главе представлено обоснование применения теоретических закономерностей кинетики сушки твердого пористого тела для прогнозирования времени полного высыхания рентгенозащитного лакокрасочного покрытия: данные закономерности работают для рецептуры экспериментальных составов, в которых количество минерального наполнителя является максимально возможным для введения и обеспечения технологической вязкости, а сам процесс высыхания является «физическим». Получены теоретически рассчитанные временные диапазоны отверждения покрытия при естественной и конвективной сушке технологического слоя, проведены исследования экспериментальные, которые удовлетворительно подтвердили механизм высыхания покрытия и прогнозирование времени его высыхания, а также необходимость интенсификации процесса сушки для сокращения времени производственного процесса.

Замечания по главе:

1. На основании чего был сделан вывод, что рентгенозащитное лакокрасочное покрытие по своей структуре является твердым «пористым» телом? О каком именно виде пористости идет речь и как это влияет на технологические свойства рентгенозащитной композиции и покрытия на ее основе?
2. Почему для интенсификации процесса сушки была выбрана температура режима  $T=60^{\circ}\text{C}$ ? Рассматривались ли другие температурные параметры в процессе проведения исследований?

В третьей главе приведены характеристики используемых в работе материалов, подробно представлены методики проведения экспериментов и обработки полученных экспериментальных данных. Все данные одно- и многофакторных экспериментов обработаны методами математической статистики с использованием современных прикладной программы MS Excel и среды MathCad. Для обработки полученных регрессионных моделей выбраны метод обобщенного приведенного градиента, для решения компромиссной задачи использован метод условного центра масс. Проверка однородности дисперсии опытов проводилась по критерию Кохрена, значимость коэффициентов уравнения регрессии оценивалась критерием Стьюдента, адекватность модели – критерием Фишера. Все перечисленные методы являются классическими для оценки качества проведения эксперимента и оценки достоверности результатов. Интересным методом оценивалась степень согласованности мнений группы экспертов с помощью коэффициента конкордации

Кендалла при определении некоторых свойств рентгенозащитного лакокрасочного покрытия.

Замечания по главе:

1. Большое внимание уделено описанию стандартных методик определения свойств рентгенозащитной лакокрасочной композиции и покрытия на ее основе.

В четвертой главе рассмотрены вопросы разработки рецептуры РЗ ЛКК и определения ее свойств. Для определения оптимальной рецептуры композиции постановку эксперимента осуществляли по плану ВЗ (Бокса). По результатам статистической обработки полученных экспериментальных данных построены регрессионные модели для различных режимов облучения и толщин покрытия 1, 2 и 3 мм образцов. Выполнены графические интерпретации полученных результатов свинцового эквивалента при анодном напряжении 100 кВ. Были заданы целевые функции и решена задача оптимизации. В результате решения компромиссной задачи получен состав рентгенозащитной лакокрасочной композиции с рациональной рецептурой, который обеспечивает наличие защитных свойств при продолжительности высыхания, приемлемой для организации технологического процесса.

Замечания по главе:

1. Почему был выбран метод обобщенного приведенного градиента (ОПГ) для нахождения оптимального состава разработанной композиции? Где в тексте работы приведены результаты поиска оптимального решения?
2. Для анализа смесей используются специальные планы эксперимента «состав-свойство», которые учитывают процентное соотношение компонентов в смеси и в сумме дают 100%, что невозможно получить при использовании планов типа ВЗ (Бокса), т.к. в них задействованы независимые переменные.
3. Для оценки показателей рентгенозащитных свойств покрытия использовался метод обработки цифровых растровых изображений как прикладной. Почему не использовались традиционные методики определения свинцового эквивалента для защитных материалов?

В пятой главе представлены результаты экспериментальных исследований по оценке свойств рентгенозащитного лакокрасочного покрытия, в т.ч. и на древесной подложке. Свойства проверялись для образцов покрытия, сформированного естественной и конвективной сушкой. Сравнение полученных показателей по ряду свойств позволило автору работы сделать вывод о положительном влиянии конвективной сушки на технико-эксплуатационные свойства покрытия.

