

Научная статья

УДК 614.8614.8; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-51-61

ЭКСПЕРТИЗА СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ НА ЭТАПЕ СОГЛАСОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

✉ **Вытовтов Алексей Владимирович.**

**Воронежский институт повышения квалификации сотрудников
ГПС МЧС России, г. Воронеж, Россия.**

Калач Андрей Владимирович;

Агеев Павел Михайлович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ **taft.RVK@yandex.ru**

Аннотация. Моделирование чрезвычайных ситуаций на этапе проектирования объекта защиты должно проводиться при отсутствии норм проектирования и разработке специальных технических условий. Разработка данных решений требует всестороннего изучения объекта защиты и высокой компетенции в вопросах обеспечения пожарной безопасности. Введена рекомендация территориальным нормативно-техническим советам при рассмотрении специальных технических условий проводить проработку со специалистами профильных образовательных и научно-исследовательских учреждений МЧС России. Данное мероприятие может быть выполнено путем включения указанных лиц в состав комиссии или подготовки отдельного заключения на коммерческой основе. В исследовании представлены особенности моделирования предельной плотности теплового потока при пожаре и разработки компенсирующих мероприятий с учетом замечаний специалистов пожарно-технической образовательной организации. Рассмотрен торговый центр, для которого отсутствуют нормы проектирования в части выбора противопожарных преград. Изучено семь сценариев развития чрезвычайной ситуации, выявлены типовые замечания при проведении данных работ. Акцентировано внимание разработчиков на необходимости расчета пожарного риска и учета значений времени эвакуации людей.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, специальные технические условия, моделирование пожара, предельная плотность теплового потока, пожарный риск

Для цитирования: Вытовтов А.В., Калач А.В., Агеев П.М. Экспертиза систем противопожарной защиты на этапе согласования специальных технических условий // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 4 (72). С. 51–61. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-51-61.

Scientific article

FIRE PROTECTION SYSTEMS EXAMINATION AT THE SPECIAL TECHNICAL CONDITIONS APPROVAL STAGE

✉ **Vytovtov Alexey V.**

Voronezh institute of advanced training of employees of EMERCOM of Russia, Voronezh, Russia.

Kalach Andrey V.;

Ageev Pavel M.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ **taft.RVK@yandex.ru**

Abstract. Modeling emergency situations during the design phase of a protected object should occur in the absence of established design standards and the formulation of specific technical conditions. The generation of these solutions necessitates a comprehensive analysis of the protected

object and a high level of expertise in fire safety matters. It is recommended that territorial regulatory and technical councils collaborate with specialists from specialized educational and research institutions affiliated with EMERCOM of Russia when evaluating special technical conditions. This collaboration may involve including these specialists in the commission or producing a separate report on a contractual basis. The study highlights the intricacies of modeling maximum heat flux density during a fire and developing compensatory measures, incorporating feedback from experts at a fire-technical educational institution. A shopping center, for which no design standards for selecting fire barriers exist, is used as a case study. Seven potential emergency scenarios are analyzed, and typical observations are identified during these assessments. Developers are urged to prioritize the calculation of fire risk and to consider the evacuation time of individuals as a critical factor in their designs.

Keywords: emergency situations, special technical conditions, fire simulation, maximum heat flux density, fire risk

For citation: Vytovtov A.V., Kalach A.V., Ageev P.M. Fire protection systems examination at the special technical conditions approval stage // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 4 (72). P. 51–61. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-51-61.

Введение

Специальные технические условия (СТУ) разрабатываются на объекты, для которых отсутствуют нормы проектирования. Данный вид проектной документации был утвержден в 2008 г. в Федеральном законе от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ФЗ № 123-ФЗ). За время использования данного инструмента при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений определены его следующие основные достоинства:

- возможность строительства объектов, для которых отсутствуют нормы проектирования; возможность компенсировать отступления от норм пожарной безопасности дополнительными мероприятиями;
- расширение возможностей в проектировании за счет невыполнения типовых объемно-планировочных решений, предусмотренных в документах по пожарной безопасности. Возможно проектирование путей эвакуации без учета предельных значений расстояния;
- расчет пожарного риска в СТУ является частью проектной документации и имеет бессрочное действие;
- при разработке СТУ плановые мероприятия федерального государственного пожарного надзора проводятся в полном объеме по ст. 6 ФЗ № 123-ФЗ с учетом проектных решений, замещающих часть требований, регламентированных нормативными документами по пожарной безопасности [1];
- дополнительные технические мероприятия, вводимые в СТУ, проходят единую государственную экспертизу проектной документации в составе проекта [2, 3].

