

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ ОЧАГА ПОЖАРА

Тимаков П.И.

*Тимаков Павел Иванович – магистрант,
кафедра криминалистики и инженерно-технических экспертиз,
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации
последствий стихийных бедствий,
г. Санкт-Петербург*

Аннотация: в статье приводится анализ пожарной обстановки на территории Российской Федерации в разрезе пятилетнего периода. А также анализ применимости детерминантных математических моделей динамики опасных факторов пожара при установлении очага пожара.

Ключевые слова: опасные факторы пожара, математическая оценка очаговых признаков.

Анализ пожарной обстановки на территории Российской Федерации в разрезе пятилетнего периода [2015/2020] неутешителен [1 – 3]:

– количество пожаров в исследуемом периоде [2015/2020] возросло в 3,3 раза (на 230,8 %): [2015 – 132,8 тыс. ед. / 2020 – 439,3 тыс. ед.];

– прямой материальный ущерб от пожаров в исследуемом периоде [2015/2020] возрос в 1,6 раза (на 55,2%): [2015 – 13,4 млрд руб. / 2020 – 20,8 млрд руб.];

– количество пожаров на 1 млн населения в исследуемом периоде [2015/2020] возросло в 3,2 раза (на 215,8%): [2015 – 0,9 тыс. ед. / 1 млн населения / 2020 – 3,0 тыс. ед. / 1 млн населения];

– количество погибших в пожарах людей в исследуемом периоде [2015/2020] возросло на 6,4%: [2015 – 7,8 тыс. чел. / 2020 – 8,3 тыс. чел.].

В медийном пространстве (СМИ, ТВ, Internet, общественность) зафиксированы крупнейшие пожары с шокирующими последствиями [3]: общежитие РУДН (2003, Москва, погибло 44 чел.), наркологическая больница № 17 (2006, Москва, погибло 46 чел.), дом престарелых в ст. Камышеватской (2007, Краснодарский край, погибло 62 чел.), клуб «Хромая лошадь» (2009, Пермь, погибло 156 чел.), психиатрическая больница № 14 (2013, пос. Раменский, Московская обл., погибло 41 чел.), психоневрологический интернат «Оксочи» (2013, д. Лука, Новгородская, обл., погибло 37 чел.), ТРЦ «Зимняя вишня» (2018, Кемерово, погибло 60 чел. (41 – дети)).

Ситуация усугубляется также фактом того, что смертность от пожаров на территории Российской Федерации в пятилетней динамике [2015 – 2020] имеет один из наиболее высоких показателей [1] – 7,5 / 100 тыс. нас. (аналогичный показатель [4] для РК – 2,7 / 100 тыс. нас., США – 1,0 / 100 тыс. нас.; ФР, ФРГ – 0,5 / 100 тыс. нас.). Постфактумные, ретроспективные проверки и анализ причин возгораний, пожаров и пожароопасных ситуаций не приносят должного профилактического эффекта, вследствие чего создаются актуальные предпосылки для поиска решений по повышению эффективности пожарно-спасательных и пожарно-эвакуационных операций путём применения современных решений в моделировании и прогнозировании.

Современные средства цифровизации и модельного анализа позволяют выполнить оптимизацию объёмно-планировочных, объёмно-пространственных, а также технолого-конструктивных решений строительных объектов, организовать эффективную сеть эвакуационных путей и выходов, получить адекватные локальным условиям решения противопожарной безопасности. Также использование современных достижений программных продуктов в области анализа причин возгорания, динамики пожара на объекте возгорания, поиска и установления очага возгорания позволит получить предметные модельно-аналитические сведения, которые имеют высокую применимость не только для целей судебных пожарных экспертиз, но и для поиска решений, направленных на повышение противопожарной профилактики. Основу программно-численных моделей составляют системы математических уравнений, описывающие физику исследуемых процессов, вследствие чего существует актуальная задача в развитии математического аппарата для учёта всех возможных физических проявления опасных факторов пожара с целью развития и оптимизации сферы программных продуктов для моделирования пожаров и пожароопасных ситуаций.

