


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики
Кафедра безопасности и жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
д-р техн. наук, проф.


(подпись) А. П. Савельев


« 19 » 06 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ
ЭФФЕКТИВНЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ

Автор магистерской диссертации 
(подпись) 03.06.19
(дата) А. А. Федорова

Обозначение магистерской диссертации МД-02069964-20.04.01-09-19

Направление 20.04.01 Техносферная безопасность

Руководитель работы
д-р техн. наук, профессор 
(подпись) 05.06.19
(дата) А. П. Савельев

Нормоконтролер
канд. техн. наук, доц. 
(подпись) 7.06.19
(дата) Н. А. Миньков

Рецензент
майор внутренней службы 
(подпись) 14.06.19
(дата) Д. А. Ильин


Саранск
2019

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики
Кафедра безопасности и жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
д-р техн. наук, проф.

 А. П. Савельев
(подпись)

« 27 » 11 2017 г.

ЗАДАНИЕ НА МАГИСТЕРСКУЮ ДИССЕРТАЦИЮ

Студент Федорова Анастасия Александровна

1 Тема Исследование пожарной опасности строительных конструкций и материалов при применении эффективных огнезащитных средств

Утверждена приказом № 8926 –с от 01.11.2017

2 Срок представления работы к защите 03.06.2019

3 Исходные данные для научного исследования (проектирования) материалы открытой печати, статистические данные, нормативно-правовые акты, специальная литература по проблеме, справочные материалы и т.д.

4 Содержание выпускной квалификационной работы


4.1 Методологические исследования огнезащитных составов для строительных конструкций и материалов

4.2 Исследования по созданию новых огнезащитных составов для строительных конструкций и материалов из древесины

4.3 Экспериментально-теоретические исследования огнезащитных свойств разработанного состава

5 Приложения Патентный обзор огнезащитных составов для строительных конструкций и материалов из древесины

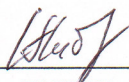
Руководитель работы

 27.11.17
подпись, дата

А. П. Савельев
инициалы, фамилия

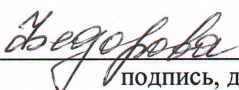
Консультанты по разделам:

Исследования по созданию новых
огнезащитных составов для строительных
конструкций и материалов из древесины
наименование раздела

 09.06.19
подпись, дата

А. А. Шабарин
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

 27.11.17
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Магистерская работа содержит 87 страниц, 7 рисунков, 9 таблиц, 34 использованных источника, 1 приложение.

ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА, АНТИПИРЕНЫ, ПРОПИТКА, КРАСКА, ОБМАЗКА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ДРЕВЕСИНА, МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ, ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ, ОГНЕСТОЙКОСТЬ.

Объектом исследования являются огнезащитные составы для строительных конструкций и материалов из древесины.

Цель работы – исследование пожарной опасности строительных конструкций и материалов при применении эффективных огнезащитных средств.

Методы исследования: статистический, метод комплексного анализа, вероятностного прогнозирования.

Магистерская диссертация посвящена исследованию пожарной опасности строительных конструкций и материалов при применении огнезащитных составов и разработке нового огнезащитного состава для деревянных строительных конструкций и материалов.

Степень внедрения – апробация результатов исследования представлена в научной статье «Повышение огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений за счет применения средств огнезащиты».

					МД-02069964-20.04.01-09-19			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Исследование пожарной опасности строительных конструкций и материалов при применении эффективных огнезащитных средств	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Федорова А.А.	<i>А.А. Федорова</i>	03.06.19				
Провер.		Савельев А.П.	<i>А.П. Савельев</i>	05.06.19				4
Реценз.		Ильин Д.А.	<i>Д.А. Ильин</i>	14.06.19				87
Н. Контр.		Миньков Н. А.	<i>Н.А. Миньков</i>	27.06.19		ИМЭ, каф. БЖД, д/о, 215		
Утверд.		Савельев А.П.	<i>А.П. Савельев</i>	19.06.19				

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Методологические исследования огнезащитных составов для строительных конструкций и материалов	12
1.1 Научные и практические результаты в строительстве, области создания огнезащитных составов для строительных конструкций из древесины	12
1.2 Противопожарное нормирование	15
2 Исследования по созданию новых огнезащитных составов для строительных конструкций и материалов из древесины	48
2.1.Обоснование компонентов для огнезащитного состава	48
2.1.1 Патентный анализ научных исследований по созданию огнезащитных составов	48
2.1.2 Обоснование выбранных компонентов	50
2. 2 Метод испытаний огнезащитных средств	54
3 Экспериментально-теоретические исследования огнезащитных свойств разработанного состава	68
3.1. Исследования на моделях	68
3.2 Расчет потери массы испытываемых образцов	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	80
ПРИЛОЖЕНИЕ А Патентный обзор огнезащитных составов для строительных конструкций из древесины и материалов на ее основе	84

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

В России за 2018 год произошло более 133 тыс. пожаров, погибло людей более 7 тыс. человек, материальный ущерб от пожаров составил более 14 млн. Людские и материальные потери происходят за счет обрушения строительных конструкций. Поэтому большое внимание уделяется огнезащите конструкций, с целью предупреждения их преждевременного обрушения [14].

Классификация средств огнезащиты представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация огнезащитных составов

Средства огнезащиты классифицируются по:

- виду материала объекта огнезащиты;
- способу огнезащитной обработки;
- по условиям эксплуатации;
- виду огнезащитного покрытия;

В зависимости от вида материала средства огнезащиты подразделяются на средства, предназначенные для:

- древесины и материалов на ее основе;
- металла и изделий из него (воздуховодов и т.п.);
- тканей, нетканых материалов и ковровых покрытий;
- оболочек электрокабелей;
- полимерных и других материалов.

По способу огнезащитной обработки средства огнезащиты подразделяются на:

- пропиточные составы и антипирены;
- покрытия;
- комбинированные.

В зависимости от условий эксплуатации средства огнезащиты подразделяются на предназначенные для:

- сухих отапливаемых помещений;
- условий повышенной влажности;
- атмосферных условий;
- специальных условий.

Средства огнезащиты по виду огнезащитного покрытия подразделяются на:

- обмазки;
- краски и лаки пропиточные составы и
- антипирены [7].

Несущие балки, колонны и прочие элементы в условиях пожара могут вести себя практически непредсказуемо. Металл сохраняет свою крепость ровно до того времени, пока его температура равна температуре окружающей среды [33].

Огнезащита металлоконструкций заключается в том, что на поверхности металла создается специализированный теплоизолирующий экран, который способен удерживать высокие температуры. Такой экран значительно замедляет процесс нагревания металлических конструкций при

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

возникновении пожара. За счет этого увеличивается время для эвакуации и спасения людей.

Деревянные строительные конструкции получили огромное распространение и популярность в нашей стране. Они экологичны, долговечны, удобны, а главное — практичны с точки зрения доступности строительного материала. Однако у деревянных построек есть один ощутимый недостаток — они уязвимы в огне [17].

При температуре 270°C поверхность древесины обугливается с выделением дыма и токсичных продуктов термического разложения, а при температуре 300°C происходит возгорание. При этом скорость обугливания составляет 0,7 мм/мин, а линейная скорость распространения огня достигает 4,4 мм/мин. То есть строительные конструкции из дерева без специальной огнезащитной обработки поверхности имеют класс пожарной опасности не выше К3 и их в качестве несущих элементов можно применять только в зданиях класса конструктивной пожарной опасности не выше С2 [11].

Кабель представляет собой сложную многокомпонентную конструкцию, сочетающую в себе наличие горючих материалов (электроизоляция, оболочки кабелей и т.п.) и внутренних источников теплоты, в виде нагретых электрическим током токопроводящих жил, которые в аварийных режимах эксплуатации могут стать источниками возгорания и дальнейшего развития пожара [4].

Еще одним путем распространения пожара в зданиях могут стать кабельные каналы. Каждая комната, каждое помещение, все здание опутано и пронизано каналами разного сечения, заполненными кабелями и проводами, изоляция которых изготовлена из различных горючих материалов: резины, поливинилхлорида, полиэтилена. Эти материалы отлично горят, выделяя при этом различные химические соединения, многие из которых являются вредными, токсичными или даже ядовитыми. Защитой от распространения огня по кабельным каналам могут стать

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

огнепреградительные перегородки и огнезащитные покрытия кабелей.

Различают огнезащиту окружающего пространства от возможного возгорания кабелей, например, в результате короткого замыкания и огнезащиту самих кабельных линий от пожара, возникающего в здании от других источников возгорания.

Огнезащита кабельных линий является, наряду с огнезащитой несущих и ограждающих конструкций, обеспечивающих геометрическую устойчивость здания, одним из основных элементов системы пожарной безопасности объекта в целом.

Следовательно, основной задачей специалистов по огнезащите металла, древесины, кабельных линий в последние десятилетия стала разработка новых эффективных огнезащитных составов, позволяющих снижать температуру нагрева металла, возгорание и горение древесины, распространение огня, выделение газообразных токсичных продуктов при горении кабельных линий [9].

Создание новых огнезащитных составов требует решения ряда комплексных научных проблем физико-химии вяжущих и наполнителей при обычных температурах и влажности окружающей среды, при высоких температурах в условиях пожара, термодинамики, реакций в твердых фазах, тепло- и массопереноса в капиллярнопористых телах, механики твердого тела.

Актуальность данной магистерской диссертации обусловлена тем, что проблема снижения пожарной опасности строительных конструкций и материалов в большинстве случаев решается за счет применения высокоэффективных огнезащитных средств. На современном этапе развития средств огнезащиты существует необходимость применения инновационных наноструктурных компонентов.

Степень разработанности проблемы

В последние десятилетия аспектами огнестойкости строительных конструкций посвящены труды Стрельчука Н. А., Таубкина С. И., Баратова

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

А. П., Пчелинцева В. А., Яковлева А. И., Мурашова В. И., Жукова В. В. И др. ученых ВНИИПО, ЦНИИСК им. Кучеренко, НИИЖБ, МИТС.

Цель и задачи диссертационного исследования

Целью диссертационного исследования являются создание нового высокоэффективного состава для древесины на основе недорогих материалов.

Его применение позволит повысить уровень пожарной безопасности строительных объектов.

Для достижения поставленной цели исследования необходимо было решить следующие задачи:

- провести анализ существующих средств огнезащиты;
- выявить достоинства и недостатки существующих средств огнезащиты;
- на основе проведенных анализов предложить новый огнезащитный состав для древесины и материалов на ее основе.

Объектом исследования выступают огнезащитные составы для древесины.

Предметом исследования является исследование пожарной опасности строительных конструкций и материалов при применении эффективных огнезащитных средств.

Теоретическая и методологическая основа исследования

Информационную основу исследования составили нормативно-правовые акты Российской Федерации и субъектов Федерации, официальные данные и документы, материалы Федеральной службы государственной статистики, научные публикации и публикации в СМИ, официальные интернет-сайты государственных институтов, документы органов государственной власти ряда стран и международных организаций, материалы конференций и семинаров и результаты собственных исследований.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Результаты проведенного исследования и их научная значимость

Наиболее существенные результаты исследования, полученные лично соискателем:

- проведен патентный обзор огнезащитных составов;
- выявлены тенденции развития огнезащитных средств для строительных конструкций и материалов из древесины;
- изучена методика исследования огнезащитных составов и веществ для древесины и материалов на ее основе
- предложен новый огнезащитный состав для строительных конструкций из древесины и материалов на ее основе;
- определена огнезащитная эффективность разработанного состава.

Элементы научной новизны исследования состоят в следующем:

- определены способы повышения огнезащитной эффективности;
- предложен новый огнезащитный состав на основе наноразмерного структурного наполнителя.

Практическая значимость исследования обусловлена возможностью применения полученного огнезащитного состава для строительных конструкций из древесины и изделий на ее основе, использующихся в строительстве.

Апробация результатов исследования

Результаты научного исследования и предложения нашли свое отражение в статье «Повышение огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений за счет применения средств огнезащиты» [32].

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1 Методологические исследования огнезащитных составов для строительных конструкций и материалов

1.1 Научные и практические результаты в строительстве, области создания огнезащитных составов для строительных конструкций из древесины

Огнезащита строительных конструкций, это составная часть единой системы мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и огнестойкости зданий и сооружений. Её целью является понижение пожарной опасности конструкций, обеспечения их требуемой огнестойкости. Основными задачами огнезащиты являются: предотвращение загорания, прекращение развития начальной стадии пожара, создание «пассивной» локализации пожара, ослабление опасных факторов пожара, расширение возможности применения новых прогрессивных проектных решений.

Огнезащита создана для повышения фактического предела огнестойкости строительных конструкций до необходимых значений и для сдерживания предела распространения огня по конструкциям и кабельным линиям и для снижения горючести материалов, а так же для сокращения опасных факторов пожара (дымообразования, выделение газообразных токсичных веществ и др.) [31].

Огнезащита строительных конструкций и материалов получила распространение только в послевоенное время. Было положено начало научному обоснованию огнезащитного действия различных антипиренов.

Огнезащитную обработку в это время проводили методом глубокой пропитки древесины огнезащитными составами под давлением или поверхностными средствами огнезащиты.

В качестве поверхностных средств огнезащиты (по убыванию степени эффективности) рекомендовались к применению:

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

а) штукатурки слоем 20 мм или облицовки несгораемыми или трудносгораемыми материалами, равноценными по огнезащитным составам штукатурке;

б) облицовки несгораемыми или трудносгораемыми материалами с пониженной, по сравнению со штукатуркой, огнезащитной эффективностью (например, сухая гипсовая штукатурка толщиной 8-10 мм);

в) поверхностная пропитка и огнезащитные малярные покрытия.

Основные способы огнезащитной обработки древесины, рецепты защиты и правила производства работ излагались в СНиП III-V.7-69. В качестве средств огнезащитной обработки древесины рекомендовалось применять (по убывающей степени эффективности) [19]:

– пропитку водными растворами огнезащитных составов в автоклаве под давлением с поглощением сухой соли до 66 кг на 1 м³ древесины;

– пропитку водными растворами огнезащитных составов под давлением или в горяче-холодных ваннах с поглощением 50 кг сухой соли на 1 м³ древесины с последующим покрытием атмосфероустойчивой огнезащитной краской;

– покрытие асбестоцементными или гипсолитовыми листами, а также штукатуркой толщиной не менее 15 мм;

– поверхностную обработку водными растворами огнезащитных составов с расходом сухой соли не менее 100г на 1 м² обрабатываемой поверхности;

– поверхностную обработку огнезащитными красками или обмазками.

