

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И  
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ

На правах рукописи



Нигматуллина Динара Магафуровна

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
СПОСОБОМ ИХ ГЛУБОКОЙ ПРОПИТКИ ОГНЕБИОЗАЩИТНЫМИ  
СОСТАВАМИ

Специальность: 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность»  
(технические науки, отрасль строительство)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, доцент  
Сивенков Андрей Борисович

Москва – 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ, СНИЖЕНИЯ ЕЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ.....	15
1.1 Современные представления о физико-химических свойствах древесины.....	15
1.2 Особенности процесса горения древесины и пожарной опасности деревянных конструкций.....	21
1.3 Виды и способы огнезащиты для снижения пожарной опасности древесины, материалов и конструкций на ее основе.....	24
1.4 Особенности технологии и способы глубокой пропитки деревянных конструкций.....	31
1.5 Нормативное обеспечение применения деревянных конструкций в строительстве на территории Российской Федерации.....	40
1.6 Цель и задачи исследования.....	44
1.7 Выводы по первой главе.....	44
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	46
2.1 Объекты исследования.....	46
2.2 Методы исследования.....	48
2.2.1 Метод оценки прочности древесины на сжатие вдоль волокон.....	48
2.2.2 Метод оценки прочности древесины при статическом изгибе.....	52
2.2.3 Метод оценки прочности древесины при скалывании вдоль волокон.....	54
2.2.4 Методы оценки адгезии лакокрасочных покрытий на консервированной подложке.....	55
2.2.5 Метод оценки коэффициента теплопроводности строительных материалов.....	57

2.2.6	Метод по оценке огнезащитной эффективности составов и веществ для древесины по ГОСТ Р 53292-2009.....	58
2.2.7	Метод испытания строительных материалов на воспламеняемость по ГОСТ 30402-96.....	60
2.2.8	Метод определения индекса распространения пламени по поверхности материалов по ГОСТ 12.1.044-89 [140] (п. 4.19).....	61
2.2.9	Метод экспериментального определения коэффициента дымообразования твердых веществ и материалов по ГОСТ 12.1.044-89 (п. 4.18).....	62
2.2.10	Метод испытания на пожарную опасность строительных конструкций в соответствии с ГОСТ 30403-2012.....	63
2.3	Вспомогательное специализированное оборудование. Технологические установки, обеспечивающие пропитку пористых материалов под давлением.....	65
2.3.1	Оборудование для пропитки древесины способом вакуум-атмосферное давление (ВАД).....	65
2.3.2	Оборудование для пропитки древесины способом вакуум-давление (ВД)...	66
2.4	Выводы по второй главе.....	722
<b>ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБОКОЙ ПРОПИТКИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОГНЕБИОЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ НА ИХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....</b>		
3.1	Общая характеристика процесса глубокой пропитки древесины огнебиозащитными составами.....	73
3.2	Исследование влияния глубокой пропитки на физико-механические и теплофизические свойства древесины.....	788
3.2.1	Физико-механические свойства древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами.....	788

3.2.2 Исследование теплофизических характеристик древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами.....	822
3.2.3 Исследование влияния глубокой пропитки на адгезию лакокрасочных покрытий .....	844
3.3 Выводы по третьей главе.....	86
ГЛАВА 4 СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ГЛУБОКОЙ ПРОПИТКИ ОГНЕБИОЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ .....	877
4.1 Исследование эффективности огнебиозащитных систем.....	87
4.2 Исследование пожарной опасности древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами.....	900
4.3 Исследование пожарной опасности деревянных конструкций с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами.....	977
4.4 Выводы по четвертой главе.....	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	114
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	116
Приложение А. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОГНЕБИОЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ.....	134
Приложение Б. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНОГО МАТЕРИАЛА.....	162
Приложение В. ПРОТОКОЛЫ ИСПЫТАНИЙ НА БИОСТОЙКОСТЬ ПО ГОСТ 30028.4.....	188
Приложение Г. АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ.....	195



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Древесина – уникальный природный композиционный материал, занимающий по своему применению лидирующие позиции в различных отраслях промышленности и народного хозяйства. Она обладает такими положительными качествами, как легкость механической обработки, гидролитическая устойчивость и декоративность. По своим физико-механическим свойствам, соотношению показателя прочности к массе, древесина может уступать только синтетическим полимерным материалам.

Несущие и ограждающие деревянные конструкции (ДК) благодаря своим положительным эксплуатационным качествам традиционно находят свое широкое применение в строительстве зданий и сооружений различного функционального назначения. Несмотря на это, древесине присущи такие недостатки как гигроскопичность, анизотропность, подверженность к биологическому поражению, что значительно снижает срок службы ДК, а также высокая пожарная опасность.

В настоящее время тенденции развития сферы деревянного домостроения формируют необходимость поиска путей повышения их качества, обеспечения пожаробезопасности строительных конструкций, а также здания или сооружения в целом. Эти тенденции охватывают направление деревянного домостроения в рамках национального проекта «Жилье», а также государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации». В 2016 и 2017 годах вопрос развития данного направления наиболее активно обсуждался в средствах массовой информации и получил государственную поддержку в рамках развития стратегического направления строительства объектов с применением древесины в качестве основного конструкционного материала.

В соответствии с тенденциями развития деревянного домостроения в Российской Федерации в период до 2020 года строительство зданий и сооружений

из древесины должно возрасти на 20 – 25 %. Во многом этому способствует разработка эффективных технологий в области деревообработки и повышения долговечности деревянных конструкций. Эти работы активно проводились на протяжении последних десятилетий в СССР, России, странах СНГ и за рубежом.

Одним из центральных вопросов при использовании деревянных конструкций в строительстве является обеспечение требуемых показателей по пожарной опасности и огнестойкости. В соответствии со ст. 58 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 года огнестойкость и класс пожарной опасности строительных конструкций должны обеспечиваться за счет их конструктивных решений, применения соответствующих строительных материалов, а также использования средств огнезащиты. Строительство зданий и сооружений с применением индустриальных ДК, а также современные тенденции требуют достижения соответствующего класса их пожарной опасности с обеспечением требуемых показателей по огнестойкости. Исходя из анализа проведенных исследований и огневых испытаний получение данных результатов возможно только при использовании конструктивных видов огнезащиты, применения вспучивающихся огнезащитных материалов и способов глубокой пропитки огнезащитными составами. Все эти виды огнезащиты имеют как свои преимущества, так и недостатки, что не позволяет в полной мере решать комплексную задачу применения ДК в строительстве с учетом безопасности, долговечности и технологичности.

Наиболее предпочтительно с точки зрения обеспечения комплекса эксплуатационных и пожаробезопасных характеристик является применение вспучивающихся прозрачных огнезащитных лаковых покрытий и способов глубокой пропитки деревянных конструкций. В случае применения вспучивающихся огнезащитных покрытий возможно значительное снижение пожарной опасности ДК, однако при этом в должной мере не обеспечивается их биостойкость. Как правило, в данном случае рассматривается проблема биологической стабильности самих покрытий путем введения в их состав

различных консервантов. Для обеспечения эффективной биостойкости необходимо осуществление процесса направленной модификации лигноуглеводной части древесного комплекса. С этих позиций решение рассматриваемой научной проблемы можно успешно решить только с использованием способов глубокой пропитки огнебиозащитными составами (ОБЗС), обладающих эффективностью в снижении пожарной опасности деревянных конструкций и повышении стойкости древесины к действию различных видов биологических повреждений. При этом, особое внимание должно уделяться сохранению комплекса эксплуатационных характеристик конструкций из древесины, которые обеспечивают устойчивость и конструкционную безопасность эксплуатации зданий и сооружений с применением ДК.

#### **Степень разработанности темы исследования.**

На протяжении прошлого столетия в СССР проводились фундаментальные исследования по изучению различных способов консервации древесины с целью улучшения эксплуатационных характеристик и срока службы деревянных изделий и элементов конструкций. Особенную значимость данные исследования получили в таких сферах как строительство, деревообработка, железнодорожный транспорт, телеграфное агентство, а также судостроение. Большой вклад в развитие данного направления внесли такие видные отечественные и зарубежные ученые как: Баракс А.М., Беленков Д.А., Борщевский А.Н., Вакин А.Т., Ванин С.И., Варфоломеев Ю.А., Герценштейн В.И., Горшин С.Н., Григорьев А.Ф., Ермолин В.Н., Сапожников А.В., Стенина Е.И., Максименко Н.А., Миллер В.В., Никифоров Ю.Н., Расев А.И., Серговский П.С., Хмелев В.Н., Chow S.Z., Nagano M., Richardson B.A., Simens S., Williams G. Работы этих ученых положили свое начало развитию исследований в этом направлении с конца XIX и начала XX века. В результате этих исследований разработаны теоретические основы повышения долговечности ДК с созданием широкого круга препаратов комплексного действия (антипирены, антисептики, биоциды и т.д.). Многие из

них производятся в промышленных условиях и рекомендованы к применению действующей нормативно-технической документацией.

Особое значение при консервации древесины играет возможность значительного снижения горючести древесного материала. Это достигается использованием так называемых универсальных огнебиозащитных препаратов, способных обеспечить как долговечность древесины, так и повысить ее устойчивость к воздействию пожара. Задача в подобной постановке решалась такими учеными как: Асеева Р.М., Балакин В.М., Кобелев А.А., Кодолов В.И., Леонович А.А., Мельников Н.О., Никифорова Т.П., Орлова А.М., Покровская Е.Н., Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Тычино Н.А., Таубкин С.И., Dyer J.A., Vandersall H.L. и многими другими.

Несмотря на то, что более глубокое проникновение пропиточных составов в структуру древесины должно обеспечивать гарантированную огнебиозащиту ДК, способы глубокой пропитки применяются менее активно по сравнению с поверхностной пропиткой древесины. Это обусловлено, прежде всего, экономической целесообразностью и трудоемкостью процесса глубокой пропитки. Кроме этого, по результатам немногочисленных работ в области огнезащиты древесины путем глубокой пропитки антипиренами, показано снижение эксплуатационных характеристик ДК, ухудшение их декоративности и сложность обеспечения высоких показателей биостойкости и долговечности. По этой причине развитие данного направления консервации ДК антипиренами в последние десятилетия фактически не происходило. Не определены перспективы возможности применения способов глубокой пропитки древесины огнебиозащитными составами для снижения пожарной опасности деревянных конструкций. Тем не менее, развитие деревянного домостроения и современные тенденции в этой сфере определяют повышенные требования к показателям пожарной опасности и огнестойкости ДК, а также решение комплексной задачи по обеспечению их биостойкости, долговечности и пожаробезопасности. Отсутствие научных исследований в этом направлении определяют актуальность настоящей диссертационной работы.

**Цель работы** – снижение пожарной опасности деревянных конструкций способом их глубокой пропитки огнебиозащитными составами с сохранением эксплуатационных показателей и долговечности ДК.

**Указанная цель предопределила следующие задачи исследования:**

– провести теоретические исследования по применению способов глубокой пропитки огнебиозащитными составами для древесины, обосновать выбор и применение ОБЗС, а также режимов пропитки для снижения пожарной опасности деревянных конструкций;

– установить технологические параметры и характеристики ОБЗС, оказывающие влияние на пожарную опасность, огнестойкость и другие эксплуатационные показатели ДК;

– исследовать характеристики пожарной опасности элементов ДК с импульсной глубокой пропиткой различными видами ОБЗС;

– провести огневые испытания по определению класса пожарной опасности ограждающих ДК с импульсной глубокой пропиткой различными видами ОБЗС.

**Объект исследования:** огнебиозащита деревянных конструкций.

**Предмет исследования:** эффективность импульсной глубокой пропитки древесины ОБЗС в снижении пожарной опасности деревянных конструкций, а также ее влияние на комплекс эксплуатационных характеристик ДК.

**Научная новизна работы:**

– впервые решена научная задача эффективного снижения пожарной опасности ДК способом импульсной глубокой пропитки ОБЗС с сохранением эксплуатационных показателей;

– установлена возможность сохранения и повышения физико-механических показателей деревянных конструкций с использованием импульсной глубокой пропитки огнебиозащитными составами и достижением требуемых показателей по пожарной опасности и биостойкости материалов и конструкций из древесины;

– показано влияние расходов сухого вещества и видов огнебиозащитных составов на теплопроводность древесного материала с импульсной глубокой пропиткой;

– экспериментально установлено, что введение ОБЗС в структуру древесины позволяет перевести ее в группу материалов с малой дымообразующей способностью, с умеренной воспламеняемостью и нераспространяющих пламя по поверхности материалов, а также значительно снизить величину теплового эффекта и степень термического повреждения при огневых испытаниях по оценке класса пожарной опасности ДК;

– доказано, что применение импульсной глубокой пропитки способствует снижению интенсивности процесса обугливания и температурного прогрева конструкции, что должно положительно сказаться на повышении огнестойкости ДК.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы заключается:**

– в возможности применения полученных математических зависимостей, характеризующих интенсивность прогрева конструкций, для прогнозной оценки предела огнестойкости ДК с импульсной глубокой пропиткой ОБЗС;

– в получении комплекса экспериментальных значений показателей пожарной опасности ДК с импульсной глубокой пропиткой ОБЗС для моделирования динамики развития пожара, оценки нарастания опасных факторов пожара (ОФП) в зданиях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности;

– в установлении технологических режимов импульсной глубокой пропитки различными видами ОБЗС для достижения требуемых показателей пожарной опасности деревянных конструкций и сохранением эксплуатационных показателей ДК;

– в получении значений скоростей обугливания, параметров воспламенения, данных по прогреву в условиях огневых испытаний деревянных конструкций с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами для использования в расчете огнестойкости ДК;

– в значительном снижении пожарной опасности и достижении класса пожарной опасности деревянных конструкций (К1, К2) с глубокой импульсной пропиткой огнебиозащитными составами с установлением оптимальных

параметров этого процесса, а также с использованием комбинированных способов огнебиозащиты.

**Методология и методы исследования.** Поставленные задачи решались путем теоретических и экспериментальных исследований. Основу теоретических исследований составлял анализ отечественных и зарубежных работ, посвященных изучению поведения ДК в условиях пожара, а также методы математического моделирования с применением программных комплексов *Excel*, выявления закономерностей, описания и обобщения. Экспериментальные исследования включали в себя применение комплекса физических и стандартных пожарно-технических методов исследований.

**Практическая значимость работы подтверждена использованием результатов исследования при:**

– обеспечении требуемых показателей пожарной опасности зданий и сооружений с деревянными конструкциями на предприятии ООО «Ловин-огнезащита» (г. Москва);

– обеспечении требуемых показателей пожарной опасности древесины и деревянных конструкций путем импульсной пропитки огнебиозащитным составом марки «Аммафон» на предприятии ООО «Нитон» (г. Екатеринбург);

– включении комплекса экспериментальных значений показателей пожарной опасности деревянных конструкций с импульсной глубокой пропиткой огнебиозащитными составами в базу характеристик горючих нагрузок *FireCategories* – расчет категорий, *FIM*-интегральная модель пожара, *PyroSim* – полевая модель пожара, предназначенных для моделирования опасных факторов пожара и расчета пожарного риска в зданиях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности;

– получении ДК с импульсной глубокой пропиткой огнебиозащитными составами на производственной базе ООО «Лесопереработка» для строительства объектов деревянного домостроения (Свердловская область, г. Березовский, пос. Монетный);

– подготовке учебно-методических материалов и фондовых лекций «Средства защиты древесины» по дисциплинам «Технология и оборудование защитной обработки древесины», «Теория, техника и технология защиты древесины» в Уральском государственном лесотехническом университете;

– чтении курса лекций «Поведение деревянных конструкций в условиях пожара» и «Пожарная опасность древесины и материалов на ее основе» по дисциплине «Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре», а также при написании учебно-методических материалов по данной дисциплине в Академии государственной противопожарной службы МЧС России.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

– обоснование выбора технологических режимов глубокой пропитки различными видами ОБЗС для достижения требуемых показателей пожарной опасности древесины и ограждающих деревянных конструкций;

– оценка влияния способа глубокой импульсной пропитки элементов деревянных конструкций различными видами огнебиозащитных составов на физические, теплофизические и физико-механические показатели древесины;

– результаты оценки влияния импульсной глубокой пропитки деревянных конструкций различными видами ОБЗС на их эффективность, биостойкость и устойчивость к старению, а также адгезию лакокрасочных покрытий к поверхности ДК с огнебиозащитой;

– влияние способа импульсной глубокой пропитки древесины различными видами огнебиозащитных составов на пожарную опасность элементов ДК. Эффективность комбинации различных способов огнезащиты для достижения высокого эффекта в снижении пожарной опасности ДК и повышения их биостойкости;

– полученный комплекс экспериментальных значений показателей пожарной опасности ограждающих деревянных конструкций с глубокой импульсной пропиткой огнебиозащитными составами;



– результаты экспериментальной оценки пожарной опасности деревянных конструкций с импульсной глубокой пропиткой различными огнебиозащитными составами в соответствии с ГОСТ 30403-2012.

**Степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:**

– использованием стандартных пожарно-технических и физических методов исследования в аккредитованных и научно-исследовательских лабораториях Академии ГПС МЧС России, Уральского лесотехнического университета и АНО по сертификации «Электросерт» с использованием сертифицированного, аттестованного и поверенного оборудования;

– достаточной точностью методов и средств измерения;

– выбором параметров и критериев, позволяющих сравнивать теоретические и экспериментальные данные;

– соответствием методик проведения огневых испытаний реальным условиям работы ограждающих деревянных конструкций;

– внутренней непротиворечивостью полученных данных.

**Апробация результатов работы.** Основные положения проведенных исследований были доложены и обсуждены на следующих конференциях и семинарах: Всероссийской научной конференции и школы молодых ученых «Системы обеспечения техносферной безопасности», г. Таганрог (2015); VI международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», Кокшетауский технический институт МЧС Республики Казахстан, г. Кокшетау, Республика Казахстан (2015); 24-й международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2015», г. Москва (2015); V международной научно-практической конференции молодых ученых «Проблемы техносферной безопасности – 2016», г. Москва (2016); Дни науки «Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации» в ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург (2016); VII Международной научной конференции «Композит-2016» «Перспективные

полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология», г. Энгельс (2016); 25-й международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2016», г. Москва (2016); научно-практической конференции «Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности» в ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург (2016); VIII международной конференции «Полимерные материалы пониженной горючести», г. Алматы, Республика Казахстан (2017); Международной научной конференции «Молодые исследователи – регионам» г. Вологда (2017); XXX международная научно-практическая конференция «Горение и проблемы тушения пожаров», г. Балашиха, ВНИИПО МЧС России (2017).

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в виде 18 статей и докладов, в том числе 5 научных статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 153 наименований и 4 приложений. Работа изложена на 201 странице машинописного текста, содержит 33 рисунка и 14 таблиц.

# **ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ, СНИЖЕНИЯ ЕЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

## **1.1 Современные представления о физико-химических свойствах древесины**

Древесина – строительный конструкционный материал известный человеку с древнейших времен, который обладает целым комплексом уникальных свойств определяющих его высокую востребованность в строительстве, в том числе в современном мире, несмотря на развитие технологий производства новых технологичных материалов и конструкций. К главным преимуществам древесины относятся: легкость, прочность, простота механической обработки, высокие теплоизоляционные характеристики. Кроме того, древесина является возобновляемым природным ресурсом, в отличие от различного рода материалов минерального происхождения.

Вместе с тем, у деревянных конструкций имеются и значительные недостатки, серьезно ограничивающие возможности их применения в строительстве – низкая устойчивость к воздействию дереворазрушающих грибов и микроорганизмов (биостойкость) и высокая пожарная опасность, что определяет задачи поиска эффективных путей комплексной защиты с одновременным обеспечением сохранения положительных свойств, в том числе декоративных характеристик древесины.

Решение указанных задач возможно, фактически, только методами обработки, обеспечивающих глубокое проникновение в структуру древесины средств и воздействующих на древесный композит на уровне химического взаимодействия с его компонентами.

С химической точки зрения древесина представляет собой сложный природный композиционный материал, включающий полимерные, олигомерные и низкомолекулярные компоненты.

Структурообразующими высокомолекулярными компонентами древесины являются целлюлоза (в хвойных породах до 50 %), лигнин (до 30 %) и гемицеллюлоза (до 25 %). Кроме того, древесина содержит экстрактивные вещества. Часть веществ составляет внутреннее содержание клеток, другие – входят в состав клеточных стенок, некоторая их часть заполняет межклеточное пространство. Целлюлоза, являясь основным компонентом клеточных стенок, во многом определяет строение и свойства древесины [1]. Целлюлоза отвечает за механические характеристики древесины и придает способность древесным клеткам сопротивляться, например, усилию разрыва.

Целлюлоза представляет собой наиболее распространенный в природе полисахарид, имеющий эмпирическую брутто формулу  $(C_6H_{10}O_5)_n$  [2]. Имея

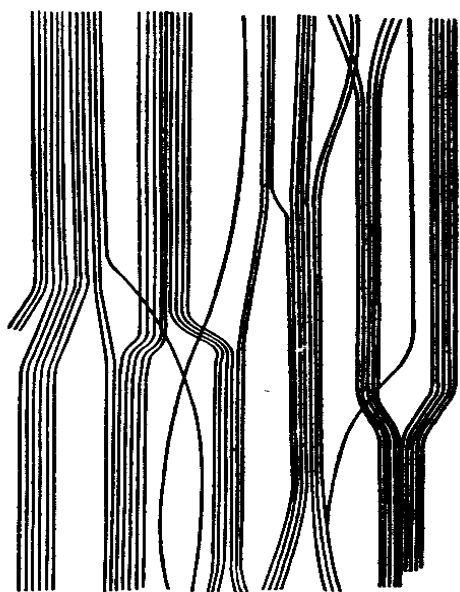


Рисунок 1.1 – Схема группировки целлюлозных молекул в мицеллы и мицеллярные ряды внутри микрофибрилл [3]

волокнистое строение, целлюлоза образует каркас стенок древесной клетки, формируя нитевидные микрофибриллы, а гемицеллюлозы, лигнин и пектин образуют бесформенное вещество, которое заполняет пространство между ними. Целлюлозная масса формирует, прежде всего, тонкую структуру оболочек. Внутри микрофибрилл молекулы целлюлозы собираются в мицеллярные ряды (рисунок 1.1) [3].

При этом мицеллы, составляющие мицеллярные ряды [4], могут включать до 60 молекул целлюлозы и достигать в длину 40-60 нм, при толщине до 5 нм [3, 5].

Микрофибриллы, характеризующиеся диаметром 20...30 мкм, в свою очередь формируют фибриллы. В элементарные фибриллы вода не проникает [3, 6].

Целлюлоза характеризуется неоднородным строением, что определяет анизотропность свойств всего комплекса клеточных оболочек и древесного вещества в целом [3], включая неоднородность прочностных характеристик и пропитываемости, имеющие максимальные значения поперек волокон и минимальные в поперечном направлении.

Межмицеллярные пространства в клеточных оболочках заполнены коллоидными веществами, одним из которых, является лигнин. Лигнин – обобщающее понятие для веществ, насыщающих целлюлозные клеточные оболочки и вызывающих их одревеснение. Лигнин ограничивает гидрофильные свойства клеток, так как обладает слабой влагоемкостью и пониженной набухаемостью, что позволяет лигнифицированным тканям выполнять роль проводящих путей через все растение [7], которые в целом не являются основными для обеспечения проницаемости древесины [8].

Исходя из вышеизложенного, на проникновение пропиточных растворов в стенки древесных клеток влияет лигнин, сопровождающий целлюлозу и заполняющий межмицеллярные пространства. В связи с хаотичностью внутренней системы межмицеллярных пространств, процесс переноса жидкостей по ней не интенсивен. Важную роль в продвижении растворов вглубь древесины играют постоянные макрокапилляры – полости трахеид и окаймленные поры, посредством которых клетки сообщаются между собой [3].

С точки зрения химических свойств целлюлоза характеризуется поведением свойственным для высокомолекулярных соединений (ВМС). Благодаря наличию гидроксильных групп и редуцирующих звеньев целлюлоза имеет высокую чувствительность к действию окислителей [1]. В связи с этим она содержит в ограниченном количестве карбонильные и карбоксильные группы. Окисление функциональных групп применяется для модифицирования целлюлозы, а

окисление концевых альдегидных групп повышают устойчивость целлюлозы к деполимеризации в щелочной среде.

На реакционную способность функциональных групп значительное влияние оказывают водородные связи [1], которые определяют не только физическую структуру. Высокая энергия когезии приводит к отсутствию температуры плавления и определяет не способность целлюлозы переходить в вязкотекучее состояние. Быстрое нагревание древесины приводит к дефрагментации молекул целлюлозы – к процессам деполимеризации и деструкции. По этой же причине целлюлоза не растворима в воде, спирте, эфире, ацетоне, слабых (разбавленных) кислотах и большинстве органических растворителей, что является причиной затруднения протекания ее реакций. Целлюлоза растворяется в концентрированных серной (62 – 78 %), фосфорной (более 83 %), сверхконцентрированной соляной и трифторуксусной кислотах. Быстрое и полное растворение целлюлозы происходит при взаимодействии с аммиачным раствором гидроксида тетраамин меди (II). При взаимодействии с концентрированными кислотами происходит интенсивный гидролиз [2]. Состав получаемых веществ в значительной степени зависит от времени воздействия кислот и температуры [9]. При нормальной температуре компоненты древесины устойчивы к гидролизу разбавленными кислотами. С увеличением температуры в первую очередь повышается скорость гидролиза основной части гемицеллюлоз [10, 11].

Слабые растворы едких щелочей не действуют на целлюлозу. При взаимодействии целлюлозы с концентрированными растворами гидроксидов и алкоксидами щелочных металлов, происходят химические, физико-химические и структурные изменения. В результате химических реакций образуется щелочная целлюлоза, физико-химические процессы приводят к сильному набуханию и даже частичному растворению низкомолекулярной целлюлозы, изменению степени ее кристалличности [1].

Амины и органические основания, широко используемые при производстве огнебиозащитных средств для древесины, в основном не вступают в непосредственное взаимодействие с целлюлозой, но приводят к ее разрыхлению и

повышению доступности функциональных групп к действию других реагентов [11].

Все комплексные растворители вступают с целлюлозой в химическую реакцию, однако механизмы химических взаимодействий, которые приводят к растворению целлюлозы, еще полностью не изучены [1, 2].

Присутствие в макромолекуле целлюлозы гликозидных связей между элементарными звеньями обуславливает низкую устойчивость целлюлозы к воздействию водных и спиртовых растворов кислот, а также воды при высокой температуре [2].

В присутствии кислорода, при повышенных температурах, окисление целлюлозы может происходить вплоть до диоксида углерода и воды. Состав конечных продуктов в значительной степени зависит от кислотности среды.

Разложению целлюлозы, без пламенного горения, способствуют кислые катализаторы и соединения, которые образуются под воздействием тепловых потоков кислоты. Полной дегидратации макромолекул целлюлозы достичь сложно. Наиболее эффективным катализатором является кислота Льюиса или она должна формироваться из огнезащитного состава при температуре ниже температуры горения древесины [12].

Углеводная часть древесины помимо целлюлозы включает близкие к ней по химическому составу гемицеллюлозы, которые выполняют роль структурных компонентов клеточных стенок. Обладая меньшей молекулярной массой гемицеллюлозы отличаются большей реакционной способностью, чем целлюлоза.

Гемицеллюлозы хвойных пород имеют сложный состав полисахаридов.

Реакционноспособность гемицеллюлоз, как и других полисахаридов, определяется гидроксильными функциональными группами.

На растворимость гемицеллюлоз значительное влияние оказывает наличие связей с лигнином и локализация гемицеллюлоз в клеточной стенке [2]. Они не растворимы в воде и в органических растворителях, которые применяют для извлечения экстрактивных веществ. Однако растворяются в водных растворах

щелочей и, легко гидролизуются, т.к. подвержены воздействию разбавленных минеральных кислот.

Ароматическая часть древесины – лигнин, представляет собой смесь полимеров [1, 2], точное строение которых до сих пор не установлено.

Будучи распределенным между микрофибриллами, и частично проникая в них, он выполняет роль полимерной матрицы (связующего) обеспечивая твердость и жесткость.

По сравнению с целлюлозой лигнин характеризуется большей реакционной способностью по отношению к неорганическим кислотам и щелочам, которые обычно используют при его выделении. При воздействии на лигнин сернистой кислотой или раствором едкого натра способен переходит в раствор.

Лигнин имеет хорошую растворимость в спиртах. Процесс взаимодействия спиртов и фенолов с лигнином интенсифицируется в присутствии кислых катализаторов [11].

При нагреве лигнин приобретает свойства пластичности и может разлагаться с выделением различных фенол содержащих соединений.

При нагревании в присутствии сильных окислителей лигнин может подвергаться частичной деполимеризации с образованием карбонил- и карбоксилпроизводных [10].

На эксплуатационные свойства древесины значительное влияние оказывает так же содержание смолянистых веществ, особенно много их содержится в хвойных породах. Так, по данным К. Н. Короткова [13], содержание смол в сосне составляет 6,4, в ели 1,9, в березе 1,2 % от веса абсолютно сухой древесины. По виду и составу смолы подразделяются на три группы: собственно, смолы в твердом виде, бальзамы или жидкие смолы и камеди, которые содержат растворимые в воде гуммиобразные вещества и дают коллоидные растворы клеящего типа.

Смолы хорошо растворяются в спирте, ацетоне и водных растворах щелочей. При нагревании они способны переходить в вязкотекучее состояние, твердея при охлаждении.



Массовая доля экстрактивных веществ в древесине обычно не превышает 3-4 %. Данный класс веществ отличается высокой растворимостью в различных растворителях, они легко удаляются из древесины и с точки зрения оценки физико-химических и противопожарных свойств древесины практического интереса не представляют [12].

Таким образом, резюмируя результаты анализа физико-химических свойств древесины можно констатировать, что основные ее компоненты практически не подвергаются воздействию слабых кислот и щелочей в нормальных условиях, что позволяет использовать широкий класс соединений в составе средств огнебиозащиты. В то же время с повышением температуры реакционная способность функциональных групп целлюлозы и лигнина оказываются более подвержены химическим превращениям, в частности применение кислот или кислотообразующих соединений позволяет повысить выход продуктов полного разложения (воды и углекислого газа). Кроме этого, повышенная реакционная способность древесины в условиях термического нагрева позволяет говорить о необходимости подбора функциональных добавок способных влиять на механические и физико-химические свойства образующегося угольного слоя.

## **1.2 Особенности процесса горения древесины и пожарной опасности деревянных конструкций**

Одной из важнейших областей применения древесины с древнейших времен было ее использование в качестве топлива для обогрева и освещения, а позже и для получения энергии. С другой стороны, древесина традиционно относится к наиболее востребованным строительным отделочным и конструкционным материалам, где ее способность гореть способствует возникновению и развитию пожаров, носящих наиболее разрушительный характер и зачастую сопровождающихся большим числом травмированных и погибших, а так же

приводит к значительным материальным потерям. Одним из наиболее резонансных пожаров, произошедших в последние годы, является пожар в г. Ростов-на-Дону летом 2017 года, уничтоживший более 100 домов и приведший к гибели 1 человека и травмированию еще 58 человек [14].

Все это обуславливает значительный интерес ученых к исследованию особенностей поведения древесины в условиях термического нагрева и горения, как с точки зрения интенсификации данного процесса, повышения его эффективности через обеспечение полноты протекания реакции горения, так и с точки зрения снижения ее горючести, воспламеняемости, способности к дымообразованию и образованию токсичных продуктов неполного термического разложения. Вместе с тем, детально механизм и кинетика процесса в настоящее время остаются изученными не до конца [15].

Горение древесины представляет собой сложный физико-химический процесс, который в зависимости от условий может протекать по различным механизмам. В общем виде выделяется несколько стадий в процессе термического разложения древесины. Первая стадия характеризуется удалением свободной и связанной влаги, с максимумом в районе 100 °С. При температурах в диапазоне 225 – 325 °С происходит разложение гемицеллюлоз, а при 325 – 375 °С разлагается целлюлоза. Наиболее термостабильным компонентом является лигнин, его разложение происходит постепенно, вплоть до 500 °С [16].

Окислительная деструкция древесины включает две последовательные стадии – термического разложения компонентов и окисления образующегося кокса. В обоих случаях процесс сопровождается выделением значительного количества тепла.

При этом в зависимости от скорости протекания реакции окисления, соотношения скоростей тепловыделения и теплопотерь разложение древесины может протекать без возникновения горения, когда интенсивность термоокислительного процесса определяется только величиной внешнего теплового потока. При превышении скорости выделения тепла над скоростью

теплопотерь из зоны реакции процесс окисления переходит в режим тлеющего или пламенного горения.

На рисунке 1.2 представлена принципиальная схема физико-химических превращений при пламенном горении древесины [15, 17].

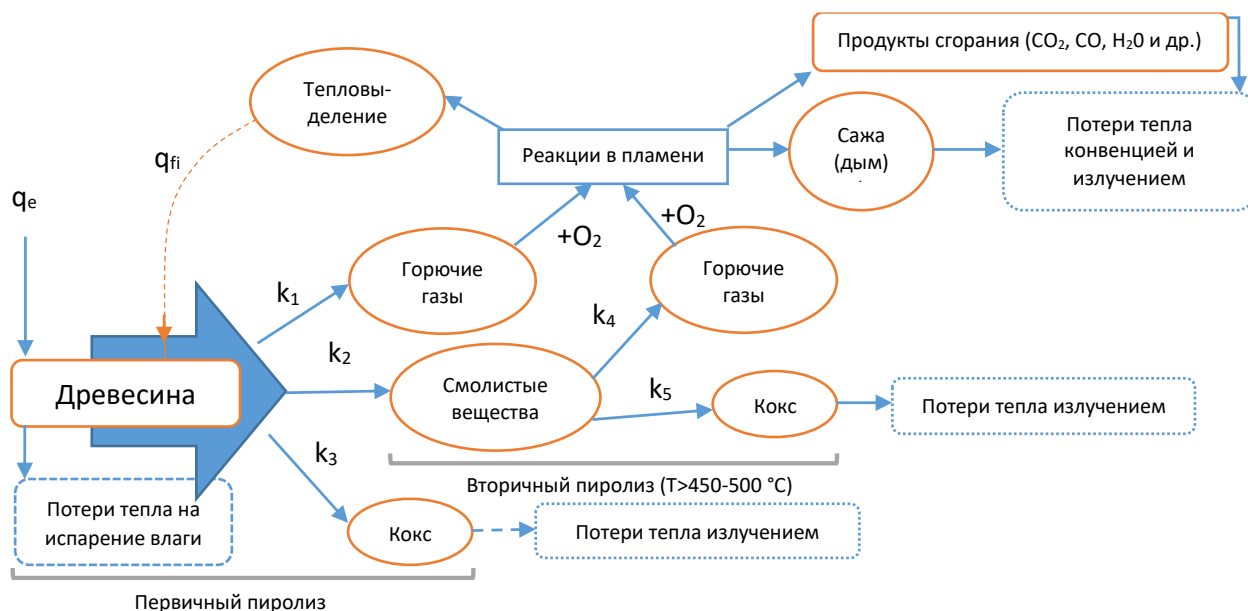


Рисунок 1.2 – Схема химических и физических процессов при пламенном горении древесины [15]

Первоначально, при нагревании поверхности древесины источником теплового излучения до температуры начала разложения ( $T_{нр}$ ), происходит образование горючих газов и высококипящих смолистых продуктов деструкции, а также кокса. Смешиваясь с кислородом образующиеся газы, в случае превышения тепловым потоком критической плотности или в присутствии пилотного источника зажигания, воспламеняются.

На интенсивность процесса горения значительное влияние оказывают смоляные фракции, что обуславливает большую пожарную опасность хвойных пород древесины, где содержание смолянистых веществ, как было показано в разделе 1.1, как правило, выше, чем в лиственных породах.

В идеальном случае при термоокислительном разложении древесины происходит образование продуктов полного сгорания – углекислого газа и паров воды. Однако на практике, в условиях недостаточности кислорода, процесс

горения сопровождается выделением большого количества продуктов неполного сгорания, которые обуславливают интенсивное дымообразование и высокую токсичность образующегося дыма. Кроме этого, данные вещества способствуют интенсификации процесса распространения пожара, являясь одновременно горючим и эффективным переносчиком тепловой энергии.

Таким образом, в теории и практике огнезащиты основная задача сводится к решению проблемы смещения равновесия реакции горения продуктов термического разложения древесины в сторону образования продуктов полного сгорания, что отчасти достигается применением кислых катализаторов и кислотообразующих антипиренов. Однако, в полной мере данная задача, по всей видимости, не может быть решена.

В связи с этим, как показывают последние работы [18], важным вопросом является так же воздействие на процесс структурообразования угольного слоя, повышение его устойчивости к окислению, в т.ч. за счет образования сшитых структур [18].

### **1.3 Виды и способы огнезащиты для снижения пожарной опасности древесины, материалов и конструкций на ее основе**

Огнезащита деревянных строительных конструкций может осуществляться с помощью конструктивных и неконструктивных методов, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. В зависимости от способа нанесения на поверхность защищаемого материала, при неконструктивной огнезащите, различают:

- нанесение огнезащитных красок;
- нанесение штукатурок и обмазок;
- пропитка древесины огнезащитными составами.

Среди названных способов огнезащитной обработки деревянных конструкций в настоящее время наибольшее распространение получило применение пропиточных составов, что объясняется высокой технологичностью их использования, низкой стоимостью, минимальным утяжелением конструктивных элементов и, кроме того, возможностью обеспечить сохранение текстуры древесины.

Разработке и исследованию огнезащитных свойств различных составов посвящено много исследований некоторые из которых были рассмотрены в [19, 20, 21]. Несмотря на то, что фактически доказана высокая огнезащитная эффективность вспучивающихся огнезащитных составов и красок [22], в настоящее время среди средств пассивной огнезащиты большое распространение сохраняют также «классические» огнезащитные пропиточные составы на основе водных растворов различных низкомолекулярных соединений. Популярность таких составов, при их низкой огнезащитной способности, объясняется относительной дешевизной и простотой изготовления.

В нашей стране к подобным составам относится, например, запатентованный в 2012 году огнебиозащитный состав «Ксилостат +» [23]. Данный состав представляет из себя водный раствор борной кислоты (5 – 25 %) и диэтаноламина (5 – 25 %) и обеспечивающий огнезащиту II группы эффективности при расходе не менее 150 г/м<sup>2</sup> (заявленная потеря массы 19,9 %).

В патенте [24] представлен огнезащитный состав, включающий соль бишофита, ацетат магния, щавелевую кислоту и гидроокись двухвалентного железа растворенные в воде. Указанный состав при обработке древесины методом погружения с расходом 0,1 – 0,2 л/м<sup>2</sup> (при плотности раствора 1120 – 1140 кг/м<sup>3</sup>) способен обеспечить I группу огнезащитной эффективности с потерей массы менее 9 %.

В 2013 году ОАО «Сенежская НПЛ защиты древесины» получила патент [25] на огнезащитный состав, включающий смесь диаммонийфосфата в количестве 5 – 20 мас. % с борной кислотой, 50 – 85 % воды от общей массы сухих компонентов, с добавлением аминоспирта в количестве 2 – 10 % от общей

массы раствора и функциональной добавки – полиглюкозидов жирных кислот в количестве 0,1 – 1,0 мас. %.

В 2015 году опубликован патент [26] на огнебиозащитную пропитку древесины, представляющую многокомпонентный водный раствор, включающий неорганические азот, фосфор- и фторсодержащие соединения, а также поверхностно-активные вещества и красители. В качестве основного компонента в предлагаемом составе используется кальцийцинк-фосфатнитратное связующее, содержащее 25 – 31 % фосфора и 10,5 – 12,5 % нитратов.

Необходимо отметить, что подобные составы разрабатываются сегодня не только в нашей стране, но и других зарубежных странах. Так, например, в США в 2008 году был опубликован патент [27] на огнезащитный состав, включающий растворенные в воде хлорид аммония и камфорное масло. В Китае в мае – июне 2015 г. опубликован ряд патентов [28 – 32] на огнезащитные составы для древесины на основе водных растворов органических и не органических соединений.

Более совершенными и эффективными с точки зрения обеспечения огнезащиты, как было указано выше, являются вспучивающиеся огнезащитные составы и краски комбинированного действия. Механизм действия большинства подобных покрытий включает несколько происходящих одновременно процессов: механическую защиту поверхности за счет образования теплоизоляционного вспененного коксового слоя, изменения механизма обугливания древесины и образования негорючих или флегматизирующих газов. Помимо этого, встречаются также составы, обеспечивающие только создание вспученного слоя.

С химической точки зрения можно выделить четыре основных направления получения огнезащитных составов и красок для древесины.

Первым и наиболее простым, с точки зрения технологии, является модификация пленкообразующих систем на основе водо- или органорастворимых олигомерных и полимерных продуктов (карбамидоформальдегидных, алкидных смол и др.) путем введения антипирецирующих компонентов и агентов газообразования. Получаемые в результате лакокрасочные покрытия в основном

оказывают огнезащитное действие за счет образования угольного вспученного слоя на поверхности защищаемого материала. Помимо относительной простоты таких покрытий их преимуществом является высокая огнезащитная эффективность. Субъективным же недостатком ряда лакокрасочных покрытий можно назвать сокрытие структуры древесины, что в отдельных случаях может ограничивать применение покрытий по эстетическим соображениям.

Одной из наиболее востребованных сегодня пленкообразующих систем является жидкое стекло, на его основе разработаны следующие огнезащитные составы:

– огнезащитный лак [33] получаемый на основе водного раствора силикатов щелочных металлов или аммония, содержащего метил или диметилалкокси(феноксид)силаны, алкилсиликонат, а также полиспирты, их оксиэтил производные, бораты и др. вспомогательные вещества. Указанное покрытие обеспечивает I группу огнезащитной эффективности при расходе до 500 г/м<sup>2</sup>;

– огнезащитная композиция для покрытия древесины [34], которая помимо жидкого стекла содержит асбест, пиритные огарки, дунит, известь и доменный гранулированный шлак. Эффективность состава в патенте не указана;

– огнезащитное покрытие [35] для древесины и металлов включает жидкое стекло, модифицированное гидроксидом магния и мочевины. В результате обработки поверхности данными составами обеспечивается первая группа огнезащитной эффективности.

В отличие от органических связующих силикатные соединения не горят, однако они имеют и недостатки, к которым можно отнести низкую склонность к вспучиванию. По этой причине такие составы, как правило, требуется наносить толстым слоем на защищаемую поверхность. Кроме этого, применение жидкого стекла практически полностью исключает использование кислотных компонентов, повышенная щелочность среды может в ряде случаев оказывать негативное действие, выраженное в повышенной склонности древесины к тлению [36].

Использование в качестве связующего органических полимерных систем позволяет преодолеть указанные недостатки. В тоже время горючесть органической основы не оказывает отрицательного влияния на огнезащитные свойства, а действует в единой системе с агентами карбонизации и газообразования [37]. В качестве карбонизаторов обычно выступают соединения, разлагающиеся с образованием неорганических кислот, а газообразователем может являться любое низкокипящее соединение или же вещество, разлагающееся с образованием низкомолекулярных газообразных продуктов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  и др.). Так, например, известно покрытие [38] на основе поливинилового спирта, обеспечивающее образование вспученного слоя толщиной кратной 30 – 50 исходной толщины. На основании проведенного исследования [39] заявлено, что в результате термолиза ПВС происходит образование графитоподобных структур, обеспечивающих высокую степень теплоизоляционной защиты обработанного материала.

К подобному классу покрытий можно отнести и отверждаемые двухкомпонентные системы, к которым, например, относится состав, представленный в патенте [40] и включающий два компонента. Первый – изоционат. Второй – смесь, содержащая от 30 до 60 % четырехфункционального аминспирта, 1 – 10 % пигмента, от 5 до 20 % эфира, содержащего 2 гидроксильные группы, 20 – 50 % вспучивающегося графита, от 8 до 30 % антипирирующей добавки, 2 – 5 % загустителя. Указанное покрытие предлагается использовать для защиты древесины от воздействия пожара.

В работе [41] приводится исследование огнезащитного вспучивающегося покрытия на основе эпоксидной смолы, содержащего также полифосфат аммония, вспучивающийся графит, меламин, борат цинка, бисфенол А и тетра этилен тетра амин в качестве отвердителя.

Необходимо отметить, что вспучивающиеся огнезащитные краски на основе органических связующих, в-первую очередь разрабатываются для защиты металлов, древесина же в этом случае оказывается «побочным» продуктом. Подобный подход представляет значительную опасность, поскольку стандартные



сертификационные методы испытания не позволяют в полной мере оценить качество адгезии вспученного слоя к деревянной подложке и спрогнозировать поведение такого вспученного слоя в условиях реального пожара.

Следующие три направления в создании огнезащитных составов являются более технологичными, и в большинстве случаев позволяют получить составы, которые не только образуют физический барьер над поверхностью субстрата, но и вступают в реакции с органическими компонентами древесины, обеспечивая определенный огнезащитный эффект независимо от условий развития пожара.

Наиболее изученным способом получения высокоэффективных огнезащитных составов для древесины комбинированного действия является целенаправленный синтез олигомерных водо- или органорастворимых соединений из низкомолекулярных соединений, в основном азот-фосфорсодержащих. Данной проблематике посвящено множество работ, которые более подробно рассмотрены в научных статьях [19, 20].

Следующие два способа получения огнезащитных составов можно назвать «экологически дружественными», т.е. направленными на применение возобновляемого сырья или утилизацию отходов существующих производств.

Так относительно новыми и перспективными способами получения огнезащитных составов для древесины являются химическая утилизация (деструкция) полимерных отходов с получением растворов олигомерных соединений, а также модификация природных полимерных и олигомерных соединений.

В качестве примера использования полимерных отходов для производства огнезащитных составов можно привести работы научного коллектива Уральского государственного лесотехнического университета [42 – 46] по химической утилизации карбоцепных полимеров, содержащих сложные эфирные группировки, таких как поликарбонат, полиэтилентерефталат и полиуретаны.

Иных зарубежных и отечественных источников, содержащих исследование огнезащитной эффективности продуктов химической деструкции полимерных материалов в ходе проведения литературного анализа, обнаружено не было, в то

же время встречаются работы, направленные на использование продуктов аминнолиза полиэфиров в качестве ингибиторов солеотложений [48].

Примером использования в качестве пленкообразующей основы природных полимеров и олигомеров является применение полисахаридов для получения огнезащитных составов для древесины [49 – 51]. Институтом биохимической физики им. Н.М. Эмануэля был получен антипирен для «огнезащитной обработки материалов» и тушения пожаров на основе продуктов окисления лигносодержащих отходов деревообработки [52], и, совместно с Академией Государственной противопожарной службы МЧС России, огнезащитный состав для древесины на основе крахмала «Frackfire» [22]. Примеры использования растительного сырья для получения огнезащитных составов встречаются и в зарубежных источниках. Так, в работе [53] в качестве сырья для синтеза полимерной основы огнезащитных покрытий предлагается использовать сахара, глицерин или молочную кислоту, а в работе [54] в роли основы вспучивающегося покрытия предлагается использовать полимолочную кислоту и полифосфат аммония смешанные с лигнином или крахмалом.

Таким образом, огнезащитная эффективность применяемых средств огнезащиты для древесины, материалов и конструкций на ее основе во многом связана с механизмом их огнезащитного действия. В то же время в большинстве работ эффективность огнезащиты связывается только с компонентным составом средств огнезащиты и практически не проводится оценка влияния способа обработки. Между тем, как представляется, данный вопрос так же заслуживает детального изучения. В большинстве работ обработка проводится методом поверхностного нанесения, вместе с тем более эффективным способом введения защитных средств в объем древесины является применение методов глубокой пропитки. Описание и характеристика данного способа более подробно представлены в разделе 1.4 диссертации.