Основу физико-математической теории и математического анализа динамических процессов, которые возникают при проявлении опасных факторов пожара, сформировал д.т.н. проф. Ю.А. Кошмаров [5], которая легла в основу нормативно-регламентных рекомендаций, используемых для математического анализа динамики пожароопасных процессов [6]. Разработанная теория предполагает использование трёх типовых форм математических моделей: интегральной, зональной и полевой. Однако, как отмечено авторами [7], представленные модели всё не несут универсальный характер и требуют последующего исследования и развития, ввиду упрощения ряда физических проявлений, таких как динамика скорости газификации, динамика отношения теплового потока в очаге горения. Также, в рамках настоящего исследования, использование данных моделей, не позволяет однозначно сформировать математический

аппарат и последующее моделирование для выявления очаговых признаков на объекте возгорания, вследствие чего формируется научная новизна заданного направления изысканий, которую предполагается развивать данной работ.

Опасные факторы пожара (ОФП) определены и классифицированы в соответствии с нормами и положениями 123-ФЗ [8], ГОСТ 12.1.004-91 [9], для которых согласно положений [10] выделены физические меры проявлений, используемых для формирования численно-математических моделей динамических процессов возгораний:

– ОФП № 1: теплофизические и термодинамические параметры процессов возгорания и горения, формирующие основные операторы, используемые для систем уравнений математических моделей, описывающих влияния ОФП (в рамках общепринятых физических процессов) – натурные величины;

– ОФП № 2: удельные теплофизические и термодинамические параметры процессов возгорания и горения – производные величины, используемые для дифференциации и дискретизации натуральных величин, в рамках применяемых математических моделей для оценки влияния ОФП;

– ОФП № 3: температурный фактор, приводящий к развитию термодинамических параметров пожара;

– ОФП № 4: токсические продукты, выделяемые на протяжении процесса горения и вызывающие отравление органов дыхания человека, находящегося в среде возгорания;

– ОФП № 5: фактор снижения концентрации кислорода, отличной от пригодной для дыхания человеком, вследствие активного участия атмосферного кислорода в экзотермических реакциях окисления в выделенном объеме объекта возгорания;

– ОФП № 6: дымообразование, сопутствующий физико-химический процесс, приводящий к выделению агента, значительно снижающего оптическую видимость в выделенном объеме объекта возгорания, что понижает успешность действий по эвакуации и спасению людей, находящихся в пространстве, подверженном влиянию ОФП.

Для численной оценки и регламентного нормирования в соответствии с действующей нормативной базой (123-ФЗ [8], ГОСТ 12.1.004-91 [9]) обозначенной системе ОФП представлены референтные значения [10], превышение которых значительно ухудшает здоровье человека, пребывающего на объекте возгорания.

Для физических параметров ОФП, обозначенной выше системы, разработаны и внедрены в действие ряд детерминантных математических аппаратов (моделей), получивших наибольшее распространение [5, 6, 10 – 16] – таблица 1.

Таблица 1. Анализ применимости детерминантных математических моделей динамики ОФП

Сравнительный параметр	Интегральная модель	Зонная модель	Полевая модель
Характерная информация, получаемая в процессе моделирования	Получение средних численных значений ОФП на протяжении хронометража пожара	Выделение характерных зон развития ОФП и оценка их численного значения	Получение численных значений ОФП для любой локальной точки (в объеме объекта возгорания) с доступностью любой точки хронометража пожара с высоким уровнем детализации получаемых значений
Математический аппарат	Система уравнений, дифференцируемых по времени пожара	Совокупность систем уравнений, дифференцируемых по времени пожара с искомыми функциями локализации координат характерных зон процесса возгорания	Детализированная применительно к физической картине процесса возгорания сложная система уравнений и производных, описывающих пространственно-временную динамику теплофизических процессов, сопровождающих проявление ОФП, используя базовые физические закономерности (закон Стокса, закон Фурье, закон диффузии, закон радиационного переноса, пр.). В общем представлении – система уравнений, дифференцируемых по времени пожара и координатам расчётных точек
Применимость модели, согласно положениям [6]	Для зданий (системы помещений) простой геометрической конфигурации, где линейные размеры очага возгорания разнятся не более чем в 5 раз относительно размеров объекта возгорания. Для предварительного моделирования сценария с	Для случая с интегральной моделью. Для помещений большого объема, в котором очаг возгорания имеет размеры значительно меньше размеров объекта возгорания. Для моделирования динамики ОФП в разных характерных зонах объекта возгорания	Для объектов и систем объектов сложной конфигурации, различного геометрического соотношения габаритных размеров. Для случаев, в которых отсутствует возможность применения интегральной модели и зонной модели