К основным недостаткам, возникающим при использовании СТУ при проектировании, можно отнести высокую стоимость разработки и согласования документа, дополнительные временные затраты на утверждение, материальные издержки на создание и поддержание дополнительных систем пожарной безопасности [4, 5].

Основанием для разработки СТУ служит ч. 2 ст. 78 ФЗ № 123-ФЗ. Именно в этой статье регламентировано, что документ разрабатывается при условии отсутствия норм проектирования и включает в себя системы обеспечения пожарной безопасности, специализированные под характеристики защищаемого объекта [6, 7].

Научная новизна исследования заключается в анализе новой методики согласования СТУ с обязательной проработкой специалистами пожарно-технических научно-исследовательских, экспертных учреждений, пожарно-технических образовательных организаций, а также анализе содержательной части проводимых исследований на примере здания торгового центра.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2021 г. № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре» для применения к объекту защиты СТУ необходимо произвести согласование разработанных технических решений с главным государственным экспертом Российской Федерации по пожарному надзору [8, 9].

Рассмотрение СТУ проводят нормативно-технические советы главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации. Опыт работы данных подразделений показал отсутствие в ряде территорий научно-исследовательских и образовательных организаций пожарно-технического профиля, которые можно было бы включить в состав советов. На основании изложенного и принимая во внимание повышенную опасность рассматриваемых объектов МЧС России предлагает проводить проработку СТУ с участием специалистов пожарно-технических, научно-исследовательских, экспертных учреждений, а также пожарно-технических образовательных организаций. Данная рекомендация представлена в виде письма директора Департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России от 5 февраля 2020 г. № ИТ-19-20 (Письмо) и основывается на п. 10 Административного регламента МЧС России по согласованию СТУ по пожарной безопасности (приказ МЧС России от 28 ноября 2011 г. № 710, зарегистрирован в Минюсте России, регистрационный № 22899 от 30 декабря 2011 г.). Исходя из представленных данных, образовательные учреждения пожарно-технического профиля получили востребованность в коммерческом проведении пожарно-технической экспертизы. Заключение отдельным документом прилагается к комплекту рассмотрения нормативно-технического совета МЧС России.

Цель исследования – определить особенности экспертизы систем противопожарной защиты на этапе согласования СТУ на примере проектируемого торгового центра.

Методы исследования

Для достижения цели исследования в работе используются следующие методы научного познания: анализ документов, имитационное моделирование и формализация.

Технические мероприятия, предлагаемые в СТУ, должны обеспечивать защиту жизни и здоровья людей, материальных ценностей и обеспечивать безопасность третьих лиц. Нормативно-технические советы главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации проверяют обоснованность, достаточность, исполнимость предлагаемых мероприятий на объекте защиты и в регионе в целом [10].

У территориальных комиссий есть ограничения в полномочиях, заключающихся в возможности согласования только типовых решений, согласованных главным государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору или одним из его заместителей. Перечень типовых решений и протоколы заседаний нормативно-технического совета размещены на официальном сайте МЧС России.

Обобщая представленную информацию, должностные лица территориальных нормативно-технических советов проверяют применимость типовых решений к конкретному объекту защиты [11], а специалисты пожарно-технических, научно-исследовательских, экспертных учреждений, а также пожарно-технических образовательных организаций проводят экспертизу СТУ на предмет правильности применения методик оценки системы противопожарной защиты (ППЗ) и достаточности предлагаемых типовых мероприятий.

В качестве объекта исследования выбраны СТУ, разработанные ООО «НПК Пож-Эксперт», на проектирование и строительство в части обеспечения пожарной безопасности объекта «Блокированное здание торгового центра» (г. Пенза, ул. Ново-Терновская, д. 1) в 2022 г.

Предметом исследования является независимая экспертиза состава системы ППЗ, разработанной в СТУ для объектов, на которые отсутствуют нормы проектирования.

Объектом, на который разработаны СТУ, является проектируемое здание «Блокированное здание торгового центра». Размеры объекта в плане составляют 25,55х68,35 м. Объект по проекту пристраивается к существующему зданию торгового центра «Город». Проектируемое здание отделяется от существующего здания торгового центра «Город» противопожарной стеной 1-го типа с пределом огнестойкости REI150. Фасад проектируемого объекта, обращенный на автомобильную газозаправочную станцию (АГЗС), представлен на рис. 1.