## 1.4 Особенности технологии и способы глубокой пропитки деревянных конструкций

Пропитка – процесс, основанный на введении в объем древесины растворов различных веществ в результате действия капиллярных, диффузных, центробежных [48, 49] и гидравлических [50, 51] сил или вследствие действия избыточного внешнего давления [55 – 66]. Пропитка считается физическим процессом, так как компоненты раствора, обычно, не взаимодействуют с компонентами древесины, однако, введение веществ в структуру древесины [65] позволяет производить модификацию ее свойств, основанную на изменении механизма отклика к действию внешнего источника тепла в присутствии антипиренов [63, 64]. Пропитка древесины может осуществляться различными методами и способами, включающими насыщение материала защитным препаратом [63, 64, 67, 68]:

за счет капиллярного давления (все способы поверхностного нанесения и способ кратковременного окунания в защитные растворы сухих древесных сортиментов) [69, 70];

диффузией (нанесение паст и обмазок на сырую древесину, или ее вымачивание в высококонцентрированном растворе антипирена) [69, 70];

за счет создания избыточного внешнего давления (в горяче-холодных ваннах или автоклавах).

Разнообразие технологических способов пропитки, аппаратного оформления процесса и его движущих сил не позволяет сформировать универсальных классифицирующих признаков, что приводит к существованию множества различных вариантов классификации способов пропитки [71 – 74].

Благодаря своей простоте и доступности наибольшее распространение получил метод поверхностной пропитки. Широкое применение данного метода обеспечивается развитием теоретических представлений о механизме влияния различных огнезащитных составов на процесс термического разложения

компонентов древесины, что позволяет получать составы, обладающие высокой огнезащитной эффективностью даже при незначительном расходе ( $100 - 200 \text{ г/м}^2$ ) [21, 67]. Раствор, как правило, наносится на поверхность материала или конструкции кистью, валиком или распылением. Проникновение действующих веществ происходит за счет капиллярного давления на глубину до 2 мм для свежей и до 5 мм для старой древесины [56].

Главным недостатком применения методов поверхностной пропитки по месту установки конструкции является то, что такая обработка фактически не влияет на квалификационное отнесение конструкций и материалов по показателям пожарной опасности и огнестойкости [74, 75].

К технологическим недостаткам капиллярных способов пропитки относят длительность и малую глубину проникновения, исключающую возможность дальнейшей механической обработки лесоматериалов [56, 69, 76]. Качество поверхностной пропитки в значительной степени зависит от свойств обрабатываемой древесины. Относительно легко пропитываются безъядровые лиственные породы и заболонь ядровых лиственных и хвойных пород древесины, а спелодревесные хвойные породы и ядро хвойных и лиственных пород пропитываются трудно [3, 65, 68, 77].

Основным отличием диффузионной пропитки от капиллярной является отсутствие требований к влажности пропитываемых изделий, а выдержка в растворе может составлять до нескольких недель [6].

Методы глубокой пропитки получили наибольшее развитие для биологической защиты древесины [56, 68], эксплуатируемой во влажных и биологически агрессивных средах (столбы электропередач, шпалы, полы и ограждающие конструкции животноводческих комплексов и др.).

Увеличение глубины проникновения пропитывающих составов можно добиться применением различных «механизированных» способов пропитки. Ермолиным [77] выделяется 3 группы способов глубокой пропитки (рисунок 1.3).

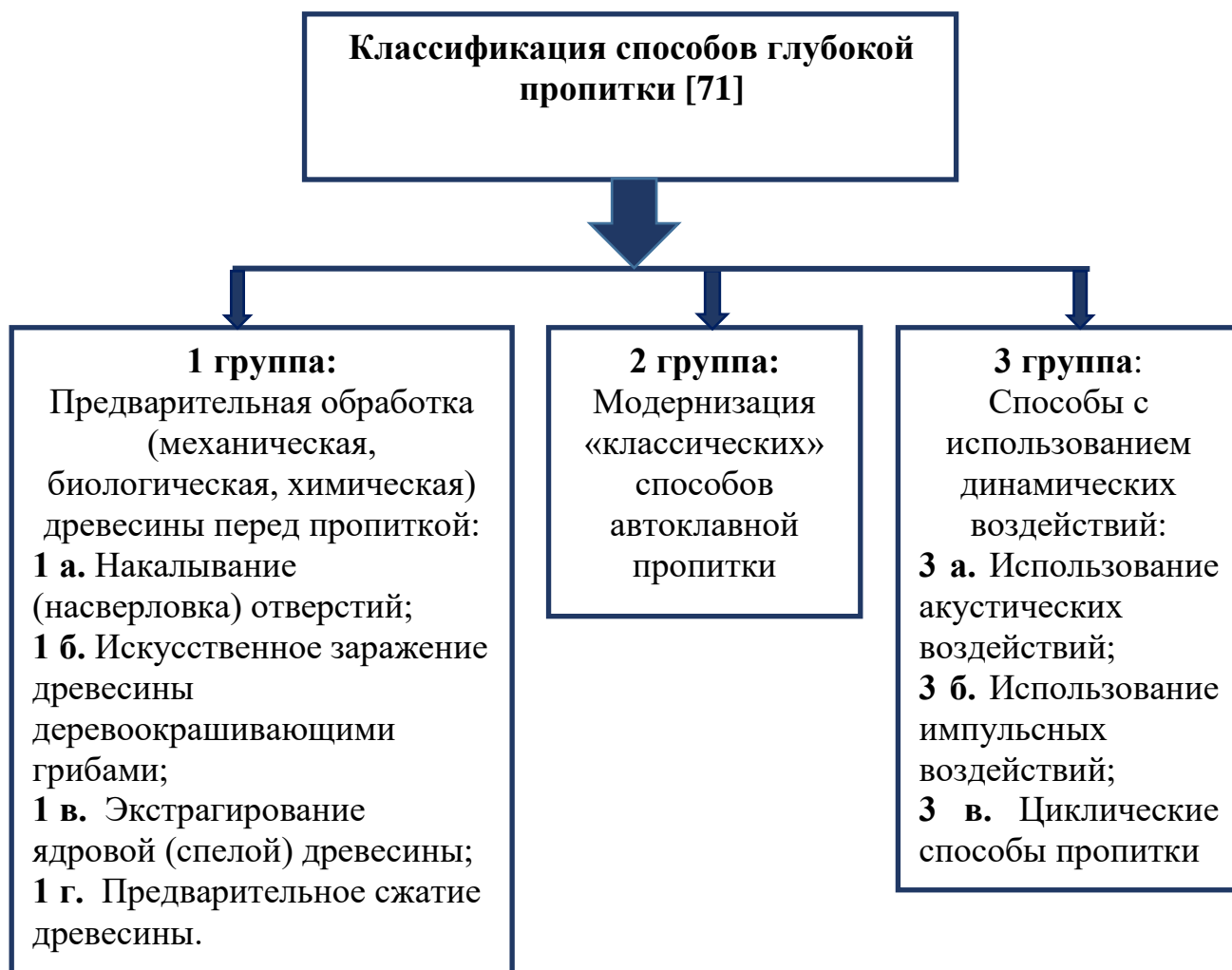


Рисунок 1.3 – Классификация способов глубокой пропитки

Некоторые способы, например, искусственное заражение древесины деревоокрашивающими грибами, применимы только для антисептирования древесины, другие – более универсальны и могут использоваться для огнезащитной обработки древесных материалов.

Способ предварительной обработки накалыванием (насверловкой) отверстий, в том числе лазером и струей воды, исторически широко распространен во всем мире. Известны случаи использования данного способа в античности. Он используется главным образом для антисептирования круглых лесоматериалов и пиломатериалов больших сечений [77, 78, 79]. В работе [78] приводится пример применения данного метода для антипирирования древесных материалов.

Применение данного метода в сочетании с методом горяче-холодных ванн, позволяло получить существовавшие на тот момент нормативные значения привеса солей 66 и 50 кг/м<sup>3</sup> в древесине и достичь значение поглощения антипирена древесиной сосны около 80 кг/м<sup>3</sup> и древесиной ели примерно 55 кг/м<sup>3</sup>. При испытании пропитанные образцы показывали лучшую огнезащищенность в сравнении с образцами без накалывания. Потеря массы большинства наколотых образцов не превышала 8 %.

В результате накалывания происходит снижение механических свойств от 8 – 9 до 25 % в зависимости от количества наколов и толщины изделия [78, 80 – 82].

Процесс пропитки древесины с предварительным удалением экстрактивных веществ ядровой (спелой) древесины рассматривался в многочисленных работах сотрудников Сибирского технологического института [83 – 89], но не получил развитие в силу его высокой стоимости и технологической сложности. Работы, посвященные антипирированию древесины данным способом, в литературе практически отсутствуют.

Процесс пропитки с предварительным деформированием между вальцами, либо в прессе, когда насыщение раствором происходит вследствие упругого восстановления древесины, рассматривается в работе многих ученых [90 – 93], главным образом в отношении ее антисептирования. В большинстве работ отмечается высокое качество пропитки субстрата с увеличением поглощения вплоть до 260 кг/м<sup>3</sup> и увеличением на 36 % зоны пропитки. Однако, данный метод приводит к ухудшению физико-механических свойств древесины вследствие формирования внутренних разрушений структуры древесного материала. В работе [78, 82] отмечается снижение прочности изгибаемой древесины на 10 % [55]. Однако работы в области антипирирования древесины с использованием данного способа отсутствуют.

Автоклавная пропитка является, пожалуй, на сегодняшний день наиболее проработанным способом пропитки древесных материалов, как с теоретической, так и с практической точки зрения.

«Классическая» схема пропитки [94 – 95], используемая во всем мире, включает в себя такие технологические операции как: вакуумирование, воздушное и жидкостное давление [77].

Интенсификация процесса пропитки в автоклаве различными исследователями [78, 87, 96 – 102] достигается варьированием последовательности технологических операций, изменением температур самой древесины и пропитывающего раствора. Однако, получаемые результаты являются неоднозначными. Так, например, в работе [103] отмечается увеличение скорости поглощения пропорционально давлению вплоть до 1,3 МПа, а по данным работы [104] при давлении выше 1,0 – 1,2 МПа скорость поглощения замедляется, кроме того, чрезмерное повышение давления приводит к формированию значительных внутренних повреждений структуры древесины и значительному усложнению оборудования [99]. К негативным последствиям глубокой пропитки в автоклаве относится ухудшение физико-механических свойств конструкций [105], что будет оказывать отрицательное влияние на огнестойкость деревянных конструкций. Длительная выдержка под давлением также не способствует увеличению глубины пропитываемости древесины [103, 106].

Несмотря на широкое распространение применения автоклавного оборудования для импрегнирования древесины, работ в области снижения ее пожарной опасности способом глубокой пропитки огнезащитными составами немного. За последние годы в отечественных печатных научных изданиях фактически была опубликована всего одна статья [64], в которой приводятся результаты исследования эффективности огнебиозащитного состава «КСД-А» (марка 1) при его введении в древесину способами автоклавной пропитки, а также пропитки методом горяче-холодных ванн [55, 75]. Авторами показана зависимость качества огнезащиты от привеса сухих солей поглощенных древесиной [70]. Привес 40 кг/м<sup>3</sup> обеспечивал значительное снижение пожарной опасности древесины. В этом случае древесина относилась к материалам слабогорючим (Г1), не распространяющим пламя по поверхности (РП1),

трудновоспламеняемым (В1) и с умеренной дымообразующей способностью (Д2). В качестве преимущества автоклавной пропитки в этом случае отмечается меньшая продолжительность процесса пропитки.

По данным работы [107] интенсификация процесса пропитки может быть достигнута циклическими способами с использованием импульсных нагрузок, многократным чередованием резкого разряжения с последующей подачей гидродавления. Одним из первых более высокую эффективность циклических способов пропитки к статическим показал В.И. Герценштейн в 1895 году на примере пропитки шпал. Общая эффективность метода оказалась на 18 % выше, чем при статическом давлении.

Относительно новым способом пропитки является использование акустических и импульсных воздействий. Применение импульса звукового давления [108 – 109] для интенсификации пропитки массивных элементов древесины является неэффективным [110] и не представляет практического интереса. Глубина пропитки в этом случае достигает от 1,5 до 4 мм [111 – 112]. В тоже время данный метод может эффективно использоваться для пропитки древесины небольших сечений [104 – 105], время пропитки шпона сокращается в 3 – 5 раза, а эффективность пропитки увеличивается на 30 – 50 % соответственно [113].

Применение электрогидравлических ударов предлагается в качестве альтернативы автоклавному методу пропитки [50]. Предложенная автором схема предполагает создание над поверхностью пропитываемого материала серии электрических импульсов, приводящих к формированию множественных гидравлических ударов, способствующих глубокому проникновению жидкости в материал. Так при 100 импульсах мощностью, обеспечивающей формирование кратковременного избыточного давления на уровне 650 атм., достигается глубина пропитки 20 мм в течении 2 минут, в то время как при автоклавной пропитке с давлением 20 атм. в течении 30 минут достигается глубина пропитки на уровне 15 мм. К сожалению, в работе [50] отсутствует информация о влиянии предложенных режимов пропитки на физико-механические свойства древесины, а



также о характере возможных внутренних разрушений микроструктур древесного материала. За 20 минут работы при заданных режимах обеспечивается перевод древесины в группу трудногорючих материалов.

Основным критерием качества огнезащитной обработки методом пропитки обычно выступает количество сухих веществ и, в меньшей степени, глубина пропитки. В то же время имеются работы, например, работа Н.А. Максименко [114] и В.Н. Ермолина [62, 77], в которых было показано, что на качество огнезащиты в большей степени оказывает влияние толщина оболочки (глубина проникновения) и, в меньшей степени, плотность (поглощение антипирена). Максимальная эффективность достигается при глубокой пропитке с высоким поглощением антипирена. Однако, как уже было отмечено ранее, чрезмерное увеличение содержания солевых компонентов огнезащитных составов в древесине приводит к изменению структуры клеточных стенок, их утолщению и разрыхлению, и, как следствие, к снижению прочностных характеристик деревянных элементов конструкций [115].

В настоящее время практически полностью отсутствуют работы по исследованию влияния пропитки древесины огнезащитными составами на основе олигомерных и полимерных продуктов. К таким составам можно отнести эффективные композиции на основе амидофосфатов [115 – 116]. Данные продукты имеют хорошую совместимость с древесиной и имеются все предпосылки к их применению для глубокой пропитки конструкций на основе древесины с целью снижения пожарной опасности и повышения огнестойкости ДК. При этом они не должны оказывать негативного влияния на физико-механические и другие эксплуатационные свойства пропитанных конструкций.

Перспективным является исследование влияния на огнезащитные и физико-механические свойства древесины глубокой пропитки продуктами окисления полисахаридов растительного сырья. Применяемые модифицированные полисахариды при огневом воздействии имеют ярко выраженный интумесцентный (вспучивающийся) механизм огнезащиты [117].

Успешность применения составов на основе окисленного растительного сырья заключается в химической природе этих высокомолекулярных продуктов, которая является родственной для углеводной части древесного композита. Кроме этого, данные составы обладают высокой адгезионной способностью, что позволяет предположить благоприятное распределение состава в структуре древесины и значительное упрочнение пропитанной части деревянной конструкции [70].

Применение способа глубокой пропитки древесины составами дает возможность повышения эксплуатационных и пожаробезопасных характеристик деревянных конструкций с помощью их пропитки на установленную глубину [77]. Основной задачей при этом является отработка оптимальных технологических режимов пропитки древесных материалов и конструкций с получением высококачественных показателей и повышения их пожаробезопасности.

Важно отметить, что в настоящее время фактически полностью отсутствуют работы, посвященные исследованию влияния глубокой пропитки древесины на пожарную опасность и огнестойкость деревянных конструкций. Имеются лишь немногочисленные работы, посвященные изучению влияния различных огнезащитных средств на пожарную опасность ДК [64, 118].

Из неконструктивных (химических) технологий огнезащиты наиболее надежным, позволяющим получить материалы с гарантированным уровнем пожарной опасности ДК и обеспечивающим возможность проведения количественной оценки качества обработки является метод глубокой пропитки. При этом в качестве количественной характеристики огнезащищенности, по аналогии с биоконсервированием [119], может быть принята глубина введения в материал антипирена, которая, в отличие от показателей расхода и привеса, легко может быть определена на практике в любой момент до начала и даже во время эксплуатации конструкции. Химическая идентичность составов в этом случае может быть подтверждена применением физико-химических методов анализа

(ИК-спектроскопией, методами термического анализа, хроматографией или другими методами).

Кроме этого, нужно учитывать, что в отличие от поверхностной обработки орган, проводящий сертификационные испытания составов, как правило, не обладает технической возможностью полноценной самостоятельной подготовки образцов в условиях испытательной лаборатории. Поэтому образцы готовятся и представляются на испытания заявителем, с указанием расходов защитных средств. В этих условиях единственный параметр, характеризующий качество обработки, который может объективно зафиксировать эксперт – глубина проникновения антипиренирующего состава в структуру древесины.

Необходимо отметить, что по сей день исследователи при оценке эффективности огнезащитной обработки материалов традиционно ориентируются на массовые характеристики содержания сухих веществ. Однако, еще в своих работах С.И. Таубкин показал, что древесина, глубоко пропитанная антипиренами в отличие от поверхностно обработанной, способна оказывать повышенное сопротивление действию огня не только на стадии возгорания, но и при развившемся пожаре благодаря снижению скорости тепловыделения более чем в 6 раз по сравнению с незащищенной древесиной, а общего тепловыделения – более чем в 2 раза [120].

В настоящее время, учитывая современные тенденции и перспективы в области деревянного домостроения, изучение вопросов разработки и применения различных способов и видов огнезащиты деревянных конструкций связано не только с установлением качественных и количественных показателей огнезащитных средств, оказывающих влияние на их огнезащитную эффективность, но и с возможностью их применения для достижения требуемых показателей пожарной опасности и огнестойкости ДК. В соответствии с ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [121] это является обязательным условием для применения несущих и ограждающих деревянных конструкций в строительстве зданий и сооружений различного функционального назначения.

## **1.5 Нормативное обеспечение применения деревянных конструкций в строительстве на территории Российской Федерации**

Одним из центральных вопросов при использовании любых строительных конструкций в строительстве, в том числе и конструкций из древесины, является обеспечение их соответствия требованиям федерального законодательства, сводов правил и иных нормативных документов в области пожарной безопасности, за счет применения конструктивных решений, соответствующих материалов, либо путем использования средств огнезащиты [121].

Для строительных конструкций нормативными документами [121] выделяется две основные пожарно-технические характеристики – класс пожарной опасности и огнестойкость.

Известно, что с точки зрения огнестойкости деревянные конструкции могут обладать показателями, значительно превышающими огнестойкость стальных и, даже, железобетонных конструкций, при одинаковой несущей способности. В тоже время современные тенденции применения таких конструкций в строительстве зданий и сооружений, в том числе многоэтажных, предъявляют повышенные требования к обеспечению снижения их пожарной опасности, при одновременном обеспечении нормативных значений огнестойкости [121, 122, 123].

Оценивая возрастающий интерес к использованию древесины в строительстве [125] необходимо отметить, что фактически действующие нормативные требования позволяют возводить здания любой этажности, но только при выполнении соответствующих требований, которые для жилых и административных зданий представлены, соответственно, в таблицах 1.1 и 1.2.

Вместе с тем, практическая реализация данных требований представляет определенные методические сложности. В частности, огнестойкость и класс пожарной опасности на территории Российской Федерации и стран СНГ

определяются с применением межгосударственных стандартов [126, 127], согласно которым испытанию должны подвергаться цельные конструкции, в том числе с нанесенными огнезащитными средствами, либо с конструктивными огнезащитными системами. В указанной ситуации применение не конструктивных методов огнезащиты, в том числе с применением огнезащитных вспучивающихся систем и пропитывающих составов, наносимых по месту установки конструкции, оказывается фактически невозможным, в силу отсутствия объективной системы оценки и контроля качества такой обработки [74].

Конструктивная огнезащита так же не является универсальным решением и имеет ряд недостатков, включающих высокую себестоимость и повышение нагрузки на конструкции. Кроме этого, ее применение не способно полностью исключить вероятность развития под обшивкой скрытого горения при пожаре и дереворазрушающих грибов и микроорганизмов в процессе эксплуатации, а также приводит к утрате древесиной ее декоративных свойств.

Возможным способом преодоления указанных недостатков можно рассматривать применение методов глубокой пропитки [128]. Определяющим в данном случае является уровень пожарной опасности и огнестойкости, который может быть достигнут с применением данного способа защиты. Так, в частности, если глубокая пропитка позволит обеспечить класс пожарной опасности К2 при огнестойкости E15, деревянные конструкции смогут применяться при возведении жилых зданий высотой до 28 метров в качестве несущих наружных стен, что позволит в полной мере использовать теплоизоляционные и декоративные свойства древесины [121, 123].

Повышение же класса пожарной опасности до К1 при огнестойкости R15 и RE15 открывает возможности применения древесины, в том числе, в несущих конструкциях бесчердачных покрытий. Однако, в этом случае определяющее значение приобретает сохранение прочностных характеристик древесины, что определяет механическую безопасность ДК.

Таблица 1.1 – Нормативные характеристики строительных конструкций жилых зданий [121, 123]

Степень огнестойкости здания		I		II		III		IV				V							
Класс конструктивной пожарной опасности здания		C0		C0		C1		C0		C1		C2		Не нормируется					
Предел огнестойкости строительных конструкций / Класс пожарной безопасности строительных конструкций	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы	R 120 / K0		R 90 / K0		R 90 / K1		R 45 / K0		R 45 / K1		R 15 / K0				R 15 / K1		R 15 / K3	
	Наружные ненесущие стены	E 30 / K0		E 15 / K0		E 15 / K2		E 15 / K0		E 15 / K2		E 15 / K0				E 15 / K2		E 15 / K3	
	Перекрытия междуэтажные	REI 60 / K0		REI 45 / K0		REI 45 / K1		REI 45 / K0		REI 45 / K1		REI 15 / K0				REI 15 / K1		REI 15 / K2	
	Конструкции бесчердачных покрытий																		
	- настилы	RE 30 / K0		RE 15 / K0		RE 15 / K1		RE 15 / K0		RE 15 / K1		RE 15 / K0				RE 15 / K1		RE 15 / K2	
	- фермы, балки, прогоны	R 30 / K0		R 15 / K0		R 15 / K1		R 15 / K0		R 15 / K1		R 15 / K0				R 15 / K1		R 15 / K2	
	Конструкции лестничных клеток																		
	- внутренние стены	REI 120 / K0		REI 90 / K0		REI 90 / K0		REI 60 / K0		REI 60 / K0		REI 45 / K0				REI 45 / K0		REI 45 / K1	
	- марши и площадки лестниц	R 60 / K0		R 60 / K0		R 60 / K0		R 45 / K0		R 45 / K0		R 15 / K0				R 15 / K0		R 15 / K1	
Допустимая высота здания, м.		75		50		28		28		15		5	3	5	3	5	3		
Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м <sup>2</sup>		2500		2500		2200		1800		1800		1000	1400	800	1200	500	900	500	800

Таблица 1.2 – Требования пожарной безопасности к общественным зданиям [121, 123]

Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности	Допустимая высота здания, м	Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м <sup>2</sup> , при числе этажей					
			1	2	3	4, 5	6 – 9	10 – 16
I	C0	50	6000	5000	5000	5000	5000	2500
II	C0	50	6000	4000	4000	4000	4000	2200
II	C1	28	5000	3000	3000	2000	1200	-
III	C0	15	3000	2000	2000	1200	-	-
III	C1	12	2000	1400	1200	800	-	-
IV	C0	9	2000	1400	-	-	-	-
IV	C1	6	2000	1400	-	-	-	-
IV	C2, C3	6	1200	800	-	-	-	-
V	C1 – C3	6	1200	800	-	-	-	-

Кроме этого, во всех случаях важным является вопрос обеспечения устойчивости материала конструкций к воздействию разрушающих грибов и микроорганизмов в течение всего срока эксплуатации здания или сооружения.

## 1.6 Цель и задачи исследования

**Цель работы** – снижение пожарной опасности деревянных конструкций способом их глубокой пропитки огнебиозащитными составами с сохранением эксплуатационных показателей и долговечности ДК.

**Указанная цель предопределила следующие задачи исследования:**

- провести теоретические исследования по применению способов глубокой пропитки огнебиозащитными составами для древесины, обосновать выбор и применение ОБЗС, а также режимов пропитки для снижения пожарной опасности деревянных конструкций;
- установить технологические параметры и характеристики ОБЗС, оказывающие влияние на пожарную опасность, огнестойкость и другие эксплуатационные показатели ДК;
- исследовать характеристики пожарной опасности элементов ДК с импульсной глубокой пропиткой различными видами ОБЗС;
- провести огневые испытания по определению класса пожарной опасности ограждающих ДК с импульсной глубокой пропиткой различными видами ОБЗС.

## 1.7 Выводы по первой главе

В настоящее время тенденции развития сферы деревянного домостроения формируют необходимость поиска путей повышения их качества, обеспечения биостойкости и пожаробезопасности строительных конструкций, а также здания или сооружения в целом.

Из неконструктивных (химических) технологий огнезащиты наиболее надежным, позволяющим получить материалы с гарантированным уровнем огнезащиты и обеспечивающим возможность проведения количественной оценки качества обработки, является метод глубокой пропитки.



Методы глубокой пропитки получили наибольшее развитие для биологической защиты древесины, эксплуатируемой во влажных и биологически агрессивных средах. Анализ литературных источников показывает, что вопросам повышения пожарной безопасности деревянных конструкций с применением методов глубокой пропитки посвящено ограниченное количество работ. При этом в качестве количественной характеристики огнезащитенности, по аналогии с биоконсервированием, может быть принята глубина введения в материал антипирена, которая, в отличие от показателей расхода и привеса, легко может быть определена на практике.

Главным недостатком применения методов поверхностной пропитки по месту установки конструкции является то, что такая обработка не влияет на квалификационное отнесение конструкций и материалов по показателям горючести и огнестойкости.

Развитие в последние десятилетия методов глубокой пропитки при антисептировании, позволило исключить применение чрезмерно высоких давлений, оказывающих негативное влияние на физико-механические свойства, а также сократить энергозатраты и длительность пропитки древесины и конструкций на ее основе с применением импульсных методов.

## ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Объекты исследования

Объектами исследования являются строительные материалы и конструкции из цельной древесины хвойных пород (сосны обыкновенной (*P. sylvestris*) – *Common pine*), произрастающей в Уральском регионе. Плотность исследуемой древесины в пределах 500 – 525 кг/м<sup>3</sup>.

Сосновые образцы и элементы конструкций были пропитаны высокоскоростным методом консервирования древесины, основанным на применении импульсно создаваемого глубокого вакуума и невысокого переменного гидродавления «вакуум-давление» (ВД) тремя огнебиозащитными системами [67, 117, 129]:

Система на основе раствора неорганических азот-фосфорсодержащих соединений (состав 1);

Система на основе органических азот-фосфорсодержащих соединений, в качестве которой использовался промышленно выпускаемый огнебиозащитный состав «Аммафон-1» (состав 2);

Система на основе органических пленкообразующих вспучивающихся веществ, в качестве которой использовался продукт окисления растительных полисахаридов [119 – 120] (состав 3).

При выборе составов учитывались доступность компонентов и себестоимость. Кроме этого, ко всем составам предъявлялось требование обеспечение комплексной огне- и биозащиты.

Антисептическое действие составов 1 и 2 достигается введением компонентов, обеспечивающих антисептическое действие, биоцидные свойства состава 3 определяются его щелочностью, снижающей вероятность развития дереворазрушающих грибов и микроорганизмов [130]. Все рассматриваемые составы обеспечивают высокоэффективную защиту древесины от действия дереворазрушающих грибов вида *Coniophora puteana*, грибов синевы, плесени по ГОСТ 30028.4 [131]. Максимальная эффективность достигается при

комбинировании способов глубокой и поверхностной пропитки, использование исключительно глубокой пропитки не позволяет полностью исключить вероятность развития грибов и микроорганизмов на поверхности конструкций (Приложение В).

Принцип огнезащитного действия составов 1 и 2 основан на изменении механизма термоокислительной деструкции древесины в сторону повышения выхода угольного остатка и негорючих газообразных продуктов [132]. Модифицированные полисахариды обеспечивают огнезащиту за счет формирования над поверхностью защищаемого материала теплоизолирующего вспученного карбонизированного слоя [117]. Характеристики трех огнебиозащитных систем представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристика огнебиозащитных составов

Характеристики	Пропиточные составы		
	Состав 1	Состав 2	Состав 3
Внешний вид	прозрачная жидкость светло-желтого цвета	прозрачная жидкость светло-коричневого цвета	густая жидкость коричневого цвета
Концентрация сухих веществ, %	28,5	45-46	35
Содержание воды, %	71,5	54-55	65
Концентрация водородных ионов (рН)	4-4,5	6,5-7,5	10,5-12,5
Огнезащитная эффективность по ГОСТ 53292-2009 при поверхностном нанесении	I группа огнезащитной эффективности (потеря массы менее 9 %) при расходе 400 г/м <sup>2</sup>	I группа огнезащитной эффективности при расходе 400 г/м <sup>2</sup>	I группа огнезащитной эффективности при расходе 300 г/м <sup>2</sup>
Показатель безопасности состава	Нетоксичен и пожаровзрыво- безопасен	Нетоксичен и пожаровзрыво- безопасен	Нетоксичен и пожаровзрыво- безопасен

## 2.2 Методы исследования

### 2.2.1 Метод оценки прочности древесины на сжатие вдоль волокон

Определение предела прочности при сжатии производилось в соответствии с ГОСТ 16483.10-73\* [133]. Для испытаний изготавливались образцы в форме прямоугольной призмы с основанием  $20 \times 20$  мм и длиной вдоль волокон 30 мм (см. рисунок 2.1) [3].

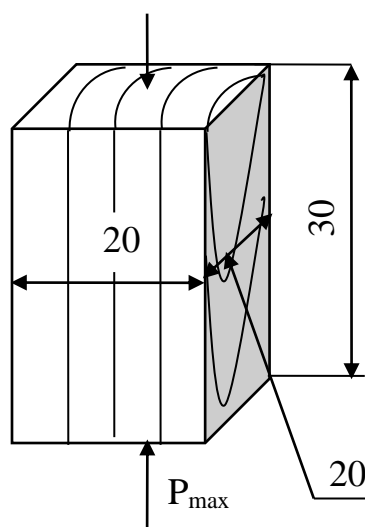


Рисунок 2.1 – Схема испытаний образцов на сжатие вдоль волокон [3]

Грани образцов должны быть гладко выстроганы. Годичные слои на торцовых поверхностях должны быть параллельны одной паре и перпендикулярны другой паре противоположных граней. Соседние грани образца должны быть выполнены под прямым углом. Торцовые поверхности должны быть параллельны друг другу и перпендикулярны боковым поверхностям, гладко выстроганы или гладко опилены.

Отклонения от номинальных размеров образца допускаются не более  $\pm 0,5$  мм; любая величина, взятая в пределах допускаемого отклонения, должна быть выдержана на всем протяжении измерения с точностью  $\pm 0,1$  мм. У образцов проверяются: правильность плоскостей – ребром металлической линейки,

правильность расположения годичных слоев – визуально, правильность углов – металлическим угольником.

Отобранные сосновые образцы маркировали, высушивали в сушильном шкафу до абсолютно сухого состояния, затем взвешивали на аналитических весах. После этого их оставляли в помещении до установления равновесной влажности. По истечении двух недель образцы опять взвешивали и измеряли штангенциркулем их размеры. Размеры поперечного сечения определяли на середине длины образцов с точностью до 0,1 мм.

Пропитку образцов проводили на экспериментальной установке (в автоклаве). Режимные параметры процесса представлены в таблице 2.2. Различная величина поглощения антипиренов образцами обеспечивалась за счет варьирования концентрации составов.

Таблица 2.2 – Постоянные и переменные факторы режима пропитки

Параметры	Единицы
Постоянные факторы	
Антипирены:	состав 1, состав 2, состав 3
Порода образцов	сосна
Пороки, ядровая древесина	отсутствуют
Способ пропитки	ВД
Величина вакуума, МПа	0,08
Время создания вакуума, сек	10
Длительность выдержки под вакуумом, мин	20
Величина гидродавления, МПа:	
Составы 1 и 2	0,2
Состав 3	0,3
Количество импульсов гидродавления, шт	2
Количество циклов гидродавления, шт	1
Переменные факторы эксперимента	
Концентрация состава 1, %	28,5; 14,25
Концентрация состава 2, %	22,5; 11,25
Концентрация 3-го состава, %	5; 15

Извлеченные из пропиточной емкости образцы взвешивали и помещали в вытяжной шкаф.

Качество пропитки характеризуется величиной поглощения антисептика (антипирена), выраженной в килограммах соли на кубический метр древесины и глубиной его проникновения в миллиметрах. В работе величину общего поглощения ( $\Pi_0$ ) по формуле:

$$\Pi_0 = \frac{m_p \cdot W}{100 \cdot V}, \quad (2.1)$$

где  $m_p$  – масса раствора, вводимого в древесину, кг;

$W$  – концентрация раствора антисептика (антипирена), %;

$V$  – объем образца, см<sup>3</sup>, м<sup>3</sup>.

Массу раствора, введенного в древесину, определяли по формуле:

$$m_p = m_2 - m_1, \quad (2.2)$$

где  $m_1$  – масса образца до пропитки, г.;

$m_2$  – масса образца после пропитки, г.

По истечении двух недель высохшие образцы снова взвешивали на аналитических весах с целью определения их фактической влажности весовым методом в момент испытания на прочность.

Образцы нагружали до полного их разрушения, т.е. до момента движения стрелки силоизмерителя в обратную сторону. Приложенную максимальную нагрузку  $P_{\max}$  считывали со шкалы силоизмерителя с точностью до 0,5 Н.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон  $G_W$  при влажности образца в момент испытания вычисляли по формуле:

$$G_w = \frac{P_{\max}}{a \cdot b}, \quad (2.3)$$

где  $P_{\max}$  – максимальная разрушающая нагрузка, Н;

$a, b$  – размеры поперечного сечения образца, мм.

Эксперименты по определению предела прочности древесины при сжатии вдоль волокон производились на испытательной машине УМ-5, общий вид которой приведен на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Испытательная машина УМ-5 [3]

Предел прочности при сжатии вдоль волокон, приведенный к влажности образца 12 %, определяли по формуле:

$$G_{12} = G_w \cdot [1 + \alpha \cdot (W - 12)], \quad (2.4)$$

где  $\alpha$  – поправочный коэффициент, равный 0,04 на каждый процент влажности древесины всех пород;

$W$  – влажность образца в момент испытания, МПа.

Влажность образца в момент испытания рассчитывалась по формуле:

$$W = \frac{m - m_0}{m_0}, \quad (2.5)$$

где  $m$  – масса образца на момент испытания, г;

$m_0$  – масса образца в абсолютно сухом состоянии, г.

$$m = m_3 - (m_2 - m_1) \cdot c, \quad (2.6)$$

где  $m_3$  – масса пропитанного образца после высушивания, г;

$m_2$  – масса образца по окончании пропитки, г;

$m_1$  – масса образца до пропитки, г;

$c$  – концентрация пропиточного раствора, доли единицы.

### 2.2.2 Метод оценки прочности древесины при статическом изгибе

Определение прочности при статическом изгибе проводилось в соответствии с ГОСТ 16483.3-84 [134]. Для испытаний изготавливались образцы в форме бруска размерами 20×20×150 мм (см. рисунок 2.3).

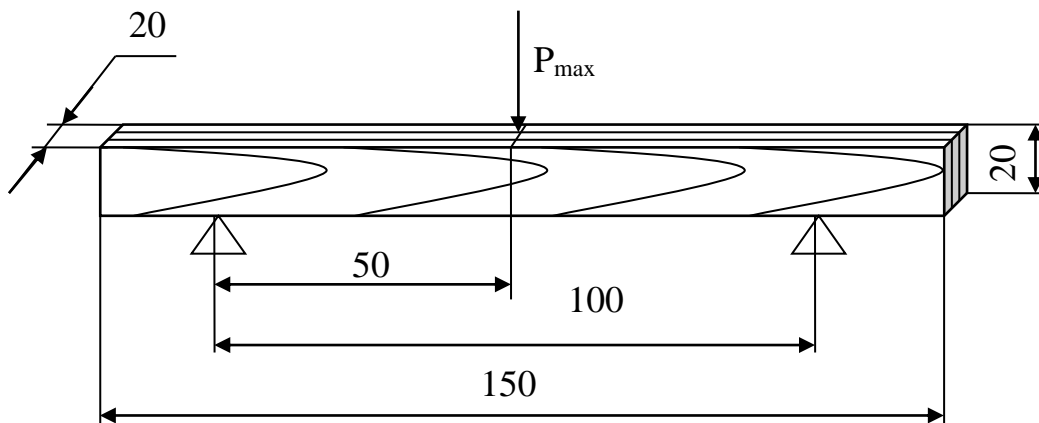


Рисунок 2.3 – Схема испытаний образцов на статический изгиб [3]

Методологический подход к подготовке, измерениям и испытанию образцов аналогичен вышеописанному.



Предел прочности при статическом изгибе  $G_w$  при влажности образца в момент испытания вычисляли по формуле:

$$\sigma_w = \frac{3(P_{\max} \cdot l)}{2(b \cdot h^2)}, \quad (2.7)$$

где  $P_{\max}$  – максимальная разрушающая нагрузка, Н;

$a, b$  – размеры поперечного сечения образца, мм;

$l$  – расстояние между центрами опор, мм.

При дальнейших расчетах использовались формулы (2.5 и 2.6).

Эксперименты по определению предела прочности при статическом изгибе производились на испытательной машине VEB, общий вид которой приведен на рисунке 2.4.

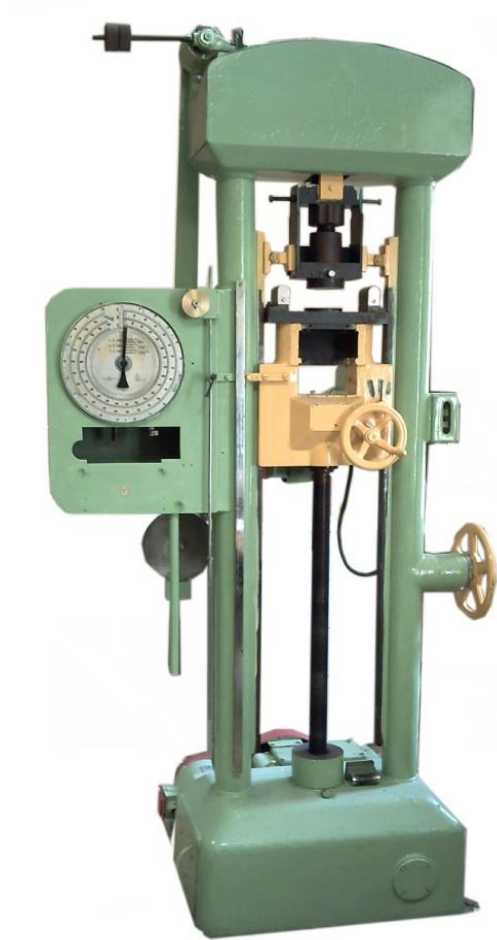


Рисунок 2.4 – Испытательная машина VEB

### 2.2.3 Метод оценки прочности древесины при скалывании вдоль волокон

Определение прочности древесины при скалывании вдоль волокон проводилось в соответствии с ГОСТ 16483.5-73 [135]. Схема испытаний приведена на рисунке 2.5.

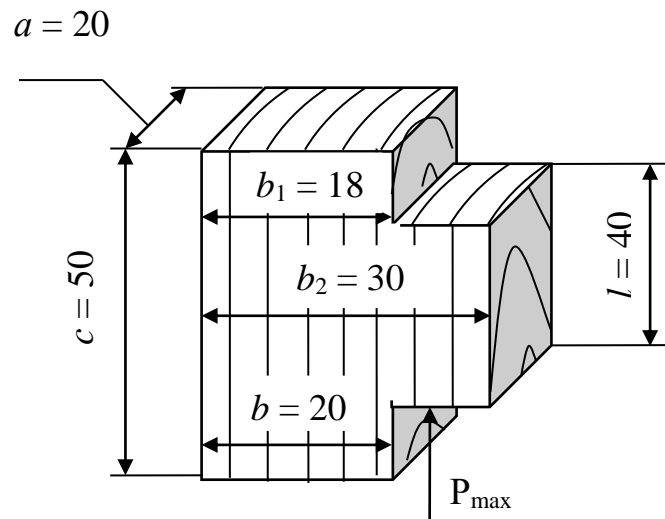


Рисунок 2.5 – Схема испытаний образцов на скалывание вдоль волокон [3]

Методологический подход к подготовке и измерениям образцов аналогичен вышеописанному.

Объем образцов рассчитывался по формуле:

$$V = a \left[ b_2 \cdot l + \frac{1}{2} (b_1 + b) \cdot (c - l) \right] \quad (2.8)$$

Эксперименты по определению предела прочности при скалывании вдоль волокон производились на испытательной машине ВЕВ (рисунок 2.4).

Испытания образцов проводились с использованием определенного шаблона таким образом, чтобы вертикальная и горизонтальная плоскости нижнего выреза образца плотно прилегали к соответствующим плоскостям нижней опоры шаблона, которая в свою очередь передвигалась установочным винтом. Зажимать опору и образец установочным винтом не допускается.

На образец помещалась призма с шаровой опорой. Шаблон с образцом устанавливался на опорную плиту машины так, чтобы верхняя торцовая поверхность длинной части образца находилась точно под нажимным приспособлением машины.

Перемещения нагружающей головки машины производились равномерно в течение всего времени испытания. Испытания продолжались до разрушения образца.

Предел прочности при скалывании  $G_w$  при влажности образца в момент испытания вычисляют по формуле:

$$G_w = \frac{P_{\max}}{a \cdot l}, \quad (2.9)$$

где  $P_{\max}$  – максимальная разрушающая нагрузка, Н;

$a$  – толщина образца, мм;

$l$  – длина скалывания, мм.

При дальнейших расчетах использовались формулы (2.5 и 2.6).

#### **2.2.4 Методы оценки адгезии лакокрасочных покрытий на консервированной подложке**

Определение адгезии лакокрасочных покрытий (ЛКП) производилось в соответствии с ГОСТ 27325-87 [136]. Для испытаний изготавливались образцы размерами 40×40×40 мм.

Отобранные сосновые образцы маркировали, взвешивали на аналитических весах, измеряли штангенциркулем их размеры. Размеры поперечного сечения определяли на середине длины образцов с точностью до 0,1 мм.

Пропитку образцов проводили на экспериментальной установке (в автоклаве). Режимные параметры процесса глубокой пропитки представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Факторы эксперимента

Факторы	Значения
Концентрация антипиренов, %:	
состав 1	28,5
состав 2	45
состав 3	5
Образцы древесины	
Порода	сосна
Шероховатость по ГОСТ 7016 - 82, $R_{m \max}$ , мкм	не ниже 16 (класс 1)
Влажность, %	8 – 12
Пороки	отсутствуют
Факторы режима	
3.1 Способ пропитки	ВД
3.2 Величина вакуума, МПа	0,08
3.3 Время создания вакуума, с.	10
3.4 Продолжительность выдержки под вакуумом, мин	20
3.4 Величина гидродавления, МПа:	
- Составы 1 и 2	0,2
- Состав 3	0,3
3.5 Количество импульсов гидродавления, шт.	2
3.6 Количество циклов гидродавления, шт.	1

Различная величина поглощения антипиренов образцами обеспечивалась за счет варьирования величины давления и концентрацией составов. Извлеченные из пропиточной емкости образцы взвешивали и помещали в вытяжной шкаф. Величину поглощения рассчитывали по формуле 2.1. По истечении двух недель на высохшие образцы наносили 2 и 3 слоя влагостойких эмалей ПФ-115, НЦ-132, ГФ-230 и лака АУ-271. После покраски образцы выдерживали в течение 24 часов при температуре 20 °С.

Адгезию лакокрасочных покрытий на древесине определяли методом параллельных надрезов. На поверхности образца на расстоянии от края не менее 10 мм делают с помощью ножа с углом заточки режущей части 20 – 30° и

кромкой лезвия толщиной 0,05...0,10 мм не менее 5 параллельных надрезов длиной не менее 20 мм на расстоянии 1,2 или 3 мм друг от друга.

Перпендикулярно надрезам накладывают липкую ленту, плотно ее прижимают, оставляя один конец полосы свободным. Быстрым движением ленту отрывают перпендикулярно от покрытия. После этого для удаления отслоившихся кусочков покрытия проводят мягкой волосяной кистью по поверхности решетки в диагональном направлении по пять раз в прямом и обратном направлении. Адгезию оценивали в соответствии с таблицей 2.4, используя при необходимости лупу.

Таблица 2.4 – Оценка адгезии лакокрасочные покрытия

Балл	Описание поверхности лакокрасочного покрытия после нанесения надрезов и снятия липкой ленты
1	Края надрезов гладкие
2	Незначительное отслаивание пленки по ширине полосы вдоль надрезов (не более 0,5 мм)
3	Отслаивание покрытия полосами

### 2.2.5 Метод оценки коэффициента теплопроводности строительных материалов

Для исследований коэффициента теплопроводности ( $\lambda$ ) твердых композиционных материалов (КМ) при стационарном тепловом режиме используется прибор ИТП-МГ4, принцип действия которого основан на создании стационарного теплового потока, направленного перпендикулярно лицевой стороне образца. При исследовании фиксируется плотность теплового потока и температура противоположных лицевых граней. Установка ИТП-МГ4 предназначена для измерения  $\lambda$  материалов на образцах: в форме

параллелепипеда с размером сторон 100 x 100 мм и круглых дисков диаметром от 90 до 100 мм.

Вычисление эффективной теплопроводности ( $\lambda$ ) при стационарном тепловом режиме проводится по формуле:

$$\lambda = \frac{h \cdot q}{T_n - T_x}, \quad (2.8)$$

где  $\lambda$  – эффективная теплопроводность, Вт/(м·К);

$h$  – толщина измеряемого образца, мм;

$q$  – плотность стационарного теплового потока, проходящего через измеряемый образец. Вт/(м<sup>2</sup>);

$T_n$  - температура горячей грани измеряемого образца, К;

$T_x$  - температура холодной грани измеряемого образца, К.

### **2.2.6 Метод по оценке огнезащитной эффективности составов и веществ для древесины по ГОСТ Р 53292-2009**

Определение огнезащитной эффективности огнебиозащитных составов проводилось в соответствии с ГОСТ Р 53292-2009 [137].

Сущность метода состоит в определении среднего значения потери массы десяти образцов древесины, обработанных огнезащитным составом при огневом воздействии в условиях, благоприятствующих аккумуляции тепла. Для проведения испытания образцы изготавливаются из прямослойной воздушно-сухой древесины сосны плотностью от 400 до 550 кг/м<sup>3</sup>. Образцы должны быть без видимых пороков по ГОСТ 2140 [138]. Боковая поверхность образцов должна быть строганной, торцы опилены и обработаны наждаком. Образцы древесины изготавливают в виде прямоугольного бруска поперечным сечением 30 x 60 мм и длиной волокон 150 мм.

Отклонения от размеров образцов не должны превышать  $\pm 1$  мм. Для испытания пропиточных составов образцы изготавливают из заболони. Образцы древесины перед нанесением средства огнезащиты должны иметь влажность  $(8\pm 2)$  %. Перед испытанием обработанные и высушенные образцы древесины взвешивают с погрешностью не более 0,1 г.

Испытания проводят в вытяжном шкафу с принудительной вентиляцией.

Керамический короб устанавливают на подставку и переводят зонт в рабочее положение над коробом. При достижении температуры  $(200\pm 5)$  °С зонт отводят и испытываемый образец, закрепленный в держателе, опускают в керамический короб и одновременно включают секундомер. Затем зонт возвращают в рабочее положение. Образец держат в пламени горелки в течение 2 минуты. В ходе испытаний контролируют по показаниям ротаметра расход газа, который должен быть равным ранее фиксированному. Через 2 минуты подачу газа в горелку прекращают и оставляют образец в приборе для остывания до комнатной температуры.

Остывший образец древесины извлекают из керамического короба и взвешивают.

Потерю массы образца  $P$ , %, вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле:

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\%, \quad (2.9)$$

где  $m_1$  — масса образца до испытания, г;

$m_2$  — масса образца после испытания, г.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов не менее 10 определений, округленное до целого числа процентов.

$$m_{\text{cp}} = \frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_{10})}{n}, \quad (2.10)$$

где  $m_1 - m_{10}$  - масса образцов после испытания,  $n$  – количество образцов.