На основании полученных результатов в соответствии с ГОСТ 33095–2014 «Покрытия защитно-декоративные на мебели из древесины и древесных материалов. Классификация и обозначение» покрытию присвоено обозначение покрытие рентгенозащитное на основе ВДАК – П. Н. ЗП. М. 6 С.

Замечания по главе:

1. Почему при определении стойкости покрытия к УФ-излучению для аппарата искусственной погоды был выбран цикл без орошения, ведь эксплуатация рентгенозащитных изделий подразумевает систематическую влажную уборку и обработку дезактивирующими составами?
2. При оценке адгезионных свойств покрытия использовался метод экспертных оценок. Степень согласованности мнений группы экспертов была определена с помощью коэффициента конкордации Кендалла и имеет пороговое значение 51%. Почему не проведена повторная экспертная оценка или не использован другой метод оценки одного из важнейших свойств для лакокрасочных покрытий – адгезионной прочности?

В шестой главе приведены результаты оценки экономической эффективности внедрения в производство условного изделия с защитными свойствами, обеспечиваемыми рентгенозащитным лакокрасочным покрытием. Предложены технология формирования покрытия на древесной подложке вальцовым или вальцово-ракельным способом и планировочные решения участков отделки для двух вариантов технологического процесса: с интенсификацией отверждения покрытия и без нее.

Для экономических расчетов было определено условное изделие – рентгенозащитная панель. Установлено, что по своим рентгенозащитным свойствам и стоимости условное изделие способно конкурировать с материалами, которые широко применяются для этих целей в настоящее время. Ав-

тором работы сделан вывод о рекомендации использования интенсификации процесса сушки лакокрасочного покрытия для сокращения временных затрат на изготовление условного изделия и сокращения потребности в производственных площадях.

Замечания по главе:

1. В работе технология формирования покрытия рентгенозащитного покрытия не представлена в виде итогового варианта технологического режима, данные представлены вразброс.
2. Не затронут вопрос формирования защитного слоя покрытия на торцовых элементах или стыках в условном изделии для обеспечения единого фронта защиты. Соответственно, предложенные варианты технологического процесса не содержат операций по нанесению лакокрасочной композиции на кромки деталей.
3. Полученная рентгенозащитная лакокрасочная композиция максимально приближена к шпатлевочным составам или строительным смесям. Поверхности таких покрытий не всегда обеспечивают высокие показатели эстетических свойств. Рассматривались ли дополнительные варианты отделки полученного рентгенозащитного покрытия?

Общие выводы и рекомендации не противоречат друг другу и логично завершают работу.

В целом структура работы отражает логическую связь глав диссертации, имеет внутреннее единство, ее оформление соответствует требованиям ВАК, указанные замечания не снижают общую научной и практической значимости.

### Заключение

Диссертация Шишкиной Светланы Борисовны на тему «Формирование рентгенозащитного лакокрасочного покрытия на древесной подложке» является законченным научным трудом, выполненным автором самостоятельно на достаточно высоком уровне.



Диссертационное исследование выполнено на актуальную тему, отличается новизной и практической значимостью.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Опубликованные автором научные статьи соответствуют материалам, представленным в диссертации, и полностью отражают результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Указанные выше замечания не снижают общей высокой оценки представленной к защите диссертационной работы.

В диссертации приведены научные результаты, позволяющие квалифицировать ее как работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические разработки по созданию новой безопасной рентгенозащитной лакокрасочной композиции. Внедрение этих разработок позволяет внести вклад в повышение эффективности производства и расширения областей применения материалов с защитными свойствами.

Диссертационная работа, представленная на отзыв, соответствует требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024), предъявляемым к научно-квалификационной работе на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Шишкина Светлана Борисовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4 «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

03 июня 2024 г.

**Официальный оппонент**

Доктор технических наук, профессор, Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры древесинovedения и технологии деревообработки (научная специальность 05.21.05)

141005, Московская область,  
г. Мытищи-5,  
ул. 1-я Институтская, д. 1  
тел.89030054430

Рыбин Борис Матвеевич

e-mail: [rybin@mgul.ac.ru](mailto:rybin@mgul.ac.ru)

Адрес официального сайта в сети «Интернет»

<https://mf.bmstu.ru>

Личную подпись профессора Рыбина Б.М. за-  
веряю.

Директор



Санаев Виктор Геор-

гиевич

