

На правах рукописи



Григорьева Маргарита Петровна

**ПОЖАРОБЕЗОПАСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ
В ЗДАНИЯХ С ПЛАНИРОВКОЙ КОРИДОРНОГО ТИПА**

Специальность 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность»
(Технические науки. Отрасль – строительство)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

Научный руководитель Еремина Татьяна Юрьевна
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты Гилетич Анатолий Николаевич,
доктор технических наук,
Административно-хозяйственный департамент
ПАО «Ростелеком»,
начальник отдела производственного контроля

Корольченко Дмитрий Александрович,
кандидат технических наук, доцент,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет" (НИУ МГСУ),
заведующий кафедрой Комплексной
безопасности в строительстве

Ведущая организация ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета»
научно-исследовательский институт
противопожарной обороны»

Защита состоится «06» декабря 2018 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 205.002.02 в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по адресу: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4, зал диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии Государственной противопожарной службы МЧС России на сайте: <https://academygps.ru/upload/iblock/810/810cc0ad3af161af1d552a9ed5644f3d.pdf>

Автореферат разослан «05» октября 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



А.Б. Сивенков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время в строительстве применяют огромное количество разнообразных напольных покрытий (далее – НП), представляющих собой отдельную для изучения группу декоративно-отделочных материалов. При этом НП отличаются между собой по химическому составу и возможному сочетанию в их композициях слоев (например, армирующий слой, теплозвукоизоляционный слой, защитный слой) и наряду с высокими эксплуатационными характеристиками НП обладают повышенными пожароопасными свойствами. Основной опасностью, которую могут представлять НП, является возможность распространения пожара в соседние помещения и в объеме здания, образования дымовой среды и токсичных соединений летучих продуктов их терморазложения в процессе горения. Особенно опасны пожары в зданиях с массовым пребыванием людей, а также с планировкой коридорного типа, в гостиничных и туристических комплексах, административных зданиях, где внушительные по размерам площади могут занимать напольные ковровые покрытия на основе полипропилена и полиамида. Известны пожары с гибельными последствиями, причиной распространения которых становились легковоспламеняемые напольные покрытия, находящиеся на пути эвакуации людей в безопасную зону (пожар в ночном клубе в г. Готенбург, 2001 г., пожар в госпитале, г. Векше, 2003 г.).

Для полной и достоверной оценки пожарной опасности НП в России введен комплекс пожарно-технических характеристик – воспламеняемость, способность распространять пламя по поверхности материала и образовывать дымовую среду, а также выделять летучие токсичные продукты горения. Указанные характеристики оцениваются по результатам лабораторных исследований согласно стандартным методам испытаний, совершенствование которых всегда будет являться актуальной и перспективной задачей для ученых и специалистов.

Основные причины этого заключаются в появлении на рынке новых материалов НП и их многообразии, а также в ограниченных возможностях применения результатов стандартных испытаний при моделировании реальных пожаров ввиду создания лабораторных условий, соответствующих одному конкретному сценарию развития пожара.

В мировой практике существует несколько научных подходов в направлении комплексной оценки пожарной опасности материалов НП, что привело к созданию в разных странах национальных требований к нормированию применения НП. Для более согласованного применения методов, испытаний и единого толкования требований по применению таких материалов в зданиях различного функционального назначения, мировое сообщество с середины прошлого века стремится к созданию унифицированной системы нормативных документов. В России подобная работа активно ведется последние два десятилетия, на что повлияло вступление во Всемирную

торговую организацию (2011 г.), повлекшее за собой необходимость адаптировать на территории нашей страны европейские нормы.

В данной связи совершенствование и актуализация существующих и разработка новых методов оценки пожарной опасности НП для формирования основ их пожаробезопасного применения приобретает еще большую актуальность и значимость.

Степень проработанности проблемы. Исследованию проблем методологии оценки материалов на пожарную опасность посвящено значительное число публикаций. Их решением занимались и занимаются многие ученые и практики как в России, так и за рубежом. Среди зарубежных специалистов следует назвать *J. Quintiere, P. Thomas, V. Babrauskas, J. Troitzsch, Carlos J. Hilado, D. Purser*, среди российских – М.М. Казиева, Б.Б. Серкова, А.Я. Корольченко, В.Т. Монахова, Р.М. Асееву, С.К. Годовского, С.С. Рыбанина, Д.В. Трушкина и др. Проблемами динамики опасных факторов пожара (далее – ОФП), в частности, динамики задымления помещений, занимались такие ученые, как Ю.А. Кошмаров, С.В. Пузач, Ю.С. Зотов, Д.Х. Кулев, Т.Г. Меркушкина, А.С. Турков, Н.В. Ландышев и др. Проблеме исследования основных пожароопасных характеристик материалов для прогнозирования их поведения при реальном пожаре посвящены работы И.С. Молчадского, Н.В. Смирнова, Н.И. Константиновой. Однако связь экспериментальной оценки основных пожароопасных свойств напольных покрытий с закономерностями их поведения при пожаре для определения допустимых количественных параметров, характеризующих степень пожарной опасности, с учетом динамики развития пожара рассмотрена недостаточно. Особенно актуальным является исследование поведения напольных покрытий при пожаре в зданиях с наиболее распространенной коридорной схемой объемно-планировочных решений.

Целью диссертационной работы является совершенствование методологии оценки пожарной опасности напольных покрытий и способов их пожаробезопасного применения в зданиях с планировкой коридорного типа.

Для достижения цели в диссертации поставлены и решены следующие **научные задачи:**

1. Проанализировать методологию исследования напольных покрытий на пожарную опасность и различные факторы, влияющие на воспламенение и горение НП.

2. Определить пожарно-технические параметры напольных покрытий при воздействии падающего теплового потока различной плотности.

3. Исследовать закономерности процессов распространения пламени и дымообразования при воздействии падающего теплового потока для последующего прогнозирования поведения НП при пожарах в зданиях.

4. Провести исследование по определению критических параметров наступления ОФП при горении напольных покрытий (в программе *FDS (Fire Dinamic Simulator)*, создание модели пожара в типовом помещении).

5. Разработать предложения по усовершенствованию способов пожаробезопасного применения напольных покрытий.

Объектом исследования является поведение напольных покрытий в условиях пожара, а **предметом исследования** – безопасное применение напольных покрытий в зданиях с планировкой коридорного типа в условиях пожара.

Основные методы исследования. Для решения поставленных задач были использованы методы теории вероятностей и математической статистики, реализованные в работе при помощи программы *AtteStat 12.0.5*, математического моделирования, стандартные методы определения критической поверхностной плотности теплового потока, коэффициента дымообразования. Теоретические исследования проводились на базе использования классических законов тепломассообмена, теории тепломассообмена при пожаре, теории горения полимеров.

Моделирование динамики распространения опасных факторов пожара при симуляции крупномасштабного эксперимента проводилось при помощи программы *FDS (Fire Dynamic Simulator)*, реализующей полевую модель расчета тепломассопереноса при пожаре в здании. Расчеты времени эвакуации проводились при помощи индивидуально-поточной модели движения людского потока в программе *Pathfinder*.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Определены новые закономерности в процессе дымообразования напольных покрытий (ПВХ гомогенного типа, ПВХ гетерогенного типа, ковровые покрытия) при термическом разложении в различных условиях теплового воздействия.

2. Установлена область критических и предельно допустимых значений плотности падающего теплового потока для прогнозирования поведения НП в динамике развития критической ситуации для людей при пожаре.

3. Впервые разработан комплекс математических моделей процесса дымообразования при термоокислительной деструкции (тлении) материала НП в условиях стандартных испытаний.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в:

– определении критических значений и предельно допустимых количественных параметров, характеризующих степень пожарной опасности напольных покрытий с учетом термогазодинамической картины пожара в зданиях с планировкой коридорного типа;

– использовании расчетно-аналитического метода оценки соответствия материалов НП требованиям пожарной безопасности;

– применении динамических характеристик дымообразования в процессе распространения пламени по образцу для прогнозирования поведения материала в условиях пожара;

– актуализации, изменении и дополнении к нормативным документам в области методологии испытаний материалов (ГОСТ 12.1.044–89 п. 4.18, СП 1.13130.2009 (с изменениями и дополнениями)) на основании полученных результатов.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы использованы:

– в научных исследованиях по разработке нормативно-технической документации, содержащей методы оценки пожарной опасности НП, принятые на международном уровне, и адаптации их к системе нормирования в России;

– при разработке ГОСТ Р ИСО 9239-1–2014 «Испытания строительных материалов и изделий на пожарную опасность. Определение пожарной опасности напольных покрытий при применении источника радиационного нагрева».