В этот период проводились так же исследования по созданию лабораторных и полигонных методов оценки огнезащитной эффективности покрытий и пропиточных составов. Эти методы огневой трубы, фанерных образцов, метод испытания конструкционных элементов, с помощью которых оценивалась эффективность огнезащитных красок на основе жидкого стекла, карбамидной, фенолформальдегидной и полихлорвиниловой

смола, обладающих в отличие от простейших обмазок лучшими эксплуатационными и декоративными свойствами за счет меньшей толщины и высокой адгезии к древесине. Для сравнительной оценки огнезащитной эффективности различных покрытий и пропиток был разработан и стандартизирован метод испытания в керамической трубе (ГОСТ 16363-76).

Исследования, проводившиеся под руководством С. И. Таубкина, позволили разработать ряд огнезащитных составов на основе простейших связующих, таких, как суперфосфат, глина, известь, и отходы производства по выпуску хлорированных продуктов. Эти составы широко использовались в Ленинграде и Москве для защиты чердачных помещений в жилых и общественных зданиях. Другим способом снижения пожарной опасности деревянных конструкций явилось нанесение на поверхность древесины известкового раствора [19].

Создание огнезащитных составов происходило параллельно с развитием технического прогресса. К примеру, инженер Нигель в 1882 г. ввел в употребление так называемый суператор, состоящий из смеси асбеста и окиси цинка, который в виде теста наносился на материал и тем самым повышал его огнестойкость [31].

В последние десятилетия вопросами огнестойкости строительных конструкций посвящены труды Стрельчука Н. А., Таубкина С. И., Баратова А. П., Пчелинцева В. А., Яковлева А. И., Мурашова В. И., Жукова В. В. и др. ученых Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны, Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко, Научно-исследовательский институт бетона и железобетона.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.2 Противопожарное нормирование

В средние века на большей части Руси из-за постоянных междоусобных войн полыхали пожары. Их быстрому распространению способствовало и то обстоятельство, что при строительстве зданий применялись горючие материалы, дома строились близко друг к другу.

В 1649 году в России появляются два документа, связанных с пожарным делом. Первый — «Наказ о городском благочинии», в котором описывались правила отопления жилья и бань, устанавливались ответственные и меры наказания за невыполнение противопожарных мер вплоть до тюремного заключения. Второй — «Соборное уложение», которое, наряду с другими требованиями, вводило уголовную ответственность за поджоги и устанавливало различие между неосторожным обращением с огнем и поджогом.

Указ о строительстве домов в Санкт-Петербурге от 1728 года устанавливал правила устройства печей, строительство зданий отдельно друг от друга (на расстоянии не менее 13 м), с большими проездами. Ширина улиц должна быть размерами такими же, как и расстояния между домами. Вышедший в 1736 году указ вводит нормы по строительству «брандмауэров» — противопожарных стен [31].

Для контролирования новых построек в 1737 году в Санкт-Петербурге учреждается особая строительная комиссия, в состав которой вошли известные архитекторы П. Еропкин, М. Земцов и др. Через два года этой комиссией издается трактат «Должность архитектурной экспедиции», который является первой попыткой научно обоснованно, в общегосударственном масштабе, организовать строительное дело в стране, где были определены и меры пожарной безопасности [19].

На основе опыта проектирования и строительства в 1832 году впервые в России издан «Строительный устав», который представлял собой свод

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

законов (правил) по планировке населенных мест и строительству зданий, в том числе содержал и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Так, устав определял ответственность архитекторов за нарушение законов и правил (архитектор обязан был переделать за свой счет то, что не было сделано им ранее, а за обнаружившееся незнание своего дела назначалось дополнительное наказание). Устанавливались расстояния между зданиями, их высота, ширина улиц, размещение строений на участке, устройство лестниц в зависимости от длины зданий и другие требования. Несомненно, «Строительный устав» имел определенное значение в части нормативного обеспечения пожарной безопасности населенных пунктов. Однако меры были освещены далеко не полно, их можно было обойти при строительстве, т.к. часто городские власти затруднялись осуществить планировку проездов, улиц из-за отказа собственников продавать землю [31].

Основной мерой по пожарной профилактики становится нормативно-техническая работа. В 1939 году был введен в действие Общесоюзный стандарт (ОСТ 90015-39), регламентирующий требования пожарной безопасности в области строительства.

В этих нормах была представлена классификация производств по пожарной опасности с выделением пяти категорий промышленных предприятий, сохранившаяся по настоящее время. Здания и сооружения по сопротивляемости воздействию огня были разделены на огнестойкие, полуогнестойкие, полусгораемые и сгораемые. Нормы определяли требуемую степень огнестойкости зданий и сооружений в зависимости от категории производств по пожарной опасности и этажности, требования по путям эвакуации, размещению зданий и их внутренней планировке, устройству противопожарных преград.

В приложениях к ОСТ 90015-39 так же была представлена классификация строительных материалов. В отдельных разделах изложены нормы по устройству противопожарного водопровода и сделана попытка

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

определить пожарные расходы воды в зависимости от размеров площади, занимаемой предприятием, требования к устройству вентиляционных установок.

Одновременно издаются и другие нормативные документы на основе ОСТ 90015-39 применительно к отдельным отраслям промышленности. В послевоенный период эти нормы были пересмотрены.

Для обеспечения научного подхода к оценке строительных конструкций по их огнестойкости в послевоенные годы Центральным научно-исследовательским институтом противопожарной обороны были построены специальные испытательные печи, на которых научные работники института (В.Ф. Федоренко, А.И. Яковлев, В.П. Бушев и др.) испытывали строительные конструкции, создавались расчетные методы оценки огнестойкости. В 1947-1950 гг. были проведены работы (В.Г. Лобачев, Н.А. Тарасов-Агалаков и др.) по обоснованию основных нормативов по противопожарному водоснабжению: расход воды, напор, определение расчетного количества воды при одновременных пожарах и др. Усилиями М.Я. Ройтмана, М.В. Алексеева и других известных педагогов создавались учебники и пособия, на которых прошли обучение несколько поколений специалистов пожарного дела [19].

В 1951 году Государственным комитетом по делам строительства были утверждены «Противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест» (Н 102-51). В 1954 году в связи с введением поправок противопожарных норм они были переизданы под индексом Н 102-54. К этому же периоду времени относится разработка строительных норм и правил (СНиП), охватывающих основные виды строительства и включающих различные отраслевые нормативные требования. С 1962 года введены в действие строительные нормы и правила, которые содержат основные нормы, регламентирующие пожарную безопасность населенных мест, промышленных предприятий, жилых и

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

общественных зданий. В дополнение к СНиП введены в действие нормы по отдельным отраслям промышленности (объекты добычи и переработки нефти, газа и др.). По сравнению с ранее действовавшими нормами ОСТ 90015-39) в Н 102-54 и СНиП были конкретизированы степени огнестойкости зданий и сооружений (их стало пять).

Глава содержала справочный материал по пределам огнестойкости различных видов строительных конструкций. Уже на этой стадии отечественные противопожарные нормы устанавливали требования к минимальным пределам огнестойкости конструкций с учетом пожарной нагрузки, что позволяло оценивать максимальную температуру и продолжительность реального пожара. Для зданий I степени огнестойкости принимались три уровня пожарной нагрузки: менее 100, 100-200 и более 200 кг/м в пересчете на древесину. Минимальные пределы огнестойкости основных строительных конструкций при пожарной нагрузке более 200 кг/м составляли 1-9 ч. При пожарной нагрузке менее 100 кг/м в зданиях I и II степеней огнестойкости пределы огнестойкости конструкций из негорючих материалов составляли 0,25-5 ч. Для зданий III и IV степеней при том же диапазоне пределов огнестойкости допускалось применение конструкций из трудногорючих материалов. В зданиях V степени огнестойкости допускалось применение конструкций из горючих материалов и предел их огнестойкости не нормировался [19].

В результате проведенных исследований были определены основные положения по обеспечению пожарной безопасности в таких зданиях (СНиП II-А.5-62 «Противопожарные требования. Основные положения проектирования», СН 295-64 «Временные указания по противопожарным требованиям для проектирования жилых зданий высотой 10 этажей и более»).

Опыт нормирования в то время показал, что любые противопожарные нормы должны развиваться по следующим направлениям:

					МД-02069964-20.04.01-09-19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

– нормы, направленные на снижение возможности возникновения пожаров. Например, требования к выбору электрооборудования, устройству систем вентиляции в зависимости от назначения зданий, классификация зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности и др.

– нормы, направленные на ограничение распространения огня внутри зданий и между ними (противопожарные разрывы, противопожарные преграды и др.).

– требования по обеспечению эвакуации людей из зданий (устройство эвакуационных проходов и выходов, незадымляемость лестничных клеток и т.п.).

– мероприятия, обеспечивающие работу пожарных подразделений (требования к подъездам и проездам к зданиям, противопожарному водоснабжению и др.) [7].

Основой выбора подходов в противопожарном нормировании стала сложившаяся практика проектирования зданий и сооружений того или иного назначения, результаты научно-исследовательских работ, анализ пожаров, совместные решения пожарных специалистов, проектировщиков и строителей. Например, частые пожары и гибель людей в подвальных этажах зданий вынудили в 1962 году ввести в нормы требования об изолировании входов в подвалы при строительстве жилых домов высотой 5 этажей и более, несмотря на протесты проектировщиков и строителей.

Со временем происходит развитие противопожарного нормирования. Большие изменения противопожарных требований произошло в 70-80-х годах прошлого столетия в связи с введением новых технологий по строительству зданий из легких металлических конструкций, широкого использования полимерных утеплителей, монолитного домостроения. В этот период была создана научно обоснованная система нормативных требований пожарной безопасности, реализованная в строительных нормах и правилах,

ведомственных нормативных документах, ГОСТах и правилах пожарной безопасности [31].

Разрабатывались, совершенствовались и вводились в действие СНиП II-А.5-70 «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений», СНиП II-2-80 «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений», СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы». Каждый из последующих нормативных документов содержал требования с учетом развития строительной отрасли, практики проектирования, новых решений в области противопожарной защиты населенных пунктов, зданий и сооружений. Основные требования данных норм и в настоящее время разработчики реализуют в нормативных документах в области пожарной безопасности, порой не зная это и не оценивая их эффективность в современных условиях.

С принятием Государственной Думой в 1994 году Федерального закона №69 /4/ впервые появилась возможность существенно изменить формы и методы нормирования, т. к. закон дал право ГПС организовывать разработку, утверждать самостоятельно или совместно с федеральными органами исполнительной власти обязательные для исполнения нормативные документы по пожарной безопасности. В начале 90-х годов по инициативе ГУГПС МВД России была организована работа по созданию системы нормативных документов в области пожарной безопасности с привлечением научного потенциала ВНИИПО МВД России, научных и проектных организаций Госстроя России, нормативно-технических работников территориальных органов ГПС. В результате 15.01.1998 г. была утверждена система нормативных документов по пожарной безопасности, содержащая, наряду с противопожарными требованиями нормы в области строительства (СНиП, ГОСТ и др.), более 200 норм пожарной безопасности (НПБ) и разработанная на общей методической и научно-технической основе, открытая для последующего развития [16].

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Особые требования предъявляют к деревянным конструкциям нормы тех стран, которые широко используют их в строительстве. Так, немецкие нормы для деревянных конструкций с пределами огнестойкости 0,5 часа и 1 час устанавливают минимальные площади и размеры поперечного сечения некоторых типов несущих клееных деревянных конструкций. В финских нормах также ограничивается площадь поперечных сечений деревянных конструкций с пределом огнестойкости 0,5-2 часа. Но в любой стране, в России, Германии, Финляндии и др., необходимо обеспечение фактического предела огнестойкости клееных деревянных конструкций.

В Великобритании строительные нормы включают в свой состав раздел противопожарных требований. Кроме того, действуют несколько нормативных документов, устанавливающих противопожарные требования к конструкциям зданий и сооружений в Уэльсе, Шотландии. Лондонский район в отношении противопожарного нормирования находится на особом положении. В нем действуют автономные противопожарные требования. Некоторые вопросы противопожарного нормирования (например, правила эвакуации людей при пожаре) предусматриваются местным законодательством.

В Германии положения противопожарных требований строительного проектирования регламентируются стандартом, на основе которого каждая из земель (областей) имеет автономные строительные нормы. Кроме того, общие вопросы противопожарного нормирования содержатся в Строительном уставе и Правилах союза предпринимателей [16].

В этих и в ряде других стран противопожарные требования по применению тех или иных конструкций и материалов регулируются не только государственными нормативными документами, которые направлены в первую очередь на защиту людей от пожара, но также и страховыми компаниями. Их деятельность подчинена обеспечению пожарной безопасности зданий и сохранению имущества. Поэтому нормы зарубежных

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

стран больше внимания уделяют формированию дифференцированной пожарной классификации зданий, конструкций и материалов, а область их применения, как правило, ограничивается обеспечением безопасности людей при пожаре. Такое положение создает возможность применения горючих, в том числе полимерных, материалов и конструкций на их основе с учетом «пожарного риска», смысл которого заключается в следующем [19].

Применение легких конструкций и конструкций из горючих материалов увеличивает эффективность первоначальных капитальных вложений, так как сокращает сроки и стоимость строительства. Зато в случае пожара компенсация, выплачиваемая страховыми компаниями, меньше, чем нанесенный ущерб.

В настоящее время в большинстве зарубежных стран противопожарные нормы имеют общегосударственную классификационную основу. Основные подходы к нормированию противопожарной защиты (методы испытаний, требования к безопасности людей, некоторым системам защиты и др.) аналогичны принятым в России. В США, Англии, Германии, Австрии, Польше, Финляндии и в некоторых других странах материалы подразделяются на две группы (несгораемые и сгораемые); сгораемые материалы подразделяются на подгруппы — трудносгораемые, среднесгораемые и легкосгораемые. Классификация материалов в России аналогичная, только горючие материалы имеют 4 группы.