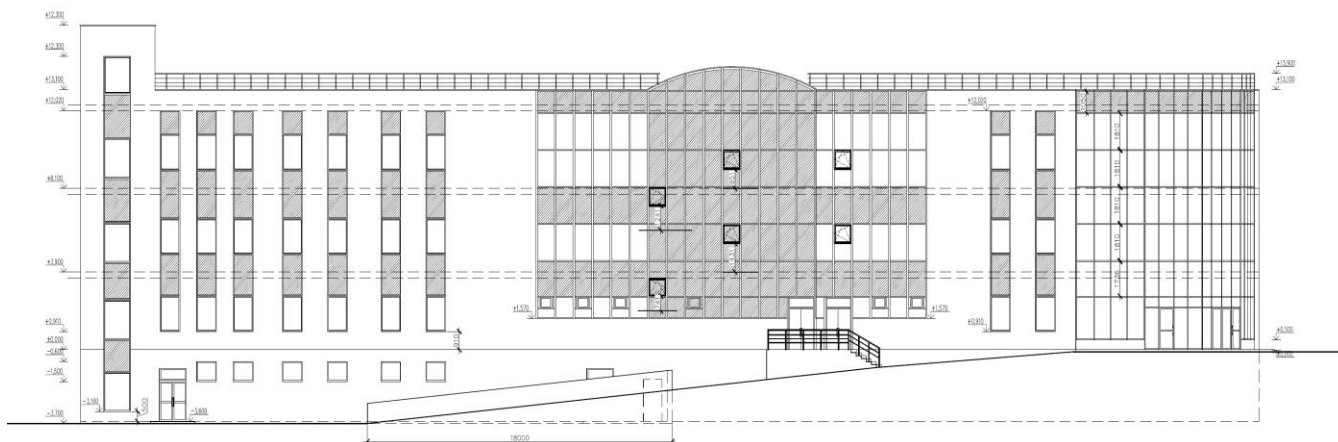


Рис. 1. Схема фасада проектируемого здания торгового центра, выходящего на АГЗС

В рассматриваемом примере необходимость разработки СТУ обусловлена отсутствием нормативных требований пожарной безопасности по выбору противопожарной преграды, отделяющей торговый центр, открытую автостоянку и АГЗС.

Необходимо добавить, что СТУ распространяются только на проектирование рассматриваемого объекта защиты и должны соблюдаться на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации. Они являются техническими нормами, содержащими дополнительные к установленным или отсутствующим нормам требования пожарной безопасности.

Требование о применении разработанных технических решений только в конкретном объекте возникают вследствие проведения расчетов тепломассопереноса на пожаре [12], эвакуации посетителей и системы противопожарной защиты [13, 14]. Масштабирование разработанных систем к подобным зданиям без всестороннего изучения особенностей не обеспечивает требуемый уровень надежности [15].

Для защиты проектируемого торгового центра разработано несколько технических решений. Необходимо выполнить дренчерную завесу с расходом не менее 1 л/с на метр длины завесы по фасаду торгового центра. С внешней стороны на фасаде здания торгового центра (обращенного в сторону АГЗС) предусмотреть установку системы пожарной сигнализации с применением извещателей пламени, системы видеонаблюдения, ориентированной на территорию АГЗС, и системы датчиков до взрывоопасных концентраций, а также системы оповещения о пожаре (аварии) на АГЗС с передачей специальных текстов и (или) включением сирен. Запуск системы оповещения предусмотреть в автоматическом режиме от извещателей пламени или датчиков до взрывоопасных концентраций, а также дистанционно из помещения пожарного поста. Передачу сигналов от извещателей пламени, датчиков до взрывоопасных концентраций и системы видеонаблюдения предусмотреть в помещении пожарного поста с круглосуточным пребыванием дежурного персонала. Также для предотвращения воздействия теплового излучения при пожаре на АГЗС между открытой автостоянкой (парковка автомобилей торгового центра) и АГЗС необходимо предусмотреть в качестве противопожарной

преграды устройство противопожарной стены 1-го типа с пределом огнестойкости REI150, высотой не менее 2,5 м и длиной 75 м.

Для подтверждения достаточности разработанных технических решений к СТУ прилагаются расчет величины противопожарных расстояний и расчет пожарного риска для торгового центра и АГЗС. Требования по расчету пожарного риска в двух зданиях, между которыми уменьшаются противопожарные расстояния, содержатся в пункте А. 33 приказа МЧС России от 24 апреля 2013 г. № 288 (в ред. от 15 июня 2022 г.) «Об утверждении свода правил СП 4.13130 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».