На защиту выносятся:

– результаты исследования предельно допустимой области критической плотности теплового потока, образуемой в зоне нахождения НП при пожаре, критически значимые параметры дымообразования НП;

– математические модели, позволяющие определить ослабление света в дымовой среде, образуемой при термоокислительном разложении (тлении) материала при заданной величине теплового потока;

– определены зависимости оптической плотности дыма от критического теплового потока и зависимости оптической плотности дыма от времени;

– предложения по совершенствованию методов оценки дымообразующей способности при пламенном горении и термоокислительном разложении (тлении) для НП;

– предложения по совершенствованию методологической схемы пожаробезопасного применения НП для применения их в зданиях с планировкой коридорного типа.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, приведенных в диссертационной работе, достигнута за счет применения для решения поставленных задач апробированных математических методов; значительного объема аналитических и экспериментальных исследований; согласованности полученных результатов с известными данными исследований в смежных областях, удовлетворительной точностью экспериментальных методов и измерений, корреляционным анализом результатов, полученных по разработанным и стандартным методикам.

Личный вклад автора. В работах, опубликованных в соавторстве в изданиях, рекомендованных ВАК, все результаты, составляющие научную новизну и выносимые на защиту, получены автором лично. В работах, опубликованных в соавторстве в изданиях из перечня ВАК, автор определял направления исследований, осуществлял сравнительный анализ основных положений методологии оценки пожарной опасности НП, проводил эксперименты, осуществлял анализ и обработку экспериментальных данных, формулировку выводов и внедрение в практику.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы были доложены и получили одобрение на следующих 9 научно-практических конференциях:

– Школа молодых ученых и специалистов МЧС России «Интеллектуальный потенциал молодых ученых и специалистов МЧС России: комплексный подход к формированию научных кадров» (Россия, Москва, 2012);

– Международная научно-практическая конференция «Проблемы техносферной безопасности» (Россия, Москва, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2013);

– Международная конференция «Техническое регулирование в области пожарной безопасности: состояние, перспективы» (Россия, 2014);

– Международная научно-практическая конференция «Проблемы

техносферной безопасности» (Россия, Москва, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2014);

– Всероссийская научно-практическая конференция «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» (Россия, Санкт-Петербург, 2014);

– Международная научно-практическая конференция «Сервис безопасности: опыт, проблемы, перспективы» (Россия, 2015);

– Научно-практическая конференция с международным участием «Неделя науки в СПбПУ – 2015» (Россия, Санкт-Петербург, 2015);

– Международная научно-практическая конференция «Проблемы техносферной безопасности – 2016» (Россия, Москва, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2016).

– Международная конференция «Полимерные материалы пониженной горючести» памяти академика Б.А. Жубанова (Алматы, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, 2017).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 работ, в том числе 5 статей в научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, 9 докладов на конференциях. Пять работ опубликованы в единоличном авторстве.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложения. Работа содержит 154 страницы текста, иллюстрированного 46 рисунками, имеет 52 таблицы и 162 наименования литературы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ состояния вопроса» рассмотрены принципы и схемы нормирования применения материалов НП на путях эвакуации в зданиях с планировкой коридорного типа в России и за рубежом, основные проблемы оценки пожарной опасности полимерных НП, а также вопросы прогнозирования их поведения в условиях реального пожара.

Статистический анализ пожаров показал, что материалы НП всегда участвуют в развитии пожара, и могут представлять особую опасность при применении их в коридорах и помещениях общественных зданий с планировкой коридорного типа (таблица 1).

Федеральным законом от 22 августа 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» установлены количественные параметры, характеризующие пожарную опасность напольных покрытий: критическая плотность теплового потока, при которой материал не воспламеняется и не распространяет пламя, коэффициент дымообразования (приведенная оптическая плотность дыма), показатель токсичности (критическая летальная концентрация токсичных продуктов горения). Методология оценки установленных параметров основывается на применении лабораторных методов, реализующих наихудший сценарий развития пожара, тепловые условия развития которого могут предъявлять избыточные требования к критериям оценки НП, находящимся в области сравнительно низких температур и тепловых потоков.

Таблица 1 – Некоторые крупные пожары, развитию которых способствовало наличие горючих напольных покрытий

Наименование объекта	Год	Причина возникновения, распространения пожара и гибели людей	Последствия пожара
Дом престарелых «Hartar house», Мариэтта, Огайо	1970	Наличие легковоспламеняемых ковров на путях эвакуации	31 погибший
Отель «Дай-Юн-Как» г. Сеул, Южная Корея	1971	Горючая отделка и применение длинноворсовых ковров на путях эвакуации	162 погибших
Гостиница «Россия» г. Москва	1979	Высокая токсичность и дымообразующая способность отделки путей эвакуации (в т.ч. полимерными напольными покрытиями)	42 погибших
Отель «Хилтон» г. Лас-Вегас	1980	Поджог в лифтовом холле 8-го этажа; Наличие легковоспламеняющихся ковров	87 погибших 350 пострадавших
Гостиница «Ленинград» г. Санкт-Петербург	1993	Высокая токсичность продуктов сгорания и дымообразующая способность полимерных материалов отделки путей эвакуации	22 погибших, в т.ч. 9 пожарных
Гостиница «Шахтер» г. Москва	1993	Быстрое распространение пламени по напольным покрытиям (линолеум, ковровые покрытия)	4 погибших
Ночной клуб г. Готенбург, Швеция	1997	Применение линолеума на путях эвакуации (укладка по деревянному полу) и распространение пламени по деревянным перекрытиям	63 погибших
Госпиталь, г. Векше, Швеция	2003	Неосторожное обращение с огнем. Наличие горючих напольных покрытий с высокой дымообразующей способностью	2 погибших

Очевидно, что наиболее вероятными сценариями возникновения и развития пожара при участии НП являются следующие варианты: 1) напольные покрытия являются источником возникновения пожара: воспламенение от маломощного источника зажигания; 2) напольные покрытия воспламеняются от теплового воздействия фронта пламени / нагретых конструкций; 3) напольные покрытия при воспламенении способствуют распространению пожара в соседние помещения.

Анализ динамики развития опасных факторов пожара (ОФП) на реальных объектах показал, что поведение НП при пожаре наиболее опасно в начальной стадии его развития, так как возможные последствия распространения огня в здании, образование дыма и токсичных компонентов продуктов сгорания могут создать условия, не возможные для безопасной и своевременной эвакуации людей. Исходя из проведенного анализа удалось сформулировать понятие «пожаробезопасное применение НП» как необходимые и достаточные условия для того, чтобы пожароопасная ситуация не реализовывалась либо критические значения ОФП не наступали ранее фактического времени эвакуации в безопасную зону.

Выполненные аналитические исследования, представленные в первой главе, позволили сделать обобщение основных предпосылок для совершенствования современной классификации НП по пожарной опасности, а также выявить определяющие количественные параметры, характеризующие

пожароопасные свойства НП с учетом условий их эксплуатации в помещениях зданий с планировкой коридорного типа:

– стандартные методы оценки пожарной опасности напольных покрытий (ГОСТ 51032–97, ГОСТ 30244–96, ГОСТ 12.044.1–89 п. 4.18, п. 4.20) носят сравнительный характер и могут не соответствовать условиям высокотемпературного нагрева, нормативные документы для методов испытаний не получали актуализации 10–25 лет;

– нормативные требования к определению области применения НП в помещениях не учитывают возможную пожарную нагрузку, площадь выгорания и геометрические размеры помещения.