По результатам испытания устанавливают группу огнезащитной эффективности испытанного покрытия или пропиточного состава при данном способе его применения.

При потере массы образца не более 9 % для средства защиты древесины устанавливают I группу огнезащитной эффективности.

При потере массы более 9 %, но не более 25 %, для средств защиты древесины устанавливают II группу огнезащитной эффективности.

При потере массы более 25 % считают, что данное средство не обеспечивает огнезащиты древесины.

В рамках данной методики проводились экспериментальные исследования устойчивости к старению огнебиозащитных составов (ГОСТ Р 53292-2009 п. 6.3).

### **2.2.7 Метод испытания строительных материалов на воспламеняемость по ГОСТ 30402-96**

Метод огневых испытаний по ГОСТ 30402-96 [139] регламентирует порядок проведения испытания материалов на воспламеняемость и состоит в определении параметров воспламеняемости материала при заданных стандартных уровнях воздействия на поверхность образца лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания. Метод применяют для всех однородных и слоистых горючих строительных материалов. Параметрами воспламеняемости (критерии оценки) являются критическая поверхностная плотность теплового потока (КППТП) и время воспламенения.

КППТП – это минимальное значение поверхностной плотности теплового потока, при котором возникает устойчивое пламенное горение (КППТП используется для классификации строительных материалов по группам воспламеняемости).

Строительные материалы в зависимости от значений параметров воспламеняемости подразделяют на 3 группы:



- В1 – трудновоспламеняемые, где  $K_{ПТП} > 35 \text{ кВт/м}^2$ ;
- В2 – умеренновоспламеняемые, где  $20 < K_{ПТП} < 35 \text{ кВт/м}^2$ ;
- В3 – легковоспламеняемые, где  $K_{ПТП} < 20 \text{ кВт/м}^2$ .

Для испытаний были изготовлены по 15 образцов, имеющих форму квадрата, со стороной 165 мм и допустимым отклонением до 5 мм. Толщина образцов составляла не более 70 мм. Подготовленные образцы из древесины сосны были пропитаны тремя огнебиозащитными составами методом ВД.

### 2.2.8 Метод определения индекса распространения пламени (ИРП) по поверхности материалов по ГОСТ 12.1.044-89 [140] (п. 4.19)

Сущность метода заключается в оценке способности материалов воспламеняться, выделять тепло и распространять пламя по поверхности при воздействии теплового потока. Для каждого образца рассчитывается индекс распространения пламени по поверхности образца (I) по формуле:

$$I = \left[ \frac{0,0115\beta}{\tau_0} \cdot (t_{\max} - t_0)(\tau_{\max} - \tau_0)(1 + 0,2l) \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau_i} \right]^{0,5}, \quad (2.11)$$

где 0,0115 – размерный коэффициент,  $\text{Вт}^{-1}$ ;

0,2 – размерный коэффициент,  $\text{с} \cdot \text{мм}^{-1}$ .

В качестве индекса распространения пламени по поверхности материала принимается среднее арифметическое значение ИРП для пяти испытанных образцов. При этом материалы по индексу распространения пламени по поверхности материалов классифицируют следующим образом:

- не распространяющие пламя – среднее арифметическое значение индекса распространения пламени равно 0;
- медленно распространяющие пламя – среднее арифметическое значение индекса распространения пламени равно от 0 до 20 включительно;
- быстро распространяющие пламя – среднее арифметическое значение индекса распространения пламени равно свыше 20.

**2.2.9 Метод экспериментального определения коэффициента  
дымообразования твердых веществ и материалов по ГОСТ 12.1.044-89 [140]  
(п. 4.18)**

Сущность метода определения коэффициента дымообразования заключается в определении оптической плотности дыма, образующегося при сгорании известного количества испытуемого вещества или материала.

Стандартные размеры образцов древесины: 40x40x10 мм. Образцы для испытания были подготовлены из древесины сосны, пропитанных тремя огнебиозащитными системами методом ВАД и ВД с целью определения коэффициента дымообразования исследуемых образцов.

Испытания проводились в режиме тления (беспламенного горения). Коэффициент дымообразования ( $D_m$ ), м<sup>2</sup>/кг вычисляли по формуле:

$$D_m = \frac{V}{L \cdot m} \ln \frac{T_0}{T_{\min}}, \quad (2.12)$$

где  $V$  – вместимость камеры измерения, м<sup>3</sup>;  $L$  – длина пути луча света в задымленной среде, м;  $m$  – масса образца, кг;  $T_0$  и  $T_{\min}$  – соответственно значения начального и минимального светопропускания, %.

По величине максимального коэффициента дымообразования ( $D_m$ , м<sup>2</sup>/кг) материалы подразделяются на следующие три группы:

- с малой дымообразующей способностью (Д1) –  $D_m < 50$ ;
- с умеренной дымообразующей способностью (Д2) –  $50 < D_m < 500$ ;
- с высокой дымообразующей способностью (Д3) –  $D_m > 500$ .

### **2.2.10 Метод испытания на пожарную опасность строительных конструкций в соответствии с ГОСТ 30403-2012**

Сущность метода заключается в определении показателей пожарной опасности конструкции при ее испытании в условиях теплового воздействия, установленных ГОСТ 30403-2012 [127], в течение времени, определяемого требованиями к этой конструкции по огнестойкости.

При установлении класса пожарной опасности конструкции учитывались:

- наличие теплового эффекта от горения или термического разложения составляющих конструкцию материалов;
- наличие пламенного горения газов или расплавов, выделяющихся из конструкции в результате термического разложения составляющих ее материалов;
- размеры повреждения конструкции и составляющих ее материалов, возникшего при испытании конструкции, вследствие их горения или термического разложения;
- характеристики пожарной опасности составляющих конструкцию материалов, поврежденных при испытании.

Испытание образцов проводили при температуре окружающего воздуха от 10 до 40 °С, скорости его движения не более 0,5 м/с и относительной влажности (60±15) %, измеренных на расстоянии от 1 до 1,5 м от поверхности образца.

Образцы конструкций испытывают в ненагруженном состоянии.

Образцы внутренних стен и перегородок несимметричного сечения следует испытывать при воздействии огня с каждой стороны либо со стороны с заведомо большей пожарной опасностью.

Продолжительность огневого воздействия на образцы конструкций должна соответствовать минимальному требуемому пределу огнестойкости испытываемой конструкции, но не превышать 45 минут.

При испытании конструкций, к которым не предъявляются требования по огнестойкости, а также наружных стен при воздействии огня со стороны внешней

поверхности, продолжительность огневого воздействия следует принимать равной 15 минут.

В процессе испытания следует регистрировать следующие параметры, по которым определяется класс пожарной опасности конструкции:

- температуру в огневой и тепловой камерах для определения наличия теплового эффекта;
- способность к воспламенению газов, выделяющихся при термическом разложении материалов образца;
- образование горящего расплава.

Температуру в тепловой камере следует регистрировать по показаниям термопар. Представленные для испытаний образцы древесины были собраны в конструкции размером 1300 мм в ширину и 2400 мм в высоту и смонтированы в огневую печь (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Установка по оценке класса пожарной опасности строительных конструкций по ГОСТ 30403-2012 [120]

## 2.3 Вспомогательное специализированное оборудование. Технологические установки, обеспечивающие пропитку пористых материалов под давлением

### 2.3.1 Оборудование для пропитки древесины способом вакуум-атмосферное давление (ВАД)

Для исследования влияния глубины проникновения антипиренов при одинаковом привесе сухого вещества на огнезащитную эффективность составов, образцы по ГОСТ Р 53292-2009 [138] были пропитаны на небольшую глубину (0,5 – 1 мм) способом ВАД и введены в структуру древесины на 10 – 15 мм способом ВД. По способу ВАД сосновые образцы загружали в емкость с раствором и помещали в эксикатор (рисунок 2.7), где создавалось разряжение величиной 0,08 МПа в течение 20 минут, затем вакуум сбрасывали и проводили выдержку при атмосферном давлении в течение 10 минут.

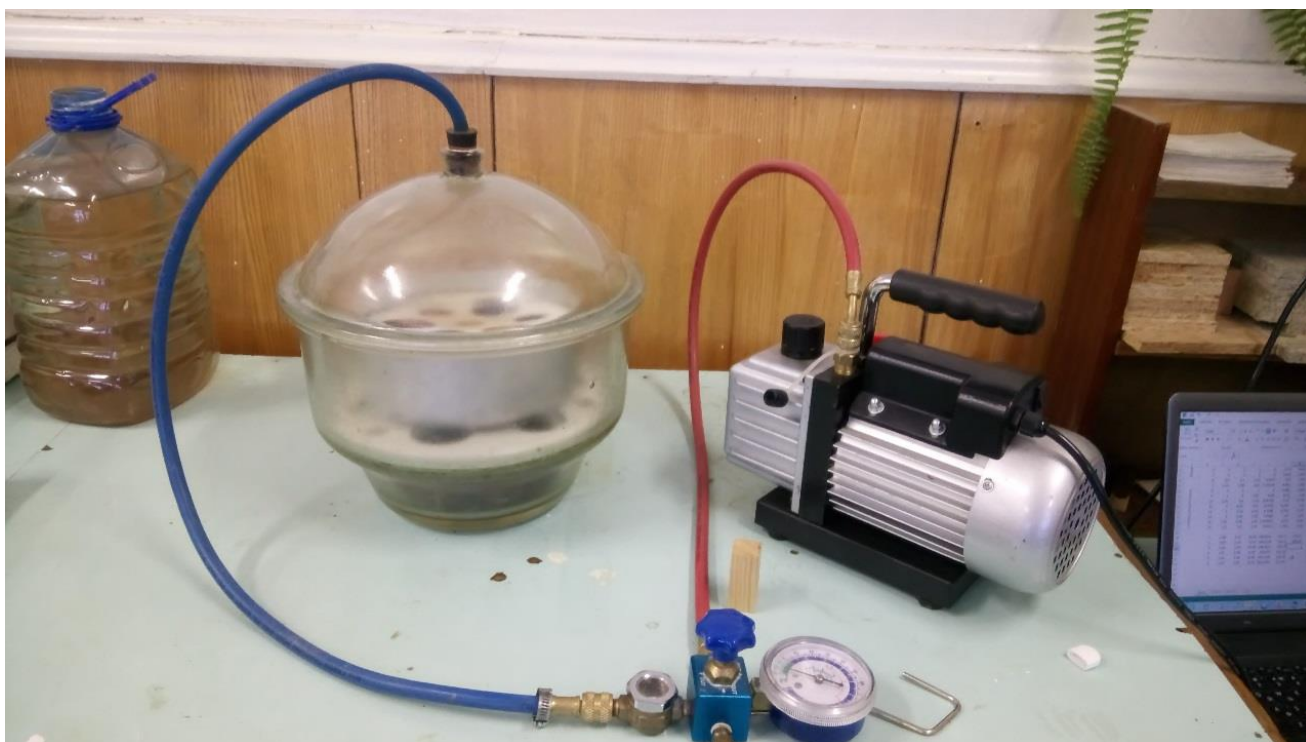


Рисунок 2.7 – Оборудование для пропитки образцов древесины способом ВАД

В этот период осуществляется пропитка под действием разности атмосферного давления и давления внутри древесины. Способ применяется в тех случаях, когда в древесину требуется ввести ограниченное количество пропитывающей жидкости на небольшую глубину. Параметрами защищенности древесины при консервировании являются величина поглощения, глубина проникновения пропитываемого вещества и равномерность его распределения в пропитываемой зоне.

Регулирование поглощения при пропитке осуществляется либо изменением параметров режима процесса (его продолжительности, количеством импульсов), либо изменением концентрации пропитываемого раствора.

### **2.3.2 Оборудование для пропитки древесины способом вакуум-давление (ВД)**

В настоящее время в России не существует серийного выпуска автоклавного оборудования. Однако, разработаны и опробованы конструкции автоклавов, предусматривающие возможность использования пропиточных масел, подогрев сырья и жидкостей. Существуют также конструкции автоклавов, которые можно использовать для пропитки пористых материалов водными растворами без их предварительного подогрева. К отличительным особенностям установка для пропитки пористых материалов, разработанной в Уральском лесотехническом институте (УЛТИ) (патент РФ № 2011511) [141], относятся возможность практически мгновенно создавать вакуум и в заполненном автоклаве, простота конструкции и низкое энергопотребление [3].

Пропиточная установка имеет следующие основные узлы (см. рисунок 2.8): пропиточный автоклав (диаметр – 0,8 м, длина – 6,7 м) и ресивер, объемом 3 м<sup>3</sup>, которые соединены между собой трубой диаметром 100 мм, а также в системе установлен вакуумный затвор 4. В целях экономии электроэнергии устройство укомплектовано водокольцевым вакуумным насосом ВВН-3, который при

мощности двигателя 7,5 кВт создает разрежение 0,09 МПа в ресивере за 6 минут, а также гидронасосом, мощностью 0,5 кВт.

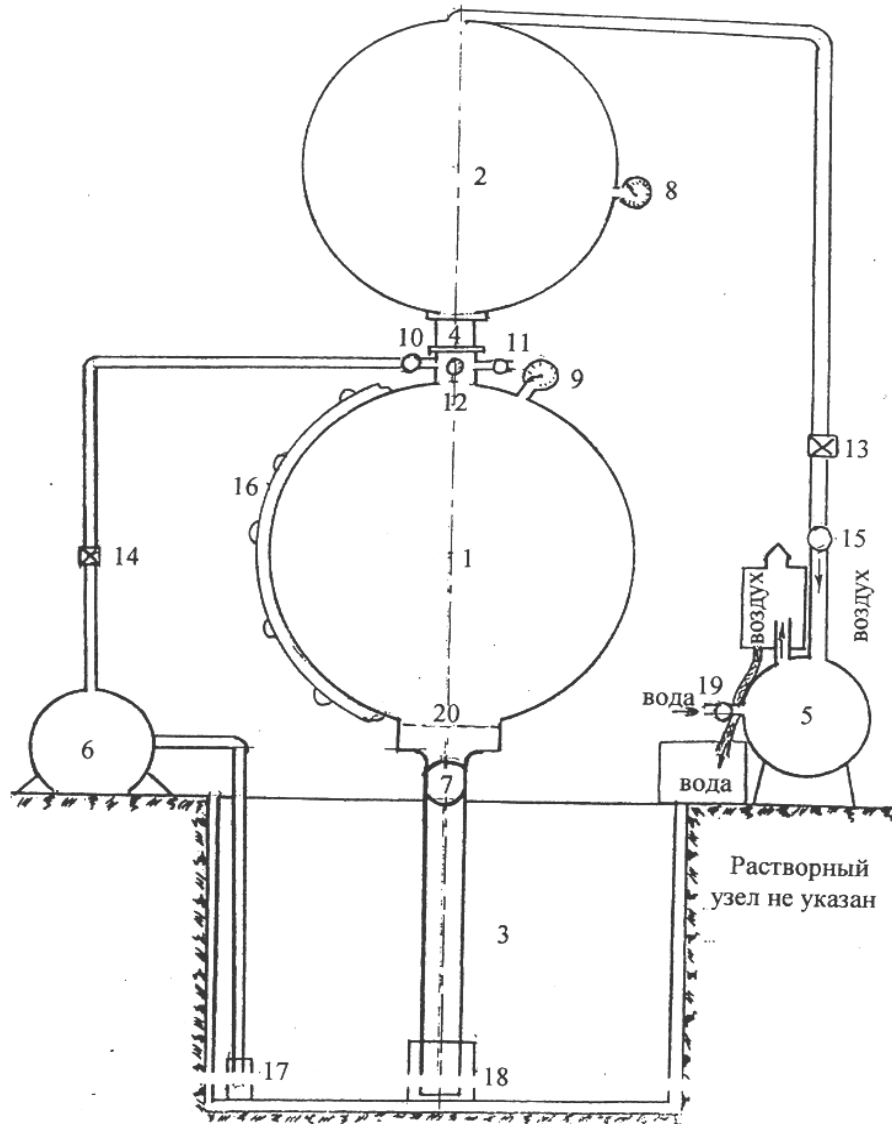


Рисунок 2.8 – Схема пропиточной установки УЛТИ [3]:

- 1 - автоклав; 2 - вакуумный ресивер; 3 - емкость для пропиточного раствора;
- 4 - вакуумный затвор; 5 - водокольцевой насос; 6 - гидронасос; 7 - кран запуска и выпуска раствора; 8 - вакуумметр; 9 - мановакуумметр; 10 - кран, соединяющий гидронасос с автоклавом;
- 11 - кран, соединяющий автоклав с атмосферой; 12 - вентиль вакуумного затвора; 13 - обратный клапан вакуумного насоса; 14 - обратный клапан гидронасоса; 15 - кран водокольцевого насоса;
- 16 - крышка автоклава; 17 - фильтр гидронасоса; 18 - фильтр для запуска и выпуска раствора;
- 19 - кран для подачи воды; 20 – фильтр

С помощью водокольцевого насоса в ресивере 3 создается вакуум глубиной до 0,09 МПа. Открыв вакуумный затвор 4, в автоклаве 1 в течение 5...10 сек (в

зависимости от заполнения автоклава) создается разрежение той же величины. Использование ресивера позволяет поддерживать в автоклаве вакуум необходимой величины на протяжении всей стадии вакуумирования без дополнительных энергозатрат. Кроме этого, ресивер играет роль конденсатоотводчика. Система трубопроводов и вентиляей предусматривает возможность подачи пропиточного раствора в автоклав «самотеком» за счет предварительно созданного вакуума, а также с помощью гидронасоса.

Конструкция пропиточной установки УЛТИ позволяет импульсно создавать разрежение большой величины, что должно существенно повысить эффективность стадии вакуумирования и существенно снизить энергопотребление процесса пропитки по способу ВД в целом [3].

Способ ВД, применяемый для максимального насыщения водорастворимыми защитными средствами древесины, можно преобразовать в соответствии с представленной схемой (рисунок 2.9).

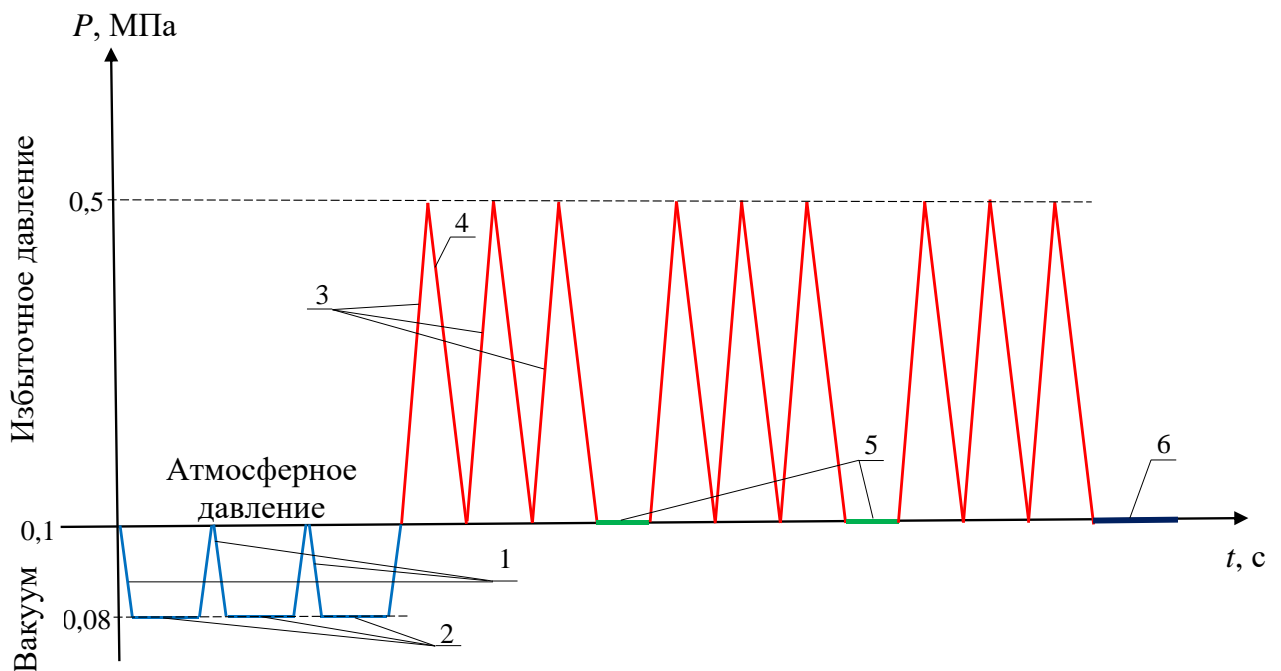


Рисунок 2.9 – Предлагаемый режим пропитки элементов цельной древесины для определения класса пожарной опасности деревянных конструкций: 1 – создание вакуума (30 с.), 2 – выдержка древесины в вакууме (1200 с.), 3 – создание гидродавления (130 с.), 4 – снижение гидродавления до атмосферного за счет поглощения раствора древесиной (29 с.), 5 – выдержка древесины при атмосферном давлении (900 с.), 6 – удаление раствора и выгрузка образцов (200 с.)



В загруженном заготовками автоклаве создается импульсное разрежение 0,08 МПа для повышения проницаемости ядровой древесины и удаления воздуха из полостей клеток.

Выдержка в вакуумной среде должна проходить в течение нескольких минут для интенсивного удаления воздуха из клеток. С целью более глубокого продвижения пропиточного раствора необходимо применить переменные нагрузки в виде циклического гидродавления величиной 0,2...0,5 МПа. В то же время избыточное давление жидкости такой величины не спровоцирует компрессию воздуха, защемленного в полостях клеток, что позволит исключить операцию послепропиточного вакуумирования для подсушки поверхности древесины.

Процесс должен быть завершён несколько раньше, чем наступит максимальное насыщение материала консервантом, что позволит получить относительно сухую поверхность заготовок.

Таким образом, применение предлагаемого режима позволит быстро обеспечить максимальное насыщение защитным препаратом умереннопропитываемой древесины на достаточной глубине при низких энергозатратах.

Для проведения экспериментов по пропитке образцов с целью дальнейшего исследования физико-механических, эксплуатационных характеристик и показателей пожарной опасности привлекались следующие приборы и оборудование:

экспериментальная установка (рисунок 2.10);

электронный штангенциркуль (MATRIX 31611 с точность измерения 0,1 мм);

электронные весы (марка Масса-К ВК-300 с точностью взвешивания 300 грамм).



Рисунок 2.10 – Экспериментальная установка для импульсной глубокой пропитки образцов древесины

Механизм и скорость фиксации консервантов в древесном материале зависят от множества факторов: свойств древесины, состава препарата, его концентрации в пропиточном растворе, температуры, и т.п. [142]. Учитывая, что исследуемые огнебиозащитные составы имеют оригинальную химическую формулу, задачей поисковых экспериментов являлось изучение особенностей и определение оптимальных значений режимных параметров процесса введения в

древесину рабочего раствора препарата под действием градиента гидродавления и импульсов вакуумирования.

Подготовленные к эксперименту образцы различных размеров в зависимости от целей дальнейшего исследования укладывались в емкость с противовсплывной решеткой. После этого заливался раствор состава и образцы помещались в автоклав. Автоклав герметично закрывался крышкой и закручивались крепежные болты, включали вакуум-насос и доводили разрежение до 0,08 МПа. При этом поддерживали величину разрежения в течении 20 минут, после чего закрывали вентиль и вакуум-насос отключали. С целью более глубокого продвижения пропиточного раствора применялись переменные нагрузки в виде циклического гидродавления. С помощью компрессора в автоклаве создавалось требуемое давление, исходя из требуемых величин поглощения составов. По окончании пропитки, открывали крышку автоклава и определяли поглощение огнебиозащитных составов.

## 2.4 Выводы по второй главе

1. Отбор образцов и подготовка деревянных конструкций для проведения исследований осуществлялись исходя из необходимости изучения пожарной опасности вертикальных ограждающих ДК с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами, которые воспроизводят реальные условия работы конструкций в виде несущих деревянных стен и внутренних перегородок в зданиях и сооружениях различного класса функциональной пожарной опасности.

2. Деревянные конструкции и образцы элементов конструкций из цельной древесины сосны, пропитанные тремя огнебиозащитными системами высокоскоростным методом консервирования древесины, основанным на применении импульсно создаваемого глубокого вакуума и невысокого переменного гидродавления вакуум-давление (ВД). Конструкции были отобраны без видимых механических и биологических повреждений.

3. В качестве методов исследования предложено использовать комплекс стандартных физико-химических и пожарно-технических методов, в том числе метод по оценке класса пожарной опасности строительных конструкций по ГОСТ 30403-2012 [127] для выявления особенностей поведения ДК с глубокой и комбинированной пропиткой огнебиозащитными составами, объяснения и воспроизводимости полученных результатов, а также оценки эффективности используемых средств огнебиозащиты.

4. Установление комплекса пожароопасных показателей позволяет выявить взаимосвязь изменений физико-химических свойств, структуры консервированной огнебиозащитными составами древесины в условиях пожара, а также проводить качественную прогнозную оценку показателей пожарной опасности исследуемых образцов деревянных конструкций на сравнительно небольших образцах.

## **ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБОКОЙ ПРОПИТКИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОГНЕБИОЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ НА ИХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

### **3.1 Общая характеристика процесса глубокой пропитки древесины огнебиозащитными составами**

Древесина – природный анизотропный материал, характеризующийся значительной неоднородностью физико-химических и механических свойств, которые зависят от множества факторов, и могут изменяться в широком диапазоне. Пропитываемость древесины зависит от таких факторов, как – влажность, плотность, наличия пороков, видовая принадлежность [55]. В соответствии с [143] в зависимости от вида древесины и преобладания заболонной или ядровой части в пропитываемом образце выделяют три группы по пропитываемости. Выбранная в работе в качестве объекта исследования древесина сосны, с этой точки зрения, в зависимости от соотношения заболони и ядровой частей может быть отнесена к I или II группе пропитываемости [143].

Эффективность пропитки зависит так же и от свойств пропитывающего раствора, от его плотности, полярности, концентрации сухих веществ [63].

Технологически процесс введения антипиренирующих и антисептирующих соединений в объем материала может осуществляться различными техническими способами, включающими диффузионную пропитку [144], пропитку под давлением [3, 79, 80] и другими, каждый из которых имеет свои особенности и характеризуется различной эффективностью. Однако эффективность применения конкретного метода пропитки и способы интенсификации процесса не являются предметом данного исследования.

Оценка особенностей пропитываемости древесины рассматриваемыми в работе огнебиозащитными системами проводилась в одинаковых условиях. В качестве метода пропитки был выбран гидро-импульсный способ пропитки в режиме вакуум-давление (ВД) [145].

Для интенсификации процесса пропитки сосновой древесины водными растворами огнебиозащитных систем необходимо применять следующие приемы:

- первоначальное удаление воздуха из полостей клеток;
- циклическое вакуумирование;
- чередование импульсного удара с выдержкой при статическом воздействии;
- применение гидродавления небольшой величины;
- циклическое воздействие гидродавлением;
- отказ от стадии осушающего вакуума.

Таким образом, качество насыщения сосновых образцов исследуемыми водорастворимыми огнебиозащитными составами будет определяться оптимальными значениями режимных параметров процесса, основанного на применении циклического вакуумирования и градиента давления [3].

Достижение надлежащего качества пропитки древесины невозможно без соответствующего контроля влажности образцов, глубины пропитки, качества приготовления антисептиков или антипиренов. Для этого необходимо четко представлять, как определить количество поглощенного вещества (антисептика или антипирена), глубину их проникновения и равномерность распределения по древесине, как оценить качество пропитки древесины.

Процессы пропитки древесины можно рассматривать как совокупность следующих физических явлений: движения жидкости в древесине под действием избыточного давления, диффузионного перемещения молекул или ионов пропитывающих веществ в древесине по полостям клеток, заполненных водой.

Для определения глубины проникновения составов образцы раскалывались и с помощью линейки производились замеры окраса древесины ОБЗС.

Контрольными параметрами при проведении пропитки были выбраны величина поглощения, первоначальным ориентиром являлось значение на уровне

40 кг/м<sup>3</sup>, определяемое в большинстве исследований [64], и глубина проникновения раствора, которая является основной характеристикой при оценке качества антисептирования древесины методом глубокой пропитки [119].

Отработка условий пропитки проводилась в два этапа:

1) Оценка пропитываемости в отношении обеспечения требуемых объемов поглощения проводилась методом импульсной пропитки в лабораторном эксикаторе в режиме вакуум – атмосферное давление;

2) Оценка возможности обеспечения глубокой пропитки с заданными объемами поглощения проводилась методом импульсной пропитки в лабораторном автоклаве в режиме вакуум – давление.

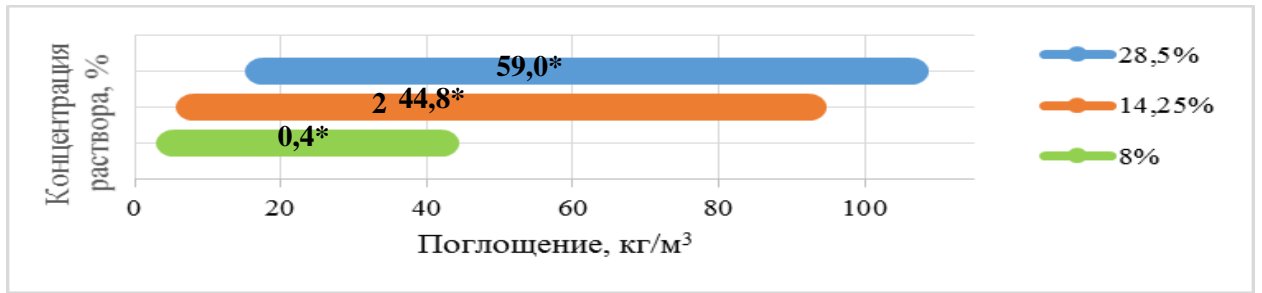
Отработка режимов пропитки проводилась на стандартных образцах для оценки эффективности средств огнезащиты по [137] с размерами 150x30x60 мм.

Режим вакуумирования в обоих случаях включал выдержку образцов в растворе в условиях разряжения до 0,08 МПа. Избыточное давление при пропитке способом вакуум-давление составляло 0,2 МПа для низковязких составов (1 и 2), для состава с высокой вязкостью (3) – 0,4 МПа. Применение относительно невысокого импульсного давления позволяет исключить возникновение явления компрессии («плача» древесины), а, значит, исключить в дальнейшем стадию осушающего вакуумирования [3, 71].

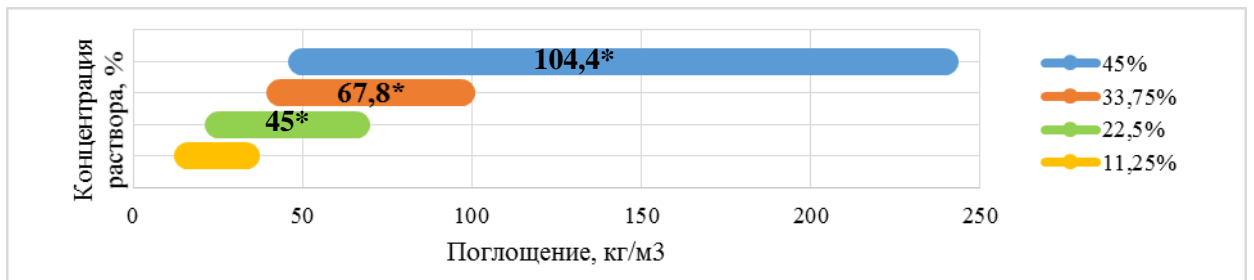
На первом этапе в процессе пропитки в режиме вакуум-атмосферное давление глубина проникновения рабочих растворов в объем древесины не превышала 1 мм для составов 1 и 2, и 0,5 мм для состава 3 [56].

Результаты пропитки способом ВАД представлены на рисунке 3.1 и в Приложении А.

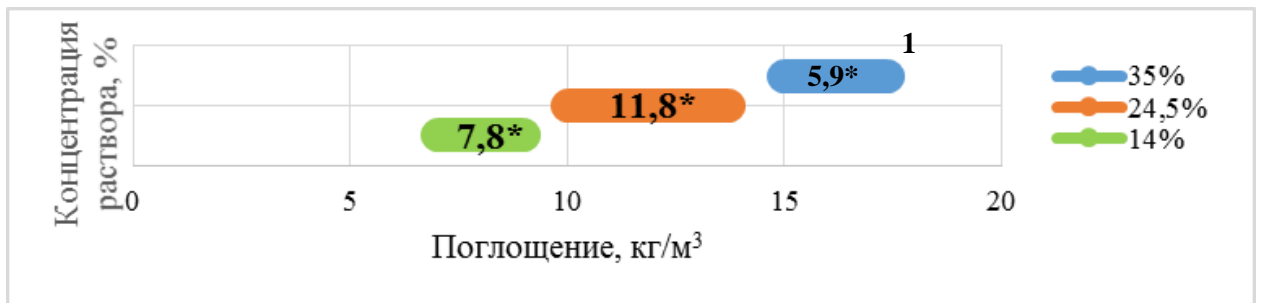
Наибольшую проникающую способность показали состав 1 (рисунок 3.1 а) и состав 2 (рисунок 3.1 б). Характерной особенностью процесса пропитки древесины является большой разброс значений уровней поглощения, зависящий не только от свойств и концентрации пропитывающего раствора, но и от особенностей конкретного образца. Максимальное поглощение при пропитке полисахаридами (рисунок 3.1 в) не превышало 17 кг/м<sup>3</sup> [70].



а)



б)



в)

\* - среднее поглощение, кг/м<sup>3</sup>

Рисунок 3.1 – Влияние концентрации пропитывающего раствора на величину поглощения при пропитке по методу ВАД: а) состав 1; б) состав 2; в) состав 3

В то же время можно отметить более высокую стабильность значений поглощения при использовании состава 3. При этом, снижение величины поглощения по мере разбавления характеризуется линейной зависимостью (рисунок 3.2). Это можно объяснить более высокой вязкостью, и, соответственно, низкой проникающей способностью пропиточных растворов данного состава.



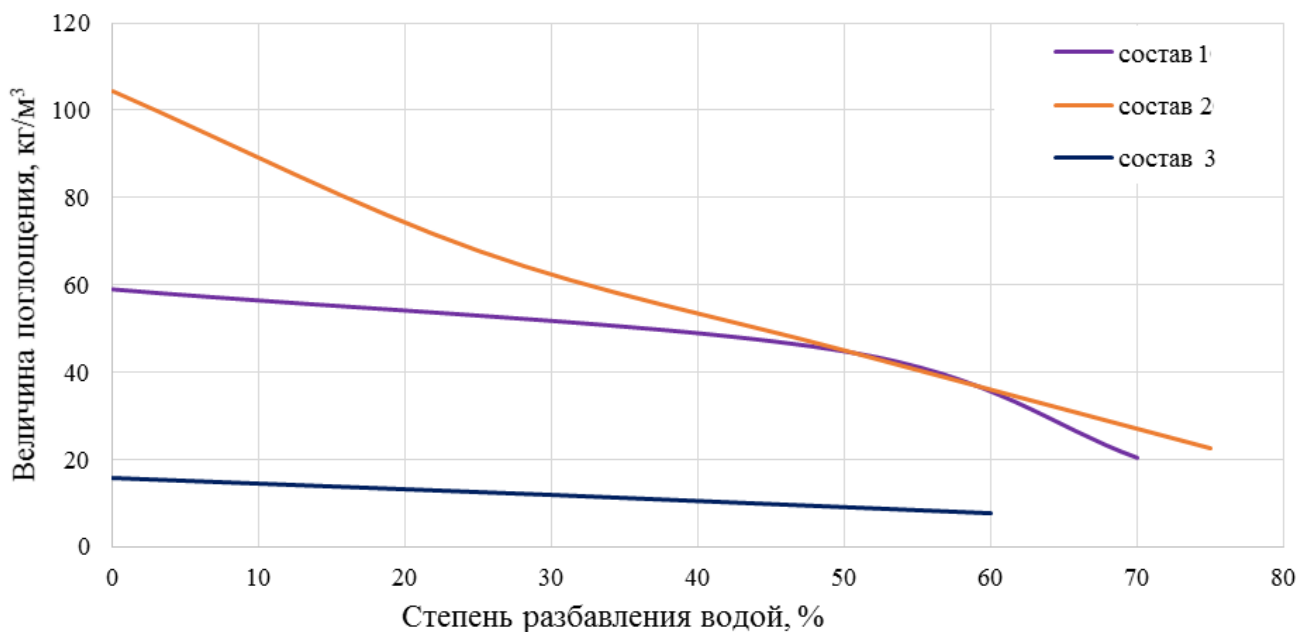


Рисунок 3.2 – Зависимость величины поглощения от степени разбавления водой товарного раствора огнебиозащитного состава

Для составов 1 и 2 по мере разбавления поглощающая способность изменяется нелинейно. Так для состава 2 характерно быстрое снижение поглощающей способности при 30 %-м разбавлении, в первую очередь за счет уменьшения вариативности величин поглощения, учитывая, что минимумы поглощений при концентрациях 45 и 33,75 % находятся примерно на одинаковом уровне.

Для состава 1 при 50 %-ом разбавлении не приводит к значимым изменениям уровней поглощения. При этом, как и для состава 2, наблюдается повышение стабильности значений «привеса», что позволяет говорить о целесообразности снижения концентраций рабочих растворов при проведении пропитки.

При пропитке по методу вакуум-давление применение растворов составов 1 и 2 в концентрациях необходимых для получения поглощения на уровне 40 кг/м<sup>3</sup> позволило получить глубину проникновения не менее 15 мм (Приложение А).

Для интенсификации процесса, пропитка в данном случае проводилась совокупным воздействием импульсов глубокого разряжения и невысокого переменного гидродавления [3].

Задача введения состава 3 глубоко в объем древесины, оказалась неразрешимой в рамках используемого метода пропитки. Во всех режимах глубина проникновения состава не превышала 2 – 3 мм.

Для оценки влияния глубокой пропитки на поведение деревянных конструкций в условиях стандартного температурного режима были подготовлены образцы бруса из древесины сосны сечением 100х200 мм и длиной 550 мм (максимальная длина образца для пропитки в лабораторном автоклаве).

При этом для обеспечения требуемой глубины пропитки (не менее 15 мм) по результатам проведения дополнительных режимных исследований были получены следующие условия пропитки: вакуумирование – 3 цикла, продолжительность цикла – 20 минут, разрежение – 0,08 МПа; импульсное гидродавление – 0,5 МПа (0,7 МПа для состава 3) 3 цикла, без выдержки. Результаты пропитки элементов деревянных конструкций представлены в приложении А.

## **3.2 Исследование влияния глубокой пропитки на физико-механические и теплофизические свойства древесины**

### **3.2.1 Физико-механические свойства древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами**

Массивная древесина обладает рядом уникальных качеств и свойств, наиболее востребованными из которых при возведении и эксплуатации строительных конструкций являются ее прочностные показатели. Прочность

пропитанной древесины во многом зависит от вида защитного средства и его количества. На нее так же могут оказать влияние параметры технологического режима пропитки (величина жидкостного давления, температура пропиточной жидкости и др.). В рамках диссертационной работы проведены исследования влияния огнебиозащитных составов, содержащихся в пропитанной древесине, и технологического режима глубокой пропитки в автоклаве на ее основные прочностные показатели, а также изучалась адгезия лакокрасочных покрытий на пропитанной подложке.

Древесина, являясь природным материалом, обладает набором ценных физико-механических и технологических свойств, определяющих ее востребованность как строительного материала. Пропитка, как и любой иной технологический процесс помимо придания древесине новых свойств, таких как снижение пожарной опасности или же повышение биостойкости, может приводить к снижению ряда важных прочностных показателей.

Основными физико-механическими показателями древесины, определяющими возможность ее применения в строительстве, являются прочность на сжатие и скалывание, а также прочность на изгиб.

Нормативные значения показателей прочности строительной древесины закреплены в [122], вместе с тем для оценки действительного влияния средств огнебиозащиты в работе проводилось сравнение физико-механических свойств обработанной огнебиозащитными системами древесины с исходной нативной древесиной. Оценка проводилась по трем показателям: прочности при сжатии вдоль волокон в соответствии с [133], при статическом изгибе по [145] и при скалывании вдоль волокон по [135]. Результаты испытаний на определение прочностных показателей древесины представлены в Приложении Б.

При проведении испытаний по определению предела прочности на изгиб (рисунок 3.3) установлено, что при поглощениях до  $20 \text{ кг/м}^3$  прочностные характеристики пропитанных образцов соответствуют необработанной древесине, независимо от применяемого пропиточного огнебиозащитного состава.

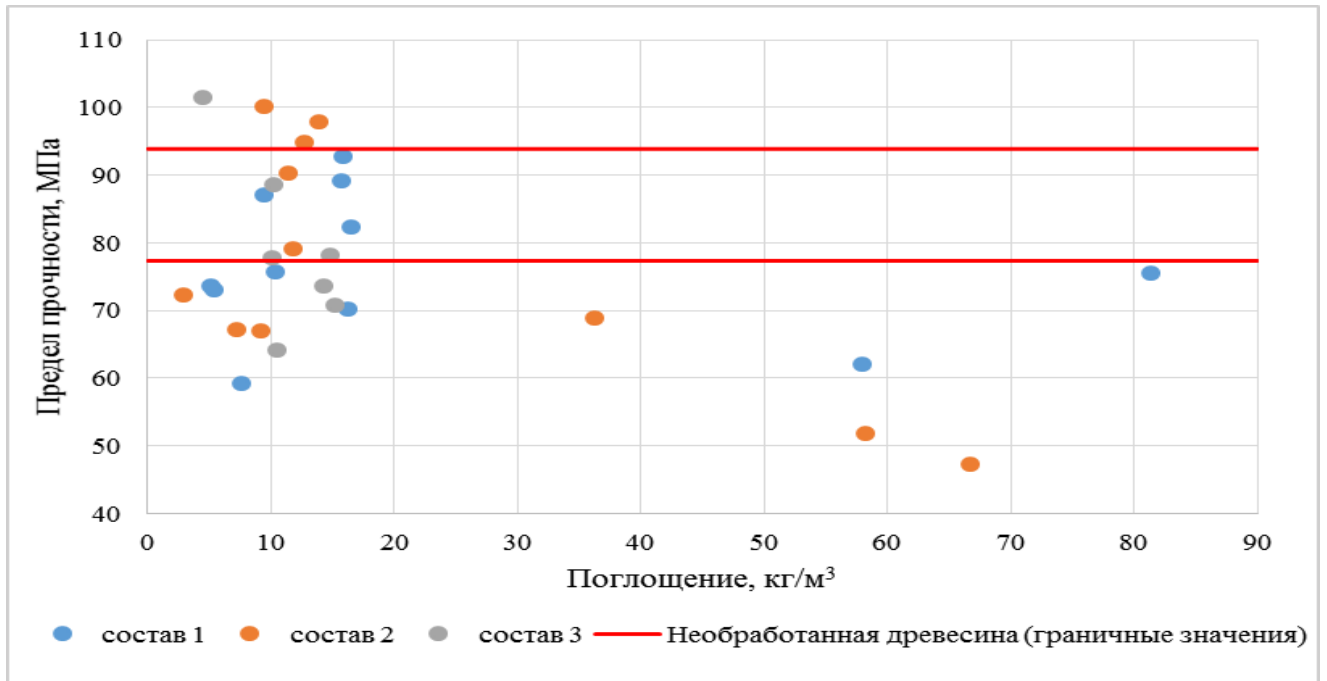


Рисунок 3.3 – Результаты испытаний образцов древесины по показателю прочности на изгиб

Некоторое снижение прочности отмечается для образцов, пропитанных составом 2 при уровне поглощения более  $50 \text{ кг/м}^3$ . Минимальное значение в данном случае, при поглощении  $66 \text{ кг/м}^3$  составило  $47 \text{ МПа}$ , что на  $39 \%$  ниже минимального значения прочности, полученного для необработанной древесины.

Для состава 1 на основании полученных данных можно говорить об отсутствии негативного влияния на прочностные характеристики древесины независимо от уровня поглощения. Так при поглощении  $81 \text{ кг/м}^3$  предел прочности составил  $75,5 \text{ МПа}$ , что только на  $2 \%$  ниже минимального измеренного показателя необработанной древесины [146].

При оценке влияния огнебиозащитных составов на показатели прочности при сжатии (рисунок 3.4) и на скалывание (рисунок 3.5) отмечается отсутствие негативного влияния составов 1 и 2.

Для состава 1 характерно повышение предела прочности на сжатие при больших поглощениях (более  $40 \text{ кг/м}^3$ ), а состав 2 при экстремально высоких поглощениях (более  $80 \text{ кг/м}^3$ ) повышает предел прочности древесины на скалывание. Некоторое снижение прочности на скалывание отмечается для состава 3. При этом, минимальное значение, полученное в ходе испытаний на  $20$

% ниже минимального значения прочности, полученного для необработанной древесины [146].

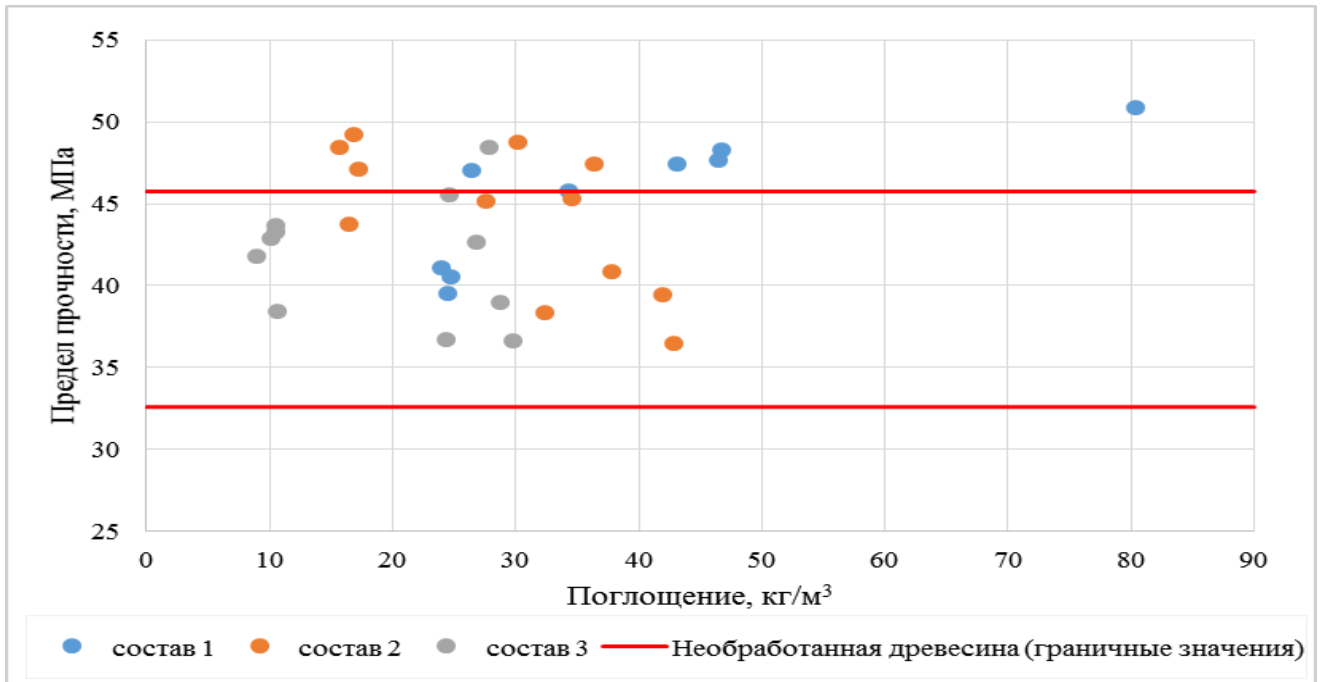


Рисунок 3.4 – Результаты испытаний образцов древесины по показателю прочности на сжатие

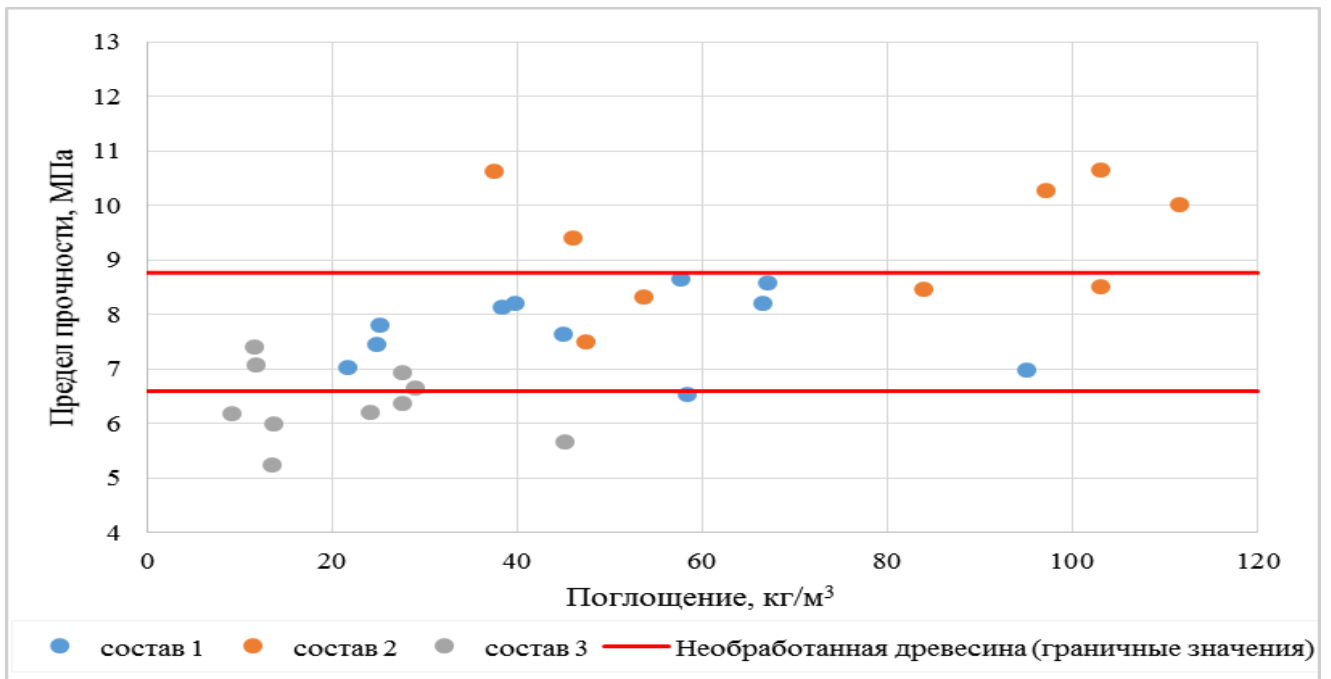


Рисунок 3.5 – Результаты испытаний образцов древесины по показателю прочности на скалывание

Таким образом, полученные данные позволяют говорить об отсутствии отрицательного влияния глубокой пропитки древесины огнебиозащитными составами на ее прочностные свойства, что определяет целесообразность проведения дальнейших исследований, направленных на выявление особенностей влияния различных огнебиозащитных составов на показатели пожарной опасности элементов деревянных конструкций.