	максимальной пожарной нагрузкой на объект возгорания		
Данные относительно очага возгорания и очаговых признаков (применительно к настоящим исследованиям)	На задаёт и не определяет очаг возгорания	Выделяет характерные зоны и размеры очага возгорания	Позволяет определить конфигурацию и параметры очага возгорания в любой временно-пространственной точке процесса горения

Таким образом, на основании данных таблицы 1, установлено, что наиболее сложным математическим аппаратом обладает полевая модель, в основе которой заложено применение максимального количества (доступного современному научному миру) физических закономерностей, что преследуется с целью получения наиболее адекватных значений динамики ОФП реальной физической картине пожара – рисунок 1 [10].



Рис. 1. Структура полевой модели исследования динамики ОФП [10]

Относительно заданного направления изысканий, представленная система моделей исследований динамики ОФП имеет различную дифференциацию относительно предоставления информации об очаге возгорания. Согласно данным таблицы 1, наиболее целесообразными, в этом случае, являются зональная и полевые модели:

- зональная модель позволяет выделить характерные зоны очага возгорания, его геометрические параметры и конфигурацию;
- полевая модель, кроме возможностей зонной модели, относительно пространственного конфигурирования очага возгорания имеет возможность определение динамики ОФП в локальных точках источника (очага), что проявляется в более полной возможности выявления очаговых признаков в помещении (на объекте возгорания).

Очаговые признаки пожара в помещении, согласно классификации [17, 18], представлены на рисунке 2.

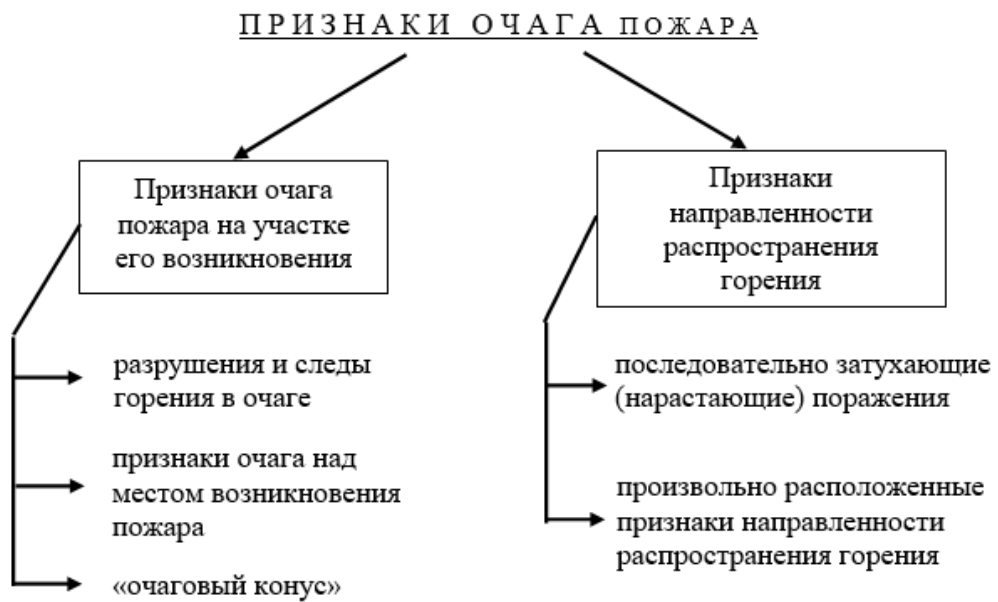


Рис. 2. Система очаговых признаков возгорания в помещении [17]

В настоящей практике судебно-экспертного расследования пожаров и возгораний наибольшее распространение получил метод исследования электросопротивления копоти по верхним ограждающим конструкциям выделенного строительного объема объекта возгорания [17, 18]. Сущность выделенного метода заключается в формировании карт изополей с различным уровнем электросопротивления, значение которого получают путём натурного измерения при расследовании пожара. Зоны с наибольшей термодеструкцией ограждений объекта возгорания имеют наименьшее электросопротивление копоти. Применимость данного метода продемонстрированы на примере типовом примере (рисунки 3, 4).