Результаты исследования и их обсуждения

Для проверки достаточности предложенных мероприятий был выполнен теплотехнический расчет. По результатам экспертизы СТУ, специалисты пожарно-технической образовательной организации выявили ряд сценариев, упущенных разработчиками. В нормах противопожарное расстояние должно ограждать от распространения пламени при горении каждый из объектов. Для достижения проверки выполнения указанных требований по результатам экспертизы исполнителями были выполнены следующие дополнительные сценарии:

1. Сценарий № 1 (добавлен в тепловой расчет) по расчету теплового потока при горении автомобиля на стоянке с анализом предельной плотности излучения, распространяемого на АГЗС.

2. Сценарий № 2 (добавлен в тепловой расчет) расчета теплового потока при горении торгового центра с анализом предельной плотности излучения, распространяемого на АГЗС.

3. Сценарий № 3 (добавлен в тепловой расчет) горения газа в АГЗС с указанием предельной плотности теплового потока, воздействующего на автомобильную стоянку и здания торгового центра.

Основанием для разработки СТУ послужило отсутствие требований норм проектирования к противопожарным преградам при существующей конфигурации объектов на территории. Для обеспечения безопасности посетителей был предложен запуск системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре здания торгового центра как от систем ППЗ самого здания, так и от наружных извещателей пламени или датчиков до взрывоопасных концентраций [16]. При этом предусмотрена возможность реализации нескольких вариантов эвакуации [17] с передачей специальных текстов разного содержания:

– при поступлении сигнала от систем ППЗ здания эвакуация из торгового центра предусмотрена через все наружные эвакуационные выходы;

– при поступлении сигнала от наружных извещателей пламени либо датчиков до взрывоопасных концентраций предусмотрен вариант эвакуации через эвакуационные выходы, не выходящие в сторону АГЗС [18]. Эвакуационный выход в наружной стене, обращенной в сторону АГЗС, при этом блокируется [19].

Предложенные датчики до взрывоопасных концентраций необходимы для идентификации сжиженного природного газа, который используется на АГЗС [20]. При реализации сценария пожара-вспышки после разгерметизации резервуаров газ за счет высокой плотности распространяется по поверхности земли, «растекаясь» на значительные расстояния.

В сценарии СТУ при обнаружении концентрации взрывоопасных веществ в воздухе двери, расположенные на фасаде, представленном на рис. 1, блокируются, а эвакуация проводится в безопасную сторону. Данное техническое решение позволяет обеспечить безопасную эвакуацию и предотвратить возможный выход посетителей в среду, наполненную горючим газом [21, 22].

Фактическое расстояние между реконструируемым торговым центром и существующей операторской АГЗС составляет 40,9 м. Расстояние между реконструируемым торговым центром и резервуаром хранения топлива АГЗС составляет 37,6 м. АГЗС предусмотрена с подземным размещением резервуаров хранения топлива. Доставка топлива на АГЗС предусмотрена автоцистерной с двустенным теплоизолированным резервуаром.

При выполнении экспертизы необходимо удостовериться в правильности исходных данных, критериев выбора сценария пожара и расчетной методики. В рассматриваемых СТУ исполнители использовали методику, соответствующую нормам пожарной безопасности.

Для проверки правильности применения методики и сделанных выводов изучено семь сценариев развития пожара. Значения падающего теплового потока определялись по полевой модели с помощью программы FDS версии 6.7.5. При расчетном определении противопожарных расстояний главное оцениваемое значение – предельная плотность теплового потока. В методике для расчета допустимого значения плотности теплового потока необходимо критическое значение умножить на коэффициент безопасности 0,8.

Также на процесс распределения тепла от пожара будут влиять погодные условия и направление ветра. Для учета наиболее неблагоприятного сценария в каждой из моделей принята скорость ветра, направленного в сторону негорящего здания, равная 20 м/с. Трехмерная визуализация распространения опасных факторов пожара (ОФП) представлена на рис. 2.