### 3.2.2 Исследование теплофизических характеристик древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами

Наряду с прочностными характеристиками, для строительных материалов используемых при возведении ограждающих конструктивных элементов важное значение имеют показатели теплопроводности и теплоемкости, определяющие эффективную толщину конструкции. Для древесины характерны низкие значения теплопроводности, определяющие высокую энергоэффективность зданий с ограждающими ДК.

В рамках работы была проведена оценка влияния глубокой пропитки древесины огнебиозащитными составами на теплопроводность древесины (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Результаты исследования теплопроводности древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами

№ образца	Размеры образца, мм.			Уровень поглощения, кг/м <sup>3</sup>	Масса образца, г.	Условная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, кВт/м·К
	a	b	h				
1	2	3	4	5	6	7	8
1*	99,55	99,69	20,01	37,32	103,9	525	0,118
2*	99,56	99,51	19,79	49,81	102,8	527	0,122
3*	99,27	99,79	18,8	160,15	112,1	611	0,139
4**	100,75	100,67	19,64	58,24	110,9	559	0,115

1	2	3	4	5	6	7	8
5**	99,63	99,61	20,26	62,54	87,1	435	0,104
6**	99,92	99,92	19,77	64,94	87,6	446	0,098
7***	99,59	99,75	19,38	28,96	97,0	504	0,111
8***	99,77	99,77	20,09	20,38	97,9	491	0,113
9***	98,93	99,84	19,67	28,77	105,7	546	0,117
10	99,71	99,68	21,57	-	82,1	385	0,107
11	99,49	99,75	20,25	-	95,3	477	0,106
12	99,69	99,74	21,62	-	82,6	387	0,103

\* древесина, пропитанная составом 1; \*\* древесина, пропитанная составом 2;

\*\*\* древесина, пропитанная составом 3

Как показывает анализ полученных данных введение в объем древесины огнебиозащитных составов незначительно повышает показатели условной плотности древесины. Вместе с тем, для всех составов в пределах поглощений (до 40 – 60 кг/м<sup>3</sup>), достижимых в производственных условиях при пропитке массивных конструкций, значения коэффициента теплопроводности изменяются незначительно. Для образцов древесины с огнебиозащитными составами 1 и 3 повышение теплопроводности не превышает 14 % (рисунок 3.6.)

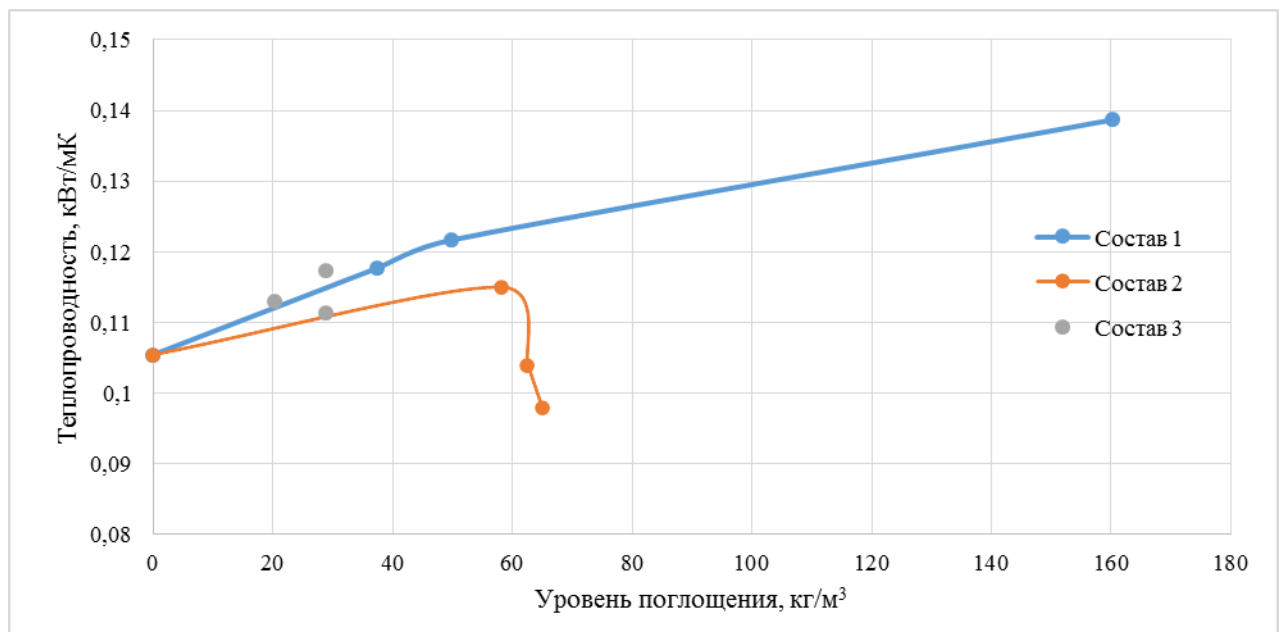


Рисунок 3.6 – Зависимость теплопроводности древесины от уровня поглощения огнебиозащитного состава

При повышении уровней поглощений пропитка может приводить к повышению значений теплопроводности. Так для состава 1 при введении в объем древесины  $160 \text{ кг/м}^3$  огнебиозащитного состава обеспечило повышение теплопроводности примерно на 25 % к первоначальному уровню. В случае же с составом 2 значения теплопроводностей в исследованном интервале поглощений находились на уровнях близких к значениям необработанной древесины.

При оценке полученных результатов необходимо отметить, что данные изменения могут оказать влияние на общий уровень теплопроводности деревянной конструкции только в случае применения деревоклееных материалов, при условии сквозной пропитки всех склеиваемых элементов. В случае пропитки массивных цельнодеревянных конструкций изменения коснутся только поверхностного слоя, толщиной до 15 мм и не окажут значимого влияния на общий уровень теплопроводности деревянной конструкции.

### **3.2.3 Исследование влияния глубокой пропитки на адгезию лакокрасочных покрытий**

В настоящее время в строительстве широкое распространение получило применение различного рода композиционных материалов на основе древесины, в том числе клееных деревянных конструкций. Кроме этого, с целью защиты древесины от внешних воздействий применяются различного рода лакокрасочные материалы. Актуальным при определении целесообразности проведения глубокой пропитки древесины огнебиозащитными составами является оценка качества адгезии к наиболее распространенным лакокрасочным пленкообразующим системам.

Оценка адгезии лакокрасочных покрытий (ЛКП) к деревянной подложке с ОБЗС проводилась в соответствии с методикой [136] методом параллельных



надрезов по трехбалльной системе. Сводные данные экспериментов представлены в таблице 3.2 и в Приложении Б.

Таблица 3.2 – Результаты исследования адгезии ЛКП к деревянной подложке с ОБЗС

Наименование ЛКП	Наименование антипирена	Содержание антипиренов в подложке, кг/м <sup>3</sup>	Оценка адгезии, балл
Алкидно-уретановый лак	состав 1	12,16...19,15	1
	состав 2	24,88...58,27	1
	состав 3	2,54...3,96	1
Акриловая краска (пигментированная)	состав 1	12,16...19,15	1
	состав 2	24,88...58,27	1,4
	состав 3	2,54...3,96	1
Акриловый лак	состав 1	12,16...19,15	1
	состав 2	24,88...58,27	1,2
	состав 3	2,54...3,96	1

Из анализа результатов эксперимента можно сделать однозначный вывод о том, что присутствие в древесине составов 1 и 3 даже в значительных количествах не влияет на адгезию 3-хслойных влагостойких лакокрасочных покрытий на пропитанной подложке. Для деревянной подложки, модифицированной составом 2, была установлена хорошая адгезия алкидно-уретанового лака (1 балл). Оценка адгезии акрилового лака составила 1,2 балла, несколько хуже результат у пигментированной акриловой краски (1,4 балла).

### 3.3 Выводы по третьей главе

По результатам проведенного исследования процесса глубокой пропитки древесины с использованием гидроимпульсного метода определены условия получения различных уровней поглощения, определяемых в большинстве исследований [64] в качестве необходимых для обеспечения огнезащитности.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

- применение современных методов гидроимпульсной пропитки позволяет обеспечить необходимые уровни поглощения при относительно невысоких значениях избыточного давления и разряжения, при этом продолжительность одного цикла пропитки не превышает одного часа;

- использование импульсного метода пропитки исследуемыми огнебиозащитными составами позволяет обеспечить необходимый уровень поглощения при сохранении допустимых прочностных показателей древесины. Кроме этого, в некоторых случаях применение огнебиозащитных систем оказывает положительное влияние на отдельные прочностные показатели, так применение огнебиозащитного состава 2 при поглощении более  $80 \text{ кг/м}^3$  обеспечивает повышение показателя прочности древесины на скалывание вдоль волокон;

- при уровнях поглощения до  $60 \text{ кг/м}^3$  глубокая пропитка не оказывает существенного влияния на теплопроводность древесины, а при более высоких поглощениях состава 1 обеспечивается повышение теплопроводности древесины до 25 %;

- все три огнебиозащитные системы не ухудшают адгезию в отношении алкидно-уретанового лака к деревянной подложке с огнебиозащитными составами. Лакокрасочные покрытия на основе акриловой дисперсии характеризуются пониженной адгезией к древесине, пропитанной огнебиозащитным составом 2.

## **ГЛАВА 4 СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ГЛУБОКОЙ ПРОПИТКИ ОГНЕБИОЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ**

### **4.1 Исследование эффективности огнебиозащитных систем**

В соответствии со ст. 150 [121] средства огнезащиты должны проходить подтверждение соответствия их требуемым характеристикам по эффективности. В отношении огнезащитных средств для древесины для этих целей используется ГОСТ Р 53292-2009 [137], который устанавливает методы оценки огнезащитной эффективности и устойчивости к старению огнезащитных составов, а также оценки качества обработки.

При этом сертифицируемым показателем для средств огнезащиты в данном случае является расход огнезащитного состава в граммах на единицу площади в случае поверхностной обработки, либо количество поглощенного огнезащитного средства, отнесенное к объему древесины, обеспечивающее нормируемые значения потери массы стандартного образца в процессе огневого испытания на установке «Керамическая труба».

Составы, используемые в работе, в настоящее время не имеют сертификатов соответствия. При этом составы 1 и 3 представляют из себя опытные образцы, ранее не проходившие сертификацию, а состав 2 выпускаемый ЗАО «ХК Нитон», ранее проходил сертификационные испытания по ГОСТ 16363-98 [147].

По результатам исследования огнезащитной эффективности исследуемых огнебиозащитных систем при поверхностном нанесении на поверхность древесины все три огнебиозащитных состава показали близкие значения результатов, обеспечивая I группу огнезащитной при расходе более 300 – 400 г/м<sup>2</sup>. При этом составы 1 и 2 характеризуются одинаковым принципом действия, основанном на изменении механизма термоокислительной деструкции древесины

в сторону повышения выхода угольного остатка и негорючих газообразных продуктов [132].

Состав 3 обеспечивает огнезащиту за счет формирования над поверхностью защищаемого материала теплоизолированного вспученного карбонизированного слоя [120].

В рамках научного исследования было интересно установить влияние методов глубокой пропитки на эффективность огнебиозащитных составов [148]. С этой целью для исследования пропитываемости (см. главу 3) пропитке методами ВАД и ВД подвергались стандартные образцы из древесины заболони сосны с размерами 150x60x30 мм.

В обоих случаях пропитка позволяла обеспечить одинаковые уровни поглощения, однако в случае пропитки по методу ВАД глубина проникновения антипирящих составов не превышала 1 – 2 мм, пропитка по методу ВД обеспечивала сквозную пропитку стандартных образцов в случае применения составов 1 и 2 [56]. Глубина пропитки при использовании состава 3 во всех случаях не превышала 1 мм.

Результаты исследования огнезащищенности древесины показали, что огнезащитная эффективность зависит не только от расхода огнебиозащитного состава, но и от глубины пропитки. Так результаты испытаний по ГОСТ Р 53292-2009 [137] образцов, пропитанных составом 1 представлены на рисунке 4.1.

Результаты огневых испытаний показали, что I группа огнезащитной эффективности при пропитке по методу ВАД достигается при поглощении на уровне 55 кг/м<sup>3</sup>, а при пропитке по методу ВД при поглощении более 30 кг/м<sup>3</sup> [56, 148].

Для состава 2 преимущества глубокой пропитки не столь очевидны. При поглощении до 50 кг/м<sup>3</sup> (рисунок 4.2) в обоих случаях эффективность примерно одинакова и находится на уровне II группы. I группа эффективности в данном случае при пропитке по методу ВД в исследуемом диапазоне поглощений достигнута не была [148].

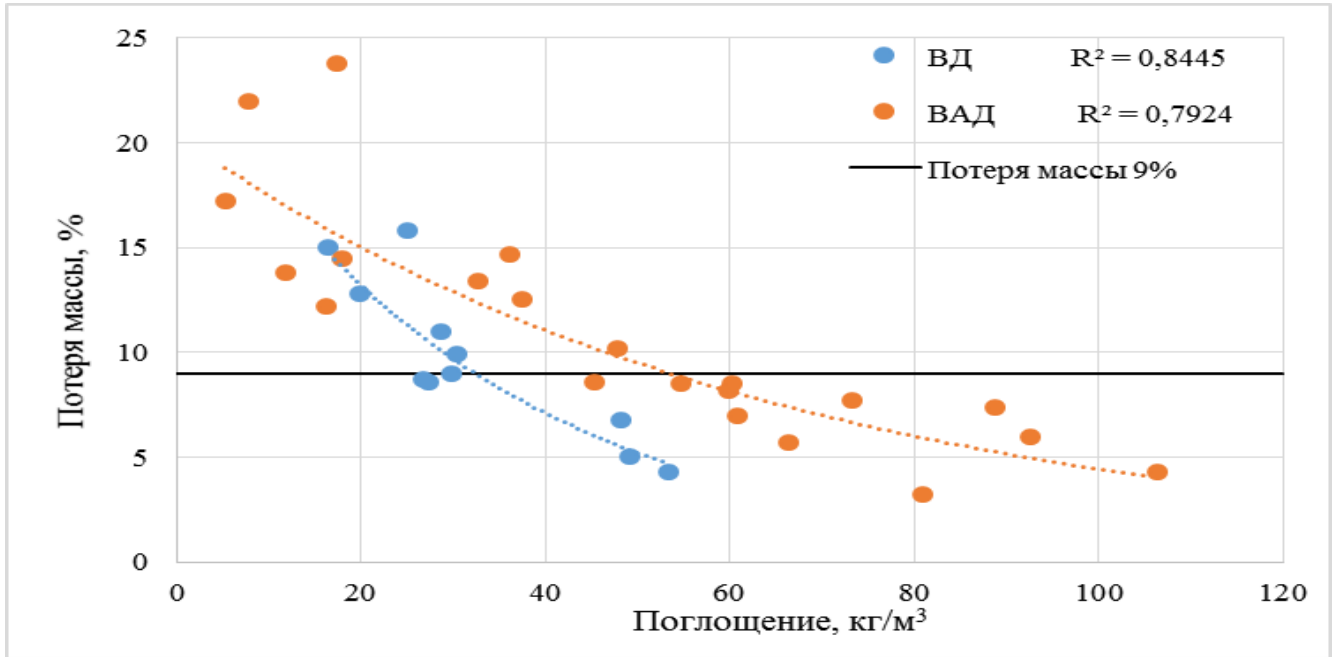


Рисунок 4.1 – Сравнение огнезащитной эффективности состава 1 при введении в объем древесины методами ВД и ВАД

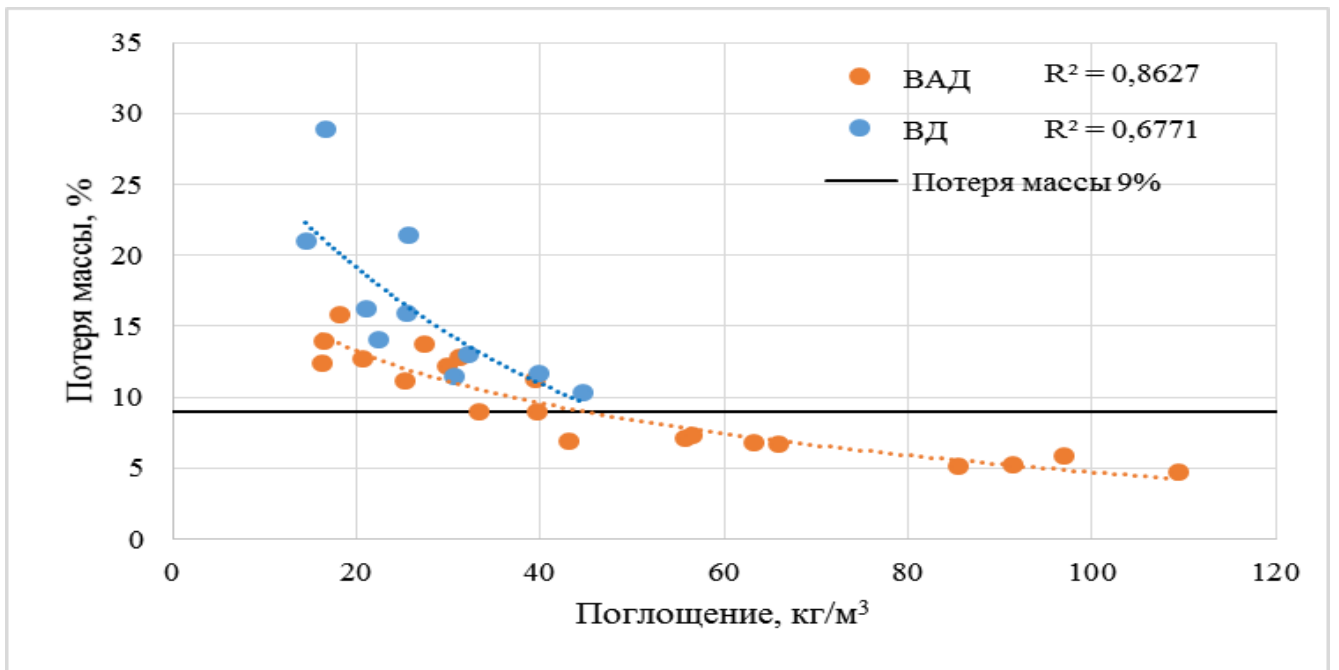


Рисунок 4.2 – Сравнение огнезащитной эффективности состава 2 при введении в объем древесины методами ВД и ВАД

Вместе с тем, обращает внимание то, что при глубокой пропитке расход для достижения I группы огнезащитной эффективности оказывается фактически выше, чем при поверхностной обработке, что, по всей видимости, связано с особенностями огнезащитного действия и механизма огнебиозащитных систем, основанными на ускорении процесса термического разложения древесного материала. Таким образом, представляется, что оценка эффективности средств огнезащиты по способности снижать общую потерю массы не в полной мере позволяет оценить действительную эффективность огнебиозащитных систем по снижению пожарной опасности древесины и конструкций на ее основе.

Состав 3, при введении в структуру древесины не обеспечивал огнезащиты (потеря массы во всех случаях превысила 25 %).

Одним из важнейших вопросов использования средств огнезащиты является их устойчивость к старению, определяемая в соответствии с методикой, приведенной в [137]. В рамках диссертации проведены исследования устойчивости к старению составов 1 и 2. Испытания показали, что при глубокой пропитке древесины способом ИВД: состав № 1 (Солевой состав) устойчив к старению с расходом 30 кг/м<sup>3</sup>; состав № 2 («Аммафон») устойчив к старению с расходом 24 кг/м<sup>3</sup> [148]. Результаты испытаний приведены в приложении Б.

#### **4.2 Исследование пожарной опасности древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами**

Пожарная опасность веществ и материалов в соответствии с Федеральным Законом 123-ФЗ [124] определяется по ряду показателей пожарной опасности, включающих воспламеняемость, способность распространять пламя по поверхности, дымообразующую способность и токсичность продуктов термического разложения, а также горючесть.

Несмотря на значительный разброс уровней поглощения для различных образцов древесины, при одинаковых условиях пропитки, благодаря минимизации влияния «человеческого фактора», значительным преимуществом глубокой пропитки по отношению к поверхностной обработке является более высокая прогнозируемость поведения пропитанной древесины в условиях огневого воздействия.

В рамках диссертационной работы была проведена сравнительная оценка влияния глубокой пропитки исследуемыми составами на показатели воспламеняемости, индекса распространения пламени и дымообразующей способности, которые достаточно полно отражают особенности поведения конструкций и отделочных материалов в условиях пожара и их участие в формировании опасных факторов пожара.

При исследовании влияния глубокой пропитки на воспламеняемость древесины [139], наилучшие показатели (Приложение Б) оказались у состава 3 [56, 149], который, как отмечалось выше, в соответствии с методикой предусмотренной [137], не обладает огнезащитным действием. Высокая эффективность данного состава по показателю воспламеняемости относится, по всей видимости, к его способности заполнять поры древесного материала, препятствуя выходу на поверхность газообразных продуктов термического разложения, обеспечивая перевод древесины в группу по воспламеняемости В2 (критическая плотность теплового потока  $20 \text{ кВт/м}^2$ ) при величине поглощения от  $19 \text{ кг/м}^3$ . Огнебиозащитные составы 1 и 2 позволяют получить подобные показатели воспламеняемости при введении в структуру древесины  $25$  и  $40 \text{ кг/м}^3$  соответственно [56, 148].

Положительные результаты при обеспечении снижения распространения пламени по поверхности древесных материалов (Приложение Б) показали составы 1 и 2. При поглощении более  $10 \text{ кг/м}^3$  (рисунок 4.3) обеспечивается перевод древесины в группу медленно распространяющихся (таблица 4.1), а при расходе более  $25 - 30 \text{ кг/м}^3$  в группу нераспространяющих пламя по поверхности материалов [151].

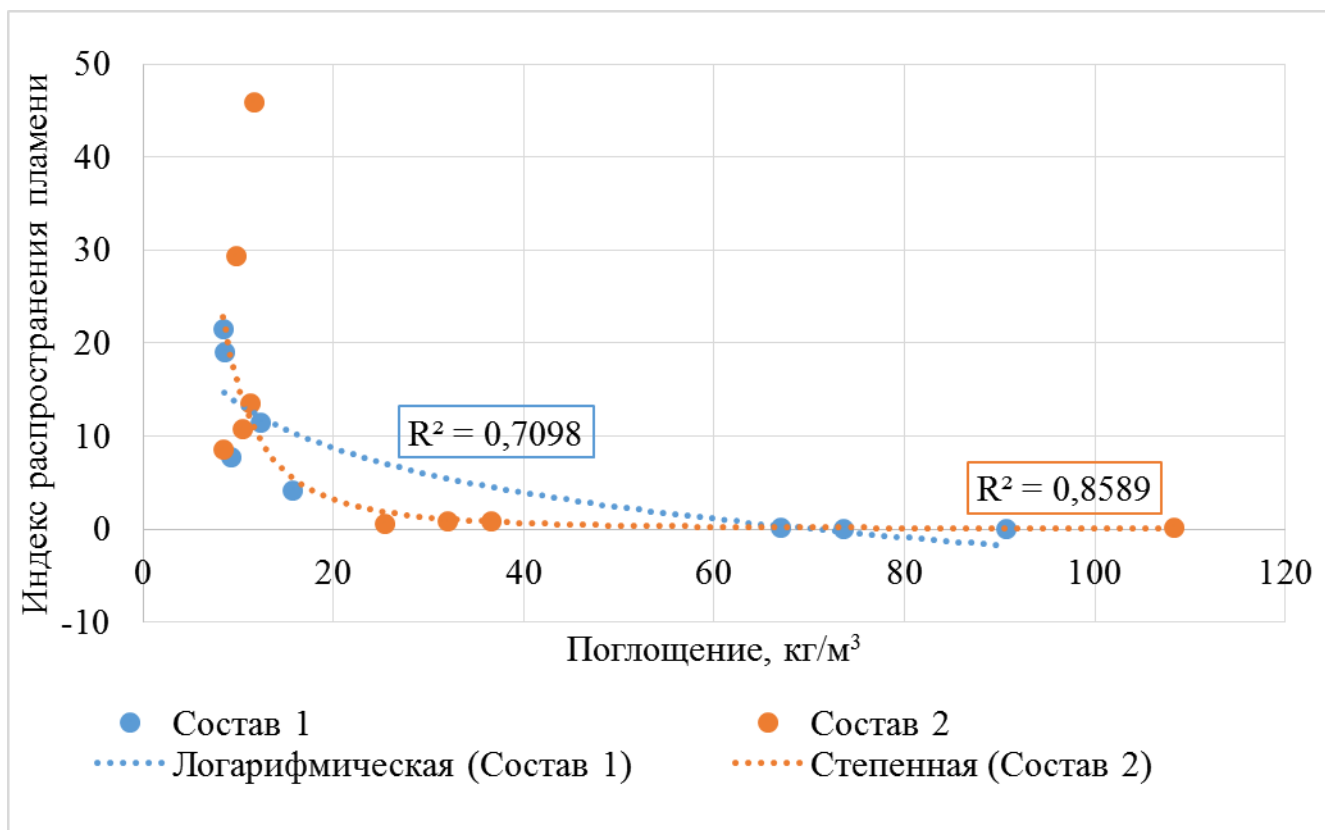


Рисунок 4.3 – Результаты определения индекса распространения пламени для образцов древесины с глубокой пропиткой составами 1 и 2 в зависимости от величины их поглощения

Таблица 4.1 – Классификация материала по ИРП в зависимости от величины поглощения огнебиозащитных составов

Обозначение защитного состава	Величина поглощения антипирена, кг/м <sup>3</sup>		
	не распространяющие	медленно распространяющие пламя	быстро распространяющие пламя
Состав 1	более 25	более 10	менее 10
Состав 2	более 25	более 9	менее 9
Состав 3	не достигнута	не достигнута	менее 28

Визуально величину индекса распространения пламени по поверхности древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами можно оценить на рисунках 4.4 и 4.5.



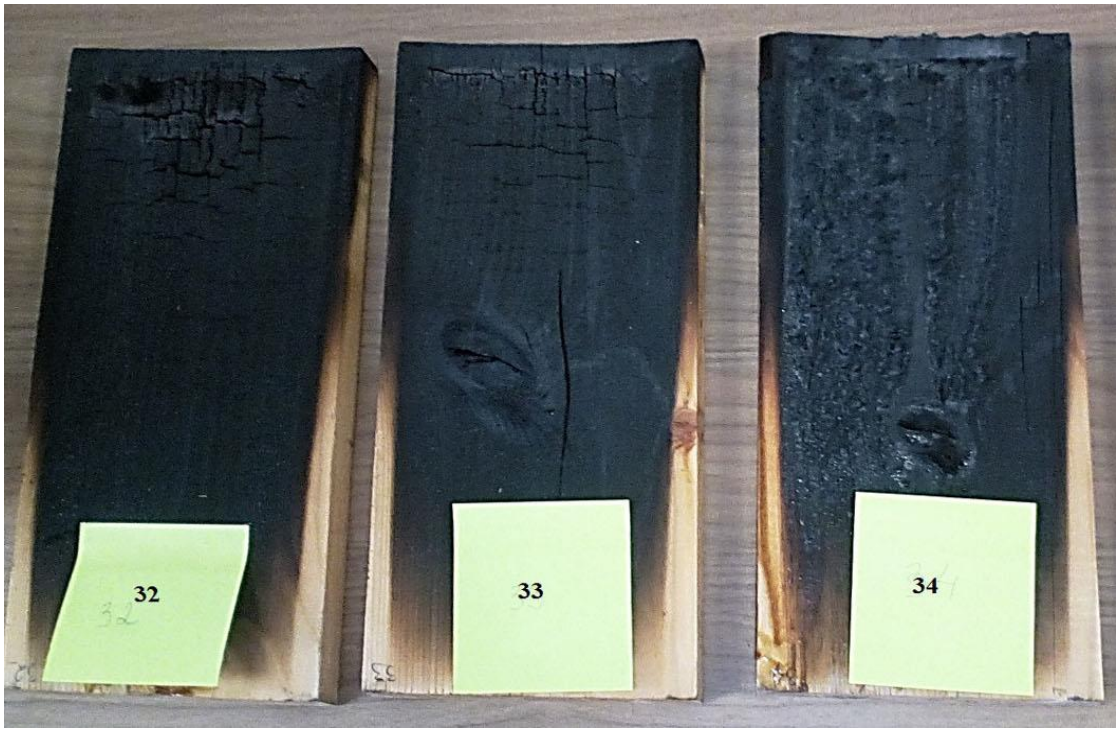


Рисунок 4.4 – Внешний вид образцов древесины пропитанных огнебиозащитным составом 1 после испытаний на определение ИРП

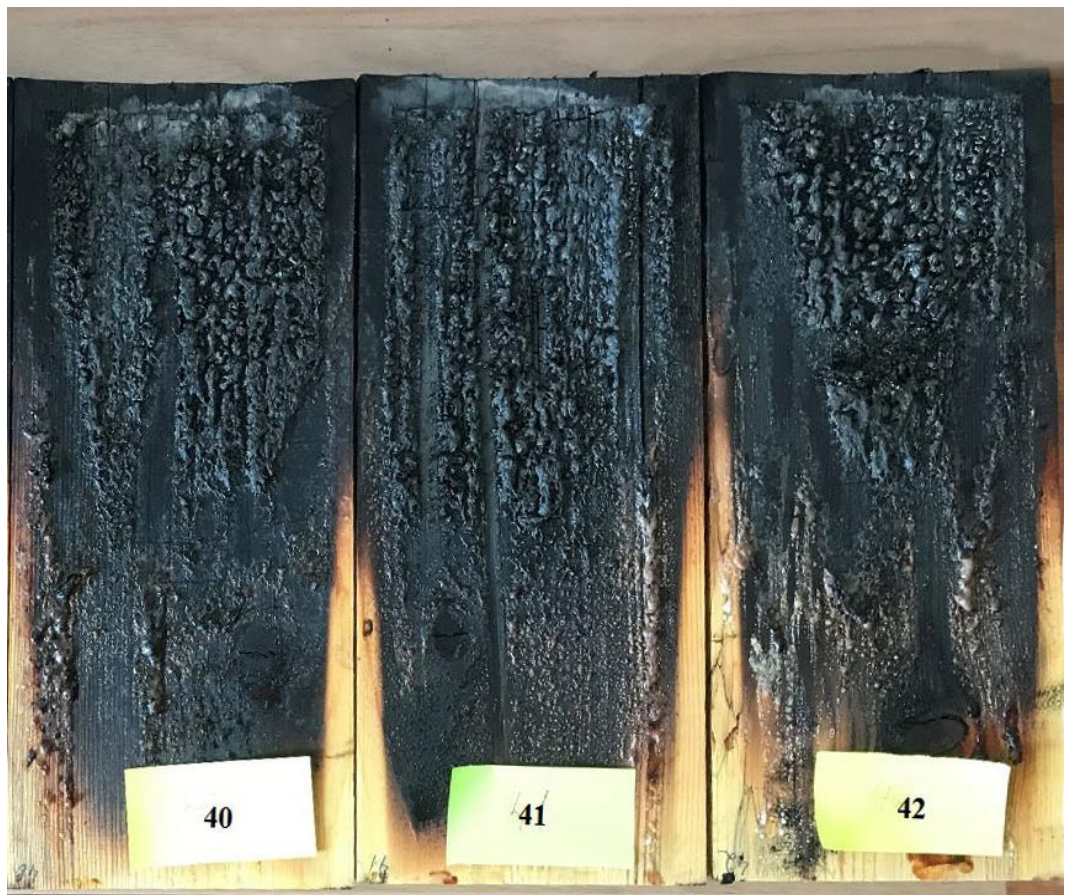


Рисунок 4.5 – Внешний вид образцов древесины пропитанных огнебиозащитным составом 2 после испытаний на определение ИРП

Менее устойчивые результаты продемонстрировали образцы древесины сосны, пропитанные составом 3. В данном случае при поглощении 4 – 6 кг/м<sup>3</sup> индекс распространения пламени изменялся в пределах от 5,8 до 27,9, в связи с чем древесина, обработанная данным составом, была отнесена к материалам быстро распространяющим пламя (таблица 4.1).

В отношении снижения дымообразующей способности [149] все исследуемые составы обладают сравнительно одинаковой эффективностью, обеспечивая перевод древесины в группу Д2 (с умеренной дымообразующей способностью) при поглощении близком к 40 кг/м<sup>3</sup> (рисунок 4.6).

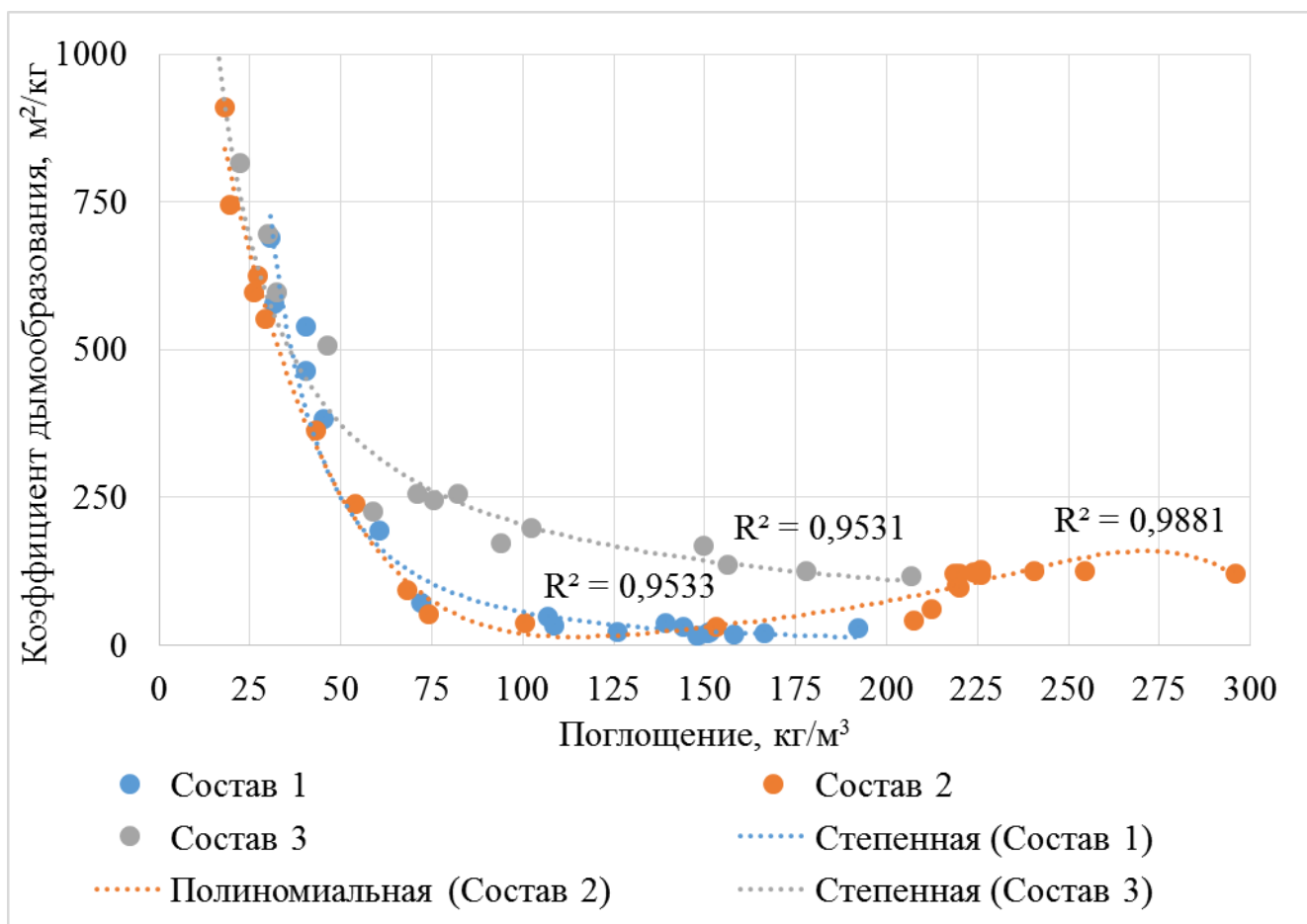


Рисунок 4.6 – Результаты оценки дымообразующей способности древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами в зависимости от величины их поглощения

Огнебиозащитные составы 1 и 2 способны обеспечить перевод древесины в группу материалов Д1 (с малой дымообразующей способностью), однако величина поглощения (более  $75 \text{ кг/м}^3$ ) оказывается фактически недостижимой для крупноразмерных образцов и является чрезмерным, поскольку в соответствии с [121] для конструкций классов пожарной опасности К1 и К2 достаточным условием является достижение группы Д2.

На примере состава 2 так же интересно отметить, что при поглощении более  $200 \text{ кг/м}^3$  древесина вновь переходит в группу Д2, что, по всей видимости, можно связать с перенасыщением материала антипирящими веществами.

Таким образом, по результатам исследований можно выделить контрольные значения, характеризующие влияние величины поглощения на физико-механические свойства и показатели пожарной опасности древесины (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Классификация материала по прочностным показателям и пожарной опасности в зависимости от величины поглощения огнебиозащитных составов

Условное обозначение состава	Состав 1	Состав 2	Состав 3
Влияние глубокой пропитки древесины на ее прочностные характеристики			
1	2	3	4
Прочность на изгиб	Не влияет (в диапазоне поглощений до $80 \text{ кг/м}^3$ )	Снижение (при уровне поглощений более $30\text{-}40 \text{ кг/м}^3$ )	Не влияет (в диапазоне поглощений до $15 \text{ кг/м}^3$ )
Прочность при сжатии	Повышение (при уровнях поглощения более $40 \text{ кг/м}^3$ )	Не влияет (в диапазоне поглощений до $45 \text{ кг/м}^3$ )	Не влияет (в диапазоне поглощений до $30 \text{ кг/м}^3$ )
Прочность на скалывание	Не влияет (в диапазоне поглощений до $100 \text{ кг/м}^3$ )	Повышение (при уровнях поглощения более $100 \text{ кг/м}^3$ )	Не влияет (в диапазоне поглощений до $45 \text{ кг/м}^3$ )

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
Влияние глубокой пропитки древесины на показатели ее пожарной опасности			
Воспламеняемость	В2 (при уровнях поглощения более 25 кг/м <sup>3</sup> )	В2 (при уровнях поглощения более 40 кг/м <sup>3</sup> )	В2 (при уровнях поглощения более 19 кг/м <sup>3</sup> )
Индекс распространения пламени	Не распространяющие (при уровнях поглощения более 25 кг/м <sup>3</sup> )		Быстро распространяющие (в диапазоне поглощений до 28 кг/м <sup>3</sup> )
	Медленно распространяющие (при уровнях поглощения более 10 кг/м <sup>3</sup> )		
Дымообразующая способность	Д2 (в диапазоне поглощений 40-75 кг/м <sup>3</sup> )	Д2 (в диапазоне поглощений 40-75 кг/м <sup>3</sup> и более 200 кг/м <sup>3</sup> )	Д2 (в диапазоне поглощений более 45 кг/м <sup>3</sup> )
	Д1 (в диапазоне поглощений 75-200 кг/м <sup>3</sup> )		Не достигается

Таким образом, полученные данные в целом подтверждают результаты ранее проводившихся немногочисленных исследований, определяющих необходимость обеспечения поглощения не менее 40 кг/м<sup>3</sup>. В тоже время, представленные результаты показывают, что данное значение привеса сухих солей не является определяющим для всех показателей пожарной опасности и составов. В зависимости от предполагаемой области применения пропитываемого материала или конструкции значение привеса сухих солей может изменяться как в большую, так и в меньшую стороны, в том числе при производстве клееного бруса. Так, например, для внешних поверхностей наружных стен определяющими являются показатели воспламеняемости и распространения пламени по поверхности, для обеспечения которых поглощение состава 1 может быть

снижено до 25 кг/м<sup>3</sup>. При этом в зависимости от размеров пропитываемых образцов, расход товарного состава может быть сопоставим с расходом огнезащитных средств при поверхностной обработке. Так для огнебиозащитного состава 1 при уровне поглощения 25 кг/м<sup>3</sup> и глубине пропитки 15 мм общий расход состава будет соответствовать расходу 0,6 – 0,7 кг/м<sup>2</sup> при поверхностном нанесении состава.

#### 4.3 Исследование пожарной опасности деревянных конструкций с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами

Следующим важным шагом в диссертационной работе представлялось выявление особенностей поведения конструкций, выполненных из деревянных элементов и подвергнутых глубокой пропитке огнебиозащитными составами. В соответствии с таблицей 6 [121] выделяется четыре класса пожарной опасности конструкций (таблица 4.3)

Таблица 4.3 – Порядок определения класса пожарной опасности строительных конструкций

Класс пожарной опасности конструкций	Допускаемый размер повреждения конструкций, сантиметры		Наличие		Допускаемые характеристики пожарной опасности поврежденного материала		
	вертикальных	горизонтальных	Теплового эффекта	Горения	Группа		
					горючести	воспламеняемости	дымообразующей способности
К0	0	0	отсутствует				
К1	не более 40	не более 25	-	отсутствует	не выше Г2+	не выше В2+	не выше Д2+
К2	более 40, но не более 80	более 25, но не более 50	-		не выше Г3+	не выше В3+	не выше Д2+
К3	-						

Примечание. Знак "+" обозначает, что при отсутствии теплового эффекта не регламентируется.

Анализируя ранее полученные показатели пожарной опасности, пропитанной огнебиозащитными составами древесины, а именно обеспечение групп материалов В2 и Д2, можно предположить отнесение деревянной конструкции к классу пожарной опасности в пределах К1 – К2.

При этом определяющим является прохождение конструкции по нормируемым показателям и времени, в течении которого она способна обеспечивать соответствующий уровень пожарной опасности.

В соответствии с методикой ГОСТ 30403-2012 [127] продолжительность испытания может составлять 15, 30 или 45 минут, в соответствии с результатами которых строительной конструкции присваивается класс пожарной опасности с указанием (в скобках) времени испытания.

Поскольку в рамках диссертационной работы стояла задача установления влияния средств огнезащиты на пожарную опасность конструкций в условиях длительного огневого воздействия, было принято решение проводить испытание в условиях стандартного температурного режима пожара в течении 45 минут, с последующим анализом полученных результатов.

Испытаниям были подвергнуты 4 ограждающие деревянные конструкции, из которых 3 подвергались пропитке огнебиозащитными составами (результаты пропитки элементов конструкций представлены в Приложении А) и конструкция из необработанной древесины.

Для сборки конструкций использовался брус из древесины сосны сечением 100x200 мм и длиной 550 мм (ограничения лабораторного автоклава). При этом размеры конструкций составляли 2300x1300 мм. Общий вид конструкций, установленных в испытательной печи по [127], представлен на рисунке 4.7.

Характеристики конструкций представлены в таблице 4.4.

В процессе испытания проводилась регистрация температуры в огневой и тепловой камерах, в соответствии со схемой установки термопар согласно ГОСТ 30403-2012 [127], а также в объеме конструкции в геометрическом центре и в контрольной зоне с использованием четырех термопар с заглублением на 20, 40, 60 и 80 мм.





Рисунок 4.7 – Внешний вид ограждающей деревянной конструкции, установленной в испытательной печи

Таблица 4.4 – Общая характеристика ограждающих деревянных конструкций

№	Наименование пропитывающего состава	Влажность древесины перед испытанием, %	Средний уровень поглощения, кг/м <sup>3</sup>	Расход при поверхностной обработке, кг/м <sup>2</sup>	Огнезащитная эффективность состава
0	Без пропитки	15	-	-	-
1	Состав 1	18-20	22,0	-	II
2	Состав 2	19-21	42,0	-	II
3	Состав 3	17-18	3,2	0,4	-I

По результатам испытания конструкции из необработанной древесины, были установлены закономерности ее поведения в условиях стандартного температурного режима пожара [148].

Воспламенение конструкции в огневой камере происходит через 4 минуты после начала испытания, а процесс воспламенения сопровождается быстрым нарастанием температуры (рисунок 4.8).