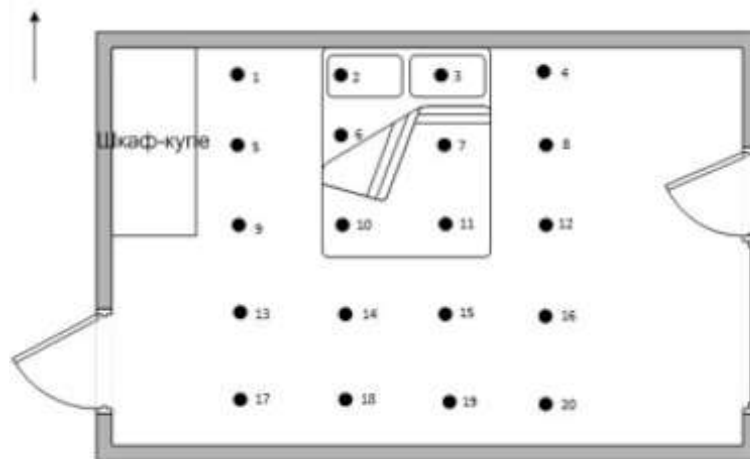


Рис. 3. Сетка установки датчиков для натурного измерения электросопротивления копоти на объекте возгорания

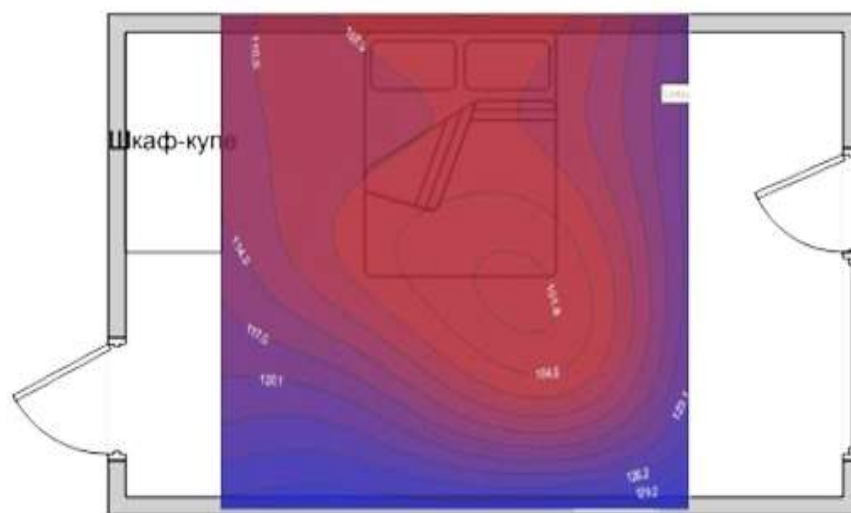


Рис. 4. Карта изополей электросопротивления копоти, полученная по дискретным значениям измеренного (в натуре) электросопротивления копоти, образовавшейся на верхней ограждающей конструкции (потолке) на объекте возгорания

Как продемонстрировано на рисунке 4, по характеру изополей и наличия локальных экстремумов электросопротивления копоти возможно получить сведения о локализации очага возгорания, направленности и развитии процесса возгорания, а также прочих очаговых признаках пожара на исследуемом объекте возгорания.

Данный метод определения очаговых признаков пожара на объекте возгорания с точки зрения математического моделирования носит практический интерес, ввиду возможности коррелятивного анализа полученных натуральных значений (по результатам пожарно-судебной экспертизы) для формирования соответствующего математического аппарата на базе зонной и полевой моделей динамики ОФП (согласно результатам анализа в таблице 1).

В рамках представленного аналитического исследования относительно применимости математического аппарата разработанной теории прогнозирования динамики ОФП для прогнозирования и выявления очаговых признаков пожара на объекте возгорания выявлены следующие аспекты:

- анализ ОФП позволил выявить основные численные параметры проявления пожаров и возгораний, которые отражаются на очаговых признаках пожара на объекте возгорания;
- анализ математического аппарата теории прогнозирования динамики ОФП выделил две математические модели, применимость которых подтверждается возможностью получения тактико-физической информации об очаге возгорания – зонная и полевая модель;
- анализ технических методов судебно-пожарных экспертиз, проводимых на объектах возгорания, с получением карт изополей электросопротивления копоти на верхних ограждениях помещений после пожара, позволяет сделать вывод о возможности применения представленного выше математического аппарата зонной и полевой моделей динамики ОФП на основании корреляции с обозначенными натурными данными, что является основанием для перспективной разработки метода численно-программного моделирования очаговых признаков на объекте возгорания.