Нормы Германии и Австрии не допускают применения в строительстве легкосгораемых материалов с поверхностью, доступной для непосредственного воздействия огня. Эти материалы разрешается применять только в защищенном виде. Французские нормы классифицируют материалы по возгораемости на шесть групп. По распространению пламени нормы США, например, различают три группы, нормы Великобритании, Голландии, Италии, Франции — четыре группы.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Помимо классификации материалов по отдельным характеристикам (возгораемости, распространению пламени и другим), известно также их разделение на основе комплексной оценки пожарно-технических свойств. Так, японские нормы подразделяют строительные материалы на три группы в зависимости от комплексного показателя, учитывающего их тепловыделяющую и дымообразующую способность [16].

В большинстве стран, как и в России до 1981 года, возгораемость конструкций устанавливали по возгораемости материалов, из которых они изготовлены. Поэтому число классификационных групп конструкций по возгораемости зависит от числа этих групп для материалов.

Например, нормы Швеции различают две группы конструкций по возгораемости (А — выполненные только из негорючих материалов и В — выполненные с применением горючих материалов), Германии, Франции — три, Финляндии — четыре.

Особые требования нормы разных стран предъявляют к облицовке и отделке строительных конструкций. Нормы Швеции используют понятие «защита от воспламенения облицовки» и нормируют ее применение. Особые требования предъявляют к деревянным конструкциям нормы тех стран, которые широко их используют в строительстве. Так, в финских нормах ограничивается площадь поперечных сечений деревянных конструкций с пределом огнестойкости 0,5–2 ч., в нормах Германии — для 0,5 ч. и 1 ч.

Пожарная классификация зданий в разных странах существенно различается. В большинстве случаев в нормах использовано пять-шесть степеней или классов огнестойкости зданий. Как правило, степень или класс огнестойкости здания определяется пределами огнестойкости и группой возгораемости основных строительных конструкций.

Требования к пределам огнестойкости конструкций для зданий одной и той же степени огнестойкости в зарубежных нормах, как правило, выше,

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

чем в отечественных, однако максимальный предел огнестойкости основных несущих конструкций в любом случае не превышает 120–150 мин. и иногда для высотных зданий — 180 мин [19].

По зарубежным нормам, как и по отечественным, требуемая степень огнестойкости зданий определяется в зависимости от их функционального значения, этажности и площади застройки. В некоторых случаях, например, в Великобритании и Швеции, отсутствует пожарная классификация зданий, а нормируется сразу класс огнестойкости всех конструкций помещения или этажа в зависимости от функционального назначения здания, его высоты, площади застройки и объема. Во многих странах Европы и Америки разработаны специальные противопожарные нормы для мобильных и малоэтажных зданий индивидуального пользования. В большинстве зарубежных норм отсутствует категорирование производств по взрывопожароопасности.

Сравнение отечественных и зарубежных нормативных документов в области пожарной безопасности показывает, что отечественные нормы по своей структуре и логике изложения не уступают лучшим зарубежным нормам. Однако существует значительный резерв их совершенствования, в том числе путем использования развитой классификации материалов, защитных свойств облицовочных материалов и нормирования способов отделки (облицовки) поверхностей, применения огнезащиты, а также разработки противопожарных норм проектирования для конкретных типов зданий (высотных, с атриумами, с развитой стилобатной частью, многофункциональных и т.п.) и стандартов организаций.

Кроме того, следует учесть опыт зарубежных стран по определению «пожарного риска» или расчетного обоснования требований при проектировании и строительстве, что дает возможность оптимизации противопожарных норм на экономической основе и тем самым более

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

широкого применения новых прогрессивных конструктивных, объемно-планировочных и инженерных решений [31].

Несмотря на многолетние исследования в области огнезащиты строительных конструкций и материалов, данная проблема и сейчас является актуальной.

В наше время появилась возможность улучшения огнезащитных составов для древесины за счет применения наноразмерных наполнителей, что позволит сделать составы для огнезащиты более однородными и долговечными.

Таблица 1 – Противопожарное нормирование в области огнезащиты

Обозначение нормативного документа	Объект применения	Номер пункта нормативного документа
1	2	3
1. СНиП 21-01-97*	Снижение горючести материалов	п. 5.3-5.8
	Повышение огнестойкости зданий	п. 5.18
	Повышение пределов огнестойкости конструкций	п. 5.9-5.11
2. ППБ 01-93	Огнезащита	п. 1.3.2.4, 1.3.2.18, 7.6, 10.98, 11.1.4, 11.4.1, 11.5.9, 12.2.8, 15.11, 15.16, 15.18, 15.21
	Снижение горючести материалов	п. 1.3.3.3
	Повышение огнестойкости зданий	п. 6.1, 14.4.1.1, 15.17
	Повышение пределов огнестойкости конструкций	п. 1.3.2.5, 10.94, 15.6
3. ППБ-АС-95	Огнезащита	п. 4.2.5, 5.4.3, 5.4.8, 5.4.155.4.17, 7Л.9
	Снижение горючести материалов	п. 5.1.6,
	Повышение пределов огнестойкости конструкций	п. 4.2.17, 5.4.3,
4. РД 153-34.0-20.2622002	Повышение пожарной безопасности кабельных сооружений	п. 3.1
	Огнезащита	п. 3.2, 3.3

Окончание таблицы 1

5. СНиП 31-03-2001	Производственные здания	7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9
6. СНиП 31-02-2001	Дома жилые многоквартирные	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18, 6.19.
7. СНиП 31-01-2003	Здания жилые многоквартирные	7.1, 7.2, 7.3, 7.4
8. СНиП 31-05-2003	Общественные здания Административного назначения	6.1, 6.2, 6.3

Сравнение отечественных и зарубежных противопожарных норм показывает, что отечественные нормы по своей структуре и логике изложения не уступают лучшим зарубежным. Однако существует значительный резерв их совершенствования, в том числе путем повышения эффективности свойств огнезащитных материалов при соответствующей отделке поверхностей (для снижения горючести материалов), а также уменьшения скорости распространения огня по кабельным линиям [4].

В настоящее время необходимость применения огнезащиты для повышения пожарной безопасности зданий в России отмечается практически во всех нормативных документах по пожарной безопасности, анализ которых представлен в таблице 1.

Одним из основных направлений повышения пожарной безопасности зданий и сооружений является использование наиболее эффективных огнезащитных материалов (пассивная защита) для строительных конструкций, снижения горючести строительных материалов и скорости распространения огня по ним.

Противопожарное нормирование

Здания, сооружения, а также части зданий и сооружений, выделенные противопожарными стенами 1-го типа (пожарные отсеки), подразделяются по степеням огнестойкости. Степень огнестойкости зданий определяется минимальными пределами огнестойкости строительных конструкций

(таблица 2) и максимальными пределами распространения огня по этим конструкциям.

В случаях, когда минимальный предел огнестойкости конструкций равен 0,25 ч, допускается применять незащищенные стальные конструкции, а в труднодоступных пунктах строительства, кроме того, наружные ограждающие конструкции из алюминиевых листов, независимо от их фактического предела огнестойкости [7].

В зданиях II степени огнестойкости производственного и складского назначения допускается применять колонны с пределом огнестойкости 0,75 часа.

Пределы огнестойкости самонесущих стен, учитываемых при расчете жесткости и устойчивости здания, необходимо принимать по графе 2 таблице 2 [6].

Таблица 2 - Пределы огнестойкости и пределы распространения огня

Степень огнестойкости зданий	Минимальные пределы огнестойкости строительных конструкций, ч (над чертой), и максимальные пределы распространения огня по ним, см (под чертой)									
	стены				колонны	Лестничные площадки, козоуры, ступени, балки и марши лестничных клеток	плоты, настилы (в том числе с утеплителем) и другие несущие конструкции перекрытий	элемента покрытий		
	несущие и лестничных клеток	самонесущие	наружные несущие (В том числе из навесных панелей)	внутренние несущие (перегородки)				типы, настилы (в том числе с утеплителем) и прогоны	балки, фермы, арки, рамы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	2,5 0	1,25 0	0,5 0	0,5 0	2,5 0	1 0	1 0	0,5 0	0,5 0	
II	2 0	1 0	0,25 0	0,25 0	2 0	1 0	0,75 0	0,25 0	0,25 0	
III	2 0	1 0	0,25 0	0,5 40	0,25 0	2 0	1 0	0,75 25	Н.Н. Н.Н.	Н.Н. Н.Н.

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IIIa	1	0,5	0.25	0.25	0,25	1	0.25	0,25	0.25
	0	0	40	40	0	0	0	25	0
IIIб	1	0,5	0.25 0,5	0.25	1	0.75	0.75	0.25 0.5	0,75
	40	40	0 40	40	40	0	25	0 25(40)	25 (40)
IV	0,5	0.25	0,25	0.25	0,5	0.25	0.25	н.н.	н. н.
	40	40	40	40	40	25	25	н.н.	н.н.
IVa	0,5	0.25	0.25	0,25	0,23	0.25	0.25	0.25	0.25
	40	40	н.н.	40	0	0	0	н.н.	н.н.
V	Не нормируются								

Примечание: 1. В скобках приведены пределы распространения огня для вертикальных и наклонных участков конструкций.

2. Сокращение “н.н.” означает, что показатель не нормируется.

Допускается в зданиях всех степеней огнестойкости применять гипсокартонные листы по ГОСТ 6266-81 для облицовки металлических конструкций с целью повышения их предела огнестойкости [3].

В зданиях всех степеней огнестойкости кровлю, стропила и обрешетку чердачных покрытий, полы, двери, ворота, переплеты окон и фонарей, а также отделку (в том числе облицовку) стен и потолков независимо от нормируемых пределов распространения огня по ним допускается выполнять из горючих материалов. При этом стропила и обрешетку чердачных покрытий (кроме зданий V степени огнестойкости) следует подвергать огнезащитной обработке. Качество огнезащитной обработки должно быть таким, чтоб потеря массы огнезащитной древесины при испытании по ГОСТ Р 53292-2009 [25] не превышала 25 %.

В зданиях с чердаками (за исключением зданий V степени огнестойкости) при устройстве стропил.

Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные материалы

Строительные материалы характеризуются только пожарной опасностью. Пожарная опасность строительных материалов определяется, следующими пожарно-техническими характеристиками: горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью.[7]

Строительные материалы подразделяются на негорючие (НГ) и горючие (Г). Горючие строительные материалы подразделяются на четыре группы:

- Г1 (слабогорючие);
- Г2 (умеренногорючие);
- Г3 (нормальногорючие);
- Г4 (сильногорючие).

Горючесть и группы строительных материалов по горючести устанавливаются по ГОСТ 30244-94 [26].

Для негорючих строительных материалов показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются.

Горючие строительные материалы по воспламеняемости подразделяются на три группы:

- В1 (трудновоспламеняемые);
- В2 (умеренновоспламеняемые);
- В3 (легковоспламеняемые).

Группы строительных материалов по воспламеняемости устанавливаются по ГОСТ 30247.0-94 [5].

Горючие строительные материалы по распространению пламени по поверхности подразделяются на четыре группы:

- РП1 (не распространяющие);
- РП2 (слабо распространяющие);
- РП3 (умеренно распространяющие);
- РП4 (сильно распространяющие).

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Группы строительных материалов по распространению пламени устанавливаются для поверхностных слоев кровли и полов, в том числе ковровых покрытий, по ГОСТ 30444-97 [5].

Для других строительных материалов группа распространения пламени по поверхности не определяется и не нормируется.

Горючие строительные материалы по дымообразующей способности подразделяются на три группы:

- Д1 (с малой дымообразующей способностью);
- Д2 (с умеренной дымообразующей способностью);
- Д3 (с высокой дымообразующей способностью).

Группы строительных материалов по дымообразующей способности устанавливает СНиП 21-01-97 [6].

Горючие строительные материалы по токсичности продуктов горения подразделяются на четыре группы:

- Т1 (малоопасные);
- Т2 (умеренноопасные);
- Т3 (высокоопасные);
- Т4 (чрезвычайно опасные).

Группы строительных материалов по токсичности продуктов горения устанавливаются СНиП 21-01-97 [6].

Строительные конструкции

Строительные конструкции характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью.

Показателем огнестойкости является предел огнестойкости, пожарную опасность конструкции характеризует класс ее пожарной опасности.

Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких, нормируемых для данной конструкции, признаков предельных состояний;

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

потери несущей способности (К); потери целостности (Е); потери теплоизолирующей способности (І);

Пределы огнестойкости строительных конструкций и их условные обозначения устанавливают по СНиП 21-01-97 [6]. При этом предел огнестойкости окон устанавливается только по времени наступления потери целостности (Е).

По пожарной опасности строительные конструкции подразделяются на четыре класса:

- КО (непожароопасные);
- К1 (малопожароопасные);
- К2 (умереннопожароопасные);
- К3 (пожароопасные).

Класс пожарной опасности строительных конструкций устанавливают по СП 2.13130.2012 [7].

Здания, пожарные отсеки, помещения

Здания и пожарные отсеки подразделяются по степени огнестойкости согласно таблице 3 [6].

К несущим к элементам здания относятся конструкции, обеспечивающие его общую устойчивость и геометрическую неизменяемость при пожаре - несущие стены, рамы, колонны, ригели, шоки, фермы и балки перекрытий, связи, диафрагмы жесткости т.п. К пределу огнестойкости несущих элементов здания, выполняющих одновременно функции ограждающих конструкций, например, к несущим стенам, в нормативных документах должны предъявляться дополнительные требования по потере целостности (Е) и теплоизолирующей способности (І) с учетом класса функциональной пожарной опасности зданий и помещений.

Таблица 3 - Пределы огнестойкости строительных конструкций

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее						
	Несущие элементы здания	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных по-		Лестничные клетки	
				Настилы (в том числе с утеплителем)	Фермы, салки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE15	R 15	REI 190	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 145	R 15
V	Не нормируется						

В случаях, когда минимальный требуемый предел огнестойкости конструкций указан R15 (RE 15, REI 15) допускается применять незащищенные стальные конструкции независимо от их фактического предела огнестойкости, за исключением случаев, когда предел огнестойкости несущих элементов здания по результатам испытаний составляет менее R8.

Здания и пожарные отсеки по конструктивной пожарной опасности подразделяются на классы согласно таблице 4.