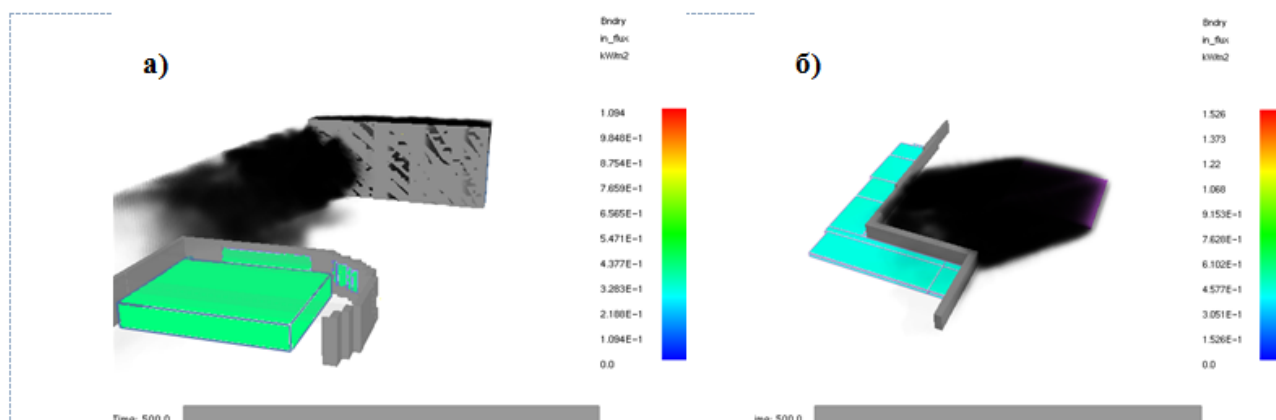


Рис. 2. Распространение ОФП и теплового потока:
а – горение проектируемого торгового центра; б – горение АГЗС

На представленном рис. 2 а моделируется горение фасада торгового центра. По сценарию горение начинается в магазине бытовой электроники, использована стандартная пожарная нагрузка «Радиоматериалы; поли- (этилен, стирол, пропил), гетинакс». После разрушения оконных проемов огонь выходит на фасад и создает тепловой поток, воздействующий на здание АГЗС. В отделке заправочной станции оконные проемы заполнены с применением поливинилхлоридных рам. Критическим значением, необходимым для воспламенения данного материала, является 8 кВт/м². При достижении данного показателя воспламенение произойдет без источника зажигания. Исходя из коэффициента безопасности, допустимым будет являться значение 6,4 кВт/м². В моделировании Сценария № 2 максимальное значение плотности теплового потока составило 1,094 кВт/м².

Сопоставление полученных значений показывает отсутствие опасности для здания АГЗС при горении торгового центра.

Усложненным является сценарий горения АГЗС (рис. 2 б): в нем уменьшены противопожарные расстояния до парковки автомобилей. Для защиты техники предусмотрена противопожарная стена высотой 2,5 м с пределом огнестойкости REI150.

Моделирование развития чрезвычайной ситуации на заправочной станции должно учитывать пожар в здании и на заправочной площадке.

Необходимо отметить, что в технологическом процессе используются трубопроводы диаметром 20 мм и 76 мм, каждый из которых должен быть рассчитан на разгерметизацию с последующим горением. Необходимо определить радиус воздействия продуктов сгорания паровоздушного облака для двух сценариев: пожара-вспышки и факела при струйном горении. Для припаркованных автомобилей допустимым является величина теплового потока 6,4 кВт/м².

Заключение

Экспертиза систем ППЗ, разработанных для объекта, на который отсутствуют нормы проектирования, требует не только профессиональных знаний, но и использования специализированных программно-аппаратных комплексов, позволяющих производить моделирование термогазодинамических параметров пожара, эвакуации, расчета пределов огнестойкости и других показателей. Доступ и опыт работы с таким комплексом имеется у специалистов пожарно-технических, научно-исследовательских, экспертных учреждений, а также пожарно-технических образовательных организаций.

На этапе согласования СТУ моделирование чрезвычайных ситуаций с пожарами при разработке СТУ – обязательная часть оценки безопасности объекта. В исследовании к особенностям экспертизы отнесены проверка начальных условий построения математической модели, контроль выполнения критериев выбора наиболее неблагоприятных сценариев погодных условий и вероятных действий людей. На этапе разработки СТУ необходимо доказать обеспечение безопасности посетителей и персонала применительно к конкретному объекту защиты. Совокупность объемно-планировочных решений, технических систем и расположения людей проверяется в расчете пожарного риска. Отличительной особенностью рассматриваемых СТУ является расчет тепломассопереноса при пожаре для оценки достаточности предложенных мероприятий. В технических решениях для защиты от горящей АГЗС фасад торгового центра защищен водяной завесой. При проведении математического моделирования специалистами образовательной организации выяснено, что данное решение избыточно в связи с тем, что расчетная величина теплового потока не превышает значение 2,4 кВт/м².