Решение данных вопросов заключается в экспериментальном и теоретическом исследовании наиболее значимых количественных параметров, характеризующих пожарную опасность НП, а также изучении поведения материалов в условиях пожара (с помощью современных методов численного моделирования), и разработке актуальных нормативных положений в области методологии испытаний и классификации пожарной опасности НП.

Во второй главе «Методы исследования» представлена методика исследования, необходимая для решения задач диссертационной работы.

Методика исследования параметров пожарной опасности НП (критический тепловой поток, динамические характеристики дымообразования) основана на стандартных методах оценки пожарной опасности. Для экспериментального исследования выбраны методы оценки количественных параметров: способности распространять пламя по поверхности материала, образовывать дымовую среду, воспламеняемости, токсичности.

Данная методика заключается в обосновании выбранных типов НП для испытаний и способов математической обработки результатов эксперимента. Технические характеристики образцов НП, выбранных для экспериментальной части исследования, представлены в таблице 2.

Для обработки экспериментальных данных была выбрана модель полного факторного эксперимента типа 3^k , количество точек в плане $N = 3^k$, где k – количество факторов влияния на систему (дымообразование при термоокислительном разложении (тлении) НП). Основной целью применения данного метода является получение функции отклика системы $y = f(X_1, X_2, X_3)$, где:

X_1 – фактор 1 – плотность теплового потока, кВт/м²;

X_2 – фактор 2 – поверхностная плотность образца, г/м²;

X_3 – фактор 3 – средняя масса образца, г/высота ворса, мм, для напольных ковровых покрытий;

Y – отклик системы – ослабление света в дымовой среде (мА),

которую представляют в аналитическом виде для дальнейшей интерпретации модели с учетом задач исследования (анализ значимости статистических коэффициентов модели, их взаимодействий, адекватности модели), а также нахождения оптимальных условий внешнего теплового воздействия на образец НП во время испытаний.

Таблица 2 – Технические характеристики образцов НП

Напольное покрытие	Толщина, мм	Поверхностная плотность, кг/м ²	Для напольных ковровых покрытий		
			Высота ворса, мм	Материал ворса	Материал подложки
Покрытие напольное поливинилхлоридное гетерогенное	2	2,85	–	–	–
Покрытие напольное поливинилхлоридное гетерогенное	3,0	2,9	–	–	–
Покрытие напольное поливинилхлоридное гетерогенное	1,6	2,9	–	–	–
Покрытие напольное поливинилхлоридное гетерогенное	3,3	2,9	–	–	–
Покрытие напольное поливинилхлоридное гомогенное	2,0	3,4	–	–	–
Покрытие напольное поливинилхлоридное гомогенное	2,0	3,7	–	–	–
Покрытие напольное поливинилхлоридное гомогенное	1,6	9,4	–	–	–
Ковровая дорожка	11,5	2,58	9 (разрезной)	Полипропилен	Смешанная пряжа (60 % ПЭ + 40 % ХБ)
Ковровая дорожка жаккардовая	10	1,78	8 и 5 (комбинированный ворс: разрезной, петлевой)	Полипропилен	Смешанная пряжа (60 % ПЭ + 40 % ХБ)
Ковровая дорожка жаккардовая	11,2	1,87	8,6 и 5 (комбинированный ворс: разрезной, петлевой)	Полипропилен	Смешанная пряжа (60 % ПЭ + 40 % ХБ)
Ковровое покрытие	12	9,5	9	Полиамид	Джут
Ковровое покрытие	7	1,8	5 (разрезной)	Полиамид	Войлок
Ковровое покрытие	5,0	1,5	3	Полиамид	Полиэстер
Ковровое покрытие	9,0	2,1	7,5 (разрезной)	80 % Шерсть + 20 % нейлон	х/б, джут
Ковровая дорожка	11	2,68	9,5	Шерсть	Пряжа полиэфирно-хлопковая (50 % ПЭ + 50 % ХБ; 65 % ПЭ + 35 % ХБ)

В выводах второй главы отмечено, что распространенными и применяемыми являются покрытия пола из полимерных материалов, а именно: ПВХ-покрытия гомогенного и гетерогенного типа и напольные ковровые покрытия с ворсом на основе из полиамида (ПА), полипропилена (ПП) и шерсти (Ш); для последующих испытаний выбраны материалы с повышенной пожарной опасностью, обладающие классом пожарной опасности не ниже КМЗ.

Третья глава «Экспериментальные исследования пожарной опасности напольных покрытий» содержит результаты экспериментальных исследований количественных параметров пожароопасных свойств НП. Рассмотрены основные аспекты поведения материалов НП в условиях проведения стандартных испытаний при воздействии теплового потока плотностью от 15 до 35 кВт/м², представлены результаты комплексных исследований по оценке способности распространять пламя по поверхности и образовывать дымовую среду для получения эмпирических зависимостей процессов, происходящих при воспламенении и горении полимерных НП.

На рисунке 1 изображены результаты экспериментального исследования дымообразующей способности НП при заданном воздействии теплового потока. На рисунке 2 представлена функциональная связь скорости изменения оптической плотности дыма при термоокислительном разложении (тлении) материала при воздействии тепловых потоков различной плотности (15, 25, 35 кВт/м²). По результатам испытаний были рассчитаны значения показателя дымовыделения для испытанных НП, как определенный интеграл зависимости оптической плотности дыма от времени в установленном диапазоне плотности теплового потока (таблица 3).

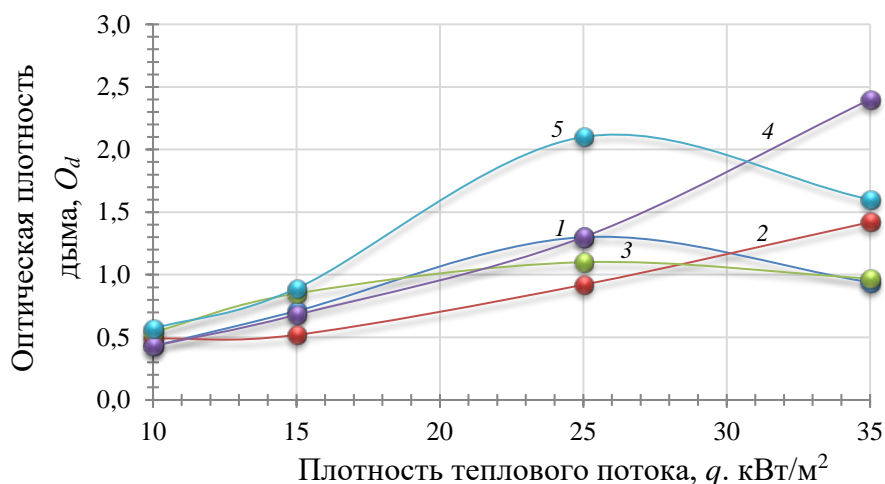


Рисунок 1 – Зависимость оптической плотности дыма от плотности теплового потока в режиме термоокислительного разложения (тления) материалов напольных покрытий: 1 – ПВХ гетерогенного типа; 2 – ПВХ гомогенного типа; 3 – напольное ковровое покрытие (ворс – полиамид); 4 – напольное ковровое покрытие (ворс – шерсть); 5 – напольное ковровое покрытие (ворс – полипропилен)

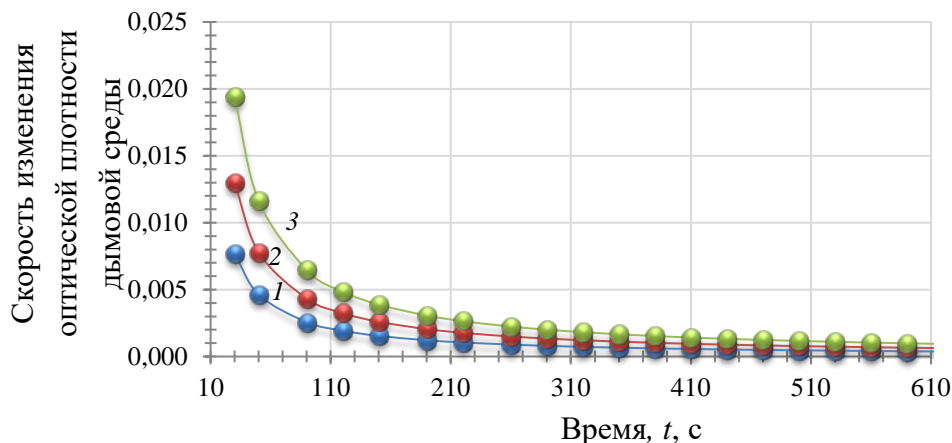


Рисунок 2 – Динамика изменения оптической плотности дымовой среды при воздействии теплового потока различной плотности в условиях стандартных испытаний по ГОСТ 12.1.044–89 для ПВХ гомогенного типа: 1 – 15 кВт/м²; 2 – 25 кВт/м²; 3 – 35 кВт/м²