Список литературы

1. Полехин П.В. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году [Текст]: Статистический сборник / П.В. Полехин [и др.]. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2021. 112 с.: ил. 5.
2. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 г. [Текст]: Государственный доклад / МЧС России. М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 264 с.
3. Официальный сайт Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. [Электронный ресурс]. Режим доступа: mchs.gov.ru/ (дата обращения: 04.10.2021).
4. The International Technical Committee for the Prevention and Extinction of Fire. [Электронный ресурс]. Режим доступа: ctif.org/ (дата обращения: 04.10.2021).
5. Кошмаров Ю.А. Моделирование динамики начальной стадии пожара в помещениях, зданиях и сооружениях при воспламенении горючей жидкости [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / 05.26.03. Пожарная и промышленная безопасность (технические науки) // Ю. А. Кошмаров. М.: Академия государственной противопожарной службы МЧС России, 2004. 201 с.

6. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности [Текст]: Приказ МЧС России от 30 июня 2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (с изменениями на 2 декабря 2015 года)» / Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Российская газета. N 161. 28.08.2009 // [Электронный ресурс]. Режим доступа: docs.cntd.ru/ (дата обращения: 04.10.2021).
7. Ярош А.С. Анализ математических моделей развития опасных факторов пожара в системе зданий и сооружений [Текст] / А. С. Ярош [и др.] // Вестник, 2019. № 1. С. 50–56.
8. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Текст] Федеральный закон (ФЗ) от 22 июля 2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 30 апреля 2021 года)» / Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации. Собрание законодательства Российской Федерации, N 30, 28.07.2008, (ч. I), ст. 3579 // Российская газета. N 163, 01.08.2008 // Парламентская газета. N 47-49, 31.07.2008 (без приложения) // [Электронный ресурс]. Режим доступа: docs.cntd.ru/ (дата обращения: 04.10.2021).
9. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1) [Текст]: ГОСТ (Государственный стандарт) / Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совмине СССР. Официальное издание. М.: Стандартиформ, 2006 // [Электронный ресурс]. Режим доступа [сайт]: docs.cntd.ru/ (дата обращения: 04.10.2021).
10. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении [Текст]: Учеб. пособие / Ю.А. Кошмаров [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 126 с.
11. Кошмаров Ю.А. Математическая модель начальной стадии пожара в помещении при воспламенении горючей жидкости [Текст] / Ю.А. Кошмаров // Пожаровзрывобезопасность, 2004. № 5. С. 70–80.
12. Колодяжный С.А. Математическое моделирование динамики основных опасных факторов в начальной стадии пожара [Текст] / С.А. Колодяжный, И.И. Переславцева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2014. № 4 (30). С. 403–412.
13. Щербакова К.С. Численное моделирование пожаров, проблемы применения интегральной и полевой моделей [Текст] / К.С. Щербакова, И.А. Рябова, И.В. Ситников // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, 2014. С. 188–191.
14. Миклина Е.А. О проблемах моделирования динамики пожара [Текст] / Е.А. Миклина, С.Н. Волкова // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы, 2018. С. 599–602.
15. Ситников И.В. Имитационное моделирование термогазодинамических процессов развития пожара для определения его критической продолжительности [Текст] / И.В. Ситников [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, 2012. С. 251–253.
16. Ахтулов А.Л. Анализ основных моделей пожара, применяемых для определения начальной стадии возгорания [Текст] / А.Л. Ахтулов [и др.] // Омский научный вестник, 2015. № 3 (143). С. 8–11.
17. Данилина Н.Е. Расследование пожаров [Текст]: Учебное пособие / Н.Е. Данилина. Тольятти: Тольяттинский государственный университет (ТГУ), 2018. 214 с.
18. Выявление очаговых признаков и путей распространения горения методом исследования слоев копоти на месте пожара [Текст]: Методические рекомендации. М.: МЧС России, 2008. 46 с. // [Электронный ресурс]. Режим доступа [сайт]: docs.cntd.ru/ (дата обращения: 04.10.2021).