Таблица 4 - Классы пожарной опасности строительных конструкций

Класс конструктивной пожарной опасности	Класс пожарной опасности строительных конструкций, не ниже				
	Несущие стержневые элементы (колонны, ригели, фермы и др.)	Стены наружные с внешней стороны	Стены, перегородки, перекрытия и бесчердачные покрытия	Стены лестничных клеток и противопожарные преграды	Марши и площадки лестниц в лестничных клетках
CO	K0	K0	K0	K0	K0

Окончание таблицы 4

С1	К1	К2	К1	К0	К0
С2	К3	К3	К2	К1	К1
С3	Не нормируется			К1	К3

Пожарная опасность заполнения проемов в ограждающих конструкциях зданий (дверей, ворот, окон и люков) не нормируется, за исключением специально оговоренных случаев [20].

Правила пожарной безопасности в Российской Федерации

Нарушения огнезащитных покрытий (штукатурки, специальных красок, лаков, обмазок и т.п., включая потерю и ухудшение огнезащитных свойств) строительных конструкций, горючих отделочных и теплоизоляционных материалов, металлических опор оборудования должны немедленно устраняться. Обработанные (пропитанные) в соответствии с нормативными требованиями деревянные конструкции и ткани по истечении сроков действия обработки (пропитки) и в случае потери огнезащитных свойств составов должны обрабатываться (пропитываться) повторно. Состояние огнезащитной обработки (пропитки) должно проверяться не реже двух раз в год [2].

В местах пресечения противопожарных стен, перекрытий и ограждающих конструкций различными инженерными и технологическими коммуникациями образовавшиеся отверстия и зазоры должны быть заделаны строительным раствором или другими негорючими материалами, обеспечивающими требуемый предел огнестойкости конструкций и дымогазонепроницаемость.

При организации и проведении новогодних праздников и других мероприятий с массовым пребыванием людей запрещается:

– украшать елку целлулоидными игрушками, а также марлей и ватой, не пропитанными огнезащитными составами;

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

– применять на путях эвакуации горючие материалы для отделки, облицовки, окраски стен и потолков (кроме зданий V степени огнестойкости).

Деревянные здания летних детских дач должны быть одноэтажными. Каркасные и щитовые также здания должны быть одноэтажными, оштукатурены и иметь негорючую кровлю, утеплитель в них должен быть неорганическим [11].

Деревянные конструкции сценической коробки (колосники, подвесные мостики, рабочие галереи и т.п.), горючие декорации, сценическое и выставочное оформление, а также драпировки в зрительных и экспозиционных залах, фойе, буфетах должны быть обработаны огнезащитными составами. У руководителя учреждения должен быть соответствующий акт организации, выполнивший эту работу, с указанием даты пропитки и срока ее действия [30].

В металлических коробах типа ККБ, КП и др. кабельные линии должны уплотняться негорючими материалами и разделяться перегородками огнестойкостью не менее 0,75 часа в следующих местах [20]:

- при выходе в другие кабельные сооружения;
 - на горизонтальных площадках кабельных коробов через каждые 30 м, а также при ответвлениях в другие короба основных потоков кабелей;
 - на вертикальных участках кабельных коробов через каждые 20 м.
- При прохождении через перекрытия такие же огнестойкие уплотнения дополнительно должны выполняться на каждой отметке перекрытия.

Кабельные каналы и двойные полы распределительных устройств и других помещений должны перекрываться съемными негорючими плитами. В помещениях щитовых управления с паркетными полами деревянные щиты должны снизу защищаться асбестом и обиваться жестью или другим огнезащитным материалом. Съемные негорючие плиты и цельные щиты должны иметь приспособления для быстрого их подъема вручную.

При хранении грубых кормов в чердачных помещениях ферм следует предусматривать [20]:

- кровлю из негорючих материалов;
- защиту деревянных чердаков перекрытий и горючего утеплителя от возгорания со стороны чердачных помещений глиняной обмазкой толщиной 3 см по горючему утеплителю (или равноценной огнезащитой) или негорючий утеплитель; предохранение электропроводки на чердаке от механических повреждений.

Агрегаты для приготовления травяной муки должны быть установлены под навесом или в помещениях. Конструкции навесов и помещений из горючих материалов должны быть обработаны огнезащитными составами.

Сушилки, размещенные в производственных зданиях, должны быть отделены от других помещений противопожарными преградами 1 типа.

Горючие конструкции отдельно строящих зданий сушилок сушильных камер должны быть оштукатурены с обеих сторон.

Покраску кабельных линий в тоннелях можно осуществлять только в ночное время по разрешению руководителей служб и по согласованию с органами Государственного пожарного надзора.

В строящихся зданиях по согласованию с органами Государственного пожарного надзора разрешается располагать временные мастерские и склады (за исключением складов горючих веществ и материалов, складов дорогостоящего и ценного оборудования, а также оборудования в горючей упаковке, производственных помещений или оборудования, связанных с обработкой горючих материалов) при условии выполнения требований настоящих Правил. Размещение административно-бытовых помещений допускается в частях зданий, отделенных глухими перекрытиями 3 типа. Размещение временных складов (кладовых), мастерских и административно-бытовых помещений в строящихся зданиях из

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

незащищенных несущих металлических конструкций и панелей с горючими полимерными утеплителями не допускается [19].

Предусмотренные проектом наружные пожарные лестницы и ограждения на крышах строящихся зданий должны устанавливаться сразу же после монтажа несущих конструкций. Устройство лесов и подмостей при строительстве зданий должно осуществляться в соответствии с требованиями норм проектирования и требованиями пожарной безопасности, предъявляемые к путям эвакуации. Леса и опалубка, выполняемые из древесины, должны быть пропитаны огнезащитным составом.

Для лесов и опалубки, размещаемых снаружи зданий, пропитка древесины (поверхностная) огнезащитным составом может производиться только в летний период.

Работы по огнезащите металлоконструкций с целью повышения их предела огнестойкости должны производиться одновременно с возведением здания [20].

При наличии горючих материалов в зданиях должны применяться меры по предотвращению распространения пожара через проемы в стенах и перекрытиях (герметизация стыков внутренних и наружных стен и междуэтажных перекрытий, уплотнения в местах прохода инженерных коммуникаций с обеспечением требуемых пределов огнестойкости). Заполнять проемы в зданиях и сооружениях при временном их утеплении следует негорючими и трудногорючими материалами.

Временные сооружения (тепляки) для устройства полов и производства других работ должны выполняться из негорючих и трудногорючих материалов.

После устройства теплоизоляции в отсеке необходимо убрать ее остатки и немедленно нанести предусмотренные проектом покровные слои огнезащиты. Площадь не защищенной в процессе производства работ горючей теплоизоляции должна быть не более 500 м².

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Жилые здания

Здания общежитий коридоров тип, IIIа, IIIб, IV и V, степеней огнестойкости каркасной или щитовой конструкции следует проектировать одноэтажными с площадью застройки не более 400 м². В жилых зданиях I и II степеней огнестойкости высотой три этажа и более межсекционные несущие стены и перегородки, отделяющие общие коридоры от других помещений в зданиях любой этажности, должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 часа. В жилых зданиях IIIа и IVа степеней огнестойкости несущие элементы стального каркаса и его узлы со стороны отапливаемых помещений должны быть покрыты огнезащитными составами или закрыты негорючими строительными материалами толщиной не менее 4 мм [7].

Межквартирные ненесущие стены и перегородки должны иметь предел огнестойкости не менее 0,5 ч и нулевой предел распространения огня. В зданиях III степени огнестойкости допускается предусматривать межквартирные перегородки с пределом распространения огня до 40 см.

Допускается в зданиях I-III степеней принимать для мансардного этажа предел огнестойкости несущих конструкций, а также межсекционных перегородок 0,75 ч с нулевым пределом распространения опш, при этом требования СНиП 21-01-97* в части стропил и обрешетки на мансардные этажи не распространяются. При применении деревянных конструкций следует предусматривать огнезащиту, обеспечивающую указанный предел огнестойкости конструкций и предел распространения огня.

В жилых зданиях для IV климатического района и IIIб, климатического подрайона с отметкой пола верхнего этажа от уровня планировочной отметки земли менее 26,5 м допускается устройство вместо лестничных клеток наружных открытых лестниц из негорючих материалов с пределом огнестойкости не менее 1 часа.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Общественные здания и сооружения

Дверные стены с внутренней стороны, перегородки и потолки зданий V степени огнестойкости детских дошкольных учреждений, школ, школ-интернатов, лечебных и амбулаторно-поликлинических учреждений, пионерских лагерей (кроме одноэтажных зданий клубов с рублеными и брусчатыми стенами) должны быть отштукатурены или покрыты защитными красками или лаками [9].

В крытых спортивных сооружениях несущие конструкции стационарных трибун вместимостью более 600 зрителей следует выполнять из негорючих и трудногорючих материалов. Предел огнестойкости несущих конструкций из негорючих и трудногорючих материалов должен быть не менее 0,75 часа. Для несущих конструкций стационарных трибун вместимостью менее 300 зрителей допускается применять горючие материалы. Предел огнестойкости несущих конструкций трансформируемых трибун (выдвижных и т.п.), независимо от вместимости, должен быть не менее 0,25 ч.

Деревянное покрытие пола эстрады в зрелищных и спортивно-зрелищных залах должно быть подвергнуто глубокой пропитке антипиренами [18].

Проем строительного портала сцен клубов и театров с залами вместимостью 800 мест и более должен быть защищен противопожарным занавесом. Предел огнестойкости противопожарного занавеса должен быть не менее 1 ч. Теплоизоляция занавеса должна быть из негорючих и не выделяющих токсичных продуктов разложения материалов.

Несущие конструкции планшета сцены должны быть негорючими. При применении древесины для настила по этим элементам, а также колосникового настила и настила рабочих галерей он должен быть подвергнут глубокой пропитке антипиренами.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Каркасы и заполнение каркасов подвесных потолков над зрительными залами и обрешетка потолков и стен зрительных залов клубов со сценами, а также театров и залов крытых спортивных сооружений вместимостью более 800 мест следует выполнять из негорючих материалов, а вместимостью до 800 мест (кроме зданий 5 степени огнестойкости) могут быть из трудногорючих материалов. Отверстия в сплошных подвесных потолках для установки громкоговорителей, светильников освещения и другого оборудования должны быть защищены сверху негорючими крышками с пределом огнестойкости 0,5 часа [6].

При размещении над зрительными залами помещений несущие конструкции перекрытия (фермы, балки и т.п.) должны быть защищены сверху и снизу настилами из негорючих материалов с пределом огнестойкости не менее 0,75 часа. Помещения для освещения сцены, расположенные в пределах габарита перекрытия зрительного зала, должны иметь противопожарные перегородки 1-го типа.

Ограждающие конструкции оркестровой ямы должны быть противопожарными (перегородки - 2-го типа, перекрытие 3-го типа). Древесина, применяемая для отделки и настила пола оркестровой ямы, должна быть подвергнута глубокой пропитке антипиренами.

Раздвижные перегородки должны быть защищены с обеих сторон негорючими материалами обеспечивающими предел огнестойкости 0,6 часа.

Отделку стен и потолков зрительных залов и залов крытых спортивных сооружений с числом мест до 1500, аудиторий (более 50 мест) конференц-залов, актовых залов (кроме залов, расположенных в зданиях 5 степени огнестойкости) следует предусматривать из трудногорючих или негорючих материалов. В указанных залах с числом мест более 1500, в помещениях хранилищ библиотек и архивов, а также служебных каталогов и описей в архивах только из негорючих материалов. В оперных и

					МД-02069964-20.04.01-09-19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

музыкальных театрах отделка стен и потолков может быть из трудногорючих материалов независимо от вместимости зала.

В зданиях 1-III степени огнестойкости в залах с числом мест до 1500 отделку стен и потолков допускается предусматривать из деревянной рейки, столярных древесностружечных и древесноволокнистых плит, обработанных со всех сторон огнезащитными красками или лаками, не меняющими фактуру отделочного материала, по трудногораемой обрешетке и несгораемому каркасу. В зданиях 1 и 2 степеней огнестойкости в залах с числом мест более 1500 такая отделка допускается только для стен.

Отделка стен и потолков залов музыкальных и физкультурных занятий и путей эвакуации детских дошкольных учреждений должна быть из негорючих материалов, а отделка всех остальных помещений в указанных зданиях 1-1У степеней огнестойкости — из негорючих и трудногорючих материалов.

Производственные здания

Подвесные потолки допускается проектировать над помещениями категорий В, Г и Д для размещения в пространстве над ними коммуникаций. Конструкции подвесных потолков должны выполняться из негорючих материалов. В зданиях с другими покрытиями заполнение каркаса подвесных потолков следует проектировать из трудногорючих и негорючих материалов [10].

Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и сооружения. В животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданиях (с производствами категорий В и Д) допускаются:

В одноэтажных зданиях II степени огнестойкости (без чердаков) - деревянные конструкции, имеющие предел огнестойкости и огнезащиту в соответствии с противопожарными нормами проектирования зданий и сооружений.[11]

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

При проектировании животноводческих зданий любой степени огнестойкости с чердаками, предназначенными для хранения грубых кормов (сена, соломы) и сгораемой подстилки, следует предусматривать:

- кровлю из несгораемых материалов;
- защиту деревянных чердачных перекрытий от возгорания со стороны чердачного помещения глиняной обмазкой толщиной 20 мм по сгораемому утеплителю (или равноценной огнезащитой) или несгораемым утеплителем.

Правила пожарной безопасности при производстве строительномонтажных работ. Для лесов и опалубки, размещаемых снаружи зданий, пропитка древесины (поверхностная) огнезащитным составом может производиться только в летний период [10].

При наличии горючих материалов в зданиях должны приниматься меры по предотвращению распространения пожара через проемы в стенах и перекрытиях (герметизация стыков внутренних, наружных стен и междуэтажных перекрытий, уплотнение в местах прохода инженерных коммуникаций с обеспечением требуемых пределов огнестойкости). Заполнение проемов в зданиях и сооружениях при временном их утеплении следует производить негорючими или трудногорючими материалами/

Отопление, вентиляция и кондиционирование

Ограждающие конструкции помещения для вентиляционного оборудования, размещаемого за противопожарной стеной, следует предусматривать с пределом огнестойкости 0,75 ч [7].

Культовые сооружения. Противопожарные требования

Степень огнестойкости культовых сооружений в сельской местности следует принимать по СНиП 21-01-97* [6].