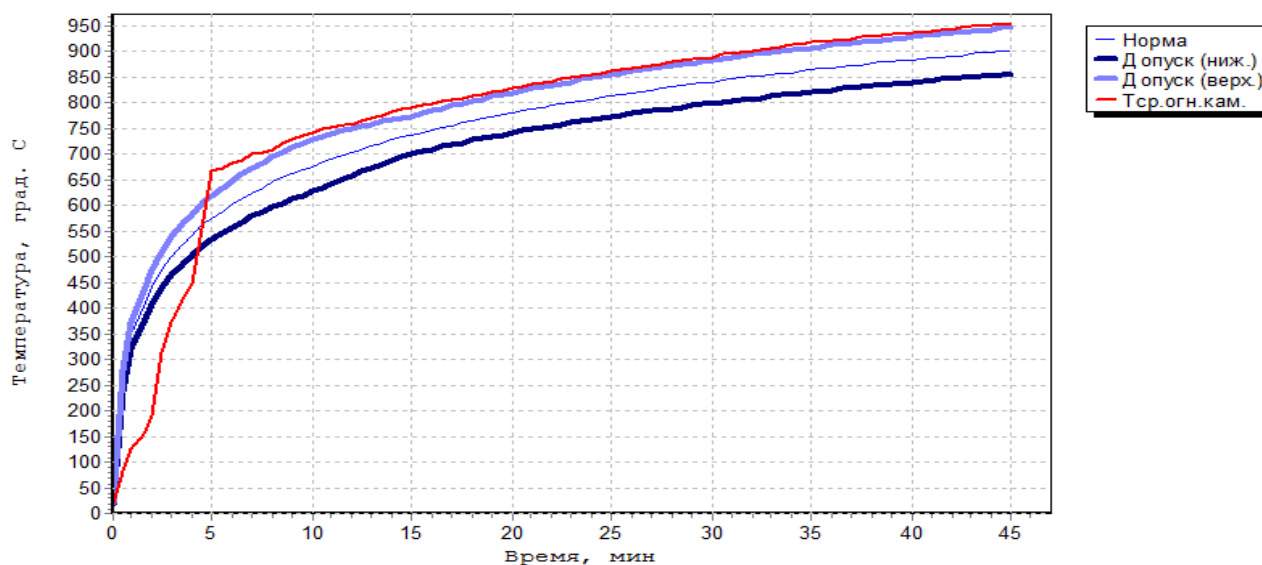


Рисунок 4.8 – Результаты контроля температуры в огневой камере при испытании конструкции из необработанной древесины [148]

При этом температура в огневой камере достигает значений верхнего допуска и удерживается на данном уровне на протяжении всего эксперимента.

В тепловой камере время воспламенения, исходя из данных контроля температуры, также составило примерно 4 минуты. Поведение деревянной конструкции в условиях огневого воздействия характеризуется повышением температуры (рисунок 4.9) с 230 до 300 °С с последующим постепенным ростом. Температура стандартного температурного режима пожара в тепловой камере при испытании необработанной конструкции была превышена через 15 минут эксперимента, а величина верхнего допуска через 25 минут.



Дополнительно необходимо отметить, что по завершении испытания при вскрытии печи наблюдалось самостоятельное горение древесины по всей площади поверхности конструкции. Вертикальные повреждения в тепловой камере превысили 80 см, что определяет отнесение этой конструкции к классу пожарной опасности КЗ.

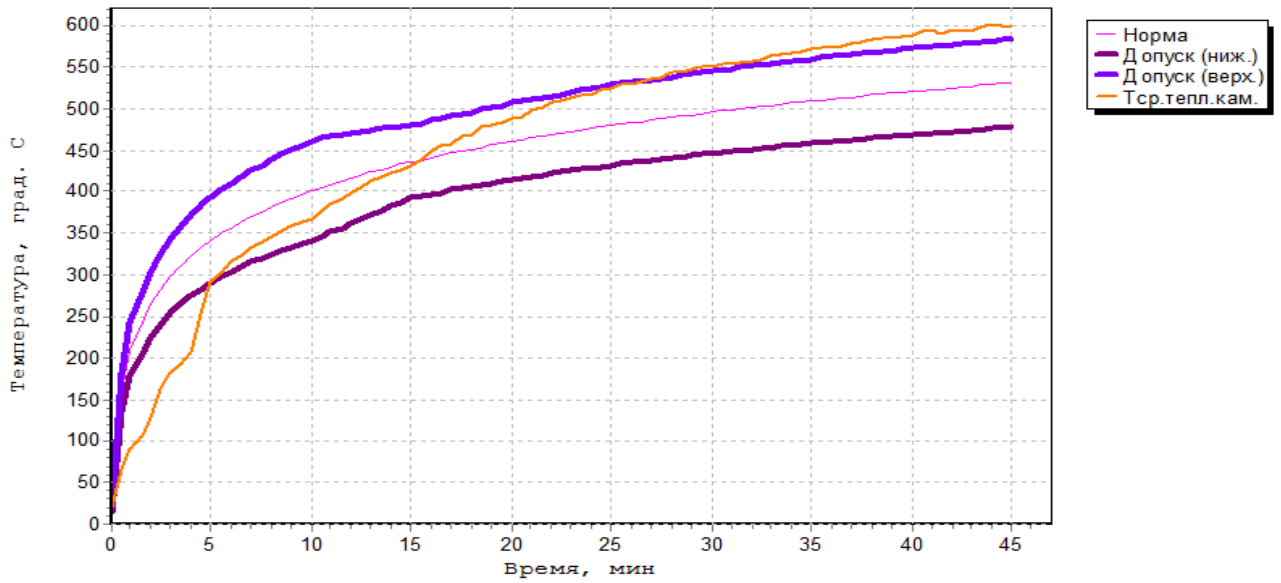


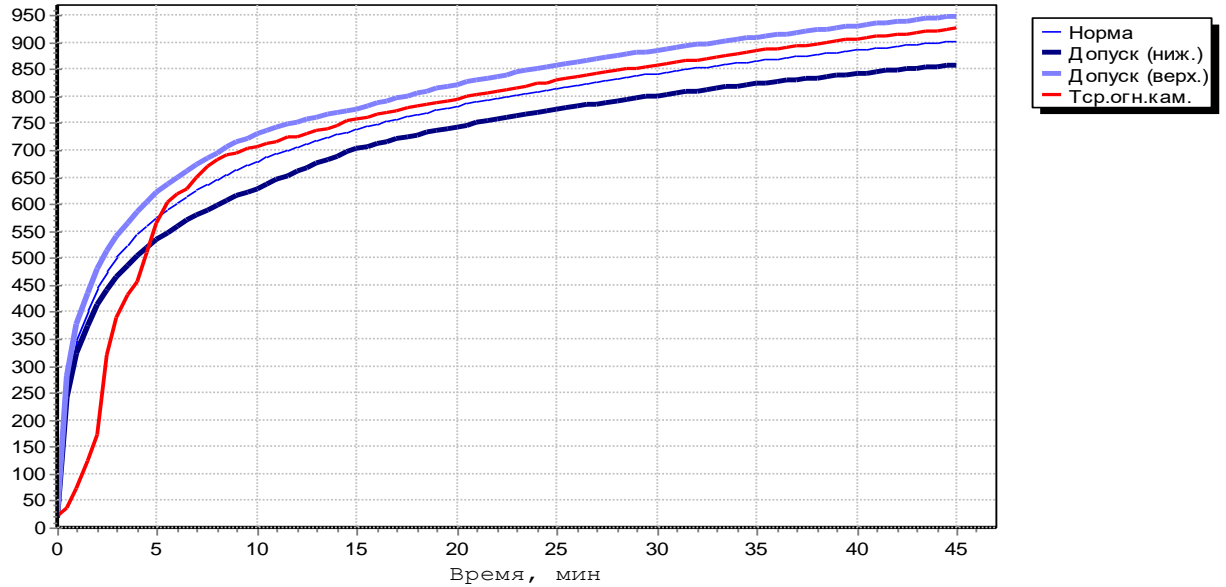
Рисунок 4.9 – Результаты контроля температуры в тепловой камере при испытании конструкции из необработанной древесины

При испытании конструкции из бруса, пропитанного огнебиозащитными составами, наблюдались следующие особенности. В случае с конструкциями пропитанными составами 1 и 2 воспламенение древесины в огневой камере происходило через 6 и 8 минут соответственно при температуре в огневой камере на уровне 630 – 700 °С для конструкции пропитанной составом 1 и 550 – 600 °С для конструкции пропитанной составом 2 (рисунок 4.10).

Некоторое запоздание роста температур на первичном этапе и большая задержка воспламенения для конструкции с составом 2 связана, по всей видимости, с особенностями механизма огнезащитного действия, который обусловлен значительным выделением инертных летучих продуктов в газовую фазу на начальном этапе. В процессе дальнейшего испытания температура в огневой камере находилась на уровне стандартного температурного режима

пожара и в среднем была на 50 – 100 °С ниже, чем во время испытания необработанной конструкции.

а)



б)

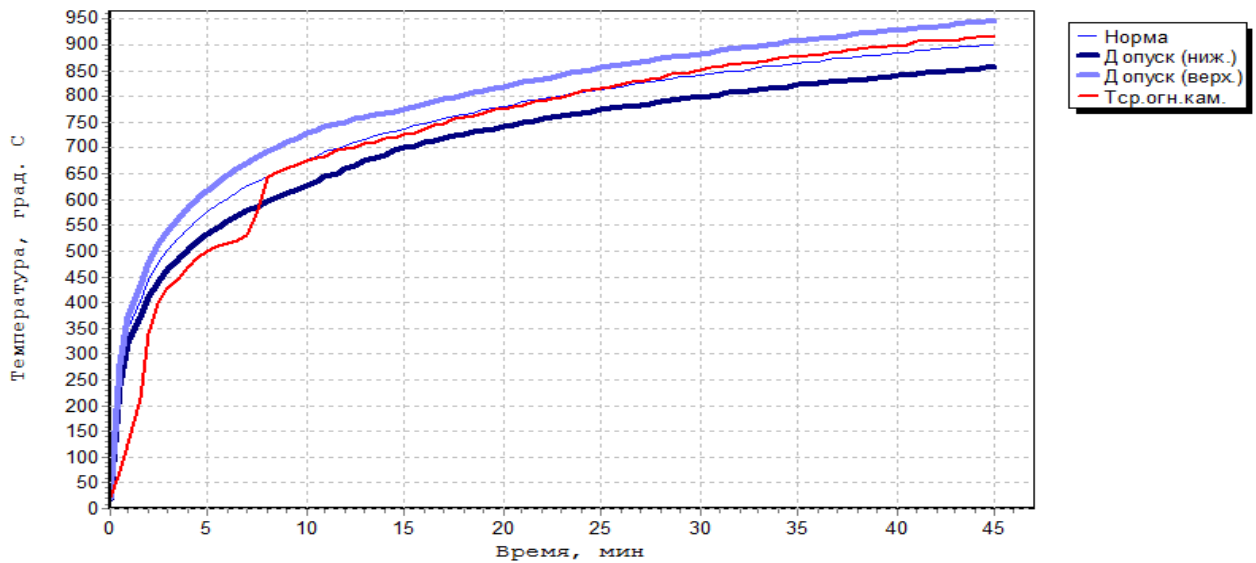
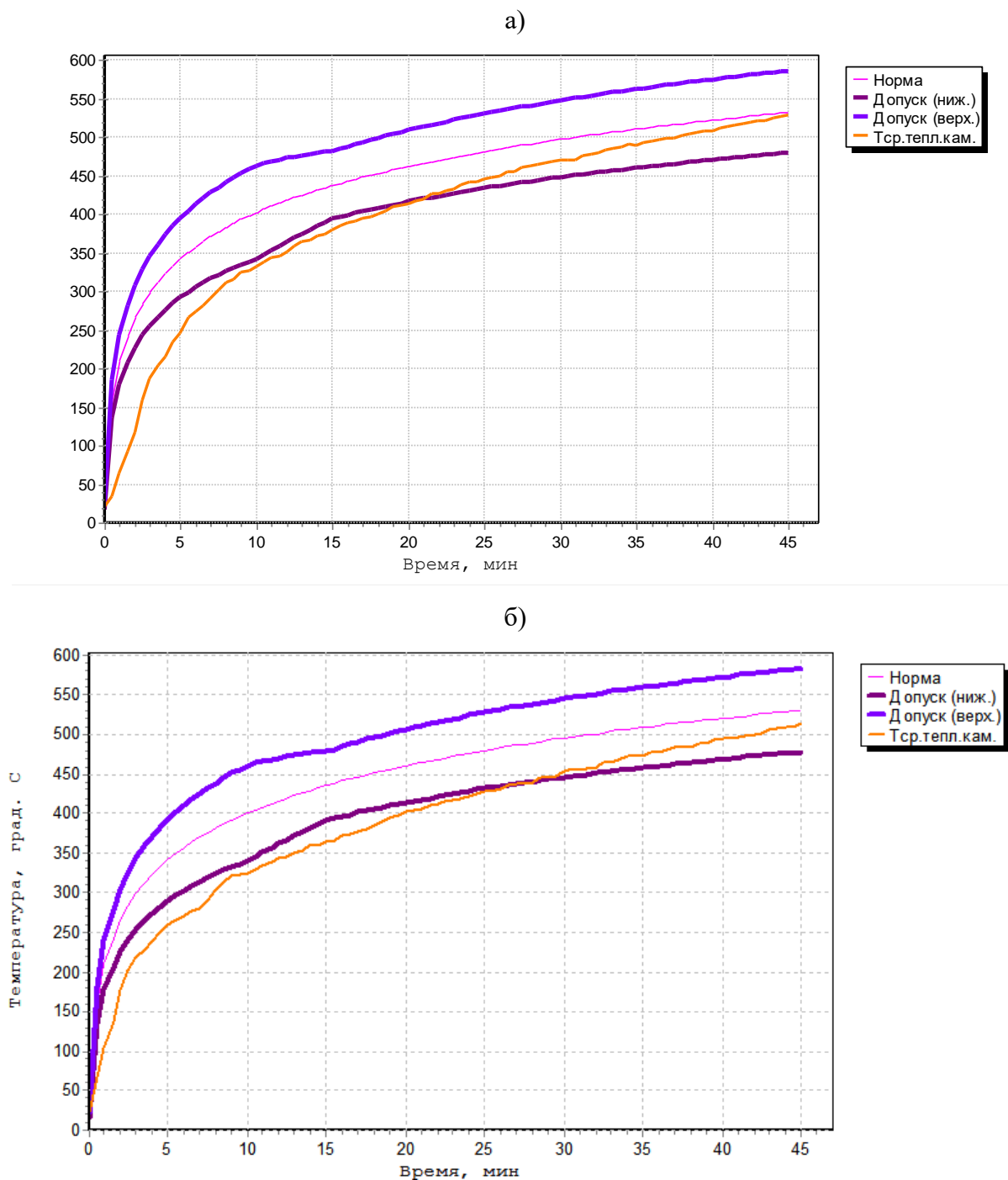


Рисунок 4.10 – Результаты контроля температуры в огневой камере при испытании конструкций из бруса, пропитанного:

а) огнебиозащитным составом 1; б) огнебиозащитным составом 2

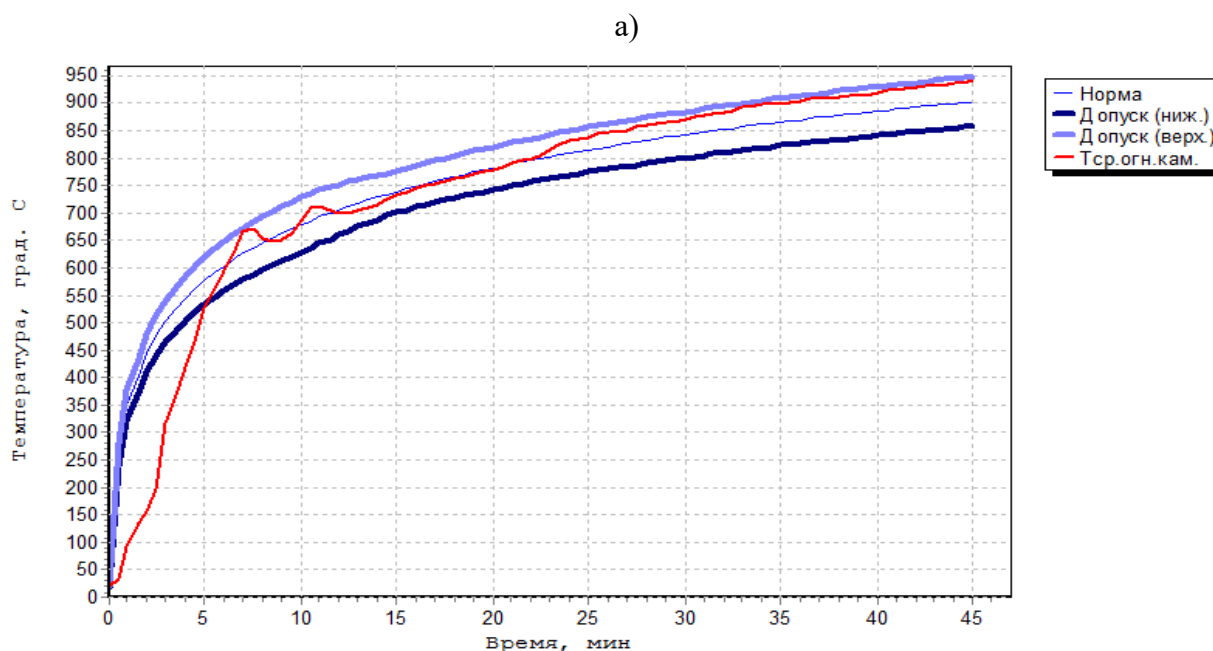
Аналогичные результаты были получены и в тепловой камере. В данном случае для ограждающих деревянных конструкций с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами 1 и 2 отмечается полное отсутствие теплового эффекта на протяжении всего 45 минутного испытания (рис. 4.11), а разница температур относительно необработанной конструкции достигает 150 °С.



Необходимо так же отметить отсутствие на кривой температур скачкообразных участков, которые могли бы свидетельствовать о воспламенении деревянной конструкции.

По результатам визуального наблюдения в процессе проведения испытания устойчивое горение в тепловой камере установилось для деревянной конструкции, пропитанной огнебиозащитным составом 1 через 25 – 30 минут, а для пропитанной огнебиозащитным составом 2 – через 35 – 40 минут после начала эксперимента.

В случае с конструкцией, пропитанной огнебиозащитным составом 3, учитывая отрицательные результаты по большинству предшествующих испытаний, было принято решение подвергнуть конструкции дополнительной поверхностной обработке. В результате испытаний, несмотря на то, что температура в огневой и тепловой камерах (рисунок 4.12) была выше, чем при испытании первых двух образцов конструкций с огнебиозащитой, однако фактические значения не превысили допустимых уровней.



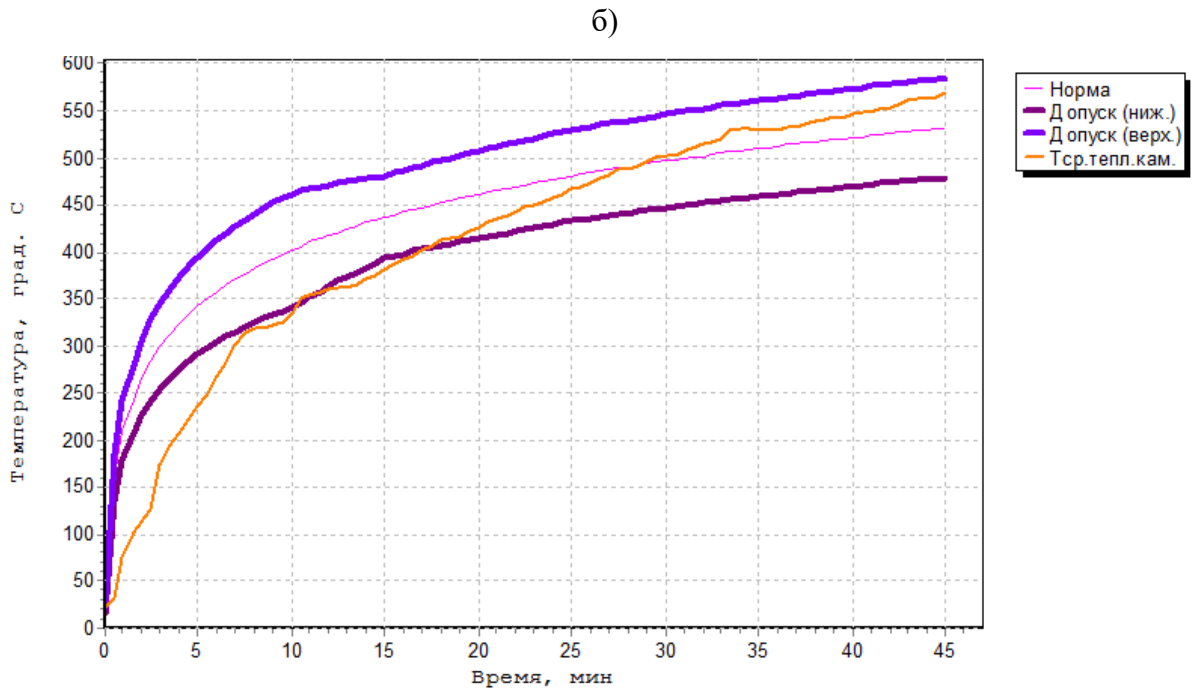


Рисунок 4.12 – Результаты контроля температуры в огневой (а) и тепловой (б) камерах при испытании конструкции, пропитанной огнебиозащитным составом 3

Термические повреждения в тепловой камере для данной конструкции не превысили значений необходимых для отнесения конструкции к классу пожарной опасности К2(45). При этом к особенностям поведения данной конструкции можно отнести большую интенсивность остаточного тления на уровне огневой камеры после окончания испытания, что можно отнести к высокому содержанию в составе пропитывающего раствора ионов металла – участников реакции окисления продуктов растительного сырья, являющегося эффективным катализатором тлеющего горения. Кроме этого, данная деревянная конструкция характеризуется меньшим временем воспламенения – 4 – 5 минут.

При использовании огнебиозащитных составов и особенно при введении их в объем древесины важно так же понимать характер влияния на огнестойкость деревянной конструкции. По результатам многочисленных исследований механизма огнезащитного действия азот-фосфорсодержащих составов с использованием методов термического анализа известно, что входящие в их состав соединения способствуют ускорению процесса карбонизации [15, 18, 152,

153]. По данным некоторых исследователей скорость обугливания при этом может увеличиваться до 4 мм/мин [132], что в свою очередь может негативно влиять на общий уровень огнестойкости ДК.

По результатам проведенных замеров глубины обугливания конструкций (таблица 4.5) установлено, что средние скорости образования угля в огневой камере не превышают аналогичных значений для необработанной конструкции, в то же время в тепловой камере средняя скорость обугливания оказывается ниже в среднем на 0,13 мм/мин, в огневой на 0,04 – 0,12 мм/мин.

Таблица 4.5 – Значения скоростей обугливания деревянных конструкций

Место замера глубины обугливания*	Без огнезащиты	Пропитка составом 1	Пропитка составом 2	Пропитка составом 3
Тепловая камера	0,37	0,23	0,24	0,25
Огневая камера	0,64	0,56	0,6	0,52

\* средние значения приведены по результатам не менее 30 замеров в каждой из камер

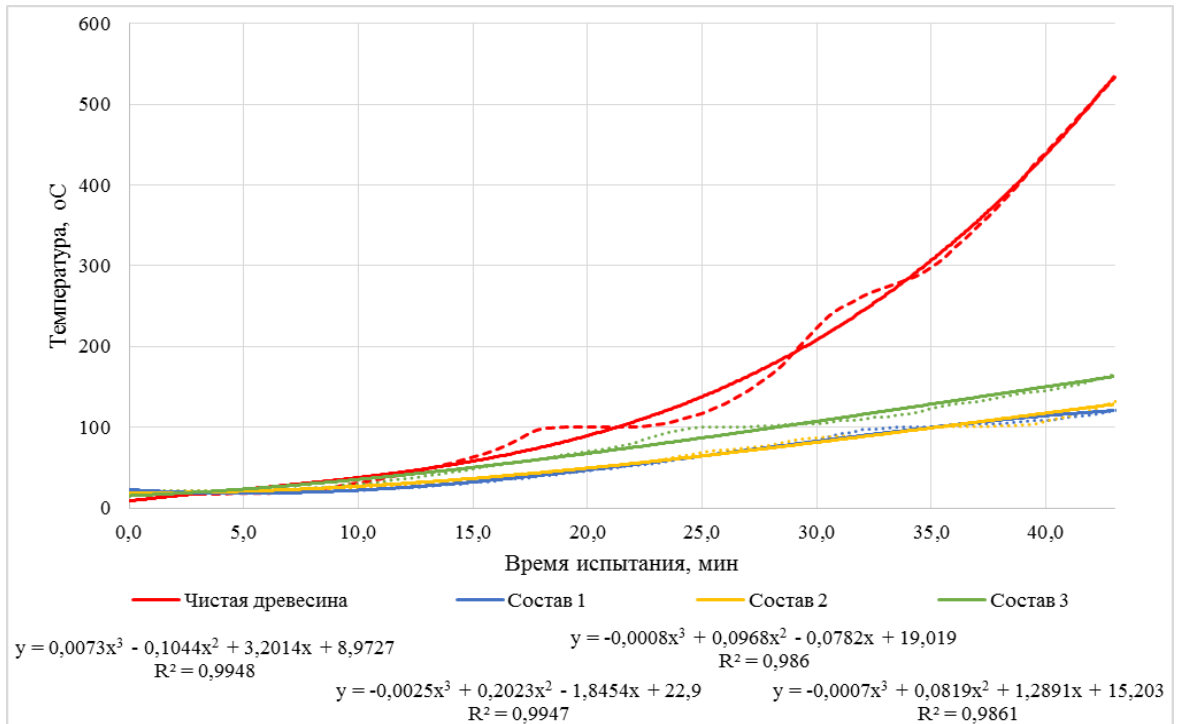
При этом интересно отметить, что, несмотря на ранее воспламенение конструкции, пропитанной составом 1 по отношению к конструкции, пропитанной составом 2, а также несколько больший тепловой эффект в огневой и тепловой камерах, для данной конструкции характерны более низкие скорости обугливания.

Интересно так же отметить, что если скорости обугливания в огневой камере для обработанной и необработанной конструкций отличаются не значительно, что не позволяет учесть эту разницу для учета в методике расчета предела огнестойкости конструкции, то в случае с динамикой прогрева древесины до 100 °С наблюдается несколько иная ситуация.

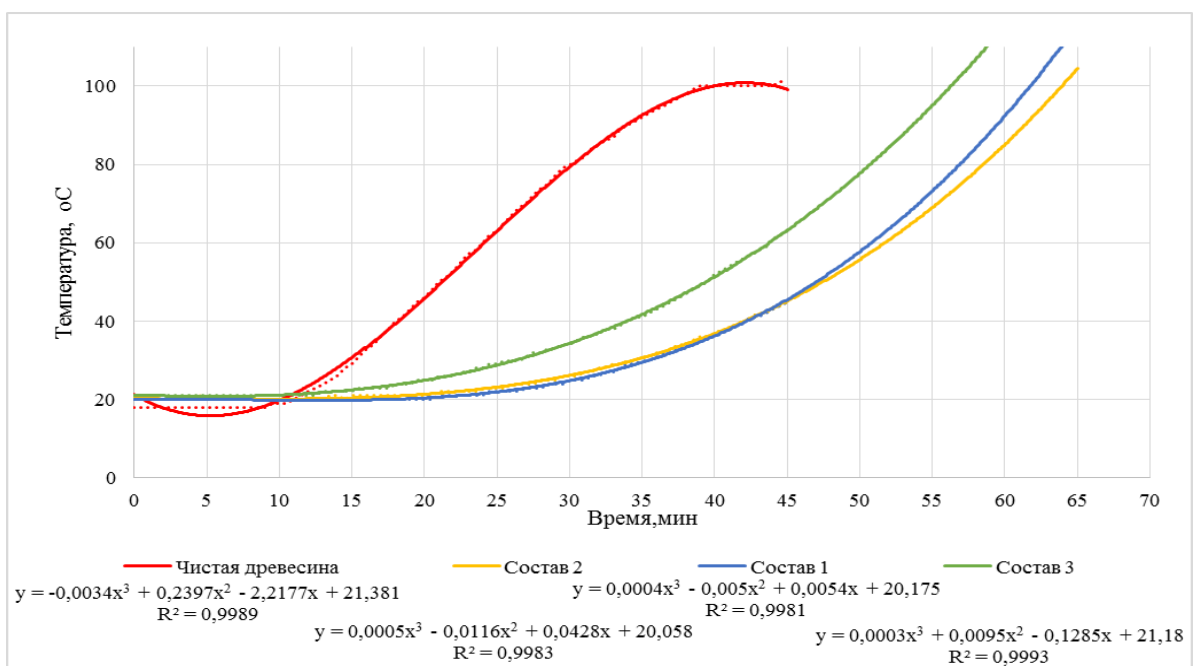
Так, в соответствии с методикой расчетного определения предела огнестойкости деревянных конструкций [122] из расчетов исключается слой, перегретый выше 100 °С. При анализе данных по температуре, полученных с помощью термопар, расположенных в объеме конструкции, отмечается меньшая

динамика прогрева для деревянных конструкций с глубокой пропиткой ОБЗС. Так в геометрическом центре отмечается замедление температурного прогрева для бруса, пропитанного составами 1 и 2 в среднем на 15 минут на глубине 20 мм (рисунок 4.13 а) и на 20 минут на глубине 40 мм (рисунок 4.13 б). Для конструкции, пропитанной составом 3 замедление температурного прогрева на глубине 15 и 20 мм составляет 7 и 15 минут соответственно.

а)



б)



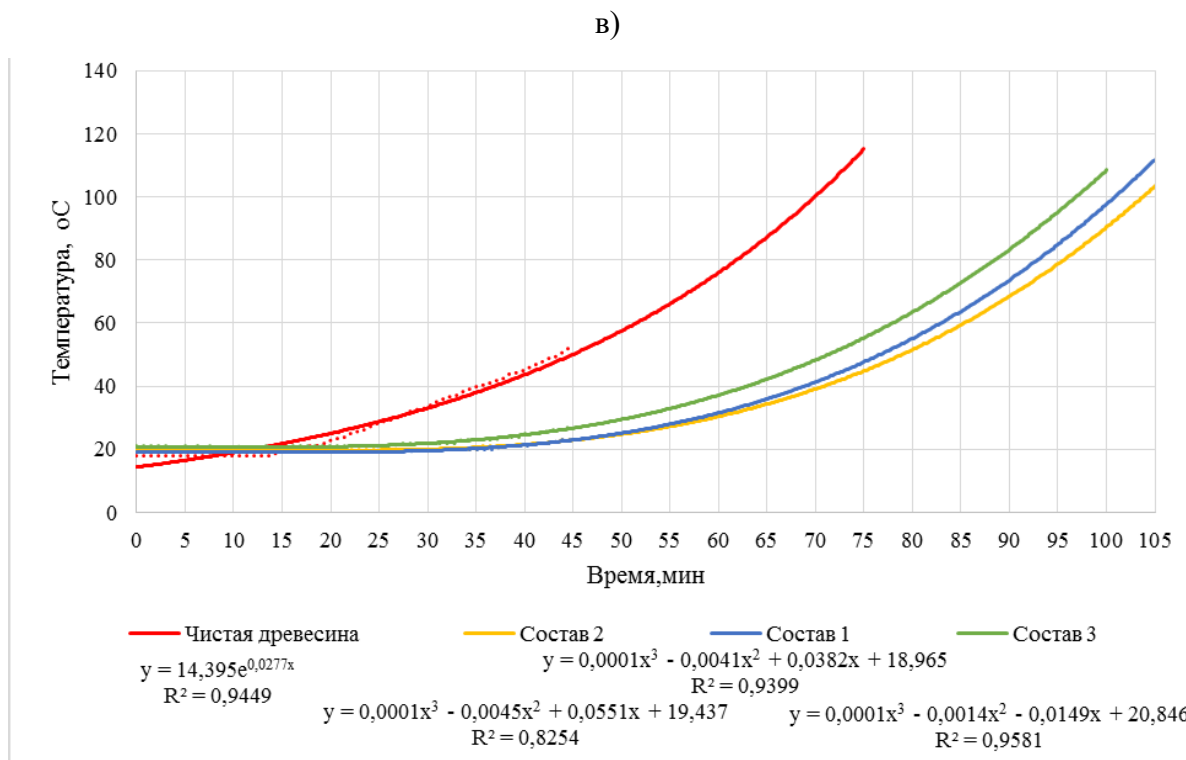


Рисунок 4.13 – Данные контроля температуры прогрева конструкции в ее геометрическом центре на глубине 20 (а), 40 (б) и 60 (в) мм от экспонируемой поверхности

Характерным является тот факт, что, несмотря на большую динамику прогрева в огневой и тепловой камерах в процессе испытания конструкции с составом 1 в сравнении с конструкцией с составом 2 (рисунки 4.10 и 4.11), и на некоторое замедление роста интенсивности температурного прогрева конструкции с составом 1 в условиях тепловой камеры (рисунок 4.14), в огневой камере на всех уровнях расположения термопар фиксировалась одинаковая динамика нарастания температур для конструкций, обработанных огнебиозащитными составами 1 и 2.

В то же время, как отмечалось выше, при испытании деревянной конструкции, обработанной составом 3, в огневой и тепловой камерах наблюдались более высокие температуры, чем для двух других образцов конструкций с составами 1 и 2. Большая динамика прогрева данной конструкции наблюдалась и в огневой камере, однако в условиях тепловой камеры прогрев



данной конструкции имел динамику сопоставимую с динамикой прогрева конструкции, обработанной огнебиозащитным составом 1.

Полученные данные могут свидетельствовать о зависимости свойств образующегося угля и его теплофизических характеристик от особенностей высокотемпературного воздействия, в том числе от скорости нарастания температуры. По полученным значениям объективного контроля температуры в конструкциях средствами математического аппарата программного комплекса *Microsoft Excel* были подобраны полиномиальные зависимости, наиболее адекватно характеризующие динамику прогрева ДК по достижению температуры 100 °С на глубине конструкции 20, 40 и 60 мм.

Для прогрева конструкции на глубине 20 мм в огневой камере установки эти зависимости выглядят следующим образом:

- для древесины:

$$y=0,0073x^3 - 0,1044x^2 + 3,2014x + 8,9727, R^2=0,9948 \quad (4.1)$$

- для древесины с огнебиозащитным составом 1:

$$y= - 0,0025x^3 + 0,202x^2 - 1,8454x + 22,9, R^2=0,9947 \quad (4.2)$$

- для древесины с огнебиозащитным составом 2:

$$y= - 0,0008x^3 + 0,0968x^2 - 0,0782x + 19,019, R^2=0,986 \quad (4.3)$$

- для древесины с огнебиозащитным составом 3:

$$y= - 0,0007x^3 + 0,0819x^2 + 1,2891x + 15,203, R^2=0,9861 \quad (4.4)$$

Доверительная вероятность для глубин 40 и 60 мм составляет 0,98 – 0,99 и 0,82 – 0,94 соответственно.

Для контрольной зоны прогрев образцов ограждающих ДК происходит менее интенсивно, обусловленный температурным режимом, заданным в тепловой камере установки (рисунок 4.14).

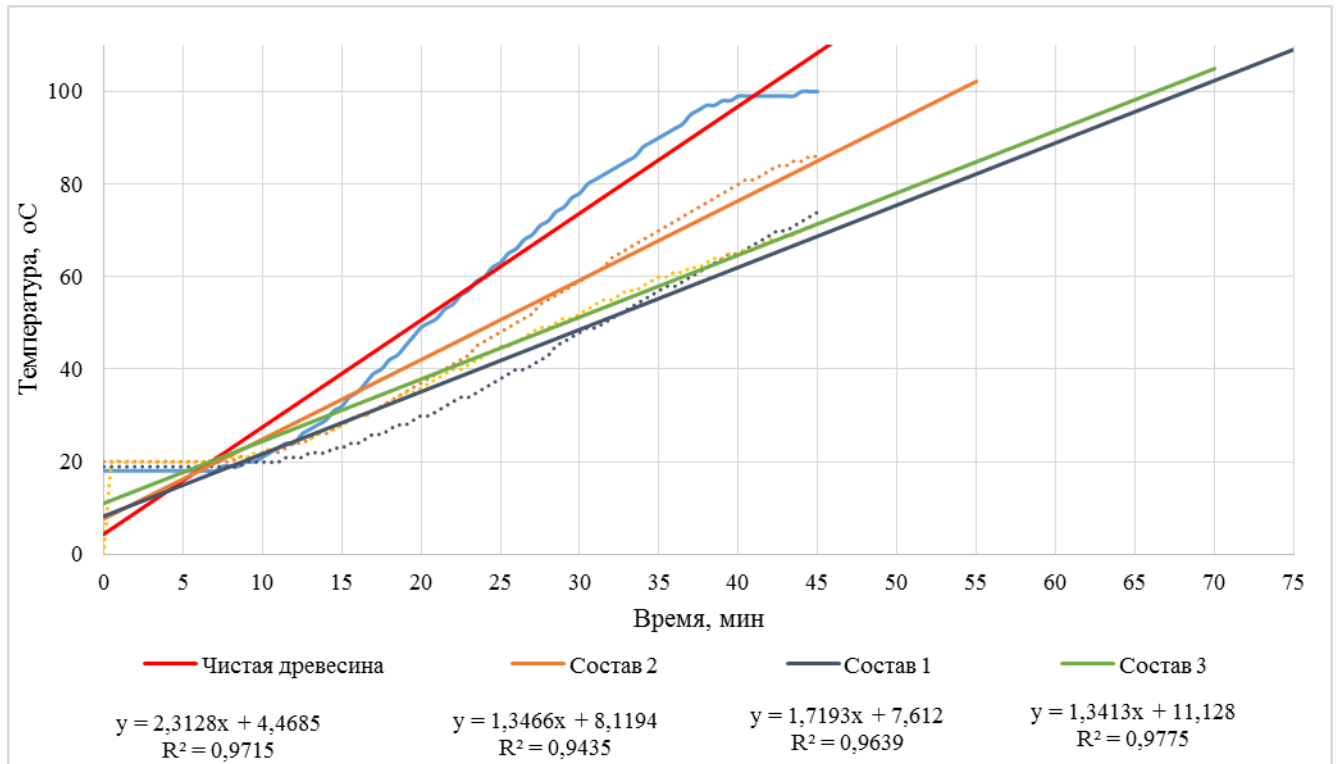


Рисунок 4.14 – Данные контроля температуры прогрева конструкции в центре контрольной зоны на глубине 20 мм от экспонируемой поверхности

Аналогично для прогрева конструкции на глубине 20 мм в тепловой камере установки были получены следующие зависимости:

- для древесины:

$$y = 2,3128x + 4,4685, R^2 = 0,9715 \quad (4.5)$$

- для древесины с огнебиозащитным составом 1:

$$y = 1,7193x + 7,612, R^2 = 0,639 \quad (4.6)$$

- для древесины с огнебиозащитным составом 2:

$$y = 1,3466x + 8,1194, R^2 = 0,9435 \quad (4.7)$$

- для древесины с огнебиозащитным составом 3:

$$y = 1,3413x + 11,128, R^2 = 0,9775 \quad (4.8)$$

При использовании полученных зависимостей расчетным путем было определено время достижения температуры 100 °C в тех точках, где эта температура не была достигнута в условиях эксперимента. Полученные результаты представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Характеристика динамики прогрева в огневой камере конструкций пропитанных огнезащитными составами

Расстояние от экспонируемой поверхности, мм	Чистая древесина		Состав 1		Состав 2		Состав 3	
	t <sub>1</sub> , мин	v <sub>2</sub> , мм/мин	t <sub>1</sub> , мин	v <sub>2</sub> , мм/мин	t <sub>1</sub> , мин	v <sub>2</sub> , мм/мин	t <sub>1</sub> , мин	v <sub>2</sub> , мм/мин
20	18	1,1	33	0,61	35	0,57	24	0,83
40	39	1,0	62*	0,65	64*	0,63	51*	0,78
60	70*	0,9	101*	0,59	104*	0,57	96*	0,63

1 – время достижения температуры 100 °С;

2 – скорость прогрева конструкции до 100 °С;

\* расчетные значения

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях огневой камеры, наилучшие результаты имеют кислые и нейтральные составы, последние в условиях интенсивного высокотемпературного воздействия разлагаются с образованием кислот и так же, как и кислые составы эффективно катализируют процесс углеобразования, но самое главное, они препятствуют возникновению тлеющего горения в условиях достаточности кислорода, в отличие от составов, содержащих соединения щелочных металлов.

В то же время, при определении повреждений в контрольной зоне, при отнесении конструкции к классу пожарной опасности для составов 1 и 3 отмечалась большая площадь повреждения, однако скорости обугливания при этом в среднем оказались ниже, чем для конструкции обработанной составом 2. Таким образом, в условиях теплового воздействия и недостатка кислорода более высокую эффективность показывают щелочные и кислые составы, которые более эффективно катализируют процесс углеобразования, обеспечивая при этом высокоэффективную теплоизоляцию. При этом с точки зрения классификационных признаков отнесения конструкций к классу пожарной опасности конструкции оказываются на границе выхода в менее опасный класс пожарной опасности.

Кроме этого, представленные экспериментальные данные демонстрируют способность огнебиозащитных систем снижать динамику прогрева деревянных конструкций. Фактически для всех исследуемых огнебиозащитных составов значения скоростей прогрева конструкций до 100 °С имеют значения близкие к скоростям обугливания. Применение огнебиозащитных составов позволяет значительно снизить толщину слоя перегретого выше 100 °С за фронтом обугливания от 25 до 49 % по отношению к образцам конструкции из необработанной древесины, что необходимо учитывать при расчетном определении пределов огнестойкости деревянных конструкций.

#### 4.4 Выводы по четвертой главе

1) С использованием метода оценки эффективности огнезащитных составов установлено отсутствие огнезащитного действия для щелочных составов вспучивающегося действия при их введении в объем древесины методом глубокой пропитки. Эффективность кислотообразующих составов на основе азот-фосфорсодержащих соединений либо имеет положительную зависимость от глубины пропитки (состав 1), либо нейтральную.

2) Методами исследования пожарной опасности материалов установлено, что кислотообразующие составы обеспечивают перевод древесины в группу нераспространяющих пламя по поверхности материала при поглощении более 25 кг/м<sup>3</sup>, и слабораспространяющих пламя по поверхности при поглощении более 10 кг/м<sup>3</sup>. Составы щелочного типа при введении в объем изделия фактически не препятствуют распространению горения. Дымообразующая способность на уровне группы Д2 (материалы с умеренной дымообразующей способностью) для всех огнебиозащитных составов достигается при поглощении более 40 кг/м<sup>3</sup>.

3) Введение в структуру древесины огнебиозащитных составов в объеме достаточном для снижения пожарной опасности не оказывают негативного влияния на ее физико-механические, теплофизические и адгезионные свойства;

4) С использованием метода оценки класса пожарной опасности конструкций показана способность огнебиозащитных составов обеспечивать перевод деревянных конструкций в класс К2(45), при поглощениях соответствующих II группе огнестойкой эффективности.

5) В процессе огневого испытания на класс пожарной опасности температура в огневой и тепловой камерах на всем протяжении эксперимента не превышает допустимых значений. Средняя разница температур по отношению к температурам при испытании конструкций из необработанной древесины составляет от 50 до 100 °С;

6) Применение глубокой пропитки огнебиозащитными составами не оказывает негативного влияния на скорость обугливания деревянной конструкции;

7) Огнебиозащитные составы позволяют в значительной степени снизить динамику прогрева конструкций, уменьшая толщину слоя древесины перегретого выше 100 °С от 25 до 49 % в зависимости от вида применяемых огнебиозащитных составов и расхода (уровня их поглощения).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В диссертационной работе впервые комплексно решена научная задача обеспечения снижения пожарной опасности деревянных конструкций путем применения способа импульсной глубокой пропитки огнебиозащитными составами с сохранением физико-механических характеристик ДК, обеспечения их биостойкости и долговечности. Полученные результаты свидетельствуют о потенциально широких возможностях применения данных технологий для обеспечения пожарной безопасности на современных объектах деревянного домостроения с учетом действующих нормативных документов в области пожарной безопасности и перспектив развития данного направления.

2. Установлено, что вид применяемого в условиях способа импульсной глубокой пропитки огнебиозащитного состава, его характеристики, особенности технологии и параметры режима пропитки оказывают влияние на физические, теплофизические, физико-механические характеристики деревянных конструкций, а также на адгезию лакокрасочных покрытий к деревянной подложке. Так, например, показано, что в некоторых случаях при увеличении содержания в древесине сухих солей коэффициент теплопроводности повышается на 10 – 16 %, а в некоторых случаях изменяется в диапазоне от 0,098 до 0,115 Вт/м·К, что характерно для нативной древесины сосны.

3. Изучено влияние способов и режимов глубокой пропитки древесины различными видами огнебиозащитных составов на ее физико-механические характеристики для основных видов напряженного состояния деревянной конструкции (изгиб, скалывание вдоль волокон, сжатие). Установлена возможность сохранения и повышения физико-механических показателей деревянных конструкций на 7 – 9 % при использовании соответствующих режимов импульсного способа пропитки при обеспечении требуемых показателей по пожарной опасности материалов и конструкций из древесины.

4. Определены оптимальные режимы импульсной глубокой пропитки древесины огнебиозащитными составами, отличающихся по своему механизму

огнезащитного действия, для эффективного снижения пожарной опасности древесного материала. Проведенные исследования позволили перевести древесину в группу материалов средней воспламеняемости (В2), с малой дымообразующей способностью (Д1) и нераспространяющих пламя по поверхности материалов (ИРП=0).

5. Комплекс экспериментальных показателей по пожарной опасности деревянных конструкций с импульсной глубокой пропиткой огнебиозащитными составами включены в базу характеристик горючих нагрузок *FireCategories*, *FIM*-интегральная модель пожара, *PyroSim*, предназначенных для моделирования опасных факторов пожара и расчета пожарного риска в зданиях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности.

6. Предложены математические зависимости динамики прогрева деревянных конструкций в присутствии огнебиозащитных составов по достижению температуры 100 °С, которые могут использоваться для моделирования поведения ДК в условиях пожара и расчетной оценки пределов их огнестойкости.

7. Экспериментально подтверждена возможность эффективного повышения класса пожарной опасности деревянных конструкций при проведении глубокой импульсной пропитки огнебиозащитными составами с установлением оптимальных параметров этого процесса до класса К2(45). В условиях огневых испытаний по ГОСТ 30403-2012 применение данного способа пропитки позволяет снизить интенсивность процесса обугливания в пределах 10 – 15 %, что является определяющим при обеспечении требуемых показателей по огнестойкости деревянных конструкций.

8. Результаты диссертационной работы внедрены в практическую деятельность научно-производственных предприятий ООО «Ловин-огнезащита» (г. Москва) и ООО «Нитон» (г. Екатеринбург) по обеспечению требуемых показателей пожарной опасности деревянных конструкций зданий и сооружений.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Азаров, В. И. Химия древесины и синтетических полимеров [Текст] / В. И. Азаров, А. В. Буров, А. В. Оболенская // СПб.: СПбЛТА. 1999. – 628 с.
2. Галочкин, А. И. Химическая модификация древесины: монография [Текст] / А. И. Галочкин – Ханты-Мансийск: Полиграфист. 2008. – 426 с.
3. Стенина, Е. И. Технология пропитки древесины мышьяксодержащими антисептиками [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Стенина Елена Ивановна. – Екатеринбург, 2009. – 199 с.
4. Братинская, М. С. Растительные клеточные стенки и их образования [Текст] / М. С. Братинская // М.: 1964. – 160 с.
5. Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины [Текст] / П. С. Серговский, А. И. Расев // М.: Лесная промышленность, 1987. – 360 с.
6. Пятакин, В. И. Техническая гидродинамика древесины [Текст] / В. И. Пятакин, Ю. Г. Тишин, С. М. Базаров // М.: Лесная промышленность, 1990. – 304 с.
7. Дунаев, В. Ф. Скорость делигнификации и пропитка древесины растворами [Текст]: ЦБП и лесохим. / В. Ф. Дунаев, В. А. Андреев // М.: Информационный сборник ВНИЭПИ леспрома, 1991. Вып. 1. – С. 4.5.
8. Харук, Е. В. Проницаемость древесины газами и жидкостями [Текст]: моногр. дис. ... докт. биол. наук. / Е. В. Харук // Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1976. – 190 с.
9. Хухрянский, П. Н. Лесозаготовка [Текст] / П. Н. Хухрянский, И. Ф. Ларин // М.-Л.: Гос. лесотехническое издательство, 1947. – 257 с.
10. Сидоров, В. И. Химия в строительстве: учебник для вузов [Электронный ресурс] / В. И. Сидоров, Э. П. Агасян, Т. П. Никифорова и др. – 2-е изд., испр. // М.: Изд-во АСВ, 2010. – 344 с. Режим доступа:



URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273823> (Дата обращения 28.06.2017).

11. Петрова, Е. А. Снижение горючести строительных материалов на основе древесины [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Петрова Елена Александровна. – М., 2003. – 158 с.