Существующий порядок согласования СТУ на территориальном уровне подразумевает необходимость использовать только типовые технические решения, в связи с чем водяная завеса оставлена в проекте и будет обеспечивать дополнительную безопасность сверх минимально требуемых параметров. Математическое моделирование показало высокое значение предельной плотности теплового потока на зону автостоянки, что компенсируется противопожарной стеной 1-го типа. Использование полевой модели для описания процесса пожара позволило оценить объемно-пространственные воздействия пожара с учетом высоты стены и особенностей парковки. К особенностям экспертизы расчетов, выполненных в полевой модели пожаров, относится проверка размеров сетки моделирования, используемых параметров пожарной нагрузки и ограждающих конструкций, запрограммированных условий выгорания строительных материалов. Данные параметры напрямую влияют на уравнения, выражающие законы сохранения массы, импульса, энергии и масс компонентов в рассматриваемом малом контрольном объеме.

Проведенное исследование определяет особенности экспертизы систем ППЗ, показывает необходимость всестороннего изучения СТУ и удостоверяет положительный опыт привлечения специалистов пожарно-технических, научно-исследовательских, экспертных учреждений, а также пожарно-технических образовательных организаций. Наличие материальной базы и специализированных расчетно-программных комплексов позволяет производить проверку достаточности технических решений, предлагаемых в СТУ.

Список источников

1. Новые средства обеспечения эвакуации в общественных зданиях с массовым пребыванием людей / В.Д. Захматов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 5. С. 61–69.
2. Исследование особенностей процесса эвакуации для объектов культурного наследия / Т.Ю. Еремина [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 1. С. 54–66.
3. Панов А.А., Журавлев С.Ю., Журавлев Ю.Ю. Независимая оценка риска и исходные данные для расчета пожарного риска в общественных зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности / А.А. Панов // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 5. С. 9–18. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.05.9-18.
4. Русских Д.В., Вытовтов А.В., Шевцов С.А. Особенности процесса эвакуации людей из производственного помещения при пожаре // Техносферная безопасность. 2019. № 1 (22). С. 70–82.
5. Мироньчев А.В., Турсенев С.А. Методы технического регулирования пожарной безопасности объектов капитального строительства // Пожарная безопасность общественных и жилых зданий. Нормативы, проектирование, устройство и эксплуатация: материалы науч.-техн. конф. 2018. С. 5–8.
6. Study of children evacuation from pre-school education institutions / V.V. Kholshchevnikov [et al.] // Fire and Materials. 2012. Vol. 36. № 5–6. P. 349–366.
7. Kodur V.K.R., Venkatachari S.N., Egress M.Z. Parameters Influencing Emergency Evacuation in High-Rise Buildings // Fire Technol. 2020. Vol. 56. P. 2035–2057. DOI: 10.1007/s10694-020-00965-3.
8. Минкин Д.Ю., Мироньчев А.В., Кондрашин А.В. Перспективы развития технического регулирования противодымной защиты зданий // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 3 (35). С. 23–28.
9. Мироньчев А.В., Турсенев С.А. Ранжирование требований технического регулирования пожарной безопасности // Пожарная безопасность объектов капитального строительства. Нормативы, проектирование, устройство и эксплуатация: материалы науч.-техн. конф. СПб., 2021. С. 5–8.
10. Аналитический обзор опыта разработки специальных технических условий при проектировании зданий общественного назначения / А.В. Голкин [и др.] // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2023. № 3 (17). С. 37–43.
11. Пиунов В.В., Штернов В.П. Анализ стратегических национальных приоритетов в стратегии национальной безопасности // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2022. № 1 (52). С. 18–26.
12. Deere S. An evacuation model validation data-set for high-rise construction sites // Fire Safety Journal. 2021. Vol. 120. P. 103118.
13. Monitoring of technogenic destructions of oil and gas facilities using 3D laser scanning / O.A. Gubanova [et al.] // International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. Vol. 7. Iss. 4. P. 210–212.
14. Ramli N., Ghani N.A., Ahmad N. Psychological Response in Fire: A Fuzzy Bayesian Network Approach Using Expert Judgment // Fire Technol. 2021. Vol. 57. P. 2305–2338. DOI: 10.1007/s10694-021-01106-0.
15. Gilbert S.W. Estimating Smoke Alarm Effectiveness in Homes // Fire Technol. 2021. Vol. 57. P. 1497–1516. DOI: 10.1007/s10694-020-01072-z.
16. Лоскутов Н.В., Мироньчев А.В., Чижков А.Г. Осуществление государственного контроля за системами пожарной сигнализации в условиях применения механизма «регуляторной гильотины» // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 1 (57). С. 59–68.