Стационарно уложенные ковры, ковровые дорожки и другие покрытия полов в молельном зале должны быть надежно закреплены и изготовлены из материалов, отвечающих требованиям СНиП 21-01-97* [6]. Применение

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

горючих ковровых покрытий на путях эвакуации из культового сооружения не допускается.

Стропила, обрешетка кровли, несущие конструкции купола и колокольни, выполненные из горючих материалов, в культовом сооружении должны быть обработаны огнезащитными составами. Возобновление огнезащитной обработки должно проводиться с учетом действий огнезащитных свойств составов, но не реже одного раза в два года.

Предел огнестойкости несущих конструкций (колонн, балок), балконов и хоров в молельных залах зданий I-III степеней огнестойкости должен быть не менее 0,75 ч [5].

Правила пожарной безопасности при эксплуатации атомных станций

Требования пожарной безопасности на АС.

Нарушение огнезащитных покрытий (штукатурки, специальных красок, лаков, обмазок и т.п., включая потерю и ухудшение огнезащитных свойств) строительных конструкций, горючих отделочных и теплоизоляционных материалов, металлических опор оборудования должны немедленно устраняться.

Обработанные (пропитанные) в соответствии с нормативными требованиями деревянные конструкции и ткани по истечении сроков действия обработки (пропитки) и в случае потери огнезащитных свойств составов должны обрабатываться (пропитываться) повторно.

Состояние огнезащитной обработки (пропитки) должно проверяться не реже двух раз в год [17].

При пересечении противопожарных стен и перекрытий различными коммуникациями (труба, кабель, воздуховод) зазоры между ними и конструкциями преград должны быть наглухо заделаны негорючими материалами с пределом огнестойкости не менее предела огнестойкости пересекаемой конструкции и обеспечивать дымогазонепроницаемость [5].

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Энергетическое и технологическое оборудование

Все горячие участки поверхностей оборудования, находящихся в зоне возможного попадания на них масла (10 метров), должны иметь несгораемую тепловую изоляцию с металлической обшивкой. Стыки обшивки обматываются стеклотканью и покрываются жидким стеклом.

Все места прохода кабелей через стены, перегородки, перекрытия должны быть уплотнены. Устройство уплотнения кабельных проходов и разделительные перегородки между отсеками должны обеспечивать предел огнестойкости для общестанционных систем 0,75 ч; для систем безопасности - 1,5 ч. Уплотнения кабельных трасс должны выполняться с применением различных огнестойких материалов и специальных уплотняющих огнезащитных составов, прошедших соответствующие испытания и рекомендованных к применению.

При обнаружении нарушений мест огнезащитного уплотнения кабельных линий, проходящих через перегородки, перекрытия и другие строительные конструкции, должны применяться меры по их немедленному восстановлению [4].

При обнаружении повреждений наружной оболочки кабеля должны приниматься срочные меры для их ремонта или замены поврежденного участка.

В помещениях, незащищенных установками автоматического пожаротушения, при прокладке кабельных трасс с объемом полимерных материалов больше 7 литров на погонный метр необходимо покрывать огнезащитным составом (ОЗС):

- всю поверхность силовых и одиночных контрольных кабелей;
- верхний слой контрольных кабелей, проложенных в коробах многослойно;
- наружный слой контрольных кабелей, уложенных в пучках и лотках [4].

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Аналогичное требование по покрытию кабелей ОЗС относится к любым кабельным трассам, если в составе есть кабели без индекса «НГ» (негорючие).

В помещениях щитов управления, а также в помещениях с электронной и электрической аппаратурой горючие кабели, прокладываемые между панелями в коробах или в пределах нижней части панели, необходимо покрывать огнезащитным покрытием. При этом огнезащитным покрытием следует покрывать каждый силовой кабель и верхний ряд контрольных кабелей, прокладываемых многослойно. .

Силовые, контрольные кабели и кабели связи в машинных залах при прохождении их вблизи маслоблоков и масло станций (на расстоянии менее 10 метров) и в местах возможных механических повреждений должны прокладываться в металлических коробах. При этом кабели, проходящие по этим участкам, покрываются ОЗС (огнезащитные составы) на участке трассы, где возможно воздействие на кабели внешнего пожара (в границах указанного оборудования плюс 10 м в каждую сторону). В коробах КП при многослойной прокладке покрывается верхний слой кабелей.

Складское хозяйство

Конструкции внутри складов должны быть выполнены, как правило, из негорюемых материалов, а деревянные - обработаны огнезащитным составом [6].

Правила применения огнезащитных покрытий кабелей на энергетических предприятиях

Огнезащитные покрытия кабелей применяются для повышения пожарной безопасности эксплуатации кабельных сооружений энергетических предприятий, предотвращения загорания или распространения пожара на наиболее ответственных кабельных линиях управления, защиты, автоматики, электропитания ответственных механизмов и оборудования, а также участков кабелей, где наиболее

					МД-02069964-20.04.01-09-19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

вероятны механические повреждения или воздействие тепловых и огневых источников [4].

ОЗС, не содержащие токсичных компонентов и органических растворителей, применяются для огнезащиты кабельных линий, расположенных в следующих помещениях и сооружениях:

На действующих энергетических объектах, построенных и введенных в эксплуатацию до 1981 года, где по конструктивным особенностям электротехнического хозяйства или принятым в проекте компоновочным решениям невозможно оборудование отдельных участков кабельных сооружений автоматическими установками пожаротушения;

В двойных полах и каналах под панелями помещений распределяющих устройств, щитов и систем управления (КРУ, ЦЩУ, БЩУ, РЩУ, АСУ ТП и т.п.);

В кабельных сооружениях подстанций и гидроэлектростанций, на которых по нормам не предусматривается оборудование автоматических установок пожаротушения, но требуется повысить уровень надежности работы оборудования и механизмов;

В кабельных коробах и кабельных конструкциях сооружений топливоподачи пылеугольных электростанций;

В кабельных сооружениях районных котельных, пусковых и пиковых котельных, расположенных на площадках электростанций для повышения надежности их работы при возможном пожаре;

В технологических галереях и машинных залах дизельных, паротурбинных, газотурбинных и др. электростанций [4].

Применение огнезащитных составов на основе органических растворителей допускается на кабельных линиях, проложенных открыто, вне зданий и сооружений, при соблюдении дополнительных мер пожарной безопасности и контроля выполненных работ.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Как в России, так и за рубежом, на протяжении нескольких столетий остаются следующие пути повышения пожарной безопасности зданий:

- а) повышение фактической степени огнестойкости здания до требуемой за счет повышения фактической огнестойкости конструкций;
- б) повышение класса конструктивной пожарной опасности;
- в) снижение пожарной опасности строительных материалов.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

2 Исследования по созданию новых огнезащитных составов для строительных конструкций и материалов из древесины

2.1 Обоснование компонентов для огнезащитного состава

2.1.1 Патентный анализ научных исследований по созданию огнезащитных составов

Для определения наилучшего сочетания компонентов нами был проведен патентный обзор, представленный в приложении 1.

На основании рассмотренных патентов видно, что за 1999 – 2012 гг. наблюдаются одинаковые модели создания огнезащитных составов [23 - 29].

Композиции подбирались по схеме «связующее – наполнитель».

Компоненты для огнезащитных составов подбирались по следующим критериям: вяжущие – адгезия к защищаемым материалам, сохранение структуры при тепловом воздействии, отсутствие или незначительное дымообразование, не токсичность как при производстве работ по нанесению составов, так и при пожаре, сохранение физико-механических свойств, внешнего вида при обычной эксплуатации (долговечность), сцепление с наполнителем; наполнители – уменьшение усадки состава при эксплуатации и пожаре; сохранение его свойств; стойкость к тепловым воздействиям (не разрушаться), долговечность до пожара; придание связке прочности, водостойкости и долговечности, создание со связкой композиции, устойчивым к внешним факторам при эксплуатации и тепловому воздействию при пожаре, придания пластифицирующих свойств огнезащитному составу, антипирены [33].

При изучении патентного обзора были выделены следующие основные функциональные составляющие огнезащитных составов:

– пленкообразующие материалы;

					МД–02069964–20.04.01–09–19	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

- карбонирующие добавки;
- неорганические кислоты и их производные;
- вспенивающие добавки [14].

При анализе патентов модификаторы и связующие составов были подразделены на группы.

Для вспучивающих составов, которые в последнее время набирают популярность, были выделены следующие группы модификаторов:

- гидроксиды алюминия, магния, борат цинка – водосодержащие наполнители;
- фосфорсодержащие соединения – катализаторы процесса коксообразования;
- дипентаэритрит; пентаэритрит – карбонизатор (образователь «скелета» пенококса);
- меламина, дициандиамида, гуанидина – вспенивающие агенты (газообразователи).

Все компоненты по отдельности выполняет свои определенные функции, но только при совместном действии, при определенном количестве и пропорциях компонентов, происходит процесс коксообразования.

Так же для вспучивающих составов были выделены следующие группы связующих [21]:

- полиметилсилоксановые смолы;
- полиуретановые смолы на основе простых полиэфиров и дифенилметандиизоцианатов;
- акриловые сополимеры (например, сополимеры бутилметакрилата или метилметакрилата с метакриловой кислотой и дивинилом);
- акриловые дисперсии (акриловые дисперсии получают в процессе полимеризации сложных эфиров акриловой кислоты на основе эмульгаторов и стабилизаторов);
- растворы различных каучуков в органических растворителях;

- различные эпоксидные смолы, в том числе модифицированные и водные;
- минеральные соли (сложные вещества, состоящие из катионов металлов и анионов кислотных остатков);
- меламино и карбамидоформальдегидные смолы.

Все рассмотренные группы компонентов влияют на огнезащитные составы с определенным эффектом. Различные связующие и модификаторы применяются для увеличения огнезащитной эффективности, увеличения сроков годности, для повышения эксплуатационных свойств составов, для сохранения декоративных свойств строительных материалов и др.

2.1.2 Обоснование выбранных компонентов

По результатам патентного обзора нами был выбран состав RU 2458951, состоящий из жидкого стекла и наноразмерного оксида алюминия, который был использован в качестве прототипа для создания нового огнезащитного состава [25].

Руководствуясь схемой для разработки огнезащитного состава, рассмотренной выше, в качестве связующего было выбрано натриевое жидкое стекло, а в качестве наполнителя диоксид кремния.

Натриевое жидкое стекло отличается высокой клейкостью и сцепляемостью с другими минералами, не боится температурных перепадов и атмосферного воздействия [13].

Материал выступает в качестве:

- гидрофобизатора – отталкивает воду;
- антисептика – предотвращает размножение бактерий;
- антистатика – препятствует образованию статического электричества;

– отвердителя – заполняет поры обрабатываемой поверхности, увеличивая плотность;

– антипирена – повышает огнеупорные свойства, защищает от действия кислот.

Эти характеристики определяют преимущества жидкого стекла. Оно проникает в самые мелкие трещинки и поры, хорошо укрывает бетонные и деревянные основания. Создает водонепроницаемую пленку. Обладает небольшим расходом и невысокой ценой (по сравнению с другими пропитками и гидрофобизаторами). Отличается довольно длительным сроком эксплуатации (около 5 лет). Позволяет проводить работы в условиях высокой влажности.

Клеящие и вяжущие свойства жидкого стекла широко используются в промышленности. Обладая высокими эксплуатационными свойствами (адгезией, жизнеспособностью - сроки схватывания, сроки годности, прочностными характеристиками и др.), жидкое стекло хорошо смачивает различные материалы. Клеящие свойства жидкого стекла обеспечиваются главным образом дегидратацией его в воздушно-сухой среде, т.е. удаление влаги влияет на агрегацию молекул силикатов натрия и образование твердого прочного вещества.

Вяжущие, полученные только на основе жидкого стекла без отвердителя, обладают повышенной растворимостью. Для обеспечения твердения материалов на основе жидкого стекла без их высушивания необходимо вводить специальные добавки (отвердители) [14].

Взаимодействие жидкого стекла с растворами солей щелочных металлов является весьма сложным физико-химическим процессом, детали которого по литературным данным были недостаточно выяснены. По всей вероятности, происходит коагуляция геля кремнезема электролитами солей щелочных металлов, присутствующих в растворе. Судя по полученным

данным, на процесс коагуляции жидкого стекла при введении солей разных кислот оказывают также влияние и соответствующие анионы.

Кроме показателей по вспучиваемости, огнезащитной эффективности, схватыванию, большое значение имеют данные по адгезии и усадке покрытий [18].

Адгезия возможна при хорошем смачивании, обеспечивающем сближение взаимодействующих фаз на расстояние, при котором возможно проявление молекулярных сил. Это возможно, если в связующем имеются функциональные группы или достаточная полярность. То есть связующее должно обладать лиофильностью, а продукты твердения иметь состав и структуру, обеспечивающую возможность проявления действия молекулярных сил.

Раствор щелочных силикатов обнаруживают характерные свойства лиофильных золь и обладают высокой адгезионной способностью почти ко всем применимым в строительстве материалам. Однако эксплуатация существующих в настоящее время огнезащитных составов с крупнозернистыми компонентами на основе жидкого стекла показывает их недостаточную адгезию к поверхности металла из-за недостаточно полной информацией о физико-химических процессах, протекающих в композициях жидкого стекла с наполнителями (модификаторами свойств).

При относительно быстром нагреве в условиях пожара наблюдается вспучивание жидкого стекла, т.к. давление насыщенного пара в глубинных слоях оказывается выше атмосферного [22].

Термическое превращение гидросиликатов натрия имеет следующие общие черты: удаление свободной и конституционной воды в широком диапазоне температур, вплоть до 300-350 °С (процесс этот, как правило, многоступенчатый с промежуточными полуморфными фазами), удаление конституционной воды сопровождается анионной поликонденсацией,

называемой обычно полимеризацией с окислами металлов, содержащихся в наполнителях.

При относительно быстром нагреве в условиях пожара наблюдается вспучивание жидкого стекла, т.к. давление насыщенного пара в глубинных слоях стекла оказывается выше атмосферного.

Вышеописанные свойства жидкого стекла доказывают, что оно хорошо подходит в качестве основного компонента для разрабатываемого нами огнезащитного состава.