12. Корольченко, О. Н. Влияние средств огнезащиты на пожарную опасность древесины [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Корольченко Ольга Николаевна. – М., 2010. – 221 с.

13. Коротков, К. Н. Химическая переработка древесины. Вып. 1 [Текст]: (В помощь лесохимику) / проф. Коротков; Всесоюзное научное инженерно-техническое общество лесной промышленности и лесного хозяйства. Белорусское республиканское отделение. – Минск: Государственное издательство БССР, Редакция научно-технической литературы, 1947 (тип. им. Сталина И.В.). – 20 с.

14. В Ростове-на-Дону сгорели более 80 жилых построек [Электронный ресурс] // Информационное агентство России ТАСС. Режим доступа: <http://tass.ru/proisshestviya/4496689> (дата обращения: 01.09.2017)

15. Сивенков, А. Б. Влияние физико-химических характеристик древесины на ее пожарную опасность и эффективность огнезащиты [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 02.00.06 / Сивенков Андрей Борисович. – М., 2015. – с. 289.

16. Сивенков А. Б. Исследование особенностей термического и термоокислительного разложения древесины различных пород [Текст] // Сборник научных трудов: Технология и оборудование для переработки древесины. – Вып. 335 – М.: МГУЛ, 2007. – С.115-124.

17. Асеева, Р. М. Горение древесины и ее пожароопасные свойства [Текст] / Р. М. Асеева, Б. Б. Серков, А. Б. Сивенков // Пожарозврывобезопасность. – 2012. – № 1. – С. 2-7.

18. Анохин, Е. А. Повышение класса пожарной опасности деревянных конструкций длительного срока эксплуатации [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Анохин Евгений Анатольевич. – М.: 2017. – 236 с.

19. Балакин, В. М. Азот-фосфорсодержащие антипирены для древесины и древесных композиционных материалов (Литературных обзор) [Текст] / В. М. Балакин, Е. Ю. Полищук // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – Т. 17, № 2. – С.43–51.

20. Балакин, В. М. Огнезащитные составы и покрытия на основе аминокальдегидных олигомеров (литературный обзор) [Текст] / В. М. Балакин, Е. Ю. Полищук. А. В. Рукавишников. // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 19, № 4. – С. 22–27.

21. Афанасьев, С. В. Теория и практика огнезащиты древесины и древесных изделий: монография [Текст] / С. В. Афанасьев, В. М. Балакин. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2012. – 138 с.

22. Асеева, Р. М. Термоокислительное разложение нового огнезащитного средства для древесины – «Frackfire» [Электронный ресурс] / Р. М. Асеева, Л. П. Вахрушев, С. М. Ломакин, И. М. Нестеров, П. А. Сахаров, Б. Б. Серков, А. Б. Сивенков // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 1 (59). – С. 29–34. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-1/24-01-15.ttb.pdf>.

23. Патент РФ № 2011120392/13, 23.05.2011. Котенева И.В., Сидоров В.И., Котлярова И.А. Огнебиозащитный состав «Ксилостат+» // Патент России № 2465129. 2012. Бюл. № 30.

24. Патент РФ № 2011101296/13, 13.01.2011. Салех А.И. Огнезащитный состав для обработки древесины // Патент России № 2469843. 2012. Бюл. № 20.

25. Патент РФ № 2011136737/13, 06.09.2011. Кривцов Ю.В., Максименко Н.А., Максименко С.А., Мельников Н.О. Способ получения огнебиозащитного состава // Патент России № 2486051. 2013. Бюл. № 35.

26. Патент РФ № 2012129756/05, 16.07.2012. Лукьяненко Н.А., Лукьяненко К.Н., Веренкова Э.М. Композиция для огнебиозащитной пропитки древесины // Патент России № 2538256. 2015. Бюл. № 3.

27. Патент USA № 20080258121, 23.04.2007. H.Farooq. Fire retardant composition // Патент United States of America № 11/738,662. 2008.

28. Патент CN № 20131591595, 22.11.2013. Gao Tianhong. Novel wood fire retardant // Патент China № 104647510(A). 2015.

29. Патент CN № 20131592211, 22.11.2013. Gao Tianhong. Inorganic fire retardant for wood fire retardation treatment, and preparation method thereof // Патент China № 104647529(A). 2015.

30. Патент CN № 20131602350, 26.11.2013. Qingdao tongchuang energy saving environmental prot engineering Co Ltd. Low-cost and high-efficiency and composite wood fire retardant and preparation method thereof // Патент China № CN104647544(A). 2015.

31. Патент CN № 20131614910, 28.11.2013. Qingdao jiayiyang industry and trade Co Ltd. Phosphorus-nitrogen-containing wood fire retardant and preparation method thereof // Патент China № 104669382(A). 2015.

32. Патент CN № 20131720580, 24.12.2013. Shifang midee wood industry Co Ltd. Environment-friendly and fireproof wood fire-retardant liquid // Патент China № 104723427(A). 2015.

33. Патент РФ № 2005116003/04, 26.05.2005. Левичев А.Н., Павлюкович Н.Г., Казиев М.М., Валецкий П.М. Огнезащитный состав для обработки древесины // Патент России № 2299229. 2006. Бюл. № 14.

34. Патент РФ № 2007102966/03, 20.11.2006. Щепочкина Ю.А. Композиция для покрытия древесины // Патент России № 2329985. 2008. Бюл. № 21.

35. Патент РФ № 2008150674/03, 22.12.2008. Вершинин С.Н., Вершинина Т.С., Вершинин К.С. Огнезащитный состав для древесины и металла // Патент России № 2381197. 2010. Бюл. № 4.

36. Триполицын, А. А. Разработка огнезащитного состава для создания полимерного покрытия древесных материалов [Текст]: дис.... канд. техн. наук: 05.17.06 / Триполицын Андрей Александрович. – СПб.: ГУКиТ, 2015. – 134 с.

37. Серков, Б. Б. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины (часть 2) [Электронный ресурс] / Б. Б. Серков, Р. М. Асеева,

А. Б. Сивенков // Технологии техносферной безопасности. 2014. – № 1 (41) – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-1/01-01-12.ttb.pdf>

38. Шаталин, С. С. Огнезащитные покрытия на основе поливинилового спирта [Текст] / С. С. Шаталин, С.С. Мнацаканов // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Прошлое – настоящее – будущее Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения». – СПб, 2013. – С.122-125

39. Шаталин, С. С. Особенности термолиза поливинилового спирта в огнезащитных композиция [Текст]: дис. ... канд.техн.наук: 05.17.06 / Шаталин Сергей Сергеевич – СПб: ГУКиТ, 2015. – 84 с.

40. Патент USA № 9187674, 17.11.2015. J. Ulcar, T. Csaba. Fire resistant coating // Патент United States of America № 13/083734. 2015.

41. Faiz, A. Non-toxic mineral based intumescent fire retardant coating for structural applications [Текст] / A. Faiz, U. Sami, M. Wan Farhana, A. Hammad, Z. Zaiful Iqmal // International Journal of the institute of Materials Malaysia., V.1, 2013, – PP. 137-156.

42. Балакин, В. М. Азотфосфорсодержащие огнезащитные составы на основе продуктов деструкции полиэтилентерефталата алифатическими ди- и полиаминами [Текст] / В. М. Балакин, М.А. Красильникова // Сборник тезисов докладов V Международной конференции-школы по химии и физикохимии олигомеров «Олигомеры–2015», Волгоград, 2015. – С. 162-165.

43. Балакин, В. М. Синтез и свойства азотфосфорсодержащих огнезащитных составов на основе продуктов аминолита полиуретанов [Текст] / В. М. Балакин, А. А. Галлямов, С. В. Постников и др. // Сборник тезисов докладов V Международной конференции-школы по химии и физикохимии олигомеров «Олигомеры–2015», Волгоград, 2015. – С. 135-138.

44. Ислентьев, С. В. Фосфорсодержащая огнезащитная композиция для древесных материалов на основе азотсодержащих продуктов деструкции поликарбоната алифатическими аминами [Текст] / С. В. Ислентьев, В. М. Балакин

// Сборник тезисов докладов V Международной конференции-школы по химии и физикохимии олигомеров «Олигомеры–2015», Волгоград, 2015. – С. 113-118.

45. Стародубцев, А.В. Огнезащитные составы на основе продуктов деструкции сложных алифатических полиэфиров моноэтаноламинами [Текст] / А.В. Стародубцев, В. М. Балакин // Сборник тезисов докладов V Международной конференции-школы по химии и физикохимии олигомеров «Олигомеры-2015», Волгоград, 2015. – С. 252.

46. Балакин, В. М. Структура и свойства продуктов деструкции полиэтилентерефталата с диэтаноламином и триэтаноламином [Текст] / В. М. Балакин, А. В. Стародубцев, В. Е. Кычанов, М. А. Красильникова // Журнал «Пластические массы», № 6, М.: ОАО «Издательский дом «Красная звезда», 2013. – С. 3-5.

47. Abd El-Nameed, R. S. Aminolysis of polyethylene terephthalate waste as corrosion inhibitor for carbon steel in HCl corrosive medium [Текст] / R. S. Abd El-Nameed // Adv. Appl. Sci. Res., 2 (3), 2011., PP.483-499.

48. Кацадзе, В. А. Объемная пропитка древесины центробежным способом [Текст] / В.А. Кацадзе, Д.В. Виноградов // Лесной журнал. № 3. – Архангельск: ФГАОУ ВО С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова, 2007. – С. 82-85.

49. Григорьев, Г. В. Совершенствование центробежного способа пропитки лиственной древесины [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / Григорьев Глеб Владимирович – С-Пб: ГЛТУ, 2013. – 147 с.

50. Саенко, А. И. Повышение огнезащиты древесины глубокой пропиткой антипиренами на основе электрогидравлического эффекта [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Саенко Александр Иванович. – Харьков, 1998. – 142 с.

51. Куницкая, О. А. Экспериментальные исследования пропитки древесины при помощи гидроудара [Текст] / О.А. Куницкая, С.С. Бурмистрова // Системы. Методы. Технологии, № 4. – Братск-9, 2015. – С. 103–108.

52. Патент РФ № 2009125336/05, 02.07.2009. Варфоломеев С.Д., Ломакин С.М., Горшенев В.Н., Сахаров П.А., Сахаров А.М., Демин В.Л. Антипирен,

способ его получения, способ огнезащитной обработки материалов и способ тушения очага горения // Патент России № 2425069. 2011. Бюл. № 1.

53. Daniliuc, A. New trends in wood coatings and fire retardants [Электронный ресурс] / A. Daniliuc, B. Deppe, O. Deppe, S. Friebel, D. Kruse, C. Philipp // European Coating Journal, 07, 2012., PP. 20-25. Режим доступа: [http://www.wki.fraunhofer.de/content/dam/wki/en/documents/extras/ECJ\\_2012\\_07\\_Daniliuc.pdf](http://www.wki.fraunhofer.de/content/dam/wki/en/documents/extras/ECJ_2012_07_Daniliuc.pdf) (Дата обращения 20.08.2016).

54. Reti, C. Intumescent biobased-poly lactid films to flame retard nonwovens [Текст] / C. Reti, M. Casetta, S. Duquesne, R. Delobel, J. Soulestin, S. Bourdigot // Journal of Engineered Fibers and Fabrics, V. 4, I. 2, 2009, PP. 33-39.

55. Нигматуллина, Д. М. Применение способов глубокой пропитки деревянных конструкций для повышения их пожаробезопасности [Текст] / Д. М. Нигматуллина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков // Материалы 25-й международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2016». – Москва. – 2016. – С. 269-272.

56. Нигматуллина, Д. М. Исследование эффективности способа глубокой пропитки древесины различными огнезащитными системами [Текст] / Д. М. Нигматуллина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков, Е. И. Стенина // Материалы 5 международной научно-практической конференции «Ройтмановские чтения». – Москва. – 2017. – С. 60-63.

57. Ли, Хунда Повышение качества отделочных и конструкционных материалов из березы объемной импульсной пропиткой водорастворимыми антипиренами и красителями [Текст] / дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Ли Хунда. – Томск, 2010. – 112 с.

58. Расев, А.И. Технология и оборудование защитной обработки древесины [Текст] / А.И. Расев, А.А. Косарин, Л.П. Красухина. - М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. – 171 с.

59. Деревянных, Д. Н. Интенсификация автоклавной пропитки древесины хвойных пород переменным давлением [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Деревянных Дмитрий Николаевич. – Красноярск, 1997. – 134 с.

60. Расев, А. И. Некоторые задачи в области исследования процессов пропитки древесины. В кн.: Химическая модификация древесины [Текст]. – Рига: Знание, 1975. – С. 161-180.

61. Гусев, Н. Ф. Движение жидкости в древесине [Текст] // Труды МЛТИ, Т.1. Вып. 1. – М., 1950 – 48 с.

62. Ермолин, В. Н. Повышение проницаемости жидкостями при переменном давлении [Текст] / В. Н. Ермолин, Д. Н. Деревянных // Лесной журнал. – Архангельск: ФГАОУ ВО С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова, 1999. – № 4. – С. 77–80.

63. Стенина, Е. И. Защита древесины и деревянных конструкций [Текст] / Е. И. Стенина, Ю. Б. Левинский // Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. – 219 с.

64. Кулаков, В. С. Снижение пожарной опасности деревянных строительных конструкций способом глубокой пропитки древесины огнебиозащитным составом КСД-А (марка 1) [Текст] / В. С. Кулаков, Н. Н. Крашенинникова, А. Б. Сивенков, Б. Б. Серков, И. А. Демидов // Пожаровзрывобезопасность, Т. 21, Спецвыпуск, 2012. – с. 35–42.

65. Терентьева, Э. П. Химия древесины, целлюлозы и синтетических полимеров: учебное пособие [Текст] / Э. П. Терентьева, Н. К. Удовенко, Е. А. Павлова. – СПб.: СПбГТУРП, 2015. – Ч. 2. – 83 с.

66. Фазуллиная, Р. Н. Разработка огнестойких текстильных материалов, модифицированных низкотемпературной плазмой пониженного давления и вспучивающим антипиреном [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 /Фазуллиная Рамиза Наиловна. – Казань, 2015. – 169 с.

67. Нигматуллина, Д. М. Глубокая пропитка деревянных конструкций для повышения их пожарной безопасности [Электронный ресурс] / Д. М. Нигматуллина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков, Е. И. Стенина // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 4 (68). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-4/38-04-16.ttb.pdf> (Дата обращения 25.01.2017).

68. Патент РФ № 2006126748/04, 21.07.2006. Хисамиев А.В., Хисамиева А.Л., Бабилов А.Б. Способ глубокой пропитки древесины // Патент России № 2339504. 2008. Бюл. № 33.

69. Пятакин, В. И. Эффективность средств пропитки древесины [Текст] / В. И. Пятакин, В. А. Соколова // Вестник КрасГАУ. Технология переработки. – 2011. – № 5. – С. 159-163.

70. Нигматуллина, Д. М. Антипирирование деревянных конструкций способом глубокой пропитки [Электронный ресурс] / Д. М. Нигматуллина, Е. И. Стенина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков // Технологии техносферной безопасности. 2016. – № 5 (69) – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-4/38-04-16.ttb.pdf> (Дата обращения 02.02.2017).

71. Лагендорф, Г. Облагораживание древесины: перевод с нем. [Текст] / Г. Лагендорф, Х. Айхлер – М.: Лесная промышленность, 1982. – 144 с.

72. Калниньш, А. Я. Консервирование и защита лесоматериалов: справочник [Текст] / А. Я. Калниньш – М.: Лесная промышленность, 1971. – 315 с.

73. Куницкая, О. А. Обоснование направлений диверсификации обработки низкотоварной древесины на комплексных лесопромышленных предприятиях с использованием инновационных технологий: монография [Текст] / О. А. Куницкая. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 205 с.

74. Полищук, Е. Ю. Нормативные требования к огнезащите древесины и экспертная оценка ее качества [Текст] / Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков, Е. П. Бирюков // Пожары и ЧС: предотвращение, ликвидация. – 2016. – № 2. – С. 77–80.

75. Нигматуллина, Д. М. Повышение пожарной безопасности деревянных конструкций методом глубокой пропитки огнезащитными составами [Текст] / Д. М. Нигматуллина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков, Е. И. Стенина // Материалы XI Международной научно-технической конференции: «Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики». – Екатеринбург. – 2017. – С. 132-133.



76. ГОСТ 20022.1-90. Защита древесины. Термины и определения [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 12 с.

77. Ермолин, В. Н. Повышение проницаемости древесины хвойных пород жидкостями [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05 / Ермолин Владимир Николаевич. – Красноярск: 2001. – с. 332.

78. Баракс, А. М. Глубокая пропитка древесины путем применения наколов [Текст] / А. М. Баракс, Ю. Н. Никифоров – М.: Лесная пром-сть, 1969. – 156 с.

79. Хунт, М. Консервирование древесины [Текст] / М. Хунт, А. Гэррат – М. – Л.: Гослесбумиздат, 1961. – 454 с.

80. Калниньш, А. Я. Консервирование и защита лесоматериалов: Справ. [Текст] / А. Я. Калниньш, С. Н. Горшин, Ю. Н. Никифоров и др. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 424 с.

81. Сапожников, А. В. Предохранение деревянных шпал от преждевременного разрушения [Текст] / А. В. Сапожников, С. И. Ванин, Б. Ф. Копытковский – М.: Транспечать, 1962. – 200 с.

82. Андреев, В. А. Пропитываемость и прочность труднопропитываемой древесины при накалывании. Сушка и защита древесины [Текст] / В. А. Андреев, А. И. Голенищев // Научные труды ЦНИИМОД. – Архангельск, 1985. – С.151–153.

83. Баженов, В. А. О проницаемости древесины заболони и ядра сосны жидкостями и возможностях ее регулирования [Текст] / В. А. Баженов, В. Е. Москалева // Труды Института леса. – Москва: Издательство Академии наук СССР, 1953. – Т. 9. – С. 205–216.

84. Баженов, В. А. Исследования древесины сосны на проницаемость азотом и антисептиками [Текст] / В. А. Баженов, Е. В. Харук // Труды Института леса. Москва: Изд-во АН СССР, 1963. – т. 65 – С. 20–47.

85. Баженов, В. А. Проницаемость древесины сосны и возможности ее регулирования. Исследования в области древесины и древесных материалов [Текст] / В. А. Баженов, Е. В. Харук – Красноярск, 1967. – С. 9–23.

86. Харук, Е. В. Проницаемость некоторых хвойных пород [Текст] / Е. В. Харук. – Красноярск, 1969. – 91 с.

87. Харук, Е. В. Исследование газопроницаемости сосны и ели по радиусу ствола в зависимости от состава экстрактивных веществ [Текст] / Е. В. Харук, А. Ф. Разумова, А. И. Вологдин, Ю. С. Пилипчук // Древесина и древесные материалы. – Красноярск, 1974. – С. 84–91.

88. Харук, Е. В. Проницаемость древесины газами и жидкостями [Текст] / Е. В. Харук. – Новосибирск: Наука, 1976. – 190 с.

89. Харук, Е. В. Лесоводственно-биологические основы проницаемости ядровой и спелой древесины хвойных пород Сибири [Текст]: дис. ... д-ра. с.-х. наук: 06.03.03 / Харук Елена Васильевна. – Красноярск, 1981. – 257 с.

90. Пятакин, В. И. Влияние режимов движения жидкости на проводимость свежесрубленной хвойной древесины [Текст] / В. И. Пятакин, В. П. Полищук // Деп. Рук. ВНИПИ-ЭИ леспром. – 1982. – № 912 лб – Д82. – 9 с.

91. Cooper, P.A. Effect of species precompression, and seasoning on heartwood preservative treatability of six western conifers [Текст] // Forest Prod. J. – 1973, – V. 23, № 7, p. 51–59

92. Арзуманян, Г. А. Поглощение полярной жидкости древесиной подвергнутой прессованию [Текст] / Г. А. Арзуманян // Доклады АН Арм. ССР. – 1974. – 59, № 5, – С. 286–290.

93. Ермолович, А. Г. Обработка древесных материалов пульсирующим давлением [Текст] / А. Г. Ермолович. – Красноярск, 1986 – 176 с.

94. Лекторский, Д. Н. Защитная обработка древесины [Текст] / Д. Н. Лекторский. – М.–Л., 1951. – 216 с.

95. Варфоломеев, Ю. А. Новый отечественный завод для автоклавной пропитки древесины [Текст] / Ю. А. Варфоломеев // Научно-технический, экономический и производственный журнал «Деревообрабатывающая промышленность». – М.: 2001. – С. 7–9

96. Вологдин, А. И. Исследования пропиточных свойств древесины хвойных пород Сибири и рекомендации по ведению глубокой пропитки

древеси́ны сосны [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Вологдин А. И. – Красноярск: СТИ, 1971. – 149 с.

97. Гартман, А. Н. Влияние анатомического строения сосны на качество ее пропитки [Текст] / А. Н. Гартман // Лесохимическая промышленность. – Красноярск, 1933. – № 2. – С. 14–19.

98. Ковригин, Г. С. Проницаемость древесины лиственных пород жидкостями и газами, пути ее повышения [Текст]: дис. ...канд. техн. наук: 05.21.05 / Ковригин Геннадий Степанович – Красноярск: СТИ, 1986, – 128 с.

99. Серговский, П. С. Оборудование гидротермической обработки древесины [Текст] / П. С. Серговский // М.: Лесная промышленность, 1964. – 304 с.

100. Дьяконов, К. Ф. Исследование влияния гидротермической обработки на прочность древесины сосны [Текст]: Автореф. дис....канд. техн. наук: 05.21.05 / Дьяконов К. Ф. // Д– Л.: ЛТА, 1967. – 20 с.

101. Калниньш, А. Я. Консервирование древесины [Текст] / А. Я. Калниньш. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 146 с.

102. Телятникова, Б. И. Изыскание способов пропитки сырой древесины. Вопросы защиты древесины. [Текст] / Б. И. Телятникова. – Архангельск, 1980. – С. 78–84.

103. Bontelje, J. Granimpregnering Mogligheter och krav [Текст] / J. Bontelje, F. Rapport // Tratenhik Rapport № 0.22. STPI meddelande, serie A. N 0.807, Sweden. – 50 p.

104. Стогов, В. В. Пропитка еловых шпал маслянистыми антисептиками [Текст] / В. В. Стогов // В сб. Консервирование древесины. М.: 1939. – С. 5–55.

105. Сморгчов, А. А. Исследование влияния огнезащитной пропитки конструкций из древесины на их напряженно-деформированное состояние [Текст] / А. А. Сморгчов, Д. А. Орлов, В. М. Кретьова // Труды Юго-Западного государственного университета – 2012. – № 4 – С. 20–21.

106. Ломакин, А. Д. Защита древесины и древесных материалов [Текст] / А. Д. Ломакин. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 256 с.

107. Беленков, Д. А. Усовершенствование процесса пропитки антисептиком «УЛТАН» [Текст] / Д.А. Беленков, Ю.Б. Левинский, Е.И. Стенина // Лесной вестник – 2007. – № 8/ – С. 174–176.

108. Кардашев, Г. А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии [Текст] / Г. А. Кардашев. – М.: Химия, 1990. – 208 с.

109. Чураев, Н. В. Физикохимия процессов массопереноса в пористых телах / Н. В. Чураев. – М.: Химия, 1990, – 272 с.

110. Коновалов, Е. Г. Новые способы пропитки изделий с помощью ультразвуковых колебаний [Текст] / Под ред. Е.Г. Коновалова. – Минск: ИНТИ и Д при Госплане БССР, 1967. – 9 с.

111. Гистлинг, А. М. Воздействие ультразвука на процесс пропитки еловой древесины сульфитной варочной кислотой [Текст] / А. М. Гистлинг, А. П. Онохин // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 1960. – № 3. – С. 522–526.

112. Гончаров, Н. А. Применение ультразвука в деревообработке [Текст] / Н. А. Гончаров. – Л.: ЛТА, 1973. – 44 с.

113. Иноземцев, Г.Б. Электронно-ионные технологии в деревообрабатывающей промышленности [Текст] / Г. Б. Иноземцев, В. С. Возник. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 136 с.

114. Максименко, Н. А. Исследование зависимости между показателями пропитки и огнезащищенностью древесины [Текст] / Н. А. Максименко // Деревообрабатывающая промышленность. – 1978. – № 2. – С. 12–13.

115. Озаркив, И. М. Усовершенствование технологии пропитки древесины способом «прогрев-холодная ванна» с использованием амидофосфата КМ [Текст] / И. М. Озаркив, Р. А. Демчина, П. П. Грыджук, М. Ф. Федына, Б. М. Перетятко // Известия ВУЗов: Лесной журнал, 2015. – № 5. – С. 154–164.

116. Леонович, А. А. Получение огнезащищенных древесноволокнистых плит с использованием фосфорамиды ФКМ [Текст] / А. А. Леонович, А. В. Шелоумов // Известия ВУЗов: Лесной журнал, 2014. – № 2. – С. 101–108.

117. Асеева, Р. М. Исследование механизма термического разложения модифицированных полисахаридов [Текст] / Р. М. Асеева, Б. Б. Серков,

А. Б. Сивенков, А. М. Сахаров, П. А. Сахаров // Вестник АГПС МЧС России. – 2003. – № 6. – С. 3–12.

118. Гаращенко, Н. А. Исследования эффективности огнезащиты деревоклееных конструкций [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Гаращенко Никита Анатольевич. – М.: 2007. – 157 с.

119. ГОСТ 20022.0-93\* Защита древесины. Параметры защищенности (С изменениями № 1, 2) [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 46 с.

120. Таубкин, С. И. Способы и средства огнезащиты древесины [Текст] / С. И. Таубкин. – Л., 1952. – 56 с.

121. Федеральный закон о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: (в ред. от 29 июля 2017 г.) // Гарант: информационно-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2013. – Доступ из локальной сети библиотеки Академии ГПС МЧС России (Дата обращения 02.08.2017).

122. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80" [Электронный ресурс]: Свод правил (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 № 826) (ред. от 03.12.2016) // Гарант: информационно-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2013. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (Дата обращения 03.10.2016).

123. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты [Электронный ресурс]: Свод правил (утв. Приказом МЧС РФ от 21.11.2012 № 693) (ред. от 23.10.2013) // Гарант: информационно-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2013. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (Дата обращения 11.10.2016)

124. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям [Электронный ресурс]: Свод правил (утв. Приказом МЧС РФ от 24.04.2013 № 288) (ред. от 18.07.2013) // Гарант: информационно-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2013. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (Дата обращения 11.10.2016)

125. Постучим по дереву [Электронный ресурс]/ Российская газета. – Режим доступа: <https://rg.ru/2017/09/04/v-rf-zarabotaet-subsidirovanie-kreditov-na-stroitelstvo-chastnyh-domov.html> (Дата обращения 10.09.2017)

126. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1995. – 8 с.

127. ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2014. – 10 с.

128. Нигматуллина, Д. М Пожарная опасность древесины с глубокой пропиткой антипиренами [Текст] / Д. М. Нигматуллина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков, Е. И. Стенина // Материалы VIII Международная конференция «Полимерные материалы пониженной горючести» памяти академика Жубанова Булата Ахметовича». – Алматы. – 2017. – С. 153-155.

129. Состав огнезащитный Аммафон-1 [Электронный ресурс] / ОАО Химическая компания «Нитон» [сайт]. – Режим доступа: <http://www.ccniton.ru/products/raznoe/ammofon-1.html> (Дата обращения 15.11.2016).

130. Горшин, С. Н. Защита памятников деревянного зодчества [Текст] / С. Н. Горшин, Н. А. Максименко, Е. С. Горшина // М.: Наука, 1992. – 279 с.

131. ГОСТ 30028.4 Средства защитные для древесины. Экспресс-метод оценки эффективности против древоокрашивающих и плесневых грибов [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2007. – 6 с.

132. Асеева, Р. М. Горение древесины и ее пожароопасные свойства. Монография [Текст] / Р. М. Асеева, Б. Б Серков, А. Б. Сивенков // М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. – 262 с.

133. ГОСТ 16483.10-73\* Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон (с Изменениями № 1, 2, 3) [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.

134. ГОСТ 16483.3-84 Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.

135. ГОСТ 16483.5-73 Древесина. Методы определения предела прочности при скалывании вдоль волокон (с Изменениями № 1–4) [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.

136. ГОСТ 27325-87 (СТ СЭВ 5091-85) Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения адгезии лакокрасочных покрытий [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 6 с.

137. ГОСТ Р 53292-2009 Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2009. – 17 с.

138. ГОСТ 2140-81 (СТ СЭВ 2017-79, СТ СЭВ 2018-79, СТ СЭВ 2019-79, СТ СЭВ 320-76, СТ СЭВ 321-76, СТ СЭВ 391-76, СТ СЭВ 3286-81, СТ СЭВ 3287-81) Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения (с Изменениями № 1, 2) [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 118 с.

139. ГОСТ 30402-96 Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость [Текст]. – М.: МНТКС, 1996. – 29 с.

140. ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. – 99 с.

141. Патент РФ № 2011125585/13, 21.06.2011. Стенина Е.И. Способ глубокой пропитки древесины // Патент России № 2469842. 2012. Бюл. № 35.

142. Baldwin, W. J. Arsenic: industrial, biomedical, environmental perspectives/ Proc. Arsenic symp. Gaithersburg. 1981 [Текст] / W. J. Baldwin, Ed. W. H. Lederer, R.J. Fensterhein // N.Y.: Van Nostrand Reinhold, 1983. – P. 99–111.

143. ГОСТ 20022.2-80 Защита древесины. Классификация (с Изменениями N 1, 2) [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 176 с.

144. Попов, В. В. Антисептическая пропитка древесины опор диффузионным способом [Текст] / В. В. Попов. – Л.: Госэнергоиздат, 1950. – 64 с.

145. Нигматуллина, Д. М. Изучение проникающей способности антипиренов различных видов для древесины [Текст] / Д. М. Нигматуллина, М. А. Андреев, Е. И. Стенина // Материалы международной научной конференции

«Молодые исследователи – регионам» – 2017» т. 1. – Вологда. – 2017. – С. 233-234.

146. Нигматуллина, Д. М. Физико-механические и пожароопасные свойства древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами [Текст] / Д. М. Нигматуллина, А. Б. Сивенков, Е. Ю. Полищук, Е. И. Стенина, В. М. Балакин // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 25, № 10. – с. 30-40.

147. ГОСТ 16363-98 Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 8 с.

148. Нигматуллина, Д. М. Исследование эффективности огнезащитных систем при глубокой пропитке древесины [Текст] / Д. М. Нигматуллина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков, Е. И. Стенина // Материалы 6-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2017». – Москва. – 2017. – С. 83-86.

149. Нигматуллина, Д. М. Применение способа импульсной пропитки древесины антипиренами для снижения ее пожарной опасности [Текст] / Д. М. Нигматуллина, Е. И. Стенина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков // Материалы XXX Международной научно-практической конференции «Горение и проблемы тушения пожаров» ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва – 2017. – С. 268-271.

150. Роговин, З. А. Исследование механизма разложения лигнина [Текст]. / З. А. Роговин, – М.: Химия, 1977. – 28 с.

151. Нигматуллина, Д. М. Пожарная опасность деревянных конструкций с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами [Электронный ресурс] / Д. М. Нигматуллина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков, Е. И. Стенина, В. М. Балакин // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 3 (73) – Режим доступа: <http://academygps.ru/1923/> (Дата обращения 30.06.2017)

152. Полищук, Е. Ю. Фосфорсодержащие карбамидоаминоформальдегидные олигомеры – замедлители горения древесины. Синтез и свойства [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.04 / Полищук Евгений Юрьевич. – Екатеринбург: 2009. – 146 с



153. Тычино, Н. А. Высокоэффективные огнезащитные средства комбинированного действия для обработки древесины [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.03 / Тычино Николай Александрович. – М.: 2005. – 256 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
ОГНЕБИОЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ

Таблица А.1 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД\* для определения предела прочности при статическом изгибе

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	l	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 1									
1	299,5	20,3	21,4	130108,79	51,92	89,08	28,5	81,40	сквозная
2	299,5	20,5	20,8	127706,80	54,15	61,55	28,5	16,51	сквозная
3	299,5	20,8	20,6	128329,76	52,39	59,52	28,5	15,83	сквозная
4	298,5	20,6	20,7	127286,37	53,06	60,06	28,5	15,67	сквозная
5	299,0	20,4	20,7	126261,72	52,71	59,91	28,5	16,24	сквозная
6	299,0	20,6	20,4	125651,76	51,82	60,13	14,25	9,42	сквозная
7	298,0	20,5	21,2	129700,33	52,24	105,02	14,25	57,99	сквозная
8	299,0	20,4	20,6	125651,76	50,98	55,72	14,25	5,38	сквозная
9	290,0	20,6	20,1	120077,40	52,62	56,91	14,25	5,09	сквозная
10	299,8	20,9	20,0	125316,40	53,04	62,13	14,25	10,34	сквозная
11	298,1	21,0	19,8	123949,98	53,93	60,50	14,25	7,55	сквозная
Состав № 2									
1	295,0	20,6	20,4	123970,80	48,44	85,20	22,5	66,72	сквозная
2	300,0	20,6	20,4	125827,20	51,26	71,50	22,5	36,19	сквозная
3	295,0	20,5	20,9	126392,75	48,69	81,35	22,5	58,14	сквозная
4	290,0	20,2	20	117160,00	51,21	56,00	22,5	9,20	сквозная
5	295,0	20,9	20,6	127009,30	55,15	62,30	22,5	12,67	сквозная
6	298,2	20,5	20	122262,00	63,55	68,64	22,5	9,37	сквозная
7	299,0	21,4	20,8	133090,88	57,15	71,00	11,25	11,71	сквозная
8	299,0	20,4	19,8	120772,08	60,35	63,40	11,25	2,84	сквозная
9	298,0	20,8	20,6	127687,04	59,50	75,24	11,25	13,87	сквозная
10	299,0	20,1	20,6	123803,94	59,57	72,15	11,25	11,43	сквозная
11	298,0	20,4	20	121584,00	53,67	61,48	11,25	7,23	сквозная

## Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 3									
1	290,0	20,0	20,1	116929,13	52,77	62,69	16,8	14,25	0,5
2	290,5	20,1	20,0	116665,24	54,40	64,93	16,8	15,16	0,5
3	290,0	20,0	20,1	116464,44	51,70	58,71	16,8	10,11	0,5
4	280,8	20,0	20,1	113106,91	51,05	61,04	16,8	14,84	0,5
5	298,1	20,4	20,6	125273,54	54,83	62,68	16,8	10,53	0,5
6	298,7	19,8	20,0	118285,20	49,32	56,55	16,8	10,27	0,5
7	290,0	20,0	20,1	116929,39	57,15	65,62	6	4,35	0,5
8	280,9	20,0	20,2	113429,11	60,25	68,66	6	4,45	0,5
9	290,5	20,0	20,1	116723,48	59,57	66,28	6	3,45	0,5

\*Пропитка сосновых образцов методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве с разными режимами в зависимости от составов: состав 1 и 2 пропитывались созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и двух импульсов гидродавления величиной 0,2 МПа; состав 3 – созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и трех импульсов гидродавления величиной 0,3 МПа.

Таблица А.2 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД\* для определения предела прочности при сжатии вдоль волокон

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение <i>П</i> , кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 1									
1	21,3	20,4	30,8	13401,66	5,28	7,48	28,5	46,68	сквозная
2	20,6	20,5	30,7	12977,16	5,24	7,20	28,5	43,04	сквозная
3	21,2	20,3	30,7	13236,15	5,18	6,77	28,5	34,34	сквозная
4	21,4	20,6	30,9	13563,27	5,30	7,51	28,5	46,44	сквозная
5	19,7	20,6	30,8	12448,14	4,92	7,08	14,25	24,78	сквозная
6	21,2	19,6	30,7	12731,78	5,78	12,97	14,25	80,42	сквозная
7	20,9	20,5	30,8	13189,59	5,25	7,69	14,25	26,36	сквозная
8	21,5	20,5	30,8	13559,35	5,29	7,62	14,25	24,49	сквозная
9	20,2	20,5	30,7	12731,40	5,00	7,14	14,25	24,01	сквозная
10	20,1	20,6	30,6	12670,24	5,08	6,85	14,25	19,91	сквозная
Состав № 2									
1	21,2	20,4	30,7	13245,82	5,28	6,90	22,5	27,52	сквозная
2	20,5	20,6	30,6	12922,38	5,12	7,21	22,5	36,39	сквозная
3	20,6	21,7	30,6	13645,50	5,37	7,66	22,5	37,76	сквозная
4	20,9	21,4	30,6	13673,37	5,40	7,50	22,5	34,56	сквозная
5	20,3	21,1	30,7	13134,43	5,32	7,08	22,5	30,15	сквозная
6	20,7	20,3	30,8	12942,47	5,18	7,04	22,5	32,34	сквозная
7	20,6	20,1	30,7	12736,32	4,95	6,90	11,25	17,22	сквозная
8	20,5	20,0	30,7	12587,00	5,01	6,85	11,25	16,45	сквозная
9	20,3	20,7	30,7	12875,03	4,76	9,56	11,25	41,94	сквозная
10	20,8	20,2	30,5	12765,09	5,12	6,90	11,25	15,69	сквозная
11	20,8	21,5	30,8	13749,43	5,25	7,30	11,25	16,77	сквозная
12	20,6	20,7	30,8	13133,74	4,87	9,87	11,25	42,83	сквозная

## Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав №3									
1	21,1	20,4	30,6	13171,46	5,00	7,25	16,8	28,70	0,5
2	20,3	20,1	30,9	12608,13	5,37	7,46	16,8	27,85	0,5
3	21,1	20,0	30,8	12997,60	5,32	7,22	16,8	24,56	0,5
4	20,9	20,1	30,8	12938,77	5,19	7,25	16,8	26,75	0,5
5	20,9	20,5	30,3	12982,04	5,00	6,88	16,8	24,33	0,5
6	20,4	20,3	30,7	12713,48	5,12	7,37	16,8	29,73	0,5
7	20,6	20,3	30,8	12879,94	5,09	7,34	6	10,48	0,5
8	20,6	20,1	30,8	12753,05	5,36	7,50	6	10,07	0,5
9	20,3	20,7	30,8	12942,47	5,13	7,38	6	10,43	0,5
10	21,3	20,1	30,8	13186,40	5,19	7,16	6	8,96	0,5
11	20,9	20,5	30,7	13153,42	5,46	7,80	6	10,67	0,5

\*Пропитка сосновых образцов методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве с разными режимами в зависимости от составов: состав 1 и 2 пропитывались созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и двух импульсов гидродавления величиной 0,2 МПа; состав 3 – созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и трех импульсов гидродавления величиной 0,3 МПа.

Таблица А.3 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД\* для определения предела прочности при скалывании вдоль волокон

Номер образца	Размеры образцов, мм						Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	c	l		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Состав № 1												
1	20,3	19,8	18,2	30,3	51,3	31,2	26982,56	10,43	15,89	28,5	57,72	сквозная
2	20,3	18,1	18,1	30,3	51,3	31,1	26586,10	10,94	17,15	28,5	66,62	сквозная
3	20,6	19,8	17,9	30,2	51,1	31,0	27031,64	11,47	15,74	28,5	44,97	сквозная
4	20,1	19,9	18,1	30,3	51,2	30,9	26596,47	10,72	16,97	28,5	67,03	сквозная
5	20,1	18,4	18,4	30,3	51,2	31,1	26410,31	11,05	16,82	28,5	62,27	сквозная
6	20,5	20,8	18,2	30,8	50,3	30,8	27242,25	12,80	21,88	28,5	94,99	сквозная
7	20,3	17,5	17,5	30,0	51,5	31,1	26131,40	10,65	15,20	14,25	24,78	сквозная
8	20,2	17,6	17,6	29,9	51,3	31,2	25928,77	10,71	15,27	14,25	25,09	сквозная
9	20,1	19,9	18,3	30,3	51,3	31,2	26694,85	10,83	18,03	14,25	38,41	сквозная
10	20,1	19,7	18,4	30,3	51,2	31,2	26675,05	10,98	18,44	14,25	39,83	сквозная
11	20,1	19,3	17,6	30,0	51,4	31,2	26299,72	10,78	14,77	14,25	21,62	сквозная
12	20,5	20,8	18,4	30,6	50,3	30,3	27043,19	12,72	23,79	14,25	58,33	сквозная
Состав № 2												
1	18,3	20,3	19,0	30,1	50,1	26,2	23031,00	12,50	23,92	22,5	111,57	сквозная
2	20,8	20,6	19,0	30,2	50,3	26,1	26369,05	12,82	24,20	22,5	97,10	сквозная
3	18,2	20,3	19,3	30,0	50,3	25,0	22762,50	13,19	25,30	22,5	119,70	сквозная
4	21,0	20,4	18,5	30,0	50,0	27,3	26464,17	12,87	22,73	22,5	83,83	сквозная
5	21,0	20,2	18,5	29,0	50,2	25,4	25540,87	13,11	24,80	22,5	102,98	сквозная
6	20,3	20,8	18,3	30,8	50,2	30,5	26888,06	12,81	25,13	22,5	103,09	сквозная
7	21,0	20,8	19,0	30,0	50,1	27,9	26854,38	12,74	22,20	11,25	39,63	сквозная
8	20,9	20,3	18,5	30,8	50,3	26,7	26748,78	12,33	23,60	11,25	47,40	сквозная
9	20,8	20,5	18,5	30,7	50,3	24,8	26179,09	13,00	25,50	11,25	53,72	сквозная

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	20,9	20,6	18,5	30,6	50,1	26,7	26636,84	14,50	23,40	11,25	37,59	сквозная
11	20,6	21,0	18,7	30,8	50,3	30,3	27402,94	15,70	26,91	11,25	46,02	сквозная
Состав № 3												
1	20,5	21,0	18,4	30,6	51,2	31,4	27693,45	10,65	15,20	16,8	27,57	0,5
2	20,5	20,8	18,2	30,9	51,3	31,3	27821,99	10,71	15,27	16,8	27,57	0,5
3	20,5	21,0	18,2	30,8	51,0	31,6	27747,16	10,98	18,44	16,8	45,14	0,5
4	20,4	21,1	18,6	30,9	51,2	31,6	27856,20	10,78	14,77	16,8	24,06	0,5
5	20,5	20,7	18,2	30,9	50,2	30,4	27151,64	12,85	17,53	16,8	28,96	0,5
6	20,5	21,1	18,5	30,7	51,1	31,7	27824,86	10,43	15,89	6	11,78	0,5
7	20,6	20,8	18,3	30,5	51,2	31,3	27680,12	10,94	17,15	6	13,47	0,5
8	20,4	20,9	18,5	30,8	51,1	31,6	27691,57	11,47	15,74	6	9,24	0,5
9	20,3	20,9	18,5	30,7	51,2	30,8	27353,03	10,72	16,97	6	13,72	0,5
10	20,6	20,7	18,2	30,6	51,0	31,5	27669,41	11,05	16,82	6	12,51	0,5
11	20,6	21,1	18,5	30,9	50,2	30,4	27426,84	13,76	19,06	6	11,59	0,5

\*Пропитка сосновых образцов методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве с разными режимами в зависимости от составов: состав 1 и 2 пропитывались созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и двух импульсов гидродавления величиной 0,2 МПа; состав 3 – созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и трех импульсов гидродавления величиной 0,3 МПа.



Таблица А.4 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ВАД\* для исследования огнезащитной эффективности

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение P, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 1									
1	150,3	59,3	29,5	262927,31	118,05	168,49	28,5	57,55	0,5-1
2	149,9	59,7	29,6	264891,29	121,75	177,47	28,5	59,95	0,5-1
3	150,2	59,6	29,7	265872,02	115,36	149,05	28,5	36,11	0,5-1
4	150,4	59,1	29,5	262214,88	115,55	182,99	28,5	73,30	0,5-1
5	150,1	59,5	29,7	265249,22	115,66	180,50	28,5	69,67	0,5-1
6	150,1	58,8	29,8	263011,22	110,34	192,23	28,5	88,74	0,5-1
7	150,1	59,9	29,7	267032,40	116,42	128,26	28,5	12,64	0,5-1
8	150,0	59,7	29,7	265963,50	116,40	151,37	28,5	37,47	0,5-1
9	149,9	59,5	29,9	266679,60	108,27	207,86	28,5	106,43	0,5-1
10	150,2	59,5	29,7	265425,93	112,99	155,28	28,5	45,41	0,5-1
11	150,1	59,2	29,6	263023,23	110,75	166,40	28,5	60,30	0,5-1
12	149,6	59,3	29,4	260815,63	116,72	170,07	14,25	29,15	0,5-1
13	149,8	59,3	29,6	262940,94	109,28	221,47	14,25	60,80	0,5-1
14	149,8	59,3	29,6	262940,94	123,80	246,19	14,25	66,33	0,5-1
15	150,3	59	29,7	263370,69	111,80	282,66	14,25	92,45	0,5-1
16	150,1	59,4	29,8	265695,01	128,20	142,84	14,25	7,85	0,5-1
17	150,2	59,1	29,7	263641,55	116,48	177,04	14,25	32,73	0,5-1
18	149,9	59,9	29,8	267574,50	115,88	199,28	14,25	44,42	0,5-1
19	150,1	59,5	29,9	267035,41	122,35	212,18	14,25	47,94	0,5-1
20	150,3	59,4	29,8	266049,04	117,20	139,38	14,25	11,88	0,5-1
21	150,4	59,4	29,8	266226,05	118,32	269,69	14,25	81,02	0,5-1

## Продолжение таблицы А.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	150,2	59,6	29,7	265872,02	124,03	157,77	14,25	18,08	0,5-1
23	150,3	59,7	29,7	266495,43	121,77	139,50	8	5,32	0,5-1
24	150,2	59,5	29,1	260063,79	115,80	252,52	8	42,06	0,5-1
25	150,2	59,6	29,7	265872,02	136,26	190,40	8	16,29	0,5-1
26	150,3	59,9	29,9	269188,80	116,57	176,75	8	17,88	0,5-1
Состав № 2									
27	150,2	59,7	29,9	268111,51	115,94	166,87	45	85,48	0,5-1
28	150,4	59,3	29,7	264885,98	131,81	155,05	45	39,48	0,5-1
29	150,1	59,9	29,7	267032,40	116,76	181,73	45	109,49	0,5-1
30	150,3	59,9	29,6	266487,91	135,82	165,57	45	50,24	0,5-1
31	150,2	59,6	29,7	265872,02	118,44	260,08	45	239,73	0,5-1
32	150,2	59,4	29,6	264087,65	133,75	147,44	45	23,33	0,5-1
33	150,3	59,3	29,6	263818,58	133,83	150,82	45	28,98	0,5-1
34	150,0	59,1	29,7	263290,50	118,35	171,84	45	91,42	0,5-1
35	151,4	60,3	30,7	280273,19	115,18	146,20	45	49,80	0,5-1
36	150,8	60,0	29,9	270535,20	116,99	167,67	33,75	63,22	0,5-1
37	152,5	60,5	30,1	277710,13	118,53	153,99	33,75	43,09	0,5-1
38	151,0	59,8	30,4	274505,92	131,53	210,45	33,75	97,03	0,5-1
39	151,0	60	30,9	279954,00	111,02	142,40	22,5	25,22	0,5-1
40	151,0	59,8	30,5	275408,90	121,11	169,70	22,5	39,70	0,5-1
41	151,2	60,0	31,1	282139,20	111,37	145,77	22,5	27,43	0,5-1
42	150,9	59,5	30,9	277437,20	128,96	197,65	22,5	55,71	0,5-1
43	152,0	60,0	30,4	277248,00	131,13	200,90	22,5	56,62	0,5-1
44	151,9	59,6	30,5	276123,82	131,03	211,84	22,5	65,85	0,5-1
45	152,7	60,1	30,0	275318,10	117,05	153,47	22,5	29,76	0,5-1
46	149,7	59,5	30,9	275230,94	128,77	208,60	22,5	65,26	0,5-1
47	152,2	60,0	29,8	272133,60	113,55	161,18	22,5	39,38	0,5-1
48	151,2	60,0	30,6	277603,20	128,34	205,37	11,25	31,22	0,5-1
49	149,3	59,6	31,0	275846,68	107,95	147,55	11,25	16,15	0,5-1

## Продолжение таблицы А.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	150,4	59,9	30,5	274773,28	119,53	169,80	11,25	20,58	0,5-1
51	152,0	60,1	31,0	283191,20	115,68	156,93	11,25	16,39	0,5-1
52	152,8	60,2	31,0	285155,36	114,92	160,71	11,25	18,07	0,5-1
53	150,5	60,0	30,5	275415,00	128,86	210,64	11,25	33,41	0,5-1
Состав №3									
54	150,6	59,8	31,0	279182,28	122,80	134,78	35	15,02	0,5
55	151,0	60,1	30,8	279513,08	114,95	127,11	35	15,23	0,5
56	152,0	60,4	30,7	281850,56	122,06	136,05	35	17,37	0,5
57	152,2	60,0	30,8	281265,60	130,08	143,80	24,5	11,95	0,5
58	151,5	60,0	30,8	279972,00	133,70	146,75	24,5	11,42	0,5
59	152,8	59,7	31,0	282786,96	120,33	134,00	24,5	11,84	0,5
60	150,5	59,7	30,6	274936,41	127,62	140,51	24,5	11,49	0,5
61	153,2	60,1	30,9	284506,19	106,86	118,47	24,5	10,00	0,5
62	150,0	59,8	30,8	276276,00	111,48	124,26	24,5	11,33	0,5
63	152,5	59,7	31,0	282231,75	115,76	130,39	24,5	12,70	0,5
64	150,4	59,5	30,9	276517,92	105,80	121,31	24,5	13,74	0,5
65	150,2	59,6	29,6	264976,83	115,31	132,34	14	9,00	0,5
66	151,5	60,0	30,7	279063,00	135,27	149,76	14	7,27	0,5
67	151,3	60,1	31,2	283705,66	125,27	139,40	14	6,97	0,5

\*Пропитка сосновых образцов методом ВАД (вакуум-атмосферное давление) осуществлялась в эксикаторе созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и выдержкой в течение 10 минут при атмосферном давлении.