17. Forssberg M., Kjellström J., Frantzich H. The Variation of Pre-movement Time in Building Evacuation // *Fire Technol.* 2019. Vol. 55. P. 2491–2513.
18. Лоскутов Н.В., Мироньев А.В. Создание систем пожарной сигнализации в современных условиях технического регулирования // *Пожарная безопасность объектов капитального строительства. Нормативы, проектирование, устройство и эксплуатация: материалы науч.-техн. конф. СПб., 2021. С. 102–106.*
19. Bode N.W.F., Codling E.A. Exploring Determinants of Pre-movement Delays in a Virtual Crowd Evacuation Experiment // *Fire Technol.* 2019. Vol. 55. P. 595–615.
20. Прогнозирование основных показателей пожаровзрывоопасности органических соединений с помощью дескрипторов и искусственных нейронных сетей, используемых в расчете пожарного риска / Д.С. Королев [и др.] // *Пожаровзрывобезопасность.* 2015. Т. 24. № 9. С. 32–38.
21. Ronchi E. Developing and validating evacuation models for fire safety engineering // *Fire Safety Journal.* 2021. Vol. 120. P. 103020. DOI: 10.1016/j.firesaf.2020.103020.
22. Chu M.L., Law K.H. Incorporating Individual Behavior, Knowledge, and Roles in Simulating Evacuation // *Fire Technol.* 2019. P. 55.

References

1. Novye sredstva obespecheniya evakuacii v obshchestvennykh zdaniyakh s massovym prebyvaniem lyudej / V.D. Zahmatov [i dr.] // *Pozharovzryvobezopasnost'.* 2018. T. 27. № 5. S. 61–69.
2. Issledovanie osobennostej processa evakuacii dlya ob'ektov kul'turnogo naslediya / T.Yu. Eremina [i dr.] // *Pozharovzryvobezopasnost'.* 2019. T. 28. № 1. S. 54–66.
3. Panov A.A., Zhuravlev S.Yu., Zhuravlev Yu.Yu. Nezavisimaya ocenka riska i iskhodnye dannye dlya rascheta pozhnogo riska v obshchestvennykh zdaniyakh, sooruzheniyah i pozharnykh otsekah razlichnykh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti / A.A. Panov // *Pozharovzryvobezopasnost'.* 2019. T. 28. № 5. S. 9–18. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.05.9-18.
4. Russkih D.V., Vytovtov A.V., Shevcov S.A. Osobennosti processa evakuacii lyudej iz proizvodstvennogo pomeshcheniya pri pozhare // *Tekhnosfernaya bezopasnost'.* 2019. № 1 (22). S. 70–82.
5. Miron'chev A.V., Tursenev S.A. Metody tekhnicheskogo regulirovaniya pozharnoj bezopasnosti ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva // *Pozharnaya bezopasnost' obshchestvennykh i zhilykh zdaniy. Normativy, proektirovanie, ustrojstvo i ekspluatatsiya: materialy nauch.-tekhn. konf.* 2018. S. 5–8.
6. Study of children evacuation from pre-school education institutions / V.V. Kholshchevnikov [et al.] // *Fire and Materials.* 2012. Vol. 36. № 5–6. P. 349–366.
7. Kodur V.K.R., Venkatachari S.N., Egress M.Z. Parameters Influencing Emergency Evacuation in High-Rise Buildings // *Fire Technol.* 2020. Vol. 56. P. 2035–2057. DOI: 10.1007/s10694-020-00965-3.
8. Minkin D.Yu., Miron'chev A.V., Kondrashin A.V. Perspektivy razvitiya tekhnicheskogo regulirovaniya protivodymnoj zashchity zdaniy // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere.* 2015. № 3 (35). S. 23–28.
9. Miron'chev A.V., Tursenev S.A. Ranzhирование trebovanij tekhnicheskogo regulirovaniya pozharnoj bezopasnosti // *Pozharnaya bezopasnost' ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva. Normativy, proektirovanie, ustrojstvo i ekspluatatsiya: materialy nauch.-tekhn. konf. SPb., 2021. S. 5–8.*
10. Analiticheskij obzor opyta razrabotki special'nykh tekhnicheskikh uslovij pri proektirovanii zdaniy obshchestvennogo naznacheniya / A.V. Golkin [i dr.] // *Aktual'nye voprosy pozharnoj bezopasnosti.* 2023. № 3 (17). S. 37–43.
11. Piunov V.V., Shternov V.P. Analiz strategicheskikh nacional'nykh prioritetov v strategii nacional'noj bezopasnosti // *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity.* 2022. № 1 (52). S. 18–26.