Высший оксид кремния устойчив к воздействию кислот, атомов кислорода, не растворяется водой. При повышенной температуре растворяется щелочами, плавиковой кислотой, обладает диэлектрическими свойствами. Бесцветные кристаллы характеризуются высокой прочностью, тугоплавкостью, твердостью. Атомы кремния не проводят ток. Вещество относится к группе стеклообразующих оксидов кремния. Это соединение – высший, четырехвалентный кислотный оксид кремния с температурой плавления 1726 °С. Он обладает идеальной устойчивостью к действию кислорода, различных кислот (при температуре плавления, равной 1 726 °С, растворяется плавиковой кислотой, щелочами). Диоксид кремния не растворяется водой, является диэлектриком (не проводит ток) [12].

В силу своей тугоплавкости, твёрдости и каркасной структуры SiO и SiO₂ являются химически инертными оксидами.

Полиморфные превращения кварца, тридимита и кристобалита сопровождаются изменением объема.

Рассмотренные свойства диоксида кремния показывают, что он устойчив к воздействию огня, что позволяет использовать его в качестве отвердителя в разрабатываемом огнезащитном средстве.

2. 2 Метод испытаний огнезащитных средств

1) Метод определения огнезащитной эффективности составов для древесины

1. 1) Средства измерения, испытательное оборудование и материалы
Для определения огнезащитной эффективности применяются следующие средства измерения, испытательное оборудование и материалы:

- установка "Керамическая труба";
- весы (класс точности III);
- секундомер (класс точности 2);
- газ бытовой;
- фольга алюминиевая толщиной от 0,014 до 0,018 мм марки ФГ;
- вытяжной шкаф с принудительной вентиляцией;
- емкость для пропитки образцов древесины;
- установка (устройство) для нанесения ОС методом распыления;
- кисти, шпатели;
- эксикатор;
- цинк азотнокислый 6-водный ($Zn(NO_2)_2 \cdot 6H_2O$) [2].

Установка "Керамическая труба" (приложение А) состоит из следующих элементов:

- керамического короба с наружными размерами 120x120x300 мм и толщиной стенок (16 ± 2) мм;
- металлической подставки для крепления керамического короба, которая имеет створки произвольной конструкции (или другое приспособление) для регулирования подачи воздуха в зону горения образца;
- газовой горелки, входящей внутрь керамического короба по его центру с отклонением от оси не более 2 мм;
- автоматического потенциометра (класс точности 0,5) с пределом измерений от 0 °С до 800 °С;

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

– держателя образца, фиксирующего положение испытываемого образца в центре керамического короба на расстоянии (60 ± 2) мм от газовой горелки;

– зонта, расположенного в рабочем положении соосно коробу и на расстоянии (40 ± 2) мм выше его. Для установки образца должна быть предусмотрена возможность отвода зонта;

– термоэлектрического преобразователя с пределами измерения от 0°C до 900°C . Горячий спай термоэлектрического преобразователя должен располагаться в центре верхнего патрубка зонта;

– ротаметра типа РМ-А-І с верхним пределом измерения расхода газа до 100 л/ч и погрешностью измерения расхода газа не более 4%.

Допускается применять другие регистрирующие приборы, обеспечивающие такую же или меньшую погрешность и соответствующие пределы измерения.

1. 2) Подготовка к проведению испытаний

Образцы изготавливают из прямослойной воздушно-сухой древесины сосны с влажностью 8-15% и плотностью от 400 до 550 г/м³ в виде прямоугольных брусков с поперечным сечением 30х60 мм и длиной вдоль волокон 150 мм, отклонение от размеров не должно превышать 1 мм.

Для испытания пропиточных и комбинированных (если одним из компонентов является пропиточный состав) составов используются образцы, полученные из заболони, а при испытании других составов - из заболони или ядра [2].

Образцы древесины должны быть без видимых пороков и смоляных включений по ГОСТ 2140. Боковые поверхности образцов должны быть остроганы, торцы опилены и обработаны наждаком.

Образцы древесины перед нанесением ОС кондиционируют в эксикаторе с насыщенным раствором цинка азотнокислого 6-водного при температуре $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$. Кондиционирование прекращают, когда изменение

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

массы образцов между двумя последующими взвешиваниями, проведенными через 24 часа, составит не более 0,2 г, результат округляют до 0,1 г.

На кондиционированные образцы древесины со всех сторон наносят слой испытываемого ОС и высушивают. Расход состава, нанесение, условия и время сушки должны соответствовать ТД на данный ОС. Общий расход ОС, нанесенного на образец древесины, определяют суммированием расходов после нанесения каждого слоя и относят к площади поверхности или объему образца в зависимости от способа обработки.

Расход состава после каждой обработки определяют весовым методом по разнице масс образца до и после нанесения ОС. Взвешивание обработанных пропиточными составами образцов осуществляется после прекращения стекания с поверхности невпитавшегося раствора. С торца образца остатки раствора удаляют фильтровальной бумагой.

В случае пропитки образцов способами, обеспечивающими глубокое проникновение ОС, общее поглощение R , кг/м³, определяют по формуле [2]

$$R = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (1)$$

где - m_1 - масса образца после пропитки, кг;

m_2 - масса образца перед пропиткой, кг;

V - объем образца, м³.

Перед испытанием обработанные и высушенные образцы древесины кондиционируют и взвешивают, результат округляют до 0,1 г.

1. 3) Проведение испытаний

Испытания проводят не менее чем на 10 образцах в вытяжном шкафу с принудительной вентиляцией, скорость движения воздуха не более 5 м/с.

Внутренние стенки керамического короба выкладывают алюминиевой фольгой блестящей стороной внутрь, для чего из фольги вырезают полосы

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

шириной, равной внутренней ширине стенки короба. Полосы поочередно в три слоя закладывают внутрь керамического короба, разглаживают по внутренним стенкам и загибают по торцам на наружную поверхность керамического короба. Фольгу меняют после сжигания каждого трех образцов.

Керамический короб переводят в горизонтальное положение и зажигают газовую горелку, устанавливают высоту пламени от 15 до 25 см. После этого керамический короб возвращают в вертикальное положение, переводят зонт в рабочее положение над коробом и регулируют расход газа так, чтобы температура, регистрируемая термоэлектрическим преобразователем, в течение 5 минут была равна $(200 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$, после чего фиксируют значение величины расхода газа в л/ч по показаниям ротаметра. Дополнительное регулирование температуры может осуществляться путем регулирования подачи воздуха в зону горения материала с помощью створок металлической подставки [2].

Зонт отводят, испытываемый образец, закрепленный в держателе, опускают в керамический короб, одновременно включают секундомер и возвращают зонт в рабочее положение.

Образец держат в пламени горелки в течение 2 минут. Расход газа в процессе испытания должен быть постоянным. Через 2 минуты подачу газа в горелку прекращают, образец оставляют в приборе для остывания.

После остывания (температура отходящих газов в верхнем патрубке зонты равна комнатной) оставшуюся часть образца извлекают из керамического короба и взвешивают, результат округляют до 0,1 г.

Потерю массы испытанного образца P_i , %, вычисляют по формуле

$$P_i = \frac{(m_{1i} - m_{2i}) \cdot 100}{m_{1i}}, \quad (2)$$

где - m_{1i} - масса образца до испытания, г;

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

m_{2i} - масса образца после испытания, г;

i - номер образца.

Полученный результат вычисления округляют до 0,1%.

После испытания определяют среднее арифметическое значение потери массы десяти испытанных образцов. Вместо образцов, для которых не выполняются неравенства (3) и (4), испытывают новые образцы и вновь определяют среднее арифметическое значение потери массы.

$$|P_{cp} - P_i| \leq 3 \text{ при } P_{cp} \leq 9; \quad (3)$$

$$|P_{cp} - P_i| \leq 5 \text{ при } 9 < P_{cp} \leq 25, \quad (4)$$

где P_{cp} - среднее арифметическое значение потери массы десяти испытанных образцов, %;

P_i - значение потери массы одного из десяти испытанных образцов, %.

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

По результатам испытания устанавливают группу огнезащитной эффективности испытанного ОС при данном способе его применения. При потере массы не более 9% для ОС устанавливают I группу огнезащитной эффективности. При потере массы более 9%, но не более 25% для ОС устанавливают II группу огнезащитной эффективности. При потере массы более 25% считают, что данный состав не обеспечивает огнезащиту древесины и не является огнезащитным [2].

Результаты испытаний и расчетов заносят в протокол испытаний, который должен содержать следующие сведения:

- дата проведения испытаний;
- наименование испытательной лаборатории;
- наименование и адрес заказчика (изготовителя);

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

- основание для проведения испытаний;
- наименование (марка) огнезащитного состава, ТД;
- способ обработки;
- номер партии, дата изготовления ОС;
- место отбора проб;
- условия проведения испытания.

2) Контрольный метод определения огнезащитной эффективности

2.1) Средства измерения, испытательное оборудование и материалы

Для определения огнезащитной эффективности по контрольному методу применяются следующие средства измерения, испытательное оборудование и материалы [2]:

- установка "Керамическая труба";
- сушильный шкаф или камера для термостатирования, обеспечивающие диапазон температур от 40 °С до 70 °С;
- весы (класс точности III);
- секундомер (класс точности 2);
- газ бытовой;
- фольга алюминиевая толщиной от 0,014 до 0,018 мм марки ФГ;
- вытяжной шкаф с принудительной вентиляцией;
- емкость для пропитки образцов древесины;
- установка (устройство) для нанесения ОС методом распыления;
- кисти, шпатели;
- эксикатор;
- цинк азотнокислый 6-водный ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$).

2.2) Подготовка к проведению испытаний

Требования к изготовлению образцов.

Образцы древесины перед нанесением ОС доводят до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре (45 ± 5) °С. Термостатирование образцов древесины прекращают, когда изменение массы образца между

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

двумя последующими взвешиваниями, проведенными с интервалом в 2 часа, составит не более 0,2 г.

Обработку образцов ОС проводят не позднее чем через 30 минут после термостатирования либо во избежание изменения массы образцов за счет поглощения влаги до начала обработки образцы помещают в эксикатор с насыщенным раствором б-водного азотнокислого цинка [2].

Поверхностная пропитка образцов древесины ОС на водной основе осуществляется путем их погружения в пропиточный раствор. Для пропитки используется емкость, выполненная из коррозионно-стойкого материала, в которую образцы погружаются таким образом, чтобы толщина слоя раствора над верхней гранью образца составляла от 5 до 10 мм. Температура раствора должна соответствовать температуре, указанной в ТД на ОС. Допускается нанесение пропиточного состава кистью или распылением по технологии, указанной в ТД.

Обработка образцов древесины другими видами ОС выполняется по технологии в соответствии с ТД на применяемый ОС.

Расход ОС определяется в соответствии с требованиями.

Сушка образцов после пропитки ОС на водной основе осуществляется в термостате при температуре (45 ± 5) °С.

Сушка образцов после пропитки ОС на неводной основе осуществляется в соответствии с требованиями ТД на конкретный состав.

Образцы древесины с огнезащитными покрытиями термостатируют в сушильном шкафу при температуре (55 ± 5) °С, предварительно выдержав их в комнатных условиях (или в вытяжном шкафу для покрытий, содержащих органические растворители) в течение 1 суток. При многослойном нанесении покрытий послойная сушка осуществляется по режиму, установленному ТД на конкретное покрытие.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Сушку образцов прекращают, когда изменение массы образца между двумя последующими взвешиваниями, проведенными с интервалом в 2 часа, составит не более 0,2 г.

Испытания проводят не позднее чем через 30 минут после сушки либо до начала испытания образцы помещают в эксикатор с насыщенным раствором б-водного азотнокислого цинка.

Перед испытанием образцы взвешивают, результат округляют до 0,1 г.

2. 3) Проведение испытаний

Испытания проводят на трех образцах.

Потерю массы образца вычисляют по формуле (2). За результат испытания принимают среднее арифметическое значение трех определений, округленное до целого числа процентов [2] .

В случае получения среднего арифметического трех определений для ОС, относящегося к I группе огнезащитной эффективности, не более 9%, а для ОС, относящегося ко II группе огнезащитной эффективности, не более 25%, испытанный ОС считается соответствующим установленной для него группе огнезащитной эффективности. В ином случае проводятся повторные испытания по данному методу на десяти образцах. При получении неудовлетворительного результата при повторных испытаниях ОС считается не соответствующим установленной для него группе огнезащитной эффективности.

Результаты испытаний и расчетов заносят в протокол испытаний.

3) Метод определения устойчивости к старению

3. 1) Средства измерения, испытательное оборудование и материалы

Сущность метода заключается в определении сохранения огнезащитной эффективности нанесенного на образцы древесины ОС после ускоренного старения в результате попеременного воздействия на образцы колебаний температуры и влажности в заданной последовательности.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Применяемые средства измерения, испытательное оборудование и материалы в соответствии с требованиями.

3. 2) Подготовка к проведению испытаний

Подготовка образцов.

3. 3) Проведение испытаний

Испытания проводят на шести образцах. Из них произвольным образом отбираются три основных образца, оставшиеся три образца являются контрольными [2].

Потерю массы на трех контрольных образцах определяют в соответствии с 6.1.3.1 и формулой (2). Вычисляют среднее арифметическое значение трех определений R , %.

Допускается при одновременном проведении испытаний ОС с целью определения устойчивости к старению и огнезащитной эффективности за результат испытаний контрольных образцов принимать результат испытаний, полученный по методу определения огнезащитной эффективности в соответствии с требованиями.

Три основных образца последовательно выдерживают 8 часов в сушильном шкафу при температуре (60 ± 5) °С, 16 часов в эксикаторе, заполненном водой, с относительной влажностью воздуха над ней 100%, при температуре (23 ± 5) °С, 8 часов в сушильном шкафу при температуре (60 ± 5) °С, 16 часов при температуре (23 ± 5) °С и влажности воздуха (65 ± 5) %. Эти операции составляют один цикл (48 часов). Испытания включают семь циклов по указанной схеме. Во время испытания ведется наблюдение за состоянием образцов. По истечении указанного срока образцы кондиционируют.