Таблица 3 – Результаты исследования динамики изменения оптической плотности дымовой среды $O_d = f(t)$

Плотность теплового потока, кВт/м ²	Максимальная оптическая плотность дыма, Нп	Время наступления максимального ослабления света, с	$\frac{df(t)}{dt}$	$\int_{t_0}^{t_{\min}} f(t)dt$
<i>ПВХ гомогенного типа</i>				
15	0,48	620	$dy = \frac{0,2312}{t} dt$	178,5
25	0,87	560	$dy = \frac{0,3892}{t} dt$	319,4
35	1,35	470	$dy = \frac{0,5818}{t} dt$	413,0
<i>ПВХ гетерогенного типа</i>				
15	0,58	800	$dy = \frac{0,2989}{t} dt$	390,2
25	0,91	830	$dy = \frac{0,4806}{t} dt$	677,1
35	1,6	590	$dy = \frac{0,2421}{t} dt$	239,7
<i>Напольные ковровые покрытия с ворсом на основе полиамида</i>				
15	0,45	890	$dy = \frac{0,4038}{t} dt$	799,7
25	1,3	740	$dy = \frac{0,4976}{t} dt$	688,1
35	1,9	740	$dy = \frac{0,4277}{t} dt$	597,9
<i>Напольные ковровые покрытия с ворсом на основе полипропилена</i>				
15	1,1	890	$dy = \frac{0,4596}{t} dt$	766,9
25	1,9	860	$dy = \frac{0,516}{t} dt$	869,1
35	2,4	800	$dy = \frac{0,4189}{t} dt$	673,0
<i>Напольные ковровые покрытия с ворсом на основе шерсти</i>				
15	0,75	830	$dy = \frac{0,448}{t} dt$	699,9
25	1,2	740	$dy = \frac{0,5042}{t} dt$	663,7
35	1,7	770	$dy = \frac{0,4125}{t} dt$	638,4

Примечание:

t – время, с; t_0 – время начала испытания, с; t_{\min} – время достижения минимальной видимости (максимального ослабления света), с.

В целях построения комплекса математических моделей рассматривается серия предварительно спланированных испытаний по оценке параметров дымообразования.

По результатам факторного эксперимента были получены виды поверхностей отклика системы при фиксированных значениях каждого из факторов для каждого типа напольного покрытия. Геометрические образы поверхности моделей представляют собой чаще всего гиперболический параболоид второго порядка с выпуклой или вогнутой поверхностью (рисунки 3 и 4).

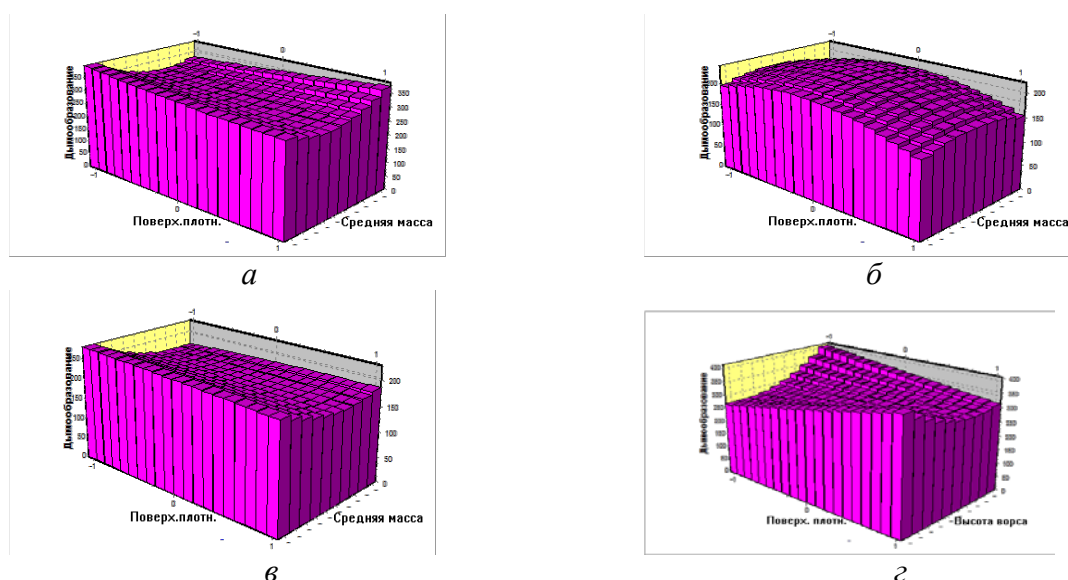


Рисунок 3 – Поверхность отклика системы для исследуемых напольных покрытий при фиксированном значении величины плотности теплового потока 25 кВт/м^2 :
 а – ПВХ-покрытия; б – напольные ковровые покрытия (ворс на основе полиамида);
 в – напольные ковровые покрытия (ворс на основе полипропилена);
 г – напольные ковровые покрытия (ворс на основе шерстяной пряжи)

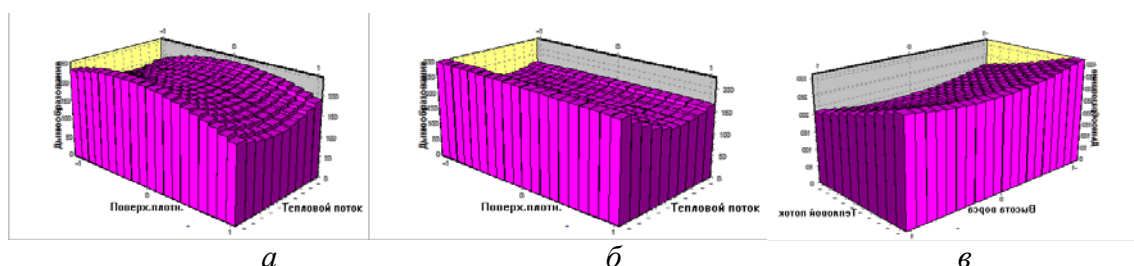


Рисунок 4 – Поверхность отклика системы для напольных ковровых покрытий при фиксированном значении высоты ворса 5 мм:
 а – напольные ковровые покрытия (ворс на основе полиамида); б – напольные ковровые покрытия (ворс на основе полипропилена); в – напольные ковровые покрытия (ворс на основе шерстяной пряжи)

Улучшенный вид математической модели дымообразования при различных плотностях теплового потока для всех исследованных материалов с учетом незначимых эффектов взаимодействия имеет вид полинома второй степени:

– для НП ПВХ гомогенного и гетерогенного типов:

$$y = f(X_1, X_2, X_3) = 305,78 + 67,44x_1 + 6,39x_2 - 27,58x_1x_2 + 7,83x_1x_3 + 49,5x_2^2 + 7,33x_3^2; \quad (1)$$

– для напольных ковровых покрытий с ворсом на основе полиамида:

$$y = f(X_1, X_2, X_3) = 213,11 + 38,28x_1 + 24,28x_2 - 1,06x_3 - 7,08x_2x_3 - 3,58x_1x_3 + 48,5x_1^2 + 24,5x_2^2 - 1,5x_3^2; \quad (2)$$

– для напольных ковровых покрытий с ворсом на основе полипропилена:

$$y = f(X_1, X_2, X_3) = 241,56 + 19,94x_1 + 2,28x_2 - 12x_3 + 9,5x_1x_2 - 2,25x_2x_3 - 12,67x_1x_3 + 28,83x_1^2 - 19,83x_2^2 - 40,33x_3^2; \quad (3)$$

– для напольных ковровых покрытий с ворсом на основе шерстяной пряжи:

$$y = f(X_1, X_2, X_3) = 305,44 + 59,89x_1 - 10,44x_2 - 16,22x_3 - 3,17x_1x_2 + 57,5x_2x_3 + 7,67x_1^2 + 43,33x_2^2 + 4x_3^2. \quad (4)$$

Полученные уравнения являются описанием системы и позволяют прогнозировать значения искомого параметра для заданных условий в области построения эксперимента, воспроизводить графическое представление функции и находить области экстремальных значений.