12. Deere S. An evacuation model validation data-set for high-rise construction sites // Fire Safety Journal. 2021. Vol. 120. P. 103118.
13. Monitoring of technogenic destructions of oil and gas facilities using 3D laser scanning / O.A. Gubanova [et al.] // International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. Vol. 7. Iss. 4. P. 210–212.
14. Ramli N., Ghani N.A., Ahmad N. Psychological Response in Fire: A Fuzzy Bayesian Network Approach Using Expert Judgment // Fire Technol. 2021. Vol. 57. P. 2305–2338. DOI: 10.1007/s10694-021-01106-0.
15. Gilbert S.W. Estimating Smoke Alarm Effectiveness in Homes // Fire Technol. 2021. Vol. 57. P. 1497–1516. DOI: 10.1007/s10694-020-01072-z.
16. Loskutov N.V., Miron'chev A.V., Chizhkov A.G. Osushchestvlenie gosudarstvennogo kontrolya za sistemami pozharnej signalizacii v usloviyah primeneniya mekhanizma «regulyatornoj gil'otiny» // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2021. № 1 (57). S. 59–68.
17. Forssberg M., Kjellström J., Frantzich H. The Variation of Pre-movement Time in Building Evacuation // Fire Technol. 2019. Vol. 55. P. 2491–2513.
18. Loskutov N.V., Miron'chev A.V. Sozdanie sistem pozharnej signalizacii v sovremennykh usloviyah tekhnicheskogo regulirovaniya // Pozharnaya bezopasnost' ob"ektov kapital'nogo stroitel'stva. Normativy, proektirovanie, ustrojstvo i ekspluatatsiya: materialy nauch.-tekhn. konf. SPb., 2021. S. 102–106.
19. Bode N.W.F., Codling E.A. Exploring Determinants of Pre-movement Delays in a Virtual Crowd Evacuation Experiment // Fire Technol. 2019. Vol. 55. P. 595–615.
20. Prognozirovanie osnovnykh pokazatelej pozharovzryvoopasnosti organicheskikh soedinenij s pomoshch'yu deskriptorov i iskusstvennykh nejronnykh setej, ispol'zuemykh v raschete pozharnogo riska / D.S. Korolev [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost'. 2015. T. 24. № 9. S. 32–38.
21. Ronchi E. Developing and validating evacuation models for fire safety engineering // Fire Safety Journal. 2021. Vol. 120. P. 103020. DOI: 10.1016/j.firesaf.2020.103020.
22. Chu M.L., Law K.H. Incorporating Individual Behavior, Knowledge, and Roles in Simulating Evacuation // Fire Technol. 2019. P. 55.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 13.05.2024; одобрена после рецензирования: 27.10.2024;
принята к публикации: 11.11.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 13.05.2024; approved after review: 27.10.2024;
accepted for publication: 11.11.2024

Информация об авторах:

Вытовтов Алексей Владимирович, старший научный сотрудник научно-исследовательской группы центра подготовки сотрудников специальной пожарной охраны Воронежского института повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России (394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231), кандидат технических наук, доцент, e-mail: taft.RVK@yandex.ru, AuthorID: 754850, SPIN-код: 9186-5088

Калач Андрей Владимирович, главный научный сотрудник отдела пожарной безопасности транспорта научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), доктор химических наук, профессор, почетный работник сферы образования Российской Федерации, e-mail: a_kalach@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8926-3151>, Author ID 195516, SPIN-код: 2584-7456

Агеев Павел Михайлович, начальник отдела пожарной безопасности транспорта научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), кандидат технических наук, e-mail: opbt@igps.ru, AuthorID: 861997, SPIN-код: 5752-7937

Information about the authors:

Vytovtov Aleksey V., associate professor of the department of technosphere and fire safety of Voronezh state technical university (394052, Voronezh, Krasnoznamennaya str., 231), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: taft.RVK@yandex.ru, AuthorID: 754850, SPIN: 9186-5088

Kalach Andrey V., chief researcher of the department of fire safety of transport of Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (193079, Saint-Petersburg, Oktyabrskaya emb., 35), doctor of chemical sciences, professor, honorary worker of education of the Russian Federation, e-mail: a_kalach@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8926-3151>, Author ID 195516, SPIN: 2584-7456

Ageev Pavel M., head of the transport fire safety department of Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (193079, Saint-Petersburg, Oktyabrskaya nab., 35), candidate of technical sciences, e-mail: opbt@igps.ru, AuthorID: 861997, SPIN: 5752-7937