Таблица А.5 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД\* для исследования огнезащитной эффективности

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 1									
68	152,4	60,3	30,5	280286,46	106,70	181,55	10	26,70	10-15
69	150,4	60,0	31,1	280646,40	113,67	169,34	10	19,84	10-15
70	150,4	59,9	30,6	275674,18	124,77	208,64	10	30,42	10-15
71	152,2	60,2	29,7	272124,47	129,28	263,12	10	49,18	10-15
72	152,0	59,7	30,6	277676,64	130,11	278,24	10	53,35	10-15
73	149,3	59,6	30,7	273177,20	104,65	149,80	10	16,53	10-15
74	150,1	59,8	30,4	272869,79	120,68	198,64	10	28,57	10-15
75	151,3	59,5	30,1	270970,74	106,86	180,93	10	27,34	10-15
76	151,3	59,7	30,5	275494,61	113,12	195,64	10	29,95	10-15
77	150,4	60,4	29,7	269799,55	129,4	259,3	10	48,15	10-15
1С	149,9	59,9	29,3	263084,99	118,29	172,74	10	30,70	10-15
2С	149,6	58,5	29,1	254671,56	133,44	157,94	10	29,62	10-15
3С	150,9	58,2	29,9	262593,16	131,84	246,29	10	43,58	10-15
Состав № 2									
78	150,1	59,4	29,7	264803,42	111,28	281,62	11,25	72,37	10-15
79	150,4	59,6	30,4	272500,74	110,17	172,25	11,25	25,63	10-15
80	152,0	60,0	30,9	281808,00	112,19	152,16	11,25	15,96	10-15
81	151,1	59,6	30,1	271067,36	109,03	159,73	11,25	21,04	10-15
82	152,9	60,3	30,9	284893,98	117,78	174,85	11,25	22,54	10-15
83	152,2	59,8	30,6	278507,74	104,28	140,07	11,25	14,46	10-15
84	150,8	59,6	30,1	270529,17	123,58	219,18	11,25	39,76	10-15
85	151,1	59,6	30,8	277371,25	115,93	178,50	11,25	25,38	10-15
86	153,7	60,1	31,1	287282,21	121,76	203,97	11,25	32,19	10-15
87	152,4	60,2	30,9	283491,43	130,22	242,80	11,25	44,68	10-15

## Продолжение таблицы А.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
88	152,4	59,8	30,7	279785,06	121,58	197,88	11,25	30,68	10-15
89	151,3	60,2	29,9	272336,97	118,59	165,60	22,5	38,84	10-15
90	152,0	60,6	29,9	275414,88	89,60	112,68	22,5	18,86	10-15
91	151,4	60,7	29,9	274780,40	88,70	110,37	22,5	17,74	10-15
92	151,4	60,5	29,8	272959,06	122,64	167,56	22,5	37,03	10-15
93	151,2	60,3	29,8	271697,33	122,64	170,38	22,5	39,53	10-15
4C	150,6	59,5	30,3	271509,21	149,99	234,51	22,5	35,02	10-15
5C	150,7	59,0	30,1	267628,13	132,99	190,87	22,5	24,33	10-15
6C	150,1	58,6	29,9	262996,21	114,2	174,35	22,5	25,73	10-15
Состав № 3									
94	150,2	59,5	29,6	264532,24	116,50	138,47	24,5	20,35	0,5-1
95	150,7	60,1	31,1	281674,88	112,17	130,18	24,5	15,67	0,5-1
96	152,5	60,0	31,3	286395,00	110,93	128,52	24,5	15,05	0,5-1
97	150,6	59,7	30,8	276917,26	106,87	122,42	24,5	13,76	0,5-1
98	151,1	60,3	30,9	281540,10	120,38	138,92	24,5	16,13	0,5-1
99	150,8	60,1	30,7	278236,56	115,93	134,10	35	22,86	0,5-1
100	149,8	59,7	30,3	270974,72	101,55	118,85	35	22,35	0,5-1
101	152,3	60,2	30,8	282388,57	120,70	139,22	35	22,95	0,5-1
102	150,5	60,5	30,2	274978,55	110,27	129,04	35	23,89	0,5-1
103	149,8	59,6	29,2	260699,94	107,79	127,24	35	26,11	0,5-1
104	149,4	59,5	31,2	277346,16	131,10	151,47	35	25,71	0,5-1
105	151,4	61,1	29,9	276591,15	128,38	152,45	5	4,35	0,5-1
106	151,0	60,8	29,9	274505,92	123,95	146,44	5	4,10	0,5-1
107	150,9	60,7	29,9	273872,94	130,09	153,68	5	4,31	0,5-1
108	150,7	60,9	29,8	273493,37	126,7	151,86	5	4,60	0,5-1
109	151,4	61,0	29,9	276138,46	130,07	144,36	5	2,59	0,5-1
110	151,1	60,7	30,6	280656,16	128,97	139,60	5	1,89	0,5-1
111	150,9	60,8	29,9	274324,13	120,40	139,91	10	7,11	0,5-1
112	151,0	60,7	29,6	271304,72	119,17	139,23	10	7,39	0,5-1

Продолжение таблицы А.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
113	151,2	60,6	29,8	273049,06	122,82	143,04	10	7,41	0,5-1
114	151,0	60,3	29,8	271337,94	119,96	139,93	10	7,36	0,5-1
115	150,8	61,0	29,6	272284,48	126,39	150,10	10	8,71	0,5-1
116	151,1	60,6	29,8	272868,47	120,31	139,64	10	7,08	0,5-1
117	151,1	60,4	29,7	271055,27	87,92	107,08	10	7,07	0,5-1
118	151,2	60,4	29,9	273061,15	91,27	107,94	10	6,10	0,5-1
119	151,0	60,5	29,8	272237,90	121,94	141,58	10	7,21	0,5-1
120	151,2	60,3	29,9	272609,06	89,61	106,90	10	6,34	0,5-1
121	151,3	60,3	29,8	271877,02	120,96	139,26	10	6,73	0,5-1

\*Пропитка сосновых образцов методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве с разными режимами в зависимости от составов: состав 1 и 2 пропитывались созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и двух импульсов гидродавления величиной 0,2 МПа; состав 3 – при импульсном создании вакуума величиной 0,08 МПа с длительностью каждого импульса 20 минут и трех импульсов гидродавления величиной 0,4 МПа.

Таблица А.6 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД\* для определения группы воспламеняемости материала

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 1									
1	167	163	16,7	454590,70	166,22	245,94	10	17,54	10
2	169	161	22,7	617644,30	227,47	493,00	10	42,99	10
3	173	167	18,1	522927,10	224,94	342,00	10	22,39	10
4	168	167	21,7	608815,20	263,40	356,00	10	15,21	10
5	162	167	21,2	573544,80	220,69	367,00	10	25,51	10
6	168	169	21,3	604749,60	200,64	236,67	10	5,96	10
7	166	166	21,6	595209,60	275,54	476,00	10	33,68	10
8	168	166	16,0	446208,00	172,65	228,56	10	12,53	10
9	165	151	16,1	401131,50	184,40	224,94	10	10,11	10
10	150	165	18,3	452925,00	186,33	204,28	10	3,96	10
11	168	160	30,9	830592,00	299,81	400,00	10	12,06	10
12	165	168	19,0	526680,00	247,19	324,00	10	14,58	10
13	169	166	19,3	541442,20	256,77	308,00	10	9,46	10
14	165	165	16,0	435600,00	192,92	235,10	10	9,68	10
15	166	166	23,0	633788,00	257,69	350,00	10	14,56	10
16	167	169	19,3	544703,90	186,85	233,82	10	8,62	10
Состав № 2									
17	166	167	20,0	554440,00	223,42	292,37	11,25	13,99	10
18	169	166	22,0	617188,00	230,98	298,34	11,25	12,28	10
19	166	167	19,0	526718,00	226,44	368,00	11,25	30,24	10
20	171	166	19,0	539334,00	238,01	293,32	11,25	11,54	10
21	164	168	17,0	468384,00	199,87	322,00	11,25	29,33	10
22	168	168	17,0	479808,00	213,88	278,44	11,25	15,14	10

Продолжение таблицы А.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	165	166	21,0	575190,00	287,13	532,00	11,25	47,89	10
24	162	165	19,0	507870,00	210,81	392,00	11,25	40,14	10
25	169	166	12,0	336648,00	143,95	186,20	11,25	14,12	10
26	169	170	20,0	574600,00	209,37	274,90	11,25	12,83	10
27	172	170	17,0	497080,00	172,21	225,01	11,25	11,95	10
28	166	163	23,0	622334,00	230,21	331,00	11,25	18,22	10
29	166	160	12,4	329344,00	169,73	200,62	11,25	10,55	10
30	164	155	24,0	610080,00	296,08	352,00	11,25	10,31	10
31	167	167	15,0	418335,00	197,77	244,34	11,25	12,52	10
Состав № 3									
32	165	155	44,8	1145760,00	488,00	551,00	35	19,24	0,5-1
33	165	166	14,1	386199,00	195,23	239,02	35	39,69	0,5-1
34	168	165	18,7	518364,00	213,48	264,15	24,5	23,95	0,5-1
35	167	168	11,2	314227,20	155,75	196,04	24,5	31,41	0,5-1
36	169	160	21,0	567840,00	227,90	279,85	24,5	22,41	0,5-1
37	167	166	20,2	559984,40	220,28	265,00	10	7,99	0,5-1
38	170	168	15,0	428400,00	173,67	205,00	10	7,31	0,5-1
39	165	170	20,0	561000,00	239,17	285,00	10	8,17	0,5-1
40	170	165	24,0	673200,00	261,35	300,00	10	5,74	0,5-1
41	166	172	24,0	685248,00	270,58	325,00	10	7,94	0,5-1
42	168	164	19,0	523488,00	201,02	252,73	5	4,94	0,5-1
43	166	164	17,0	462808,00	196,12	252,90	5	6,13	0,5-1
44	165	167	15,0	413325,00	174,15	209,11	5	4,23	0,5-1
45	172	167	17,0	488308,00	154,40	182,93	5	2,92	0,5-1
46	166	165	5,0	136950,00	98,71	125,46	5	9,77	0,5-1
47	163	167	23,5	639693,50	271,16	320,00	5	3,82	0,5-1

\*Пропитка основных образцов методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве с разными режимами в зависимости от составов: состав 1 и 2 пропитывались созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и двух импульсов гидродавления величиной 0,2 МПа; состав 3 – при импульсном создании вакуума величиной 0,08 МПа с длительностью каждого импульса 20 минут и трех импульсов гидродавления величиной 0,4 МПа.



Таблица А.7 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД\* для определения индекса распространения пламени по поверхности

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 1									
1	322,0	142,7	19,0	873038,60	440,00	505,00	10	7,45	5-7
2	322,0	141,7	18,8	857795,12	410,00	494,00	10	9,79	5-7
3	322,0	140,8	18,5	838745,60	398,00	496,00	10	11,68	5-7
4	322,0	140,0	18,6	838488,00	390,00	478,00	10	10,50	5-7
5	323,0	141,5	19,0	868385,50	347,00	445,00	10	11,29	5-7
6	321,0	141,2	19,0	861178,80	335,00	392,00	10	6,62	5-7
7	317,0	141,6	21,2	951608,64	421,00	506,00	28,5	25,46	5-7
8	318,0	141,2	21,2	951913,92	424,00	531,00	28,5	32,04	5-7
9	318,0	141,5	20,8	935937,60	428,00	784,00	28,5	108,40	5-7
10	318,0	141,8	21,0	946940,40	477,00	505,00	28,5	8,43	5-7
11	319,0	141,6	21,0	948578,40	403,00	525,00	28,5	36,65	5-7
Состав № 2									
12	321,0	142,3	18,7	854184,21	370,00	442,00	11,25	9,48	5-7
13	322,0	141,6	18,7	852630,24	361,00	480,00	11,25	15,70	5-7
14	321,5	142,0	18,5	844580,50	376,00	440,00	11,25	8,52	5-7
15	321,5	140,0	18,5	832685,00	363,00	455,00	11,25	12,43	5-7
16	321,0	141,5	18,7	849382,05	386,00	451,00	11,25	8,61	5-7
17	320,0	142,0	17,4	790656,00	370,00	435,00	11,25	9,25	5-7
18	318,0	136,5	19,8	859458,60	478,00	606,00	45	67,02	5-7
19	318,0	141,7	20,9	941766,54	426,00	580,00	45	73,59	5-7
20	318,0	141,4	21,0	944269,20	424,00	691,00	45	127,24	5-7
21	318,0	141,8	21,0	946940,40	413,00	604,00	45	90,77	5-7
22	318,0	141,3	20,7	930121,38	426,00	754,00	45	158,69	5-7

Продолжение таблицы А.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 3									
23	321,5	142,6	18,5	848149,15	362,00	405,00	5	2,53	0,5-1
24	322,1	141,1	18,3	831704,07	356,00	396,00	5	2,40	0,5-1
25	322,0	141,5	18,8	856584,40	392,00	436,00	5	2,57	0,5-1
26	322,0	140,4	18,7	845404,56	431,00	480,00	5	2,90	0,5-1
27	322,5	141,5	18,3	835097,63	375,00	425,00	5	2,99	0,5-1
28	322,0	142,9	15,7	722416,66	372,00	420,00	10	6,64	0,5-1

\*Пропитка сосновых образцов методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве с разными режимами в зависимости от составов: состав 1 и 2 пропитывались созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и двух импульсов гидродавления величиной 0,2 МПа; состав 3 – при импульсном создании вакуума величиной 0,08 МПа с длительностью каждого импульса 20 минут и трех импульсов гидродавления величиной 0,5 МПа.

Таблица А.8 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД\* для определения коэффициента теплопроводности

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 1									
1	99,4	100,0	19,5	193830,00	91,25	200,17	28,5	160,15	10
2	101,2	100,5	20,4	207480,24	100,83	128,00	28,5	37,32	10
3	100,8	100,5	19,9	201594,96	96,80	132,03	28,5	49,81	10
Состав № 2									
4	100,8	100,7	19,6	198950,98	101,47	127,22	45	58,24	10
5	100,1	100,7	20,0	201601,40	77,00	105,02	45	62,54	10
6	99,7	100,6	19,8	198590,44	78,08	106,74	45	64,94	10
Состав № 3									
7	99,8	100,6	19,5	195777,66	99,93	116,13	35	28,96	0,5-1
8	100,8	100,5	20,0	202608,00	98,77	110,57	35	20,38	0,5-1
9	100,1	100,1	19,8	198396,20	106,70	123,01	35	28,77	0,5-1

\*Пропитка сосновых образцов методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве с разными режимами в зависимости от составов: состав 1 и 2 пропитывались созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и двух импульсов гидродавления величиной 0,2 МПа; состав 3 – при импульсном создании вакуума величиной 0,08 МПа с длительностью каждого импульса 20 минут и трех импульсов гидродавления величиной 0,5 МПа.

Таблица А.9 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ВАД\* для определения коэффициента дымообразования

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 1									
1	41,5	39,3	10,3	16798,79	6,86	10,6	14,25	31,73	1
2	38,7	40,7	8,7	13703,28	5,36	7,42	14,25	21,42	1
3	41,3	41	7,7	13038,41	5,33	7,80	14,25	27,00	1
4	40,6	39,3	9	14360,22	5,44	7,56	14,25	21,04	1
5	40,5	39,1	10,1	15993,86	6,27	8,87	14,25	23,17	1
6	40,8	40,9	9,5	15852,84	5,96	9,25	14,25	29,57	1
7	39,9	42,7	8	13629,84	6,51	9,43	14,25	30,53	1
8	39,3	39,8	11,1	17361,95	7,19	10,13	14,25	24,13	1
9	39,1	39,4	10,1	15559,45	6,98	9,84	14,25	26,19	1
10	39,2	42,1	8,1	13367,59	5,38	9,17	14,25	40,40	1
11	37,6	38	8,1	11573,28	4,54	6,28	14,25	21,42	1
Состав № 2									
12	39,7	40,8	9,7	15711,67	6,53	9,81	11,25	23,49	1
13	41,8	40,7	8,5	14460,71	6,09	9,57	11,25	27,07	1
14	38,6	38,1	7,8	11471,15	4,24	6,24	11,25	19,61	1
15	42,2	39,4	9,5	15795,46	6,30	9,52	11,25	22,93	1
16	38,7	39,9	8,9	13742,76	5,33	8,53	11,25	26,20	1
17	39,3	41,5	8,2	13373,79	5,09	8,58	11,25	29,36	1
18	40,4	40,1	7,5	12150,30	4,92	7,15	11,25	20,65	1
19	38,6	39,6	8,9	13604,18	5,52	7,03	11,25	12,49	1
20	39,9	39,9	7,6	12099,28	4,78	7,21	11,25	22,59	1
21	41,3	39,7	8,7	14264,61	6,88	9,94	11,25	24,13	1

Продолжение таблицы А.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	41,5	40,5	8,3	13950,23	6,03	8,57	11,25	20,48	1
23	40,0	39,6	10,7	16948,80	7,29	10,3	11,25	19,98	1
24	36,5	40,5	8,4	12417,30	5,06	7,06	11,25	18,12	1
Состав № 3									
25	37,5	39,1	9,9	14515,88	5,18	7,84	24,5	44,90	0,5
26	35,5	39,5	7,7	10797,33	4,44	7,17	24,5	61,95	0,5
27	36,7	38,9	7,9	11278,28	4,75	7,27	24,5	54,74	0,5
28	38,3	41,2	4,7	7416,41	3,26	5,95	24,5	88,86	0,5
29	38,2	37,8	8,6	12418,06	4,74	7,25	24,5	49,52	0,5
30	44,0	39,9	6,7	11762,52	5,3	8,19	24,5	60,20	0,5
31	39,6	40,4	7,8	12478,75	5,68	8,02	24,5	45,94	0,5
32	38,1	40,4	11,8	18163,03	7,51	10,35	24,5	38,31	0,5
33	39,1	42,9	9,5	15935,21	6,28	9,07	24,5	42,90	0,5
34	38,5	42,7	9,3	15288,74	5,90	8,65	24,5	44,07	0,5
35	41,2	39,7	8,5	13902,94	5,95	9,03	24,5	54,28	0,5
36	39,3	40,1	7,5	11819,48	4,78	6,98	24,5	45,60	0,5
37	40,3	40,3	10,3	16728,13	6,42	9,35	24,5	42,91	0,5

\*Пропитка сосновых образцов методом ВАД (вакуум-атмосферное давление) осуществлялась в эксикаторе созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и выдержкой в течение 10 минут при атмосферном давлении.

Таблица А.10 – Пропитка сосновых образцов тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД\* для определения коэффициента дымообразования

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состав № 1									
38	39,3	39,5	8,8	13660,68	5,06	12,15	28,5	147,92	сквозная
39	39,8	39,9	10,0	15880,20	6,35	12,30	28,5	106,78	сквозная
40	38,9	39,2	10,2	15553,78	5,94	14,17	28,5	150,80	сквозная
41	40,9	38,6	9,8	15471,65	6,99	15,21	28,5	151,42	сквозная
42	40,7	39,3	9,2	14715,49	5,43	12,87	28,5	144,09	сквозная
43	40,3	40,6	8,7	14234,77	6,26	9,86	28,5	72,08	сквозная
44	40,5	40,4	9,2	15053,04	6,93	13,58	28,5	125,90	сквозная
45	40,5	40,4	8,2	13416,84	5,51	14,56	28,5	192,24	сквозная
46	40,5	40,4	2,7	4417,74	1,93	4,38	28,5	158,06	сквозная
47	40,1	40,5	3,9	6333,80	2,31	4,72	28,5	108,44	сквозная
48	40,2	40,5	2,8	4558,68	1,88	4,11	28,5	139,42	сквозная
49	40,6	40,3	3,3	5399,39	2,56	5,71	28,5	166,27	сквозная
Состав № 2									
50	40,1	40,1	8,9	14311,29	5,16	12,35	45	226,08	сквозная
51	40,5	40,6	8,7	14305,41	6,11	13,11	45	220,20	сквозная
52	40,2	40,7	8,7	14234,42	5,15	12,30	45	226,04	сквозная
53	38,5	40,9	8,7	13699,46	5,46	12,78	45	240,45	сквозная
54	40,4	40,3	7,8	12699,34	5,03	12,21	45	254,42	сквозная
55	40,3	40,3	10,5	17052,95	6,58	14,92	45	220,08	сквозная
56	40,3	40,4	8,6	14001,83	5,35	12,15	45	218,54	сквозная
57	40,3	40,2	2,8	4536,17	1,51	3,72	45	219,24	сквозная

Продолжение таблицы А.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
58	40,3	40,3	3,1	5034,68	2,01	4,33	45	207,36	сквозная
59	40,3	40,2	3,1	5022,19	1,68	4,05	45	212,36	сквозная
60	40,3	40,5	1,8	2937,87	0,99	2,47	45	226,69	сквозная
61	40,4	40,5	5	8181,00	3,17	7,24	45	223,87	сквозная
Состав № 3									
62	40,6	40,3	8,1	13253,06	5,92	8,61	35	71,04	1
63	40,2	40,1	7,3	11767,75	4,32	7,76	35	102,31	1
64	40,2	40,2	7	11312,28	4,87	7,52	35	81,99	1
65	40,4	40,4	7,1	11588,34	5,27	7,22	35	58,90	1
66	40,5	40,3	7,4	12077,91	5,87	8,47	35	75,34	1
67	40,1	40,4	7,5	12150,30	4,86	8,12	35	93,91	1
68	40,4	40,1	2,6	4212,10	1,86	3,66	35	149,57	1
69	40,6	40	2,2	3572,80	1,59	3,70	35	206,70	1
70	40,3	40,1	2,8	4524,88	1,91	4,21	35	177,91	1
71	40,2	40,2	2,1	3393,68	1,41	3,45	35	210,39	1
72	40,2	40,1	3,1	4997,26	1,80	4,03	35	156,19	1

\*Пропитка сосновых образцов методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве с разными режимами в зависимости от составов: состав 1 и 2 пропитывались созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут и гидродавления величиной 0,2 МПа; состав 3 – при создании вакуума величиной 0,08 МПа с длительностью 20 минут и гидродавления величиной 0,5 МПа.

Таблица А.11 – Пропитка сосновых элементов конструкции составом 1 по методу ИВД\* для проведения испытания на пожарную опасность ограждающей конструкции

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объём образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П-1	549	203	104	11590488	5300	6600	28,5	31,97	2-3
П-2	550	204	103	11556600	6000	7300	28,5	32,06	2-3
П-3	548	207	104	11797344	6100	7100	28,5	24,16	2-3
П-4	549	206	100	11309400	6900	7400	28,5	12,60	2-3
П-5	548	204	103	11514576	5200	6200	28,5	24,75	2-3
П-6	548	206	106	11966128	6800	7700	28,5	21,44	2-3
П-7	550	202	104	11554400	6200	6900	28,5	17,27	2-3
П-8	548	205	103	11571020	5600	6300	28,5	17,24	2-3
П-9	550	205	105	11838750	5600	6800	28,5	28,89	2-3
П-10	549	202	100	11089800	5700	6600	28,5	23,13	2-3
П-11	550	204	104	11668800	6100	7100	28,5	24,42	2-3
П-12	548	208	103	11740352	6300	7100	28,5	19,42	2-3
П-13	550	203	103	11499950	5600	6100	28,5	12,39	2-3
П-14	548	203	103	11458132	5200	6100	28,5	22,39	2-3
П-15	548	205	100	11234000	5600	6000	28,5	10,15	2-3
П-16	548	207	104	11797344	6300	7300	28,5	24,16	2-3
П-17	549	203	102	11367594	5800	6700	28,5	22,56	2-3
П-18	549	201	101	11145249	5900	6700	28,5	20,46	2-3
П-19	549	204	101	11311596	6100	6900	28,5	20,16	2-3
П-20	548	206	102	11514576	6700	7600	28,5	22,28	2-3
П-21	548	204	102	11402784	6000	7000	28,5	24,99	2-3
П-22	548	204	106	11849952	6500	7700	28,5	28,86	2-3
П-23	549	205	104	11704680	6300	6800	28,5	12,17	2-3
П-24	549	204	102	11423592	6200	7100	28,5	22,45	2-3



Продолжение таблицы А.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
II-25	548	203	104	11569376	5900	7300	28,5	34,49	2-3
II-26	548	205	103	11571020	6900	7400	28,5	12,32	2-3
II-27	548	207	105	11910780	6500	7700	28,5	28,71	2-3
II-28	548	205	104	11683360	6900	7900	28,5	24,39	2-3
II-29	550	205	106	11951500	6700	7500	28,5	19,08	2-3
II-30	549	205	104	11704680	5500	6900	28,5	34,09	2-3

\*Пропитка сосновых элементов конструкции методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве импульсным созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут каждый и тремя циклами по три импульса гидродавления величиной 0,5 МПа, между циклами производилась выдержка образцов в растворе при атмосферном давлении.

Таблица А.12 – Пропитка сосновых элементов конструкции составом 2 по методу ИВД\* для проведения испытания на пожарную опасность ограждающей конструкции

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объём образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I-1	549	205	104	11704680	5600	6400	45	30,76	2-3
I-2	548	205	101	11346340	5800	6800	45	39,66	2-3
I-3	548	203	101	11235644	5700	6400	45	28,04	2-3
I-4	548	201	101	11124948	5700	7300	45	64,72	2-3
I-5	548	203	103	11458132	5600	6400	45	31,42	2-3
I-6	548	203	103	11458132	5700	6500	45	31,42	2-3
I-7	548	202	101	11180296	5700	6600	45	36,22	2-3
I-8	548	205	100	11234000	5700	6700	45	40,06	2-3
I-9	548	205	100	11234000	6300	6800	45	20,03	2-3
I-10	548	202	101	11180296	5600	6600	45	40,25	2-3
I-11	548	206	102	11514576	5600	6700	45	42,99	2-3
I-12	548	202	103	11401688	5400	6600	45	47,36	2-3
I-13	548	203	101	11235644	5600	6500	45	36,05	2-3
I-14	550	204	103	11556600	5700	6300	45	23,36	2-3
I-15	548	203	106	11791864	5900	7200	45	49,61	2-3
I-16	548	205	100	11234000	5600	6500	45	36,05	2-3
I-17	548	206	101	11401688	6700	8600	45	74,99	2-3
I-18	548	207	103	11683908	6100	7100	45	38,51	2-3
I-19	548	202	100	11069600	5400	6700	45	52,85	2-3
I-20	549	205	104	11704680	5600	7200	45	61,51	2-3
I-21	548	206	102	11514576	7500	9000	45	58,62	2-3
I-22	549	205	103	11592135	5700	6400	45	27,17	2-3
I-23	549	203	102	11367594	6200	6900	45	27,71	2-3
I-24	550	208	101	11554400	6000	6500	45	19,47	2-3

Продолжение таблицы А.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I-25	548	206	101	11401688	5900	6800	45	35,52	2-3
I-26	549	206	102	11535588	5800	6700	45	35,11	2-3
I-27	549	206	102	11535588	6300	8200	45	74,12	2-3
I-28	549	206	104	11761776	7800	9100	45	49,74	2-3
I-29	549	202	101	11200698	5700	7000	45	52,23	2-3
I-30	549	205	105	11817225	5300	6600	45	49,50	2-3

\*Пропитка сосновых элементов конструкции методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве импульсным созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут каждый и тремя циклами по три импульса гидродавления величиной 0,5 МПа, между циклами производилась выдержка образцов в растворе при атмосферном давлении.

Таблица А.13 – Пропитка сосновых элементов конструкции составом 3 комбинированным способом (осуществление глубокой пропитки огнебиозащитным составом по методу ИВД\* и поверхностным нанесением) для проведения испытания на пожарную опасность ограждающей конструкции

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объём образцов, V, мм <sup>3</sup>	Масса образцов, г		Концентрация раствора, %	Поглощение <i>П</i> , кг/м <sup>3</sup>	Глубина пропитки с боковой поверхности, мм	Расход огнезащитного средства, г/м <sup>2</sup>
	a	b	h		до пропитки, m <sub>1</sub>	после пропитки, m <sub>2</sub>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
III-1	549	204	102	11423592	5400	5900	10	4,38	0,5–1	386,65
III-2	548	202	105	11623080	5700	6000	10	2,58	0,5–1	390,61
III-3	549	202	102	11311596	6700	7000	10	2,65	0,5–1	333,33
III-4	549	206	104	11761776	5100	5500	10	3,40	0,5–1	407,07
III-5	549	203	101	11256147	6000	6400	10	3,55	0,5–1	362,86
III-6	548	207	102	11570472	6000	6300	10	2,59	0,5–1	378,06
III-7	549	207	102	11591586	6200	6600	10	3,45	0,5–1	340,75
III-8	549	202	102	11311596	5800	6100	10	2,65	0,5–1	416,00
III-9	548	205	104	11683360	7400	7800	10	3,42	0,5–1	327,82
III-10	548	204	103	11514576	5700	6000	10	2,61	0,5–1	391,02
III-11	549	203	103	11479041	5500	5800	10	2,61	0,5–1	354,68
III-12	549	205	101	11367045	5100	5400	10	2,64	0,5–1	413,36
III-13	549	203	102	11367594	5800	6200	10	3,52	0,5–1	366,73
III-14	548	205	103	11571020	7700	8200	10	4,32	0,5–1	368,62
III-15	548	205	103	11571020	7000	7300	10	2,59	0,5–1	368,62
III-16	548	206	102	11514576	6000	6300	10	2,61	0,5–1	434,68
III-17	548	205	101	11346340	6200	6500	10	2,64	0,5–1	398,10
III-18	550	203	102	11388300	5100	5400	10	2,63	0,5–1	413,89
III-19	548	203	102	11346888	5800	6100	10	2,64	0,5–1	441,85
III-20	548	205	106	11908040	7100	7500	10	3,36	0,5–1	390,30
III-21	549	204	101	11311596	5700	6000	10	2,65	0,5–1	377,56

Продолжение таблицы А.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
III-22	548	202	103	11401688	5300	5600	10	2,63	0,5–1	430,97
III-23	548	206	101	11401688	5900	6300	10	3,51	0,5–1	402,03
III-24	548	202	100	11069600	5700	6200	10	4,52	0,5–1	452,35
III-25	547	205	105	11774175	6700	7200	10	4,25	0,5–1	431,72
III-26	548	207	101	11457036	5800	6200	10	3,49	0,5–1	405,92
III-27	548	201	105	11565540	5500	5800	10	2,59	0,5–1	360,18
III-28	548	206	100	11288800	6200	6500	10	2,66	0,5–1	424,88
III-29	549	202	103	11422494	5400	5800	10	3,50	0,5–1	355,91
III-30	548	200	102	11179200	6000	6400	10	3,58	0,5–1	478,76

\*Пропитка сосновых элементов конструкции методом ИВД (импульсный вакуум-давление) осуществлялась в автоклаве импульсным созданием вакуума величиной 0,08 МПа длительностью 20 минут каждый и тремя циклами по пять импульсов гидродавления величиной 0,5 МПа, между циклами производилась выдержка образцов в растворе при атмосферном давлении.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

(Обязательное)

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ПОЖАРООПАСНЫХ  
СВОЙСТВ ДРЕВЕСНОГО МАТЕРИАЛА**

Таблица Б.1 – Значение предела прочности при статическом изгибе образцов древесины, пропитанных огнебиозащитными составами по методу ИВД

№ образца	Размеры, мм			Поглощение $P$ , кг/м <sup>3</sup>	$R_{max}$ , Н	Предел прочности при статическом изгибе, МПа	
	l	h	b			при фактической влажности образцов, $G_w$	при влажности образцов 12%, $G_{12}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Состав 1							
1	299,5	21,4	20,3	81,40	1765,50	85,32	75,49
2	299,5	20,8	20,5	16,51	1839,00	93,15	82,42
3	299,5	20,6	20,8	15,83	2059,50	104,82	92,75
4	298,5	20,7	20,6	15,67	1986,00	100,74	89,14
5	299,0	20,7	20,4	16,24	1545,00	79,27	70,14
6	299,0	20,4	20,6	9,42	1912,50	100,05	87,09
7	298,0	21,2	20,5	57,99	1471,50	71,29	62,05
8	299,0	20,6	20,4	5,38	1618,50	83,85	72,98
9	290,0	20,1	20,6	5,09	1618,50	84,59	73,63
10	299,8	20,0	20,9	10,34	1618,50	87,06	75,78
11	298,1	19,8	21,0	7,55	1251,00	67,95	59,14
Среднее:							76,42
Состав 2							
1	295,0	20,4	20,6	66,72	1030,05	53,17	47,34
2	300,0	20,4	20,6	36,19	1471,50	77,39	68,91
3	295,0	20,9	20,5	58,14	1177,20	58,17	51,80
4	290,0	20	20,2	9,20	1397,93	75,26	67,01
5	295,0	20,6	20,9	12,67	2133,75	106,46	94,79
6	298,2	20	20,5	9,37	2060,10	112,38	100,17
7	299,0	20,8	21,4	11,71	1863,9	90,29	79,06
8	299,0	19,8	20,4	2,84	1471,50	82,52	72,26
9	298,0	20,6	20,8	13,87	2207,25	111,78	97,87
10	299,0	20,6	20,1	11,43	1962,00	103,16	90,33
11	298,0	20	20,4	7,23	1397,93	76,58	67,10
Среднее:							76,06

## Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Состав 3							
1	290,0	20,1	20,0	14,25	1545,15	82,81	73,60
2	290,5	20,0	20,1	15,16	1471,50	79,71	70,85
3	290,0	20,1	20,0	10,11	1618,65	87,44	77,72
4	280,8	20,1	20,0	14,84	1692,30	87,95	78,17
5	298,1	20,6	20,4	10,53	1397,93	72,21	64,15
6	298,7	20,0	19,8	10,27	1765,80	99,89	88,60
7	280,9	20,2	20,0	4,45	2207,25	114,30	101,54
Среднее:							79,23



Таблица Б.2 – Значение предела прочности при сжатии вдоль волокон образцов древесины, пропитанных огнебиозащитными составами по методу ИВД

№ образца	Размеры, мм			Поглощение $\Pi$ , кг/м <sup>3</sup>	Rmax, Н	Предел прочности при сжатии, МПа	
	l	h	b			при фактической влажности образцов, $G_w$	при влажности образцов 12%, $G_{12}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Состав 1							
1	30,8	21,26	20,44	46,68	19521,90	44,92	48,30
2	30,7	20,63	20,47	43,04	18639,00	44,14	47,46
3	30,7	21,19	20,34	34,34	18344,70	42,56	45,76
4	30,9	21,37	20,56	46,44	19472,85	44,32	47,65
5	30,8	20,40	20,40	24,78	15009,30	36,07	40,55
6	30,7	19,68	20,57	80,42	17559,90	43,38	50,84
7	30,8	21,22	19,55	26,36	22563,00	54,39	47,07
8	30,8	20,92	20,49	24,49	21582,00	50,35	39,55
9	30,7	21,51	20,48	24,01	18639,00	42,31	41,06
Среднее:							45,36
2	30,6	20,5	20,6	36,39	20306,7	11,64	47,39
3	30,57	20,57	21,7	37,76	18491,85	11,64	40,83
4	30,6	20,9	21,38	34,56	20551,95	11,64	45,33
5	30,74	20,25	21,1	30,15	21140,55	11,64	48,77
6	30,8	20,7	20,3	32,34	16186,50	11,87	38,32
7	30,7	20,64	20,1	17,22	18540,90	13,36	47,12
8	30,7	20,5	20	16,45	17020,35	13,36	43,77
9	30,7	20,26	20,7	41,94	15696,00	13,36	39,46
10	30,5	20,75	20,17	15,69	19227,60	13,36	48,44
11	30,79	20,77	21,5	16,77	20846,25	13,36	49,22
12	30,8	20,6	20,7	42,83	14616,90	13,58	36,44
Среднее:							44,19
Состав 3							
1	30,6	21,1	20,4	28,70	17903,25	41,59	38,96
2	30,9	20,3	20,1	27,85	21091,50	51,69	48,42

## Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8
3	30,8	21,1	20	24,56	20502,90	48,59	45,51
4	30,8	20,9	20,1	26,75	19129,50	45,54	42,66
5	30,3	20,9	20,5	24,33	16775,10	39,15	36,68
6	30,7	20,4	20,3	29,73	16186,50	39,09	36,62
7	30,8	20,6	20,3	10,48	19423,80	46,45	43,68
8	30,8	20,6	20,1	10,07	18884,25	45,61	42,89
9	30,8	20,3	20,7	10,43	19325,70	45,99	43,25
10	30,8	21,3	20,1	8,96	19031,40	44,45	41,80
11	30,7	20,9	20,5	10,67	17510,85	40,87	38,43
Среднее:							41,72

Таблица Б.3 – Значение предела прочности при скалывании вдоль волокон образцов древесины, пропитанных огнебиозащитными составами по методу ИВД

№ образца	Размеры, мм		Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	R <sub>max</sub> , Н	Предел прочности при скалывании, МПа	
	а	l			при фактической влажности образцов, G <sub>w</sub>	при влажности образцов 12%, G <sub>12</sub>
1	2	3	4	5	6	7
Состав 1						
1	20,3	31,2	57,72	5199,30	8,20	8,66
2	20,3	31,1	66,62	4905,00	7,76	8,19
3	20,6	31,0	44,97	4610,70	7,23	7,63
4	20,1	30,9	67,03	5052,15	8,13	8,57
5	20,5	30,8	94,99	4169,25	6,60	6,97
6	20,3	31,1	24,78	4708,80	7,47	7,45
7	20,2	31,2	25,09	4905,00	7,81	7,79
8	20,1	31,2	38,41	5101,20	8,15	8,12
9	20,1	31,2	39,83	5150,25	8,22	8,19
10	20,1	31,2	21,62	4414,50	7,04	7,02
11	20,5	30,3	58,33	4071,15	6,55	6,53
Среднее:						7,74
Состав 2						
1	18,3	26,18	111,57	4267,35	8,91	10,01
2	20,8	26,1	97,10	4954,05	9,13	10,26
3	21	27,27	83,83	4316,4	7,54	8,47
4	21	25,4	102,98	5052,15	9,47	10,65
5	20,3	30,5	103,09	4610,7	7,45	8,51
6	20,9	26,7	47,40	4022,1	7,21	7,50
7	20,8	24,8	53,72	4120,2	7,99	8,32
8	20,9	26,7	37,59	5689,8	10,20	10,62
9	20,6	30,3	46,02	5542,65	8,88	9,39
Среднее:						9,30

## Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4	5	6	7
Состав 3						
1	20,5	31,4	27,57	4659,75	7,24	6,93
2	20,5	31,3	27,57	4267,35	6,65	6,36
3	20,5	31,6	45,14	3825,9	5,91	5,65
4	20,4	31,6	24,06	4169,25	6,47	6,19
5	20,5	30,4	28,96	4316,4	6,93	6,64
6	20,5	31,7	11,78	4806,9	7,40	7,07
7	20,6	31,3	13,47	3531,6	5,48	5,24
8	20,4	31,6	9,24	4169,25	6,47	6,18
9	20,3	30,8	13,72	3924	6,28	6,00
10	20,6	30,4	11,59	4855,95	7,75	7,41
Среднее:						6,37

Таблица Б.4 – Результаты исследования огнезащитной эффективности огнебиозащитных составов, пропитанных методом ВАД

№ образца	Поглощение $P$ , кг/м <sup>3</sup>	Масса образца, г		Потеря массы, $P$ , %	Группа огнезащитной эффективности
		до испытания, $m_1$	после испытания, $m_2$		
1	2	3	4	5	6
Состав 1					
1	57,6	128,17	117,27	8,5	I
2	59,9	134,44	123,46	8,2	I
3	36,1	116,33	88,67	14,7	II
4	73,3	132,97	122,78	7,7	I
5	69,7	133,26	119,48	10,3	II
6	88,7	132,97	123,08	7,4	I
7	17,4	116,33	88,67	23,8	II
8	37,5	123,82	108,33	12,5	II
9	106,4	135,66	129,82	4,3	I
10	45,4	121,5	111,09	8,6	I
11	60,3	123,44	112,93	8,5	I
13	60,8	125,85	117,03	7,0	I
14	66,3	141,31	133,26	5,7	I
15	92,5	141,24	132,82	5,96	I
16	7,9	128,50	100,21	22,0	II
17	32,7	125,00	108,23	13,4	II
18	44,4	129,01	120,50	6,6	I
19	47,9	131,51	118,14	10,2	II
20	11,9	119,17	102,75	13,8	II
21	81,0	148,29	141,57	3,2	I
22	18,1	127,06	114,39	9,97	II
23	5,3	122,01	101,08	17,2	II
24	42,1	129,93	121,73	6,3	I
25	16,3	139,64	122,66	12,2	II
26	17,9	121,36	103,78	14,5	II

## Продолжение таблицы Б.4

1	2	3	4	5	6
Состав 2					
28	39,5	140,26	134	4,5	I
29	85,5	137,94	130,9	5,1	I
29	109,5	145,56	138,71	4,7	I
30	50,2	143,95	136,16	5,4	I
34	91,4	135,94	128,84	5,2	I
35	49,8	123,47	116,83	5,4	I
36	63,2	126,7	118,07	6,8	I
37	43,1	124,76	116,1	6,9	I
38	97	153,54	144,5	5,9	I
39	25,2	112,57	99,99	11,2	II
40	39,7	128,25	116,73	8,98	I
42	27,4	114,17	98,54	13,7	II
42	55,7	141,6	131,56	7,1	I
43	56,6	144,02	133,52	7,3	I
44	65,9	147,6	137,64	6,7	I
45	29,8	117,51	103,23	12,2	II
47	39,4	141,6	131,56	11,3	II
48	31,2	135,96	118,53	12,8	II
49	16,2	109,06	95,48	12,4	II
50	20,6	121,38	105,92	12,7	II
51	16,4	109,06	95,48	13,95	II
52	18,1	121,38	105,92	15,8	II
53	33,4	134,44	122,33	9	I
Состав 3					
54	15	119,48	86,44	27,7	неэффективен
55	15,2	111,86	81,23	27,4	неэффективен
57	12	126,94	92,54	27,1	неэффективен
63	12,7	115,76	90,48	21,8	II
64	13,7	103,61	72,21	30,3	неэффективен
65	9	113,86	80,42	29,4	неэффективен
66	7,3	129,26	99,22	23,2	II

Таблица Б.5 – Результаты исследования огнезащитной эффективности огнебиозащитных составов, пропитанных методом ИВД

№ образца	Поглощение $P$ , кг/м <sup>3</sup>	Масса образца, г		Потеря массы, $P$ , %	Группа огнезащитной эффективности
		до испытания, $m_1$	после испытания, $m_2$		
1	2	3	4	5	6
Состав 1					
68	26,7	112,77	102,95	8,7	I
69	19,8	118,86	103,63	12,8	II
70	30,4	135,93	122,48	9,89	II
71	49,2	156,28	148,45	5,0	I
72	53,3	159,16	152,38	4,3	I
73	16,5	107,59	91,43	15,0	II
74	28,6	125,21	111,44	11,0	II
75	27,3	110,92	101,34	8,6	I
76	29,9	118,64	107,93	9,0	I
77	48,1	144,93	135,01	6,8	I
1С	30,70	123,12	111,78	9,2	I
2С	29,62	137,26	122,97	10,4	II
3С	43,58	144,92	132,14	8,8	I
Состав 2					
79	25,6	112,07	98,91	11,7	II
80	15,9	109,79	94,03	14,4	II
81	21	108,4	90,86	16,2	II
82	22,5	119,44	102,56	14,1	II
83	14,5	102,61	81,03	21,0	II
84	39,8	126,43	111,66	11,7	II
85	25,4	115,71	97,31	15,9	II
86	32,2	123,6	107,57	13,0	II
87	44,7	133,28	119,5	10,3	II
88	30,7	121,5	107,55	11,5	II
90	18,86	95,02	82,02	13,7	II
91	17,74	92,94	78,28	15,8	II

## Продолжение таблицы Б.5

1	2	3	4	5	6
92	37,03	132,46	118,83	10,3	II
93	39,53	132,72	119,66	9,8	II
4C	35,02	158,47	141,01	11,0	II
5C	24,33	138,04	115,34	16,4	II
6C	25,73	120,32	100,97	16,1	II
Состав 3					
95	15,7	110,92	74,93	32,4	неэффективен
96	15	109,41	78,83	27,9	неэффективен
97	13,8	106,26	71,37	32,8	неэффективен
98	16,1	119,55	83,8	29,9	неэффективен
99	22,9	109,41	78,83	29,6	неэффективен
101	23	120,26	79,36	34,0	неэффективен
102	24	110,61	76,12	31,2	неэффективен
103	26,1	109,35	85,01	22,3	2
104	25,7	130,15	96,06	26,2	неэффективен
106	4,1	122,65	89,92	26,7	неэффективен
107	4,3	128,87	98,76	23,4	2
108	4,6	124,72	90,59	27,4	неэффективен



Таблица Б.6 – Результаты исследования огнезащитной эффективности комбинированного способа огнезащиты (методами ИВД и поверхностным нанесением) состава 3 на основе модифицированных полисахаридов

№ образца	Поглощение $P$ , кг/м <sup>3</sup>	Общий расход ОЗС, г/м <sup>2</sup>	Масса образца, г		Потеря массы, $P$ , %	Группа огнезащитной эффективности
			до испытания, $m_1$	после испытания, $m_2$		
1	2	3	4	5	6	7
56	17,4	455,37	122,89	111,21	9,5	2
58	11,4	171,75	130,23	115,48	11,3	2
59	11,8	351,69	119,44	105,31	11,8	2
60	11,5	355,45	126,46	115,08	9,0	1
61	10,0	481,06	108,16	92,91	14,1	2
62	11,3	452,96	113,08	101,08	10,6	2
67	7,0	350,89	123,1	107,73	12,5	2
100	22,3	457,46	104,74	93,85	10,4	2
109	2,6	152,06	127,1	103,45	18,6	2
110	1,9	337,96	128,19	116,1	9,4	2
111	7,1	302,81	121,4	114,72	5,5	1
112	7,4	465,91	122,11	109,97	9,9	2
113	7,4	145,72	120,93	25,04	79,3	неэффективен
114	7,4	144,46	118,67	82,27	30,7	неэффективен
115	8,7	153,22	124,98	91,65	26,7	неэффективен
116	7,1	324,27	120,59	109,58	9,1	1
117	7,1	339,76	90,52	68,74	24,1	2
118	6,1	461,86	96	70,91	26,1	неэффективен
119	7,2	130,2	120,38	25,5	78,8	неэффективен
120	6,3	550,15	95,27	67,45	29,2	неэффективен
121	6,7	132,87	118,35	56,42	52,3	неэффективен