Таким образом, точки минимумов функции поверхности отклика каждой исследованной системы являются наиболее благоприятные (оптимальные) условия для достижения минимального светопропускания (критического уровня задымления камеры измерений), а величина плотности теплового потока при испытаниях для каждого материала напольного покрытия может варьироваться в области экстремальных значений поверхности согласно значениям, занесенным в таблицу 4.

Полиномиальные модели (1–4) описывают исследуемый процесс дымообразования для выбранных типов НП и могут использоваться для прогнозирования при иных условиях эксперимента, как расчетно-аналитический метод.

Таблица 4 – Глобальные экстремумы модели дымообразования при термоокислительном разложении (тлении) напольных покрытий в условиях стандартных испытаний

Точка экстремума	X_1	X_2	X_3	Y
Покрытия на основе ПВХ				
<i>Minimum</i>	35 кВт/м ²	1 г	1955 г/м ²	231,93 мА
<i>Maximum</i>	15 кВт/м ²	0,8 г	3700 г/м ²	458,31 мА
Напольные ковровые покрытия (ворс – полиамид)				
<i>Minimum</i>	29 кВт/м ²	2500 г/м ²	10 мм	195,58 мА
<i>Maximum</i>	15 кВт/м ²	1780 г/м ²	10 мм	366,76 мА
Напольные ковровые покрытия (ворс – полипропилен)				
<i>Minimum</i>	27 кВт/м ²	1780 г/м ²	5 мм	167,94 мА
<i>Maximum</i>	15 кВт/м ²	2365 г/м ²	8,6 мм	293,11 мА
Напольные ковровые покрытия (ворс – шерсть)				
<i>Minimum</i>	35 кВт	1780 г/м ²	9 мм	233,76 мА
<i>Maximum</i>	15кВт	2680 г/м ²	5 мм	519,07 мА

Для проведения исследования динамики изменения падающего теплового потока, а также определения времени достижения критических величин ОФП при пожаре с участием НП, был выполнен анализ объемно-планировочных

решений общественных зданий с планировкой коридорного типа с целью выбора размеров помещения для симуляции натурального наблюдения в программе, реализующей полевою модель тепломассопереноса при пожаре (*FDS*), и определен наихудший сценарий развития пожара.

Измерители значений ОФП были установлены в плоскости, отступающей от дверного проема помещения очага пожара, на уровне рабочей зоны на высоте 1,7 м, а также по длине и высоте коридора через равные промежутки с шагом в 2 м (таблица 5, рисунок 5).

Таблица 5 – Измерители, установленные в помещениях этажа

Параметр для измерений	Расстояние по высоте коридора, м	Примечание
Температура, °С	0,3	29 измерителей с шагом – 2 м
	0,7	29 измерителей с шагом – 2 м
	1,0	29 измерителей с шагом – 2 м
	1,25	29 измерителей с шагом – 2 м
	1,7	29 измерителей с шагом – 2 м
Тепловой поток, кВт/м ²	0,3	29 измерителей с шагом – 2 м
	0,7	29 измерителей с шагом – 2 м
	1,0	29 измерителей с шагом – 2 м
	1,25	29 измерителей с шагом – 2 м
	1,7	29 измерителей с шагом – 2 м
Оптическая плотность дыма	1,7	13 измерителей с шагом 5 м
Тепловой поток, кВт/м ²	0,3	32 плоскости измерений
Температура (расположение термопар), °С	0,3	Расположение в помещении очага пожара
	0,5	
	0,7	
	1,0	
	1,25	
	1,5	
1,7		
Расчетная точка 1		
Температура, °С	1,7	Расположение у дверного проема № 1 (помещение очага пожара)
Видимость, м	1,7	
Тепловой поток, кВт/м ²	1,7	
Концентрация монооксида углерода, CO, кг/м ³	1,7	Расположение у дверного проема № 1 (помещение очага пожара)
Концентрация оксида углерода, CO, кг/м ³	1,7	
Концентрация кислорода, O ₂ , кг/м ³	1,7	
Концентрация хлористого водорода, HCl, кг/м ³	1,7	
Расчетная точка 2		
Температура, °С	1,7	Расположение у дверного проема № 2 (эвакуационный выход)
Видимость, м	1,7	
Тепловой поток, кВт/м ²	1,7	
Концентрация монооксида углерода, CO, кг/м ³	1,7	
Концентрация оксида углерода, CO ₂ , кг/м ³	1,7	
Концентрация кислорода, O ₂ , кг/м ³	1,7	
Концентрация хлористого водорода, HCl, кг/м ³	1,7	

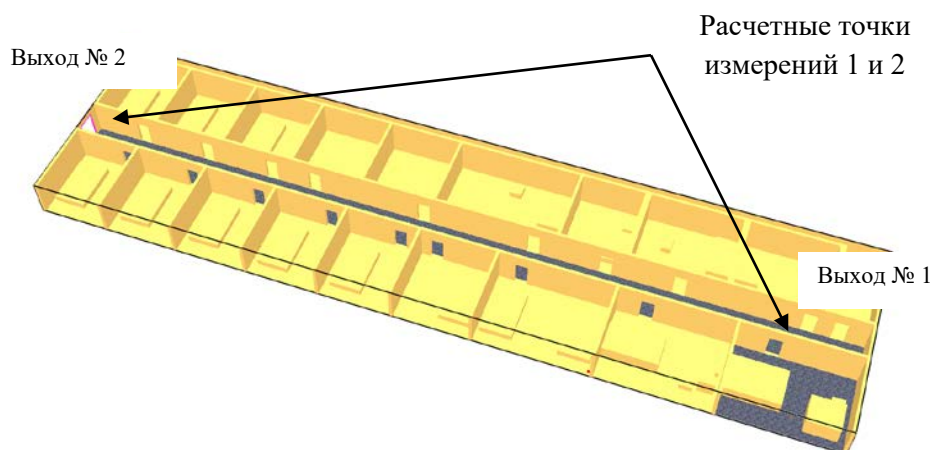


Рисунок 5 – Расчетная модель типового этажа здания с планировкой коридорного типа

Начальные условия задавались следующими: температура внутри помещения $T_0 = 293$ °К; давление $p_0 = 101300$ Па; максимальная видимость $V = 20$ м; массовая концентрация кислорода в атмосфере – 0,23, азота – 0,77;. Рассматривается наиболее опасный вариант пожара: пожар возникает в помещении, выход № 1 с этажа заблокирован. Принято, что системы пожаротушения, дымоудаления, механической вентиляции отключены.

Расположение пожарной нагрузки предполагается приближенным к реальным условиям. Исходные данные для очага пожара, отделочных материалов помещения, мебели и исследуемых НП выбраны из справочной литературы. Для расчета выбраны следующие известные типы пожарной нагрузки: жилые помещения гостиниц, общежитий (ПН1); административные помещения, мебель + бумага (0,75 + 0,25) (ПН2). Распространение пламени происходит из комнаты в коридор. Расположение геометрического центра очага пожара рассматривается в центре и углу пола помещения.

По результатам численного моделирования определено распределение плотности падающего теплового потока, температур, образующихся в области нахождения НП, в плоскости измерений, отступающей от дверного проема помещения очага пожара, а также по длине и высоте коридора. Время наступления критических значений ОФП в рассматриваемых помещениях при заданной пожарной нагрузке и расположении очага пожара представлены в таблице 6.