Потерю массы на трех основных образцах определяют в соответствии с 6.1.3.1 и формулой (2). Вычисляют среднее арифметическое значение трех определений R , %. За результат испытаний принимают разницу $(P_0 - P_k)$, округленную до целого числа процентов.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

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 (5) и (6) [2].

$$P_0 - P_k < 3 \text{ при } P_k \leq 9; \quad (5)$$

$$P_0 - P_k \leq 5 \text{ при } 9 < P_k \leq 25, \quad (6)$$

где – P_0 – среднее арифметическое значение потери массы трех основных образцов, %;

P_k – среднее арифметическое значение потери массы трех контрольных образцов, %.

Результаты испытаний и расчетов заносят в протокол испытаний.

4) Метод контроля качества огнезащитной обработки

4. 1) Средства измерения, испытательное оборудование и материалы

Для контроля качества огнезащитной обработки используется прибор ПМП-1 (приложение Д), состоящий из следующих элементов:

- корпуса;
- газовой горелки;
- поворотной крышки;
- зажимного устройства.

В качестве газовой горелки рекомендуется использовать бытовую газовую зажигалку (предпочтительно с регулируемой высотой пламени). Габаритные размеры прибора должны быть не более 135x50x50 мм, масса - не более 0,25 кг.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

4. 2) Подготовка к проведению испытаний

Перед отбором образцов проводится осмотр обработанных ОС материалов и конструкций с целью определения соответствия внешнего вида требованиям ТД.

Отбор образцов проводится в местах, преимущественно равномерно расположенных по площади объекта огнезащиты, с различных типов конструкций (стропила, обрешетка и др.), а также в местах, качество обработки которых вызывает сомнения.

Для отбора образцов используется доступный режущий инструмент. Место отбора образца и сам образец маркируются [2].

Образец должен представлять собой поверхностный слой огнезащищенной древесины (стружку) длиной от 50 до 60 мм, шириной от 25 до 35 мм, толщиной от 1,5 до 2,5 мм. В случае отклонения размеров снятой стружки от требуемых допускается доведение размеров до получения требуемой толщины путем стачивания части образца со стороны, не подвергавшейся огнезащитной обработке, а также обрезание кромок для придания образцу прямоугольной формы.

По результатам отбора образцов составляется акт, в котором указывается место отбора каждого образца.

Количество отобранных образцов должно составлять не менее четырех с каждых 1000 м² огнезащищенной поверхности объекта (здания) или со всего объекта, если площадь обработки меньше 1000 м².

Перед испытанием образцы в течение 24 часов выдерживают в помещении на ровной открытой поверхности при температуре от 10 °С до 30 °С и относительной влажности воздуха (60±10)%. Недопустимо проводить испытания при использовании в качестве образца сырой стружки.

4. 3) Проведение испытаний

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Перед проведением испытания необходимо настроить прибор, для чего следует зажечь газовую горелку, отрегулировать высоту пламени таким образом, чтобы оно своей верхней частью точно касалось верхней кромки нижней подвижной части прижимной рамки держателя образца, отключить газовую горелку.

Проведение испытания осуществляется в такой последовательности:

- образец установить в зажимное устройство так, чтобы обработанная сторона была обращена к газовой горелке;
- зажечь газовую горелку;
- установить поворотную крышку в положение, обеспечивающее выполнение требований;
- выдержать образец под воздействием пламени в течение 40 секунд, после чего отключить газовую горелку;
- образец оставить в приборе для остывания образца и прибора до комнатной температуры.

При проведении испытания не допускается воздействие на пламя горелки воздушных потоков [2].

За образцом проводят визуальное наблюдение во время испытания и его осмотр после извлечения из прибора, при этом фиксируются:

- изменение цвета, усадка, вспучивание, коробление, тление и др.;
- появление признаков воспламенения (пламенное горение вне зоны воздействия пламени газовой горелки);
- самостоятельное горение после отключения газовой горелки;
- сквозное прогорание до образования отверстия;
- обугливание на всю глубину в зоне воздействия пламени газовой горелки;
- полное или неполное обугливание обработанной ОС стороны образца на площади, ограниченной рамкой зажимного устройства.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Результат испытания образца считается отрицательным, если зафиксировано хотя бы одно из следующих явлений [2]:

- самостоятельное горение после отключения газовой горелки (допускается наличие локального горения в зоне воздействия газовой горелки в течение не более пяти секунд после ее отключения);
- сквозное прогорание до образования отверстия;
- обугливание обработанной ОС стороны образца по всей площади, ограниченной рамкой зажимного устройства;
- обугливание на всю глубину в зоне воздействия пламени газовой горелки при наличии признаков воспламенения (пламенное горение вне зоны воздействия пламени газовой горелки).

Результат испытания образца считается положительным, если указанные явления не наблюдаются.

Поверхностная огнезащитная обработка считается качественной при условии получения положительных результатов испытаний на всех отобранных образцах.

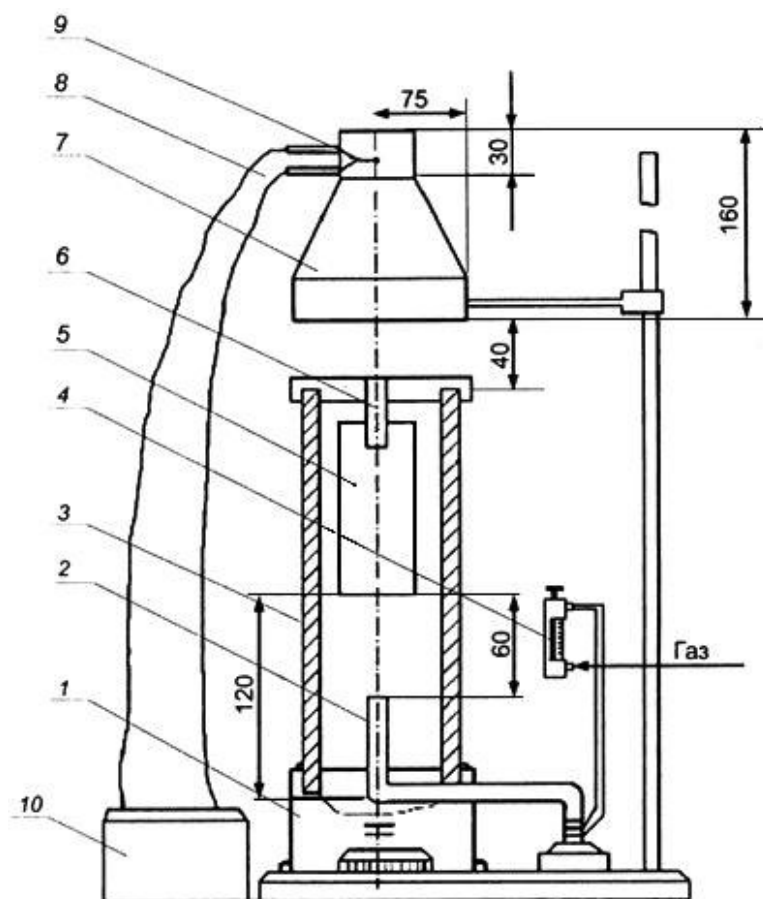
При получении отрицательных результатов на отдельных образцах (не более двух для площади 1000 м² огнезащищенной поверхности объекта или для всего объекта площадью менее 1000 м²) проводятся повторные испытания на удвоенном количестве образцов, отобранных в местах, ограниченных площадью 1000 м², где для отдельных испытанных образцов были получены отрицательные результаты. При получении положительных результатов повторных испытаний всех отобранных образцов поверхностная обработка объекта считается качественной.

Результаты испытаний заносят в протокол испытаний, который должен содержать следующие сведения [2]:

- дата проведения испытаний;
- наименование и адрес заказчика;
- основание для проведения испытаний;

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

- наименование и адрес объекта контроля;
- наименование организации, проводившей огнезащитную обработку, ее адрес и номер лицензии;
- наименование (марка) применяемого для огнезащитной обработки состава, ТД;
- вид и состояние огнезащищенных конструкций (отобранных образцов), площадь обработки, условия эксплуатации;
- место отбора каждого образца;
- наименование испытательной лаборатории.



1 - подставка; 2 - газовая горелка; 3 - керамический короб; 4 - ротаметр; 5 - образец; 6 - держатель образца; 7 - зонтик; 8 - термоэлектрический преобразователь; 9 - верхний патрубок зонтика; 10 - автоматический потенциометр

Рисунок 2 - Установка "Керамическая труба"

3 Экспериментально-теоретические исследования огнезащитных свойств разработанного состава

3.1. Исследования на моделях

Исследования на моделях (на малых образцах элементов конструкций) производилось на огнезащитном составе, которому было присвоено наименование «Спутник».

Основная цель данных исследований — определить группу огнезащитной эффективности состава при тепловом воздействии в зависимости от количества нанесенных слоев.

Соотношение компонентов использовалось как в прототипе, соотношение составило 5-6 % диоксида кремния, жидкое стекло остальное.

При проведении испытаний использовались деревянные брусочки размерами 150х60х30. Для каждого испытания согласно ГОСТ Р 53292-2009 «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний» использовалось по 10 образцов [2].

Испытания выполнялись с нанесением разного количества слоев огнезащитного состава.

Данное испытание проводилось на базе ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Республике Мордовия (далее Федеральное государственное бюджетное учреждение "Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы "Испытательная пожарная лаборатория" по Республике Мордовия"), расположенной по адресу Республика Мордовия, город Саранск, улица Фурманова, 15 А.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Подготовка к испытанию

Для проведения испытания были подготовлены образцы, для нанесения огнезащитного состава. Образцы были изготовлены из прямослойной воздушно-сухой древесины сосны с влажностью 8-15% в виде прямоугольных брусков с поперечным сечением 30х60 мм и длиной вдоль волокон 150 мм, отклонение от размеров не превышало 1 мм.

Перед испытанием все образцы древесины перед нанесением ОС кондиционировали в эксикаторе с насыщенным раствором цинка азотнокислого 6-водного при температуре (23 ± 5) °С. Кондиционирование было прекращено, когда изменение массы образцов между двумя последующими взвешиваниями, проведенными через 24 часа, составляло не более 0,2 г. Процесс кондиционирования представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Процесс кондиционирования образцов.

После подготовки образцов их взвешивали с помощью электронных весов. Результаты взвешивания занесены в таблицу 5.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Таблица 5 – Масса образцов перед испытанием, г

Образцы для нанесения 1 слоя		Образцы для нанесения 2 слоев	
Образец 1	121,98	Образец 1	111,75
Образец 2	119,67	Образец 2	108,52
Образец 3	121,41	Образец 3	112,03
Образец 4	120,85	Образец 4	112,41
Образец 5	122,54	Образец 5	109,61
Образец 6	120,96	Образец 6	111,04
Образец 7	119,34	Образец 7	110,73
Образец 8	119,83	Образец 8	109,86
Образец 9	122,64	Образец 9	108,97
Образец 10	121,08	Образец 10	110,51

В период кондиционирования образцов производилась подготовка компонентов для состава и дальнейшее их смешивание в огнезащитный состав. Были подготовлены жидкое натриевое стекло, наноразмерный диоксид кремния. Так же было подготовлено оборудование для взвешивания компонентов и емкость, в которой происходило смешивание жидкого стекла и диоксида кремния.

При взвешивании компонентов было определено их весовое соотношение, которое составило 95 г жидкого стекла на 5 г диоксида кремния.

Смешивание компонентов производилось в стеклянной емкости при помощи стеклянной палочки. Отмеренное количество диоксида кремний порционно вводилось в отмеренное количество жидкого стекла. Состав размешивали в течение 30 минут до образования однородной массы.

После того как состав был готов его при помощи кисти наносили на все образцы. После высыхания образцы взвешивали. Результаты взвешивания были занесены в таблицу 6.

Таблица 6 – Масса образцов после нанесения и высыхания 1 слоя, г

Образцы для нанесения 1 слоя			Образцы для нанесения 2 слоев		
№ образца	24 ч	48 ч	№ образца	24 ч	48 ч
Образец 1	130,06	129,13	Образец 1	120,31	119,58
Образец 2	127,51	125,89	Образец 2	117,77	117,06
Образец 3	129,99	128,37	Образец 3	120,89	120,08
Образец 4	129,21	128,11	Образец 4	121,58	120,91
Образец 5	130,37	129,72	Образец 5	119,36	118,64
Образец 6	128,06	126,75	Образец 6	121,01	120,13
Образец 7	126,60	125,95	Образец 7	120,11	119,36
Образец 8	126,92	125,24	Образец 8	118,94	118,02
Образец 9	131,28	130,66	Образец 9	118,03	117,25
Образец 10	131,04	129,97	Образец 10	119,96	118,92

Через 48 часов после нанесения 1 слоя огнезащитного состава, на 10 отобранных образцов кистью был нанесен 2 слой состава. Вид образцов после нанесения 1 и 2 слоя огнезащитного состава представлен на рисунке 4.

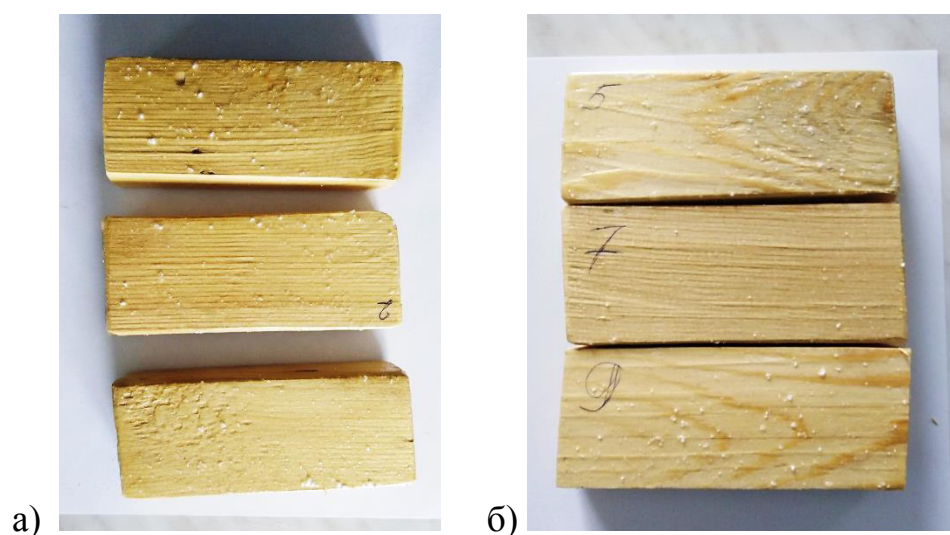


Рисунок 4 – Вид образцов после нанесения огнезащитного состава
а) после нанесения 1 слоя; б) после нанесения 2 слоев

По истечению 48 часов после нанесения 2 слоя состава все образцы взвешивали. Масса образцов перед испытанием представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Масса образцов перед испытанием, г

Образцы покрытые 1слоем		Образцы покрытые 2 слоями	
Образец 1	128,76	Образец 1	121,66
Образец 2	124,45	Образец 2	118,05
Образец 3	127,29	Образец 3	122,14
Образец 4	127,32	Образец 4	122,49
Образец 5	128,47	Образец 5	120,29
Образец 6	127,58	Образец 6	122,57
Образец 7	124,72	Образец 7	121,22
Образец 8	124,06	Образец 8	119,97
Образец 9	129,43	Образец 9	118,93
Образец 10	128,24	Образец 10	120,78

Испытание образцов проводилось в установке «Керамическая труба», вид которой представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Установка «Керамическая труба»

Для проведения последнего этапа исследования были необходимы: образцы, покрытые огнезащитным составом, установка «Керамическая труба», секундомер, источник огня, электронные весы, тетрадь и ручка для записи результатов.