Таблица Б.7 – Результаты испытаний для определения группы воспламеняемости сосновых образцов, пропитанных тремя огнебиозащитными составами по методу ИВД и необработанных образцов

№ образца	Поглощение $П$ , кг/м <sup>3</sup>	Величина теплового потока, кВт/м <sup>2</sup>	Время испытания (воспламенения образца), мин	Значение КППТ, кВт/м <sup>2</sup>	Примечание
1	2	3	4	5	6
Состав 1					
1.1.	17,54	15	1,03	15	
1.2.	17,54	15	1,3	15	
2.1.	42,99	20	0,22	20	
2.2.	42,99	20	5,53	20	
3.1.	22,39	10	15		не воспламенился
3.2.	22,39	15	8,88	15	
4.1.	15,21	15	0,75	15	
4.2.	15,21	10	2,75	10	
5.1.	25,51	15	15		не воспламенился
5.2.	25,51	20	2,42	20	
6.1.	5,96	30	0,25	30	
6.2.	5,96	15	9,95	15	
7.1.	33,68	20	5,7	20	
7.2.	33,68	15	15,17		не воспламенился
8.1.	12,53	20	0,5	20	
8.2.	12,53	10	15,63		не воспламенился
9.1.	10,11	10	15,02		не воспламенился
9.2.	10,11	10	15,58		не воспламенился
10.1.	3,96	10	15,15		не воспламенился
10.2.	3,96	15	0,97	15	
11.1.	12,06	15	0,75	15	
11.2.	12,06	10	15,17		не воспламенился
12.1.	14,58	15	1,25	15	
12.2.	14,58	10	15,05		не воспламенился
13.1.	9,46	10	15,05		не воспламенился
13.2.	9,46	15	7,32	15	
14.1.	9,68	15	1,5	15	
14.2.	9,68	10	5,65	10	
15.1.	14,56	10	33		не воспламенился
15.2.	14,56	30	0,12	30	
16.1.	8,62	20	0,7	20	
16.2.	8,62	15	9,67	15	
Состав 2					
17.1.	13,99	15	1,22	15	
17.2.	13,99	10	15,15		не воспламенился
18.1.	12,28	10	15,25		не воспламенился
18.2.	12,28	10	15,58		не воспламенился
19.1.	30,24	15	8,7	15	
19.2.	30,24	15	2,4	15	
20.1.	11,54	10	33,05		не воспламенился

## Продолжение таблицы Б.7

1	2	3	4	5	6
20.2.	11,54	20	0,45	20	
21.1.	29,33	15	1,07	15	
21.2.	29,33	15	1,35	15	
22.1.	15,14	10	15,03		не воспламенился
22.2.	15,14	10	15,12		не воспламенился
23.1.	47,89	30	0,37	30	
23.2.	47,89	20	0,75	20	
24.1.	40,14	20	0,78	20	
24.2.	40,14	15	15		не воспламенился
25.1.	14,12	10	16,75		не воспламенился
25.2.	14,12	30	0,27	30	трещина
26.1.	12,83	15	1,17	15	
26.2.	12,83	10	2,7	10	
27.1.	11,95	10	15,1		не воспламенился
27.2.	11,95	10	15,08		не воспламенился
28.1.	18,22	15	7,65	15	
28.2.	18,22	10	15,07		не воспламенился
29.1.	10,55	10	3,17	10	
29.2.	10,55	10	4,52	10	
30.1.	10,31	10	19,03		воспл. на 19 м
30.2.	10,31	10	15,6		не воспламенился
31.1.	12,52	15	1,62	15	
31.2.	12,52	15	1,25	15	
Состав 3					
32.1.	19,24	15	15,08	20	не воспламенился
32.2.	19,24	20	0,45	20	
33.1.	39,69	30	0,23	30	
33.2.	39,69	20	1,4	20	
34.1.	23,95	15	15,05		не воспламенился
34.2.	23,95	20	0,47	20	
35.1.	31,41	20	0,53	20	
35.2.	31,41	15	20		не воспламенился
36.1.	22,41	15	0,72	15	
36.2.	22,41	15	0,82	15	
37.1.	7,99	10	23,63		воспл. на 23 м
37.2.	7,99	15	7,87	15	
38.1.	7,31	10	15		не воспламенился
38.2.	7,31	10	25		не воспламенился
39.1.	4,94	10	15,08		не воспламенился
39.2.	4,94	30	0,43	30	
40.1.	6,13	10	17,08		не воспламенился
40.2.	6,13		0		
41.1.	8,17	15	1,1	15	
41.2.	8,17	10	15,47		не воспламенился
42.1.	5,74	10	2,8	10	
42.2.	5,74	30	0,35	30	

## Продолжение таблицы Б.7

1	2	3	4	5	6
43.1.	7,94	10	20,05		не воспламенился
43.2.	7,94	15	0,67	15	
44.1.	4,23	10	15,1		не воспламенился
44.2.	4,23	10	15,5		
45.1.	2,92	10	0,55	15	
46.1.	9,77	15	1,33	15	
46.2.	9,77	30	0,28	30	
47.1.	3,82	10	15,13		не воспламенился
47.2.	3,82	15	1,58	15	
Необработанная древесина					
Н-1	-	30	0,23	30	
Н-2	-	30	0,25	30	
Н-1	-	20	1,87	20	
Н-2	-	20	1,1	20	
Н-3	-	15	9,35	15	
Н-4	-	15	1,47	15	
Н-3	-	10	33		не воспламенился
Н-4	-	10	2,47	10	

Таблица Б.8 – Результаты испытания сосновых образцов пропитанных тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД\* для определения индекса распространения пламени по поверхности

№ образца	Поглощение, $P$ , кг/м <sup>3</sup>	Температура дымовых газов, °С		Время прохождения фронтом пламени $i$ -го участка, $\tau_i$ , с										Время от начала испытания до достижения максимальной температуры газов $\tau_{max}$ , с	Длина обгоревшего участка образца, $l$ , мм	Тепловой коэффициент $\beta$	Индекс распространения пламени, $I$
		начальная, $t_0$	максимальная, $t_{max}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Состав 1																	
1	7,45	95	137,6	14	21	32	42	51	61	79	122	168	187	105	299	50,5	49,9
2	9,79	93	120	26	47	53	60	69	85	101	132	165	204	168	301		29,3
3	11,68	94	118,8	16	22	33	46	62	82	109	202	-	-	220	259		45,9
4	10,50	96	107,1	25	38	64	73	89	167	-	-	-	-	110	187		10,7
5	11,29	94	124	40	78	87	96	240	306	308	310	325	376	113	299		13,5
6	6,62	92	124	19	35	43	55	63	114	176	188	225	277	275	299		52,4
7	25,46	69,5	74,80	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	660	43		0,6
8	32,04	69,8	74	433	-	-	-	-	-	-	-	-	-	570	10		0,9
9	108,40	72,3	72,9	605	-	-	-	-	-	-	-	-	-	620	8		0,1
10	8,43	71,6	84,4	53	85	111	140	180	250					226	180		8,6
11	36,65	74,6	76,3	440										713	40		0,8
Состав 2																	
12	9,48	96,4	124	14	29	40	49	57	73	92	118	159	177	110	299	50,5	38,9
13	15,70	96	114	48	54	63	76	-	-	-	-	-	-	74	147		4,1
14	8,52	96	123	24	33	43	56	69	90	110	130	198	240	90	296		21,5

## Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
15	12,43	99	125	44	51	55	68	76	98	123	165	200	-	98	255	50,5	11,4
16	8,61	95,7	125	28	37	40	44	59	99	139	154	-	-	99	245		19,0
17	9,25	95	109,9	42	55	68	80	103	-	-	-	-	-	100	244		7,7
18	67,02	72,7	76,2	642	-	-	-	-	-	-	-	-	-	650	25		0,2
19	73,59	74,5	75,6	901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	690	12		0,0
20	127,24	75,4	76,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	8		0,0
21	90,77	74,2	76,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	640	10		0,0
22	158,69	74,5	76,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	856	5		0,0
Состав 3																	
23	2,53	95,8	120	53	64	69	104	-	-	-	-	-	-	120	150	50,5	7,0
24	2,40	93,4	120,3	21	35	45	54	66	80	109	136	173	216	173	300		35,7
25	2,57	95	133,80	61	69	83	101	119	135	150	169	171	221	295	304		23,8
26	2,90	97,3	131,3	22	34	45	56	67	85	112	131	193	-	125	285		30,9
27	2,99	94,2	114,00	43	52	58	72	280	-	-	-	-	-	80	156		5,8
28	6,64	92,4	134,5	30	39	50	58	67	82	109	164	209	245	127	301		27,9

Таблица Б.9 – Результаты испытания сосновых образцов пропитанных тремя огнебиозащитными системами по методу ИВД для определения коэффициента теплопроводности на установке ИТП-МГ4

№ образца	Вид огнебиозащитного средства, его концентрация в %	Размеры образца, мм			Поглощение, П, кг/м <sup>3</sup>	Результаты единичных измерений					
		a	b	h		масса образца, г			λ, Вт/мК		
						1 день	2 день	3 день	1 день	2 день	3 день
1	Состав 1, 28,5	99,27	99,79	18,80	160,15	113,86	111,75	110,69	0,144	0,138	0,134
2		99,55	99,69	20,01	37,32	104,29	103,78	103,58	0,118	0,117	0,118
3		99,56	99,51	19,79	49,81	103,41	102,68	102,42	0,122	0,122	0,121
4	Состав 2, 45	100,75	100,67	19,64	58,24	111,32	110,75	110,59	0,115	0,115	0,115
5		99,63	99,61	20,26	62,54	87,52	86,92	86,80	0,104	0,104	0,104
6		99,92	99,92	19,77	64,94	88,04	87,46	87,33	0,098	0,098	0,098
7	Состав 3, 35	99,59	99,75	19,38	28,96	97,06	97,04	96,94	0,112	0,111	0,111
8		99,77	99,77	20,09	20,38	98,23	97,85	97,75	0,112	0,113	0,114
9		98,93	99,84	19,67	28,77	106,04	105,59	105,50	0,118	0,117	0,117
13	Без защиты, -	99,71	99,68	21,57	-	82,60	81,95	81,77	0,107	0,107	0,106
14		99,49	99,75	20,25	-	95,89	95,15	94,91	0,106	0,106	0,107
15		99,69	99,74	21,62	-	83,20	82,38	82,20	0,103	0,103	0,104

Таблица Б.10 – Результаты испытаний в режиме тления для экспериментального определения коэффициента дымообразования сосновых образцов, пропитанных тремя огнебиозащитными составами по методу ВАД

№ образца	Поглощение П, кг/м <sup>3</sup>	Величина теплового потока, кВт/м <sup>2</sup>	Светопропускание, %		Масса образца, м, г	Коэффициент дымообразования, D, м <sup>2</sup> /кг	Группа по дымообразующей способности
			начальное, T <sub>0</sub>	конечное, T <sub>min</sub>			
1	2	3	4	5	6		
Состав 1							
1	20,53	35	100	0,2	7,25	577,2	Д3
2	20,53	20	100	1,1	5,47	533,2	Д3
3	20,53	30	100	0,2	5,56	710,7	Д3
4	20,53	10	100	21,6	5,61	177,7	Д2
5	20,53	20	100	0,8	6,47	482,5	Д2
6	20,53	30	100	0,7	6,28	516,7	Д3
7	20,53	35	100	0,1	6,74	690,0	Д3
8	20,53	25	100	0,1	7,38	633,9	Д3
9	20,53	25	100	0,1	7,2	649,4	Д3
10	20,53	35	100	1,1	5,41	539,7	Д3
11	20,53	10	100	50,6	4,64	95,4	Д2
Состав 2							
12	23,49	25	100	0,2	6,69	589,9	25
13	27,07	35	100	0,2	6,33	624,9	35
14	19,61	35	100	0,7	4,33	745,3	35
15	22,93	25	100	0,2	6,5	649,6	25
16	26,20	35	100	0,6	5,56	597,4	35
17	29,36	35	100	1,1	5,36	552,2	35
18	20,65	20	100	1,7	5,04	523,8	20
19	12,49	25	100	0,2	5,54	711,5	25
20	22,59	20	100	3,1	4,92	457,5	20
21	24,13	25	100	0,2	7,07	597,2	25



## Продолжение таблицы Б.10

1	2	3	4	5	6	7	8
22	20,48	10	100	20,9	6,14	165,9	10
23	19,98	10	100	14,1	7,44	170,8	10
24	18,12	35	100	0,1	5,12	909,3	35
Состав 3							
25	44,90	10	100	57,0	5,45	67,0	Д2
26	61,95	35	100	1,5	4,73	576,3	Д3
27	54,74	25	100	2,4	5,03	481,6	Д2
28	88,86	35	100	6,0	3,52	520,0	Д3
29	49,52	20	100	1,6	4,96	539,5	Д3
30	60,20	35	100	0,6	5,59	594,6	Д3
31	45,94	20	100	0,4	5,9	617,2	Д3
32	38,31	20	100	0,2	7,71	545,4	Д3
33	42,90	20	100	0,5	6,54	533,8	Д3
34	44,07	10	100	50,3	6,17	72,4	Д2
35	54,28	25	100	0,1	6,27	745,7	Д3
36	45,60	25	100	0,4	4,92	733,0	Д3
37	42,91	25	100	0,5	6,59	530,6	Д3

Таблица Б.11 – Результаты испытаний в режиме тления для экспериментального определения коэффициента дымообразования сосновых образцов, пропитанных тремя огнебиозащитными составами по методу ИВД

№ образца	Поглощение $P$ , кг/м <sup>3</sup>	Величина теплового потока, кВт/м <sup>2</sup>	Светопропускание, %		Масса образца, м, кг	Коэффициент дымообразования, $D$ , м <sup>2</sup> /кг	Группа по дымообразующей способности
			начальное, $T_0$	конечное, $T_{min}$			
1	2	3	4	5	6	7	8
Состав 1							
38	147,92	35	100	83,4	7,04	16,8	Д1
39	106,78	35	100	54,7	8	49,1	Д1
40	150,80	35	100	77,3	8,39	20,0	Д1
41	151,42	35	100	73,1	9,33	21,8	Д1
43	72,08	35	100	45,6	7,22	70,8	Д2
44	125,90	35	100	74,5	8,78	21,8	Д1
45	192,24	35	100	70,3	8,13	28,2	Д1
46	158,06	35	100	92,9	2,61	18,4	Д1
47	108,44	35	100	85,6	2,98	34,0	Д1
48	139,42	35	100	86,9	2,49	36,7	Д1
49	166,27	35	100	89,9	3,47	19,9	Д1
Состав 2							
50	226,08	35	100	18,7	8,59	126,9	Д2
51	220,20	35	100	24,0	9,41	98,5	Д2
52	226,04	35	100	20,8	8,53	119,7	Д2
53	240,45	35	100	18,1	8,93	124,6	Д2
54	254,42	35	100	20,7	8,42	121,6	Д2
55	220,08	35	100	14,5	10,35	121,3	Д2
56	218,54	35	100	18,5	8,98	122,0	Д2
57	219,24	35	100	67,3	2,53	101,8	Д2
58	207,36	35	100	82,0	3,06	42,1	Д1
59	212,36	35	100	77,0	2,77	61,4	Д2
60	226,69	35	100	87,6	1,66	51,9	Д2
61	223,87	35	100	38,3	5,08	122,8	Д2

Продолжение таблицы Б.11

1	2	3	4	5	6	7	8
Состав 3							
62	71,04	35	100	8,0	6,42	256,1	Д2
63	102,31	35	100	21,3	5,05	198,9	Д2
64	81,99	35	100	11,7	5,44	256,2	Д2
65	58,90	35	100	13,7	5,69	227,0	Д2
66	75,34	35	100	8,8	6,47	244,7	Д2
67	93,91	35	100	23,0	5,56	171,7	Д2
68	149,57	35	100	54,8	2,31	169,3	Д2
69	206,70	35	100	69,2	2,05	116,8	Д2
70	177,91	35	100	63,3	2,39	124,4	Д2
71	210,39	35	100	66,9	1,87	139,6	Д2
72	156,19	35	100	62,5	2,25	135,7	Д2

Таблица Б.12 – Результаты испытаний в режиме тления для экспериментального определения коэффициента дымообразования необработанных сосновых образцов

№ образца	Поглощение $P$ , кг/м <sup>3</sup>	Величина теплового потока, кВт/м <sup>2</sup>	Светопропускание, %		Масса образца, м, кг	Коэффициент дымообразования, $D$ , м <sup>2</sup> /кг	Группа по дымообразующей способности
			начальное, $T_0$	конечное, $T_{min}$			
1	2	3	4	5	6	7	8
Состав 1							
1	40,8	41,0	6,7	25	100	0,1	4,73
2	40,6	40,0	8,2	25	100	0,1	5,29
3	37,8	40,3	8,0	20	100	0,1	5,01
4	41,0	40,0	8,5	20	100	0,1	5,46
5	40,0	38,7	7,7	10	100	52,8	4,37
6	39,0	40,0	8,8	10	100	63,9	4,56
7	39,7	39,2	7,2	30	100	0,4	3,95
8	39,0	39,9	8,8	30	100	0,2	4,44

Таблица Б.13 – Результаты экспериментального определения устойчивости  
к старению огнебиозащитного состава № 1 (солевого состава)  
по ГОСТ Р 53292-2009 п. 6.3

1.	Условия проведения испытаний	место: кафедра пожарной безопасности в строительстве УНЦ ППБС Академии ГПС МЧС России, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4			
		период: 17.01.2017 г. – 07.02.2017 г.			
		данные о климатических условиях: температура, °С <u>19</u> . давление, мм.рт.ст. <u>753</u> . влажность, % 49.			
2.	Сведения об использованном испытательном оборудовании	Аттестат на установку № 536/3/15 от 08.10.2016 года, выданный ЗАО «ИТ «Тест-Прибор». Действителен до 08.10.2017 года.			
3.	<b>Перечень средств измерений при испытаниях по ГОСТ Р 53292-2009</b>				
	Наименование средств измерения	Заводской номер	Предел измерений	Класс точности	Дата очередной поверки
	Термоэлектрический преобразователь ТХА	11	- 40 ÷ 800 °С	2	07.2017 г.
	Секундомер	8076	0 ÷ 60 мин	2	06.2017 г.
	Линейка металлическая измерительная	1	0 ÷ 500 мм	ц.д. 1 мм	07.2017 г.
	Ротаметр РМ-0,63 ГУЗ	64	0.13 ÷ 2.59 м <sup>3</sup> /ч	2,5	07.2017 г.
	Весы электронные ВЛЭ-1	708	0 ÷ 1000 г	4	07.2017 г.
	Термометр многоканальный ТМ 5131	06-0687	0 ÷ 1300 °С	осн. привед. погр.± 0,5%	07.2017 г.
	Шкаф сушильный СНОЛ-3.5.3.5/-ИЗ	05291	40 ÷ 70 °С	± 1.1 °С	07.2017 г.
4.	Значения показателей по ГОСТ Р 53292-2009 с указанием допусков				
	Группа огнезащитной эффективности		Потеря массы		
	I группа огнезащитной эффективности		не более 9 %		
	II группа огнезащитной эффективности		более 9 %, но не выше 25 %		
	не обеспечивает огнезащиты древесины и не является огнезащитным		более 25 %		

5. Сущность метода заключается в определении сохранения огнезащитной эффективности огнезащитного покрытия, полученного на основе ОС, после ускоренного старения в результате попеременного воздействия на образцы колебаний температуры и влажности в заданной последовательности.

Подготовка образцов проведена в соответствии с п. 6.3.3.2 ГОСТ Р 53292-2009.

Нанесенный ОС считается выдержавшим испытание на устойчивость к старению, если сохраняется целостность выполненного на его основе огнезащитного покрытия (отсутствуют трещины, отслаивания, вздутия и другие, не допускаемые ТД разрушения) для всех образцов (требование не распространяется на нанесенные пропиточные ОС) и выполняются неравенства:

$$P_0 - P_k \leq 3 \text{ при } P_k \leq 9;$$

$$P_0 - P_k \leq 5 \text{ при } 9 < P_k \leq 25$$

#### 6. Результаты проверки требований

образцы	№ образца	Масса образца, г			Поглощение $\Pi$ , кг/м <sup>3</sup>	Потеря массы образца		Среднее арифметическое значение потери массы, %
		до обработки	перед сжиганием	после сжигания		г	%	
контрольные	75	106,86	110,92	101,34	27,3	9,58	9	8
	76	113,12	118,64	107,93	29,9	10,71	9,0	
	77	129,4	144,93	135,01	48,1	9,92	7	
основные	1С	118,29	123,12* <sup>1</sup>	111,78	30,70	11,34	9	9
	2С	133,44	137,26* <sup>1</sup>	122,97	29,62	14,29	10	
	3С	131,84	144,92* <sup>1</sup>	132,14	43,58	12,78	9	

Примечание: \*<sup>1</sup> - данные по массе образца перед сжиганием и привесу сухого средства огнезащиты приведены с учётом старения основных образцов.

$$P_0 - P_k \leq 3 \text{ при } P_k \leq 9: P_0 = 9; P_k = 8; 9 - 8 = 1.$$

Вывод: Огнебиозащитный состав № 1 (солевой состав) для древесины устойчив к старению при глубокой пропитке способом ИВД с расходом 30 кг/м<sup>3</sup>.

Таблица Б.14 – Результаты экспериментального определения устойчивости к старению огнебиозащитного состава № 2 (Аммафон-1) по ГОСТ Р 53292-2009 п. 6.3

1.	Условия проведения испытаний	место: кафедра пожарной безопасности в строительстве УНЦ ППБС Академии ГПС МЧС России, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4			
		период: 17.01.2017 г. – 07.02.2017 г.			
		данные о климатических условиях: температура, °С <u>19</u> . давление, мм.рт.ст. <u>753</u> . влажность, % 49.			
2.	Сведения об использованном испытательном оборудовании	Аттестат на установку № 536/3/15 от 08.10.2016 года, выданный ЗАО «ИТ «Тест-Прибор». Действителен до 08.10.2017 года.			
3.	<b>Перечень средств измерений при испытаниях по ГОСТ Р 53292-2009</b>				
	Наименование средств измерения	Заводской номер	Предел измерений	Класс точности	Дата очередной поверки
	Термоэлектрический преобразователь ТХА	11	- 40 ÷ 800 °С	2	07.2017 г.
	Секундомер	8076	0 ÷ 60 мин	2	06.2017 г.
	Линейка металлическая измерительная	1	0 ÷ 500 мм	ц.д. 1 мм	07.2017 г.
	Ротаметр РМ-0,63 ГУЗ	64	0.13 ÷ 2.59 м <sup>3</sup> /ч	2,5	07.2017 г.
	Весы электронные ВЛЭ-1	708	0 ÷ 1000 г	4	07.2017 г.
	Термометр многоканальный ТМ 5131	06-0687	0 ÷ 1300 °С	осн. привед. погр. ± 0,5%	07.2017 г.
	Шкаф сушильный СНОЛ-3.5.3.5/-ИЗ	05291	40 ÷ 70 °С	± 1.1 °С	07.2017 г.
4.	Значения показателей по ГОСТ Р 53292-2009 с указанием допусков				
	Группа огнезащитной эффективности		Потеря массы		
	I группа огнезащитной эффективности		не более 9 %		
	II группа огнезащитной эффективности		более 9 %, но не выше 25 %		
	не обеспечивает огнезащиты древесины и не является огнезащитным		более 25 %		

5. Сущность метода заключается в определении сохранения огнезащитной эффективности огнезащитного покрытия, полученного на основе ОС, после ускоренного старения в результате попеременного воздействия на образцы колебаний температуры и влажности в заданной последовательности.

Подготовка образцов проведена в соответствии с п. 6.3.3.2 ГОСТ Р 53292-2009.

Нанесенный ОС считается выдержавшим испытание на устойчивость к старению, если сохраняется целостность выполненного на его основе огнезащитного покрытия (отсутствуют трещины, отслаивания, вздутия и другие, не допускаемые ТД разрушения) для всех образцов (требование не распространяется на нанесенные пропиточные ОС) и выполняются неравенства:

$$P_0 - P_k \leq 3 \text{ при } P_k \leq 9;$$

$$P_0 - P_k \leq 5 \text{ при } 9 < P_k \leq 25$$

#### 6. Результаты проверки требований

образцы	№ образца	Масса образца, г			Поглощение $\Pi$ , кг/м <sup>3</sup>	Потеря массы образца		Среднее арифметическое значение потери массы, %
		до обработки	перед сжиганием	после сжигания		г	%	
контрольные	91	88,70	92,94	78,28	17,74	14,66	16	12
	92	122,64	132,46	118,83	37,03	13,63	10	
	93	122,64	132,72	119,66	39,53	13,06	10	
основные	4С	149,99	158,47* <sup>1</sup>	141,01	35,02	17,46	11	14
	5С	132,99	138,04* <sup>1</sup>	115,34	24,33	22,70	16	
	6С	114,2	120,32* <sup>1</sup>	100,97	25,73	19,35	16	

Примечание: \*<sup>1</sup> - данные по массе образца перед сжиганием и привесу сухого средства огнезащиты приведены с учётом старения основных образцов.

$$P_0 - P_k \leq 5 \text{ при } 9 < P_k \leq 25: P_0 = 14; P_k = 12; 14 - 12 = 2.$$

Вывод: Огнебиозащитный состав № 2 (аммафон) для древесины устойчив к старению при глубокой пропитке способом ИВД с расходом 24 кг/м<sup>3</sup>.

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**

(обязательное)

ПРОТОКОЛЫ ИСПЫТАНИЙ НА БИОСТОЙКОСТЬ ПО ГОСТ 30028.4



**УТВЕРЖДАЮ**  
**Генеральный директор**  
**ОАО «Сенежская НПЦ защиты древесины»**  
**С.А. Максименко**

**АКТ**

**Испытания эффективности огнезащитного состава «Аммафон» по отношению к плесневым и окрашивающим грибам по ГОСТ 30028.4**

Мы, нижеподписавшиеся, сотрудники ОАО «Сенежская научно-производственная лаборатория защиты древесины» ст. науч. сотр. Горшина Е.С. и науч. сотр. Мельников Н.О. составили настоящий акт о том, что нами проведены испытания эффективности по отношению к плесневым и окрашивающим грибам по ГОСТ 30028.4 состава «Аммафон» (2499-017-59945303-2009) ООО «Химическая компания Нитон».

Исследования проводились на образцах, распиленных в лаборатории, из доски (рис.1), представленной заказчиком, пропитанной с поглощением 15,76 кг/м<sup>3</sup>.

Экспресс-метод состоит в пятнадцатидневной выдержке образцов свежеспиленной древесины заболони сосны, пропитанных растворами антисептиков с заданным расходом, во влажных камерах, работающих по принципу «замкнутое пространство – запас влаги» с большой поверхностью испарения, в условиях, максимально благоприятных для деятельности биологических агентов, и в определении средней площади поражения поверхности образцов и стадии развития грибов.

Испытание проводилось на 27 видах грибов, составляющих 3 группы по 9 видов каждая.

Первая группа грибов	Вторая группа грибов	Третья группа грибов
Penicillium ochro-chloron;	Fusarium javanicum;	Aspergillus amstelodanum;
Aspergillus terreus;	Fusarium merismoides;	Penicillium cyclopium;
Fusarium moniliforme;	Paecilomyces varioti;	Alternaria tenuis;
Penicillium brevi-compactum;	Sporodesmium cladosporioides;	Aureobasidium pullulans;
Fusarium poae;	Trichosporium heteromorphum;	Fusarium culmorum;
Aspergillus niger;	Aspergillus hennebergi;	Penicillium purpurogenum;
Penicillium chrisogenum;	Discula pinicola;	Aspergillus flavus;
Alternaria humicola;	Cladosporium herbarum;	Leptographium lundbergii;
Phialophora fastigiata.	Verticillium marguand.	Trichosporium harzianum.

Оценку эффективности защитного средства, как это предусмотрено ГОСТом, проводили по истечении 15 суток экспозиции, по средней площади поражения грибами поверхности образцов в процентах и по стадии развития гриба. Последняя оценивалась по шестибальной системе:

- 0 - абсолютно чистые образцы при визуальном осмотре и под микроскопом;
- 1 - визуально чистые образцы: при осмотре под микроскопом видны мелкие очаги в виде пятен одного вида деревоокрашивающих или плесневых грибов; стадия спороншения отсутствует;
- 2 - поверхностное развитие мицелия отдельных видов деревоокрашивающих и плесневых грибов в виде пятен; стадия спороншения отсутствует;
- 3 - обильное разрастание мицелия отдельных видов деревоокрашивающих или плесневых грибов; начало стадии спороншения одного из видов грибов;
- 4 - отчетливо виден рост грибов при визуальном осмотре, различные стадии спороншения большинства видов деревоокрашивающих и плесневых грибов;
- 5 - глубокое поражение деревоокрашивающими и плесневыми грибами всей площади образца, интенсивное спороншение.

Результаты испытания представлены в таблице 1 и приложение 1.

Таблица 1

Состав	Поглощение, кг/м <sup>3</sup>	Степень поражения образцов деревоокрашивающими и плесневыми грибами – группы												Классификация защитного средства по ГОСТ-30028.4
		I				II				III				
		по истечении, суток												
		5	10	15	4	5	10	15	4	5	10	15	4	
		% от площади, балл				% от площади, балл				% от площади, балл				
«Аммафон»	15,76	0	20	60	4	0	15	70	4	0	30	65	4	Неэффективный
Контроль (свежеспеленная древесина)	0	10	65	95	5	5	45	95	5	20	40	90	5	-

Таким образом, представленный состав с поглощением 15,76 кг/м<sup>3</sup> при глубокой пропитке является неэффективным по отношению к плесневым и окрашивающим грибам.

Старший научный сотрудник, к.б.н.  
Научный сотрудник, к.т.н.

  
Е.С. Горшина  
Н.О. Мельников



Рис. 1. Образцы древесины перед испытаниями



Рис. 2. Фрагмент контрольного образца не обработанной древесины после 15-ти дневной экспозиции в инфицированной среде.

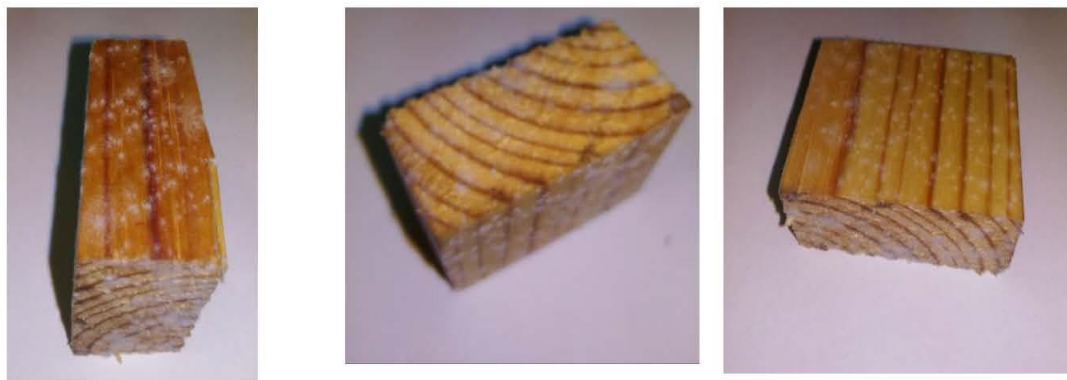


Рис. 3. Образцы древесины, пропитанный составом «Аммафон», после 15-ти дневной экспозиции в инфицированной среде



**УТВЕРЖДАЮ**  
**Генеральный директор**  
**ОАО «Сенежская НПЛ защиты древесины»**  
**С.А. Максименко**  
 2017 г.

**АКТ**

**Испытания эффективности огнезащитного состава «Аммифон»  
 по отношению к плесневым и окрашивающим грибам по ГОСТ 30028.4**

Мы, нижеподписавшиеся, сотрудники ОАО «Сенежская научно-производственная лаборатория защиты древесины» ст. науч. сотр. Горшина Е.С. и науч. сотр. Мельников Н.О. составили настоящий акт о том, что нами проведены испытания эффективности по отношению к плесневым и окрашивающим грибам по ГОСТ 30028.4 состава «Аммифон» (2499-017-59945303-2009) ООО «Химическая компания Нитон».

Исследования проводились на образцах, распиленных в лаборатории, из доски (рис.1), представленной заказчиком, пропитанной комбинированным способом: глубокая пропитка с поглощением 11,67 кг/м<sup>3</sup> + поверхностное нанесение с расходом 242 г/м<sup>2</sup>.

Экспресс-метод состоит в пятнадцатидневной выдержке образцов свежеспиленной древесины заболони сосны, пропитанных растворами антисептиков с заданным расходом, во влажных камерах, работающих по принципу «замкнутое пространство – запас влаги» с большой поверхностью испарения, в условиях, максимально благоприятных для деятельности биологических агентов, и в определении средней площади поражения поверхности образцов и стадии развития грибов.

Испытание проводилось на 27 видах грибов, составляющих 3 группы по 9 видов каждая.

Первая группа грибов	Вторая группа грибов	Третья группа грибов
Penicillium ochro-chloron;	Fusarium javanicum;	Aspergillus amstelodanum;
Aspergillus terreus;	Fusarium merismoides;	Penicillium cyclopium;
Fusarium moniliforme;	Paecilomyces varioti;	Alternaria tenuis;
Penicillium brevi-compactum;	Sporodesmium cladosporioides;	Aureobasidium pullulans;
Fusarium poae;	Trichosporium heteromorphum;	Fusarium culmorum;
Aspergillus niger;	Aspergillus hennebergi;	Penicillium purpurogenum;
Penicillium chrisogenum;	Discula pinicola;	Aspergillus flavus;
Alternaria humicola;	Cladosporium herbarum;	Leptographium lundbergii;
Phialophora fastigiata.	Verticillium marguand.	Trichosporium harzianum.

Оценку эффективности защитного средства, как это предусмотрено ГОСТом, проводили по истечении 15 суток экспозиции, по средней площади поражения грибами поверхности образцов в процентах и по стадии развития гриба. Последняя оценивалась по шестибальной системе:

0 - абсолютно чистые образцы при визуальном осмотре и под микроскопом;

1 - визуально чистые образцы: при осмотре под микроскопом видны мелкие очаги в виде пятен одного вида деревоокрашивающих или плесневых грибов; стадия спороношения отсутствует;

2 - поверхностное развитие мицелия отдельных видов деревоокрашивающих и плесневых грибов в виде пятен; стадия спороношения отсутствует;

3 - обильное разрастание мицелия отдельных видов деревоокрашивающих или плесневых грибов; начало стадии спороношения одного из видов грибов;

4 - отчетливо виден рост грибов при визуальном осмотре, различные стадии спороношения большинства видов деревоокрашивающих и плесневых грибов;

5 - глубокое поражение деревоокрашивающими и плесневыми грибами всей площади образца, интенсивное спороношение.

Результаты испытания представлены в таблице 1 и приложение 1.

Таблица 1

Состав	Поглощение, кг/м <sup>3</sup> +Расход, г/м <sup>2</sup>	Степень поражения образцов деревоокрашивающими и плесневыми грибами – группы												Классификация защитного средства по ГОСТ-30028.4
		I				II				III				
		по истечении, суток												
		5	10	15	1	5	10	15	1	5	10	15	1	
		% от площади, балл				% от площади, балл				% от площади, балл				
«Аммафон»	11,67 + 242	0	0	5	1	0	0	10	1	0	0	5	1	Высокоэффективный
Контроль (свежеспеленная древесина)	0	10	65	95	5	5	45	95	5	20	40	90	5	-

Таким образом, представленный состав при комбинированном способе: глубокая пропитка с поглощением 11,67 кг/м<sup>3</sup> + поверхностное нанесение с расходом 242 г/м<sup>2</sup> является высокоэффективным по отношению к плесневым и окрашивающим грибам.

пропитанной

Старший научный сотрудник, к.б.н.  
Научный сотрудник, к.т.н.



Е.С. Горшина  
Н.О. Мельников

## Приложение 1.



Рис. 1. Образцы древесины перед испытаниями



Рис. 2. Фрагмент контрольного образца не обработанной древесины после 15-ти дневной экспозиции в инфицированной среде.



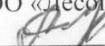
Рис. 3. Образцы древесины, пропитанный составом «Аммафон», после 15-ти дневной экспозиции в инфицированной среде

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
(обязательное)

**АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ**



## УТВЕРЖДАЮ

Исполнительный директор  
ООО «Лесопереработка»  
 А.А. Николаенко  
29 июня 2017 г.

## АКТ

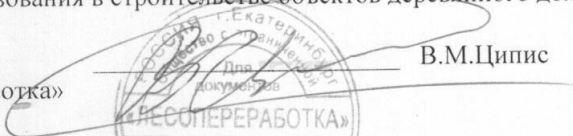
**внедрения результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук, адъюнкта Академии ГПС МЧС России капитана внутренней службы Нигматуллиной Динары Магафуровны.**

Диссертация Нигматуллиной Д.М. на соискание ученой степени кандидата технических наук посвящена снижению пожарной опасности деревянных конструкций способов их глубокой пропитки огнебиозащитными составами. В диссертационной работе изучена эффективность трех огнебиозащитных составов.

По результатам исследования были установлены оптимальные параметры и режимы глубокой пропитки древесины данными составами для эффективного снижения пожарной опасности деревянных конструкций. В работе показано, что способом импульсной глубокой пропитки древесины двумя огнебиозащитными составами возможен перевод древесины при соответствующих режимах в группу материалов с малой дымообразующей способностью и нераспространяющих пламя по поверхности материалов, а также получения ограждающих деревянных конструкций с классом пожарной опасности К2(45). При этом установлена возможность сохранения и повышения физико-механических показателей деревянных конструкций, а также сохранения значений коэффициента теплопроводности древесины при использовании соответствующих режимов импульсного способа введения в структуру древесины огнебиозащитных составов. Средняя величина поглощения ограждающей конструкции из древесины при которой имеется положительная динамика, обеспечивающая эффективное снижение пожарной опасности: для состава 1 (солевой состав) не менее 20 кг/м<sup>3</sup>; для состава 2 (аммафон) – не менее 40 кг/м<sup>3</sup>.

На производственной базе ООО «Лесопереработка» Свердловская обл., г.Березовский, п.Монетный в 2017 году возможно получение опытно-промышленной партии деревянных конструкций с глубокой импульсной пропиткой огнебиозащитными составами в объеме 1000 м<sup>3</sup> для использования в строительстве объектов деревянного домостроения.

Главный инженер  
ООО «Лесопереработка»

 В.М.Ципис

29 июня 2017 г.





УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе УГЛТУ  
кандидат экономических наук С.И. Колесников

« 29 » 06 \_\_\_\_\_ 2017 г.

## АКТ

внедрения результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук адъюнкта факультета подготовки научно-педагогических кадров Академии ГПС МЧС России, капитана внутренней службы Нигматуллиной Динары Магафуровны на тему: «Снижение пожарной опасности деревянных конструкций способом их глубокой пропитки огнебиозащитными составами» в учебном процессе Уральского государственного лесотехнического университета.

Комиссия в составе:

проректор по научной работе УГЛТУ, д.с/х.н., профессор С.В.Залесов,  
профессор кафедры ИТОД, д.т.н. Газизов А.М.,  
доцент кафедры ИТОД, к.т.н. Стенина Е.И.

подтверждает, что результаты диссертационного исследования Нигматуллиной Динары Магафуровны внедрены в учебный процесс кафедры инновационных технологий и оборудования деревообработки при подготовке учебно-методических материалов по дисциплинам «Технология и оборудование защитной обработки древесины», «Теория, техника и технология защиты древесины», а также при разработке фондовых лекций по темам: «Средства защиты древесины» в 2017-2018 учебном году.

**Комиссия:**

проректор по научной работе УГЛТУ,  
д.с/х.н., профессор



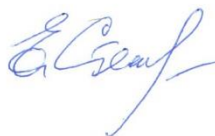
/С.В.Залесов/

профессор кафедры ИТОД, д.т.н.



/Газизов А.М./

доцент кафедры ИТОД, к.т.н.



/Стенина Е.И./

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
ОАО Химическая компания  
«Нитон»

А.Д. Тарантасев  
«29» июня 2017 г.



## АКТ

**внедрения результатов кандидатской диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук, адъюнкта Академии ГПС МЧС России капитана внутренней службы Нигматуллиной Динары Магафуровны**


Диссертация Нигматуллиной Д.М. на соискание ученой степени кандидата технических наук посвящена снижению пожарной опасности деревянных конструкций способами их глубокой пропитки огнебиозащитными составами. В диссертационной работе изучена эффективность серии огнебиозащитных составов с торговой маркой «Аммафон-1», производимых ОАО Химическая компания «Нитон» (г. Екатеринбург).

По результатам исследования были установлены оптимальные параметры и режимы глубокой пропитки древесины составами «Аммафон-1» для эффективного снижения пожарной опасности деревянных конструкций. В работе показано, что в условиях способа импульсной глубокой пропитки огнебиозащитного состава «Аммафон-1» и содержания в структуре древесины его сухих солей не менее 25-40 кг/м<sup>3</sup> (или по поглощению) возможен перевод древесины при соответствующих режимах в группу материалов с малой дымообразующей способностью и нераспространяющих пламя по поверхности материалов, а также получения ограждающих деревянных конструкций с классом пожарной опасности K2(45). При этом установлена возможность сохранения и повышения физико-механических показателей деревянных конструкций, а также сохранения значений коэффициента теплопроводности древесины при использовании соответствующих режимов импульсного способа введения в структуру древесины огнебиозащитных составов.

На оптимальные параметры и режимы глубокой пропитки древесины составами «Аммафон-1», обеспечивающими эффективное снижение пожарной опасности деревянных конструкций планируется получить патент на изобретение в 2017 году.

Планируемый объем выпуска огнебиозащитного состава «Аммафон-1» на производственной базе ОАО Химическая компания «Нитон» в 2017 году составит 50 тонн. Состав предполагается использовать для снижения пожарной опасности объектов деревянного домостроения с использованием поверхностного способа его нанесения и способа глубокой импульсной пропитки деревянных конструкций.

Заведующий лабораторией  
ОАО Химическая компания  
«Нитон»

  
Д.Ш. Гарифуллин

«29» июня 2017 г.



г. Екатеринбург, ул. Первомайская 66 - 4  
+7 (343) 319-12-62  
www.pyrosim.ru  
mail@pyrosim.ru

**АКТ ВНЕДРЕНИЯ**  
**в практику деятельности компании FireCat**  
**результатов диссертационной работы адъюнкта факультета подготовки**  
**научно-педагогических кадров Академии ГПС МЧС России**  
**Нигматуллиной Динары Магафуровны**

Комиссия в составе:

- Илья Карькин – директор,
  - Сергей Мельчагов – разработчик программного обеспечения,
  - Надежда Контарь – тестировщик программного обеспечения,
- составила настоящий акт о том,

что показатели пожарной опасности образцов древесины сосны с импульсной глубокой пропиткой тремя видами огнебиозащитных составов, а именно: коэффициент дымообразования ( $D_{max}$ ) критическая поверхностная плотность теплового потока ( $q_{cr}$ ) процесса воспламенения, скорость распространения пламени – полученные в результате диссертационного исследования Нигматуллиной Динары Магафуровны, включены в базу характеристик горючих нагрузок программ «FIM» (интегральная модель пожара) и «PyroSim» (полевая модель пожара), предназначенных для моделирования опасных факторов пожара и расчета пожарного риска в зданиях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности.

Члены комиссии:



И. Карькин

С. Мельчагов

Н. Контарь



**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель начальника Академии  
ГПС МЧС России по учебной работе  
кандидат военных наук, доцент

  
\_\_\_\_\_ М.В. Бедило

  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

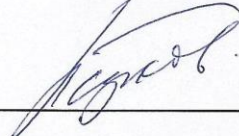
**АКТ**

внедрения результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук адъюнкта факультета подготовки научно-педагогических кадров Академии ГПС МЧС России, капитана внутренней службы Нигматуллиной Динары Магафуровны на тему: «Снижение пожарной опасности деревянных конструкций способом их глубокой пропитки огнебиозащитными составами» в учебном процессе Академии ГПС МЧС России.

Комиссия в составе: начальника учебно-научного центра проблем пожарной безопасности в строительстве (УНЦ ППБС), д.т.н., профессора Серкова Бориса Борисовича, доцента кафедры пожарной безопасности в строительстве (ПБС) Бариновой Елены Леонидовны, преподавателя кафедры ПБС, к.т.н. Кобелева Артема Александровича, подтверждает, что результаты диссертационного исследования Нигматуллиной Динары Магафуровны внедрены в учебный процесс кафедры пожарной безопасности в строительстве УНЦ ППБС при подготовке учебно-методических материалов по дисциплине «Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре», а также при разработке фондовых лекций по темам: «Пожарная опасность деревянных конструкций» и «Деревянные конструкции и их поведение в условиях пожара» в 2016-2017 учебном году.

**Комиссия:**


Начальник УНЦ ППБС  
д.т.н., профессор

  
\_\_\_\_\_ Б.Б. Серков

Доцент кафедры ПБС

  
\_\_\_\_\_ Е.Л. Баринова

Преподаватель кафедры ПБС,  
к.т.н.

  
\_\_\_\_\_ А.А. Кобелев



УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
ООО Научно-производственная  
фирма «Ловин-огнезащита»



В.С. Кулаков

07 2017 г.

**А К Т**

**внедрения результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, адъюнкта кафедры пожарной безопасности в строительстве Академии Государственной противопожарной службы МЧС России Нигматуллиной Динары Магафуровны**

Диссертация Нигматуллиной Д.М. на соискание ученой степени кандидата технических наук посвящена изучению эффективности способа импульсной глубокой пропитки для снижения пожарной опасности древесины и конструкций на ее основе. Для диссертационных исследований были выбраны три огнезащитные системы: состав на основе солей аммония фосфорной кислоты и полифункциональных соединений (аналог огнебиозащитного состава «КСД-А» (марка 1), производство ООО НПФ «Ловин-огнезащита», г. Москва), огнебиозащитный состав «Аммофон» (производство «Нитон», г. Екатеринбург) и составы на основе окисленного растительного сырья (модифицированные полисахариды), Институт биохимической физики РАН, г. Москва).

В работе проведено комплексное и всестороннее исследование пожарной опасности древесины и деревянных конструкций, пропитанных огнебиозащитными составами способом глубокой импульсной пропитки. Наиболее важными результатами работы, используемыми в практической деятельности ООО НПФ «Ловин-огнезащита», являются:

- применение современных методов гидроимпульсной пропитки позволяет обеспечить необходимые уровни поглощения при относительно невысоких значениях избыточного давления и разряжения, при этом продолжительность одного цикла пропитки не превышает одного часа;

- использование импульсного метода пропитки исследуемыми огнезащитными составами позволяет обеспечить необходимый уровень поглощения при сохранении допустимых прочностных показателей древесины. При уровнях поглощения до 60 кг/м<sup>3</sup> глубокая пропитка не оказывает существенного влияния на теплопроводность древесины, при более высоких поглощениях огнебиозащитный состав (аналог КСД-А (марка 1) обеспечивает повышение теплопроводности (до 25%);

- исследуемый огнебиозащитный состав (аналог «КСД-А» (марка 1) не ухудшают адгезию в отношении алкидно-уретанового лака к антипирированной подложке.

Экономический эффект от внедрения научных результатов по оптимизации применения способов глубокой пропитки древесины, полученных в диссертационной работе Нигматуллиной Д.М. в научно-производственной фирме «ЛОВИН-огнезащита» при применении огнебиозащитных составов для объектов деревянного домостроения составил 110 тыс. рублей в ценах 2016 года.

Заместитель генерального директора  
ООО фирмы «ЛОВИН-огнезащита», к.т.н.

Н.Н. Крашениникова

« 03 » 07 2017 г.