Анализ результатов исследования показал, что наиболее опасным сценарием развития пожара с участием НП для определения критических параметров падающего теплового потока и других ОФП является воспламенение покрытия с последующим распространением пламени по его поверхности из помещения в коридор. Также, установлено, что максимальная величина падающего теплового потока на высоте до 0,3 м для исследуемых НП составляет 6, 8 и 14 кВт/м².

Таблица 6 – Время наступления критических значений ОФП в рассматриваемых помещениях, с (расстояние до эвакуационного выхода 60 м)

Напольное покрытие	Расчетное время эвакуации, с (Ф 1.2/Ф 4.3)	Расположение очага пожара	Видимость, м (ПН1/ПН2)	Температура	Тепловой поток,	HCl	O ₂	CO	CO ₂
			20						
НП ПВХ	159,4/133,6	Угол помещения	358/281	325/589	1121/925	375/312	508/632	765/830	1563/1323
		Центр пола	221/223	1334/567	1800/1080	249/365	902/432	554/612	1800/1759
НКП с ворсом на основе ПА	159,4/133,6	Угол помещения	220/189	534/617	868/1560	305/254	704/912	980/1160	-/-
		Центр пола	250/133	1734/206	796/657	294/213	654/206	698/725	-/1328
НКП с ворсом на основе ПП	159,4/133,6	Угол помещения	262/229	561/412	963/1235	418/542	785/814	534/552	-/-
		Центр пола	261/217	378/380	526/511	353/267	339/325	520/631	1800/1138
НКП с ворсом на основе Ш	159,4/133,6	Угол помещения	294/242	602/437	1147/1568	334/315	906/802	645/713	-/-
		Центр пола	216/77	304/133	483/312	286/517	303/108	493/502	1608/913

Примечание: знак «-/-» означает, что не были достигнуты предельные значения по одному из факторов.

Динамика нарастания теплового потока во времени в точке измерений напротив сечения дверного проема на высоте 1,7 и 0,3 м, а также характер изменения температуры в помещении представлены на рисунках 6–8, средние значения падающего теплового потока на высоте до 0,3 м – в таблицах 7–10.

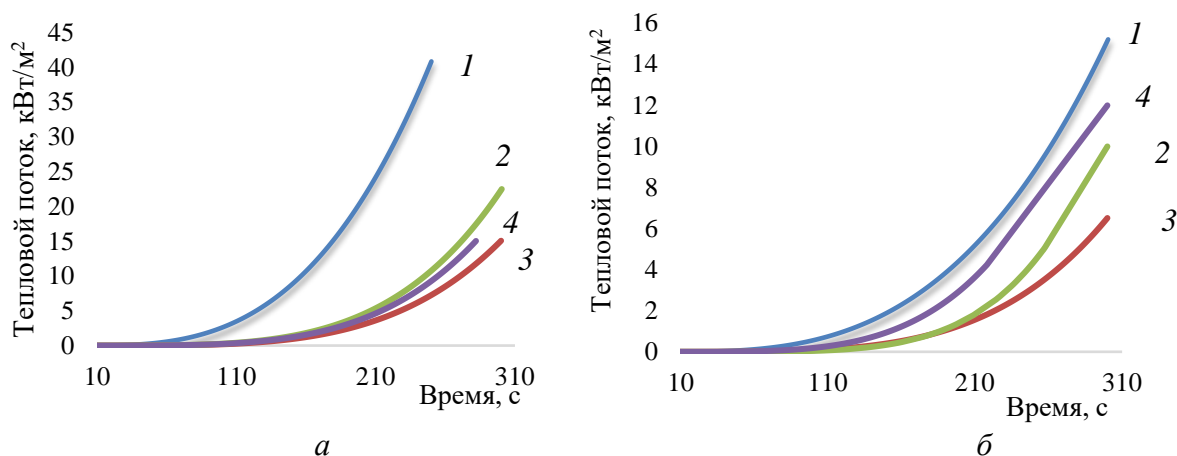


Рисунок 6 – Характер изменения теплового потока во времени в точке измерений напротив сечения дверного проема на высоте 1,7 и 0,3 м, дверной проем № 1):

а – 1,7 м; б – 0,3 м; 1 – НКП с ворсом на основе полипропилена; 2 – ПВХ покрытия; 3 – НКП с ворсом на основе полиамида; 4 – НКП с ворсом на основе шерсти

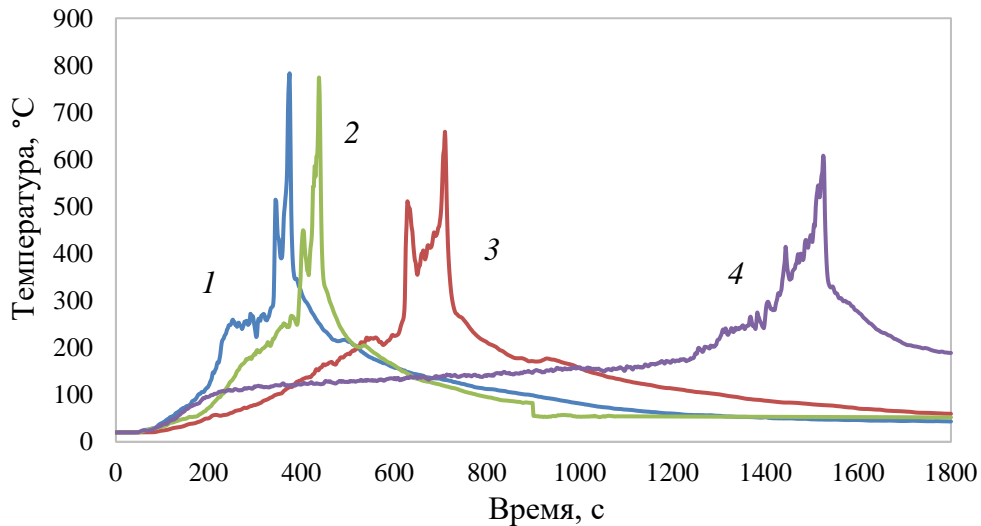


Рисунок 7 – Характер изменения температуры в помещении при термоокислительном разложении напольных покрытий, пожарная нагрузка ПН1, очаг пожара на полу: 1 – напольные ковровые покрытия с ворсом на основе шерсти; 2 – напольные ковровые покрытия с ворсом на основе полипропилена; 3 – напольные ковровые покрытия с ворсом на основе полиамида; 4 – напольные покрытия на основе поливинилхлорида

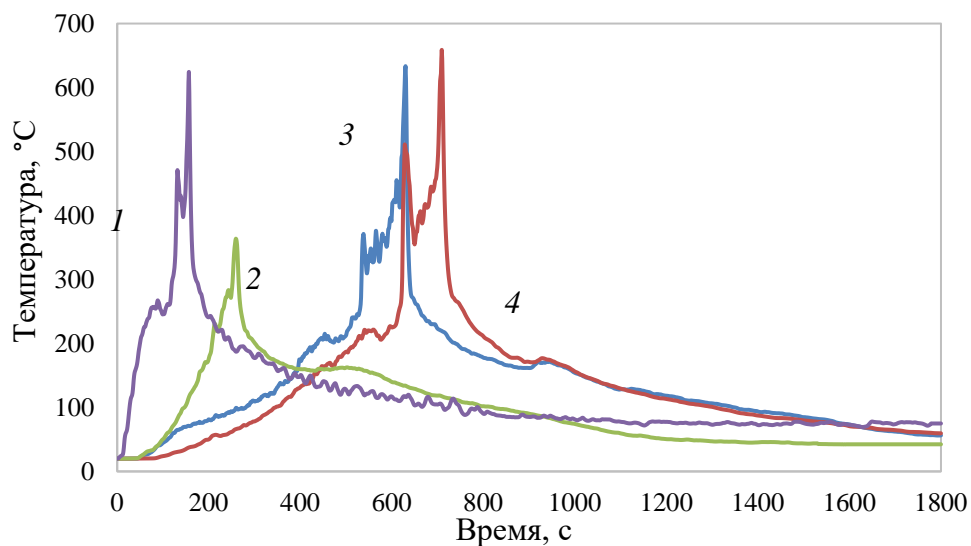


Рисунок 8 – Характер изменения температуры в помещении при термоокислительном разложении напольных покрытий, пожарная нагрузка ПН2, очаг пожара на полу: 1 – напольные ковровые покрытия с ворсом на основе шерсти; 2 – напольные ковровые покрытия с ворсом на основе полиамида; 3 – напольные покрытия на основе поливинилхлорида; 4 – напольные ковровые покрытия с ворсом на основе полипропилена