Подготовка установки к испытанию

Керамический короб переводили в горизонтальное положение и зажигали газовую горелку, устанавливали высоту пламени от 15 до 25 см. После этого керамический короб возвращали в вертикальное положение, переводили зонт в рабочее положение над коробом и регулировали расход газа так, чтобы температура, регистрируемая термоэлектрическим преобразователем, в течение 5 минут была равна (200 ± 5) °С. Дополнительное регулирование температуры может осуществляться путем регулирования подачи воздуха в зону горения материала с помощью створок металлической подставки [8].

Испытание образцов

Первыми тепловому воздействию подвергали образцы, покрытые 1 слоем огнезащитного состава.

Зонт отводили, испытываемый образец, закрепленный в держателе, опускали в керамический короб, одновременно включали секундомер и возвращали зонт в рабочее положение.

Образец держали в пламени горелки в течение 2 минут. Расход газа в процессе испытания был постоянным. Через 2 минуты подачу газа в горелку прекращали, образец оставляли в приборе для остывания. Образец, подвергшийся воздействию огня, представлен на рисунке 6.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73



Рисунок 6 – Остывание образца в установке «Керамическая труба»

После остывания (температура отходящих газов в верхнем патрубке зонта равна комнатной) оставшуюся часть образца извлекали из керамического короба и взвешивали, результат округляли до 0,1 г.

Такую процедуру проводили с каждым образцом.

Затем испытания проводились на образцах покрытых 2 слоями огнезащитного состава. По окончанию испытания все образцы взвешивались, результаты были занесены в таблицу 8.

Внешний вид некоторых образцов после испытания представлен на рисунке 7.

Таблица 8 – Масса образцов после испытания, г

Образцы покрытые 1слоем		Образцы покрытые 2 слоями	
Образец 1	124,83	Образец 1	117,69
Образец 2	120,17	Образец 2	115,13
Образец 3	123,94	Образец 3	119,13
Образец 4	124,03	Образец 4	119,58
Образец 5	124,58	Образец 5	117,31
Образец 6	123,35	Образец 6	119,29

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

МД–02069964–20.04.01–09–19

Лист

74

3.2 Расчет потери массы испытуемых образцов

Потерю массы испытанного образца P_i , %, вычисляют по формуле [2]

$$P_i = \frac{(m_{1i} - m_{2i}) \cdot 100}{m_{1i}}, \quad (2)$$

где - m_{1i} – масса образца до испытания, г;

m_{2i} – масса образца после испытания, г;

i – номер образца.

Полученный результат вычисления округляют до 0,1%.

После испытания определяют среднее арифметическое значение потери массы десяти испытанных образцов. Вместо образцов, для которых не выполняются неравенства (3) и (4), испытывают новые образцы и вновь определяют среднее арифметическое значение потери массы.

$$|P_{\text{ср}} - P_i| \leq 3 \text{ при } P_{\text{ср}} \leq 9; \quad (3)$$

$$|P_{\text{ср}} - P_i| \leq 5 \text{ при } 9 < P_{\text{ср}} \leq 25, \quad (4)$$

где $P_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение потери массы десяти испытанных образцов, %;

P_i – значение потери массы одного из десяти испытанных образцов, %.

Расчет потери массы 1 образца

$$P_i = \frac{(m_{11} - m_{21}) \cdot 100}{m_{11}} = \frac{(121,98 - 124,83) \cdot 100}{121,98} = -2,34\%$$

Расчет потери массы остальных образцов представлен в таблице 9.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Таблица 9 – Расчет потери массы образцов

Образцы покрытые 1слоем		Образцы покрытые 2 слоями	
№ образца	P_i , %	№ образца	P_i , %
Образец 1	-2,3	Образец 1	-5,3
Образец 2	-0,4	Образец 2	-6,1
Образец 3	-2,1	Образец 3	-6,3
Образец 4	-2,6	Образец 4	-6,4
Образец 5	-1,7	Образец 5	-7,0
Образец 6	-1,9	Образец 6	-7,4
Образец 7	-0,8	Образец 7	-7,2
Образец 8	-0,5	Образец 8	-6,1
Образец 9	-1,6	Образец 9	-6,2
Образец 10	-2,4	Образец 10	-6,4
$P_{ср}$, %	-1,63	$P_{ср}$, %	-6,44

$$|P_{ср} - P_i| \leq 3$$

$$|-1,63 - (-2,3)| = 0,67 \leq 3$$

Из результатов таблицы видно, что потеря массы каждого образца не превышает 9%, что позволяет отнести огнезащитные составы к I группе огнезащитной эффективности.

Главным достоинством разработанного нами состава (нами предложено название «Спутник») является то, что он относится к I группе огнезащитной эффективности. Также к достоинствам можно отнести простой состав и дешевизну.

Для определения устойчивости к механическим воздействиям и сроков эксплуатации необходимо проводить дополнительные испытания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Огнезащита создана для повышения фактического предела огнестойкости строительных конструкций до необходимых значений и для сдерживания предела распространения огня по конструкциям и кабельным линиям и для снижения горючести материалов, а так же для сокращения опасных факторов пожара (дымообразования, выделение газообразных токсичных веществ и др.) [31].

Среди огнезащитных средств выделяют огнезащитные составы для древесины и материалов на ее основе, для металлических и железобетонных конструкций, для кабелей и др.

История огнезащиты началась еще в 1812 году, когда при строительстве новых домов, для их защиты от огня, бревенчатые стены обмазывали глиной, затем деревянные конструкции стали покрывать известковым раствором.

Однако на научную основу дело огнезащиты строительных материалов и конструкций было поставлено только в послереволюционное время. Научными изысканиями в области огнезащиты строительных материалов и конструкций стал заниматься химический отдел Центральной научно-исследовательской лаборатории (1929 г), а затем Центрального научно-исследовательского института противопожарной обороны (ЦНИИПО, 1937 г.).

Первое упоминание об огнезащитных средствах появилось в 1949 году.

В начале своего развития были огнезащитные средства только для древесины, это было связано с тем, что наиболее популярным строительным материалом было дерево. Со временем, при появлении новых строительных материалов, появились огнезащитные средства для стальных и железобетонных строительных конструкций, а так же огнезащитные средства для кабелей.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

На современном этапе развитие огнезащитных средств не останавливается. Сейчас все больше появляются новые строительные материалы, в связи с этим и огнезащитные средства обновляются.

Первыми документами, связанными с пожарным делом, считаются «Наказ о городском благочинии» и «Соборное уложение».

В 1832 году был издан «Строительный устав», в котором был представлен свод законов (правил) по планировке населенных мест и строительству зданий, в том числе содержал и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности [31].

Следующим документом стал Общесоюзный стандарт (ОСТ 90015-39), регламентирующий требования пожарной безопасности в области строительства.

Сейчас разработано множество нормативных документов связанных с противопожарным нормированием в области огнезащиты.

В рамках данной работы было предложено разработать новый огнезащитный состав для древесины и материалов на ее основе.

Для это был проведен патентный поиск, в результате которого был выбран патент RU 2458951, состоящий из жидкого стекла и наноксида алюминия, в процентном соотношении 95% к 5% по массе. В разработанном составе было решено заменить наноксид алюминия на диоксид кремния. По своим свойствам они не сильно отличаются, но цена за 1 килограмм диоксида кремния ниже, чем к наноксида алюминия.

На первом этапе испытаний были подготовлены компоненты для огнезащитного состава и образцы, на которые наносился разработанный состав.

На втором этапе был проведен эксперимент, по результатам которого удалось определить, что эксперимент был проведен успешно, разработанное огнезащитное покрытие было отнесено к I группе огнезащитной эффективности.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 3 июля 2016 года)» [Электронный ресурс] : (с изм. и доп.) // Гарант : [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/12161584/paragraph/1:1>

2 ГОСТ Р 53292-2009 Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс] // Гарант : [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа: <http://iv.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>

3 ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. [Электронный ресурс] // Гарант : [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа: <http://iv.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>

4 ГОСТ Р 53310-2009 Проходки кабельные, вводы герметичные и проходы шинопроводов. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний на огнестойкость. [Электронный ресурс] // Гарант : [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа: <http://iv.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>

5 ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. [Электронный ресурс] // Гарант : [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа: <http://iv.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>

6 СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями N 1, 2). – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 21с.

7 СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

огнестойкости объектов защиты. [Электронный ресурс] // Гарант : [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа: <http://iv.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>

8 СТО 43.29.11 Огнезащита деревянных конструкций в построечных условиях. [Электронный ресурс] // Гарант : [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа: <http://iv.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>

9 Анохин Е. А., Полищук Е. Ю., Сивенков А.Б. Пожарная опасность ограждающих деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации//Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т.25, № 10. — С.30-40.

10 Асеева Р. М., Барботько С. Л., Серков Б. Б., Сивенков А. Б., Дегтярев Р. В., Тарасов Н. И. Влияние времени эксплуатации древесины на ее пожароопасные свойства//Энциклопедия инженера-химика. — 2010. — № 3. — С. 27-33.

11 Афанасьев С. В., Балакин В. М. Теория и практика огнезащиты древесины и древесных изделий: монография. — Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2012. — 138 с.

12 Диоксид кремния [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа:– http://chemistlab.ru/publ/k/kremnija_dioksid/10-1-0-605

13 Жидкое стекло [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа: – <https://stroitelinfo.ru/zhidkoe-steklo-primenenie-vidy-svoystva>

14 Зыбина О.А. Специфические реакции ингредиентов в огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных композициях/ О.А. Зыбина, И.Е. Якунина, О.Э. Бабкин, С.С. Мнацаканов, Е.Д. Войнолович//Лакокрасочные материалы и их применение. – 2014. –№12. – С.30-33

15 Информационно-аналитический бюллетень за 2018 год [сайт информ.-правовой компании]. – [М., 2019]. – Режим доступа:http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/KkgL7B4oAa.pdf

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

16 Корольченко А. Я., Корольченко О.Н. Средства огнезащиты. Справочник. - М.:Пожнаука, 2006 г. - 258 с.

17 Кулаков В. С., Крашенинникова Н. Н., Сивенков А. Б., Серков Б. Б., Демидов И. А. Снижение пожарной опасности деревянных строительных конструкций способом глубокой пропитки древесины огнебиозащитным составом КСД-А (МАРКА 1)// Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 3. — С. 31-38.

18 Макишев Ж. К., Сивенков А. Б. Огнестойкость деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации// Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т.25, № 3. — С.34-44.

19 Натейкина Л.И., Горнак А.В. Пожарная безопасность в строительстве. 2010. № 4. С. 33–34.

20 Недвига Е. С., Соловьева К. И., Киселев С. С. Способы защиты строительных конструкций от огневого воздействия // Молодой ученый. — 2015. — №24. — С. 127.

21 Ненахов С.А., Пименова В.П. Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 19, № 8. – С. 11-58.

22 Павлович А.В. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия // Лакокрасочная промышленность. – 2012. – №5. – С. 22-27.

23 Патент № 2272057, зарегистрированный в реестре изобретений 20.03.2006 «Состав для получения огнезащитных покрытий». Назаренко В. А., Костиков С. В. и др.

24 Патент № 2379322, зарегистрированный в реестре изобретений 20.01.2010 «Композиция для огне- и биозащиты древесины» Катанаев А. И., Миргазитова Р. С.

25 Патент № 2458951, зарегистрированный в реестре изобретений 20.08.2012 «Состав для огнезащитного покрытия с использованием наноксида алюминия». Петров В. В., Тютина Е. А., и др.

26 Патент № 2458964, зарегистрированный в реестре изобретений 20.08.2012 «Состав для получения огнезащитного покрытия». Годунов И. А., Кузнецов Н. Г., и др.

27 Патент № 2467040, зарегистрированный в реестре изобретений 20.11.2012 «Сырьевая смесь для огнезащитного покрытия». Василовская Н. Г., Енджиевская И. Г. и др.

28 Патент № 2499809, зарегистрированный в реестре изобретений 27.11.2013 «Состав для изготовления огнезащитного покрытия». Емельянова О. Н., Кудрявцева Е. П., и др.

29 Патент № 2523825, зарегистрированный в реестре изобретений 27.07.2014 «Огнезащитный состав и способ его получения». Миронович И. М., Луговская Н. И.

30 Полищук Е. Ю., Сивенков А. Б., Бирюков Е. П. Нормативные требования к огнезащите древесины и экспертная оценка ее качества//Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2016. — № 2. — С. 77-80.

31 Собурь С. В., Огнезащита материалов и конструкций: Учебно-справочное пособие. — 5-е изд., перераб. — М.: ПожКнига, 2014. — 256 с.

32 Савельев А. П., Шабарин А. А., Федоров А. А. Повышение огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений за счет применения средств огнезащиты, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва».

33 Халилова Р.А. Огнезащита металлических конструкций вспучивающимися красками//Нефтегазовое дело. – 2012. – Том 10. – №1. – С. 78-82.

34 Чернова Н.С., Химические превращения и механизм огнезащитного действия вспучивающихся композиций: Автореф. дисс. канд. техн. наук – СПб, 2010. – 22 с.

					МД–02069964–20.04.01–09–19	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83