Таблица 7 – Распределение средних значений падающих тепловых потоков по длине коридора (при термоокислительном разложении напольных покрытий на основе ПВХ) на высоте до 0,3 м

Пожарная нагрузка ПН1, очаг располагается на полу														
<i>l</i> , м	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
q , кВт/м ²	2,31	0,29	0,14	0,08	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,026
Пожарная нагрузка ПН2, очаг располагается на полу														
<i>l</i> , м	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
q , кВт/м ²	6,05	2,41	2,15	1,98	1,56	1,83	1,43	1,42	1,39	1,57	1,70	1,31	1,48	1,21

Таблица 8 – Распределение средних значений падающих тепловых потоков по длине коридора (при термоокислительном разложении напольных ковровых покрытий с ворсом на основе полиамида) на высоте до 0,3 м

Пожарная нагрузка ПН1, очаг располагается на полу														
$l, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
$q, \text{ кВт/м}^2$	2,17	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Пожарная нагрузка ПН2, очаг располагается на полу														
$l, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
$q, \text{ кВт/м}^2$	7,35	2,84	1,94	1,73	1,46	1,64	1,31	1,14	1,04	1,26	1,39	1,05	0,96	0,88

Таблица 9 – Распределение средних значений падающих тепловых потоков по длине коридора (при термоокислительном разложении напольных ковровых покрытий с ворсом на основе полипропилена) на высоте до 0,3 м

Пожарная нагрузка ПН1, очаг располагается на полу														
$l, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
$q, \text{ кВт/м}^2$	13,8	4,07	3,96	2,67	3,65	4,90	4,80	4,41	3,32	5,34	8,14	5,60	4,94	6,05
Пожарная нагрузка ПН2, очаг располагается на полу														
$l, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
$q, \text{ кВт/м}^2$	2,93	2,15	2,21	2,19	2,55	3,18	2,78	2,59	1,86	3,34	4,26	2,16	2,25	3,29

Таблица 10 – Распределение средних значений падающих тепловых потоков по длине коридора (при термоокислительном разложении напольных ковровых покрытий с ворсом на основе шерсти) на высоте до 0,3 м

Пожарная нагрузка ПН1, очаг располагается на полу														
$l, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
$q, \text{ кВт/м}^2$	5,38	3,31	2,25	2,46	2,68	2,90	3,14	3,31	2,67	2,56	3,47	4,04	2,61	2,83
Пожарная нагрузка ПН2, очаг располагается на полу														
$l, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
$q, \text{ кВт/м}^2$	3,02	2,27	2,47	2,34	2,80	3,72	3,16	3,00	2,81	2,76	4,33	2,89	2,57	2,91

Критические величины падающего теплового потока в области нахождения НП определялась исходя из полученных усредненных расчетных значений в точках измерений на высоте до $h = 0,3$ м в плоскости измерений напротив дверного проема помещения очага пожара при наступлении времени блокирования путей эвакуации, а также при достижении максимальной величины параметра в течение времени моделирования.

В выводах третьей главы отмечена необходимость учета динамики изменения оптической плотности дыма во времени при оценке дымообразующей способности НП, а также сформулированы предложения по применению расчетных критических величин падающего теплового потока для оценки пожарной опасности (способности к распространению пламени по поверхности) НП, применяемых в коридорах и помещениях, и определению предельно допустимых значений коэффициента дымообразования для группы материалов с высокой дымообразующей способностью.

В четвертой главе «Рекомендации по пожаробезопасному применению напольных покрытий в зданиях с планировкой коридорного типа» предложены практические решения, основанные на результатах исследования. Даны пояснения к применению и реализации разработанного национального стандарта ГОСТ Р ИСО 9239-1–2014, сформулированы предложения по пожаробезопасному применению НП, а также определены предельно допустимые величины исследуемых пожароопасных свойств НП.

Предельно допустимые значения по дымообразующей способности и критической поверхностной плотности теплового потока, при которой напольное покрытие не способно распространять пламя по поверхности, представлены в таблице 11.

В таблицах 11–13 представлены основные предложения по усовершенствованию методологической схемы определения допустимой области применения НП в зданиях с планировкой коридорного типа.

Таблица 11 – Предельно допустимые значения коэффициента дымообразования D_{\max} , м²/кг критической плотности теплового потока для применения НП в помещениях, $q_{кр}$, кВт/м²

Материал	Требуемые значения по дымообразованию D_{\max} , м ² /кг для материалов группы ДЗ	Предельно допустимая критическая плотность теплового потока, $q_{кр}$, кВт/м ²		Допустимые группы пожароопасных свойств
		Количественные значения, $q_{кр}$, кВт/м ² не ниже	Соответствие группе распространения пламени (ГОСТ Р 51032–97)	
ПВХ покрытия гомогенного типа	≥ 500	6	РПЗ	ДЗ РП 3
ПВХ покрытия гетерогенного типа	≥ 500	6	РПЗ	ДЗ РП 3
Напольные ковровые покрытия – ворс полипропилен	< 500	14	РП1	Д2 РП 1
Напольные ковровые покрытия – ворс полиамид	< 500	8	РП2	Д2 РП 2
Напольные ковровые покрытия – ворс шерсть	< 500	6	РПЗ	Д2 РП 3

Таблица 12 – Предложения по пожаробезопасному применению НП в зданиях высотой не более 9 этажей (не более 28 м)

Помещение	Напольные покрытия				
	ПВХ		Напольные ковровые покрытия		
	гом. типа	гет. типа	ПП ¹	ПА ²	Ш ³
Ф 1.2 Гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов					
Общие коридоры, холлы, фойе	КМЗ		КМ2		
Ф 4.3 Здания органов управления учреждений, проектно-конструкторских организаций, информационных и редакционно-издательских организаций, научных организаций, банков, контор, офисов					
Общие коридоры, холлы, фойе	КМЗ		КМ2		

Таблица 13 – Предложения по пожаробезопасному применению НП в зданиях высотой более 9, но не более 17 (более 28 м, но не более 50 м)

Помещение	Напольные покрытия				
	ПВХ		Напольные ковровые покрытия		
	гом.типа	гет.типа	ПП ¹	ПА ²	Ш ³
Ф 1.2 Гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов					
Общие коридоры, холлы, фойе	КМ3		КМ2		
Ф 4.3 Здания органов управления учреждений, проектно-конструкторских организаций, информационных и редакционно-издательских организаций, научных организаций, банков, контор, офисов					
Общие коридоры, холлы, фойе	КМ2		КМ2		

Примечание:

¹ – напольные ковровые покрытия с ворсом на основе полипропилена;

² – напольные ковровые покрытия с ворсом на основе полиамида;

³ – напольные ковровые покрытия с ворсом на основе шерсти.

Количественные параметры, определенные в настоящей работе, предложены для внедрения в классификацию, изложенную в Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности и другие нормативные документы, содержащие требования к определению допустимой области применения напольных покрытий.

В выводах четвертой главы отмечается, что для пожаробезопасного применения материалов НП в зданиях с планировкой коридорного типа (на примере исследований пожарной нагрузки, соответствующей зданиям класса функциональной пожарной опасности 1.2, 4.3) определены предельно допустимые значения параметров пожарной опасности (критическая плотность теплового потока, приведенная оптическая плотность дыма при термическом разложении материала) для различных типов напольных покрытий (ПВХ гомогенного типа, ПВХ гетерогенного типа, напольные ковровые покрытия (НКП) с ворсом на основе полиамида, полипропилена, шерсти). Также, в качестве актуализации нормативно-технической документации в области оценки количественных параметров дымообразующей способности напольных покрытий (с помощью вычисления определенного интеграла распределения оптической плотности дыма во времени) предложен нормативный документ ГОСТ Р ИСО 9239-1–2014 «Испытания строительных материалов и изделий на пожарную опасность. Метод определения пожарной опасности напольных покрытий путем воздействия теплового потока радиационной панели».

В заключении сформулированы основные выводы и рекомендации, полученные в ходе выполнения диссертационной работы. **В приложении** представлены акты внедрения результатов диссертационной работы.

Дальнейшее развитие методологии исследования и классификации пожарной опасности напольных покрытий может включать развитие комплексной оценки, а именно изучение не отдельно взятой характеристики, а системы пожарно-технических параметров, также необходим учет международных требований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В диссертационной работе выполнен аналитический обзор современных методов исследования основных пожарно-технических характеристик и исторических аспектов их совершенствования, сформулированы научные обобщения предпосылок для совершенствования существующих подходов к определению необходимых и достаточных условий безопасного применения НП в зданиях в условиях пожара.

2. Выполнен анализ научных обоснований по определению количественных параметров (критическая поверхностная плотность теплового потока, удельная оптическая плотность дыма) и их предельных величин, образующих классы пожарной опасности материалов, представленные в Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности, а также методологических подходов к определению нормативных требований к применению материалов НП в помещениях с учетом температурного режима пожара, удельной пожарной нагрузки, возможной площади выгорания и геометрических размеров помещения;

3. По результатам экспериментальных исследований различных типов напольных покрытий разработан комплекс математических моделей, позволяющих определить расчетное значение меры ослабления света в дыму при термическом разложении материала с учетом величины плотности теплового потока (в диапазоне от 15 до 35 кВт/м²) и технических характеристик материала (толщина, поверхностная плотность, высота ворса для напольных ковровых покрытий).

4. Установлен характер изменения оптической плотности дыма во времени для прогнозирования скорости дымовыделения для исследуемых материалов полимерных напольных покрытий.

5. Исследовано распределение падающего теплового потока по высоте и длине стены, находящейся напротив дверного проема помещения очага пожара; установлено, что в течение начальной стадии пожара плотность падающего теплового потока, образуемая в зоне нахождения напольных покрытий (расстояние до 0,3 м), не превышает 15 кВт/м².

6. Определены предельно допустимые значения параметров пожарной опасности (критическая плотность теплового потока, приведенная оптическая плотность дыма при термическом разложении материала) для пожаробезопасного применения материалов НП в зданиях с планировкой коридорного типа (на примере зданий класса функциональной пожарной опасности 1.2 и 4.3) для различных типов напольных покрытий (ПВХ гомогенного типа, ПВХ гетерогенного типа, напольные ковровые покрытия (НКП) с ворсом на основе полиамида, полипропилена, шерсти), а именно: для ПВХ покрытий гомогенного и гетерогенного типов $D_{\max} \geq 500 \text{ м}^2/\text{кг}$; $q_{\text{кр}} \geq 6 \text{ кВт}/\text{м}^2$; НКП с ворсом на основе полипропилена $D_{\max} \leq 500 \text{ м}^2/\text{кг}$; $q_{\text{кр}} \geq 14 \text{ кВт}/\text{м}^2$; НКП с ворсом на основе полиамида $D_{\max} \leq 500 \text{ м}^2/\text{кг}$; $q_{\text{кр}} \geq 8 \text{ кВт}/\text{м}^2$; НКП с ворсом на основе шерсти $D_{\max} \leq 500 \text{ м}^2/\text{кг}$; $q_{\text{кр}} \geq 6 \text{ кВт}/\text{м}^2$.

7. Разработаны предложения по актуализации нормативно-технических документации в области методологии оценки пожарной опасности НП (разработан национальный стандарт ГОСТ Р 9239-1-2014 «Испытания строительных материалов и изделий на пожарную опасность. Определение пожарной опасности напольных покрытий при применении источника радиационного нагрева»).

**Основные положения диссертации опубликованы
в следующих ведущих периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Еремина, Т.Ю. Гармонизация российских и европейских систем нормативных документов в области пожарной безопасности строительных материалов [Текст] / Т.Ю. Еремина, М.П. Григорьева // Пожарная безопасность. 2013. – № 1. – С. 93–98.

2. Григорьева, М.П. Инновации в нормативно-технической документации по обеспечению пожарной безопасности [Электронный ресурс] / М.П. Григорьева // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 2. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-2/30-02-15.ttb.pdf>.

3. Григорьева, М.П. К вопросу об оценке дымообразующей способности напольных покрытий [Текст] / М.П. Григорьева, Н.И. Константинова, Т.Ю. Еремина // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – № 8. – С. 34–42.

4. Григорьева, М.П. Исследование дымообразующей способности напольных покрытий [Текст] / М.П. Григорьева, Н.И. Константинова, Т.Ю. Еремина // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 3. – С. 25–31.

5. Алехин, Е.М. Расчетно-аналитический метод оценки дымообразующей способности напольных покрытий [Текст] / Е.М. Алехин, М.П. Григорьева, Н.И. Константинова, Т.Ю. Еремина // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 5. – С. 98–102.

Остальные публикации по теме диссертации

6. Григорьева, М.П. К вопросу о гармонизации норм в области пожарной безопасности строительных материалов [Текст] / М.П. Григорьева // Проблемы техносферной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – С. 95–96.

7. Еремина, Т.Ю., Григорьева, М.П. Краткий обзор методов оценки пожарной опасности напольных покрытий [Текст] / Т.Ю. Еремина, М.П. Григорьева // Проблемы техносферной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – С. 86–88.

8. Григорьева, М.П. Современные проблемы внедрения европейских методов испытаний напольных покрытий на пожарную опасность [Текст] / М.П. Григорьева // Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием. – СПб, 2014. – С. 22–24.

9. Еремина, Т.Ю. Нормативные требования пожарной безопасности и методы испытаний напольных покрытий в соответствии с российскими и европейскими стандартами [Текст] / Т.Ю. Еремина, М.П. Григорьева // Наука и технологии: шаг в будущее. – Прага: Education and Science, 2014. – С. 41–46.
10. Григорьева, М.П. Сравнительный анализ некоторых положений российского и европейского методов оценки дымообразующей способности напольных покрытий [Текст] / М.П. Григорьева // Проблемы техносферной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – С. 25–27.
11. Григорьева, М.П. Характеристики пожарной опасности напольных покрытий [Текст] / М.П. Григорьева // Безопасность в ЧС: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – СПб., 2014. – С. 214–217.
12. Еремина, Т.Ю. Методология оценки характеристик пожарной опасности напольных покрытий в России и странах ЕС [Текст] / Т.Ю. Еремина, Н.И. Константинова, М.П. Григорьева // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2014. – № 5. – С. 33–39.
13. Григорьева, М.П. Методы исследования дымообразующей способности напольных покрытий в России и за рубежом [Текст] / М.П. Григорьева // Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием.– СПб.: Политех, 2015. – С. 178–182.
14. Еремина, Т.Ю. Пожаробезопасное применение напольных покрытий [Текст] / Т.Ю. Еремина, Н.И. Константинова, М.П. Григорьева // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях: материалы VII Международной научно-практической конференции. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. – С. 122–124.
15. Григорьева, М.П. Дымообразование при термоокислительном разложении напольных покрытий [Текст] / М.П. Григорьева // Проблемы техносферной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 184–186.
16. Григорьева, М.П. Динамические параметры дымообразующей способности полимерных напольных покрытий [Текст] / М.П. Григорьева, Н.И. Константинова, Т.Ю. Еремина // Полимерные материалы пониженной горючести: материалы VIII международной конференции. – Алматы, 2017. – С. 98–102.
17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016616715. Программа для расчета параметров пожарной опасности полимерных материалов с применением методов факторного анализа [Текст] / Е.М. Алехин, М.П. Григорьева. – Оpubл. 17 июня 2016 г. – 1 с.

Подписано в печать 26.09.2018 Формат 68×84 1/16
Печать офсетная. Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 354
Академия ГПС МЧС России, 129366 Москва, ул. Бориса Галушкина, 4