

Научная статья

УДК 614.842.4; DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-185-194

ПРОВЕДЕНИЕ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ПРИ ИМИТАЦИИ ТЕСТОВЫХ ОЧАГОВ ПОЖАРА С ЭВАКУАЦИЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ ГРУППЫ

Гавкалюк Богдан Васильевич.

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

Савошинский Олег Петрович;

✉ **Прищенко Алина Владимировна.**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

✉ *Vladimir_prishenko@mail.ru*

Аннотация. Длительная эксплуатация систем пожарной сигнализации даже при условии регламентного обслуживания зачастую приводит к несвоевременному обнаружению пожара. Ввиду возможности загрязнения, запыления и, как следствие, снижения чувствительности дымовых пожарных извещателей, их штатная работа будет находиться под вопросом. Применение в процессе технического обслуживания средств, инициирующих срабатывание дымовых извещателей, которые не имитируют оптическую плотность среды, соответствующую реальному пожару, приводит к тому, что при реальном пожаре возможность своевременного обнаружения опасных факторов снижается. В работе рассмотрены вопросы проверки смонтированной системы пожарной сигнализации на предмет ее эффективного функционирования, а также возможность обеспечения безопасной эвакуации при достижении пороговых значений задымленности. Представлены результаты математического моделирования распространения дыма, и проведены сравнительные натурные испытания. На основе серии экспериментов предложен эффективный способ испытания системы пожарной сигнализации с одновременным проведением учений по безопасной эвакуации персонала на защищаемом объекте в условиях реального снижения видимости вследствие повышения задымленности от пожара.

Ключевые слова: пожар, пожарная сигнализация, дымовые пожарные извещатели, тестовые очаги, техническое обслуживание

Для цитирования: Гавкалюк Б.В., Савошинский О.П., Прищенко А.В. Проведение натурных испытаний системы пожарной сигнализации при имитации тестовых очагов пожара с эвакуацией контрольной группы // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 4 (68). С. 185–194. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-185-194.

Scientific article

CONDUCTING FIELD TESTS OF FIRE ALARM SYSTEMS WHEN SIMULATING TEST FIRE WITH EVACUATION OF THE CONTROL GROUP

Gavkalyuk Bogdan V.

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

Savoshinskiy Oleg P.;

✉ **Prishchenko Alina V.**

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university

✉ *Vladimir_prishenko@mail.ru*

Abstract. Long-term operation of fire alarm systems, even with routine maintenance, often leads to untimely detection of a fire. Due to the possibility of contamination, dust and,

as a consequence, a decrease in the sensitivity of smoke fire detectors, their normal operation will be in question. The use of smoke detectors in the process of maintenance that do not simulate the optical density of the environment corresponding to a real fire leads to the fact that in the event of a real fire, the possibility of timely detection of dangerous factors is reduced. The work examines the problem of checking the installed fire alarm system for its effective functioning, as well as the possibility of ensuring safe evacuation when threshold smoke levels are reached. Mathematical modeling of smoke propagation is presented and comparative full-scale tests are carried out. Based on a series of experiments, an effective method has been proposed for testing a fire alarm system while simultaneously conducting exercises for the safe evacuation of personnel at a protected facility under conditions of a real decrease in visibility due to the appearance of smoke from a fire.

Keywords: fire, fire alarm, smoke detectors, test fires, maintenance

For citation: Gavkalyuk B.V., Savoshinskiy O.P., Prischenko A.V. Conducting field tests of fire alarm systems when simulating test fire with evacuation of the control group // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2023. № 4 (68). P. 185–194. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-185-194.

Введение

Одним из основных параметров эффективной работы системы обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией является обеспечение безопасной эвакуации в условиях конкретного объекта [1].

Системы пожарной сигнализации (СПС), эксплуатируемые в исправном, работоспособном состоянии, не могут не сработать при пожаре. Однако успешная эвакуация людей зависит от многих факторов и в первую очередь от возможности ориентироваться на путях эвакуации и психологической готовности людей эвакуироваться в условиях воздействия опасных факторов пожара. В настоящее время имеются рекомендации по обозначению зон критического значения параметров температуры, дыма, газа ленточками или флажками разного цвета. В редких случаях, при проведении учений со специально подготовленной группой, поджигается дымовая шашка.

Известно, что одним из основных факторов, влияющих на успешное проведение эвакуации при пожаре, является сохранение должного уровня видимости. В условиях задымления человек способен пройти по знакомому пути 25 м в темноте и только 15 м при свете [2]. Это связано с тем, что в темноте человек психологически готов идти «на ощупь», а при свете, попадая из освещенного помещения в коридор, где практически ничего не видно, теряет самообладание. Большое практическое значение имеет обучение персонала действиям при эвакуации и тренировка, в том числе с обеспечением имитации факторов пожара безопасным способом [3].

Теоретическая часть

Основную роль в обеспечении безопасной эвакуации людей играет характер развития очага горения и время его обнаружения СПС. Отправной точкой в этих расчетах будет значение контролируемого параметра, воздействующего на пожарный извещатель, при котором будет сформирован сигнал «Пожар».

Наиболее часто в современных СПС применяются извещатели пожарные дымовые точечные. Количество модификаций данных извещателей достигает нескольких десятков. Для дымовых извещателей принципиальное значение имеет не чувствительность к дыму, которая определяется в установке «дымовой канал» по ГОСТ Р 53325–2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний», ГОСТ 34689–2020 «Вагоны метрополитена. Технические требования для перевозки инвалидов» [4, 5] и составляет 0,05–0,2 дБ/м, а характеристика

чувствительности, которая определяется при проведении огневых испытаний на различных тестовых очагах пожара. Так, например, предельный параметр оптической плотности дыма, при котором должен сработать пожарный извещатель для тестовых очагов ТП-2 (тление древесины), ТП-3 (тление хлопка), может составлять 2 дБ/м.

На рис. 1 представлен график зависимости видимости от оптической плотности дыма, приведенный в опубликованных исследованиях [6].

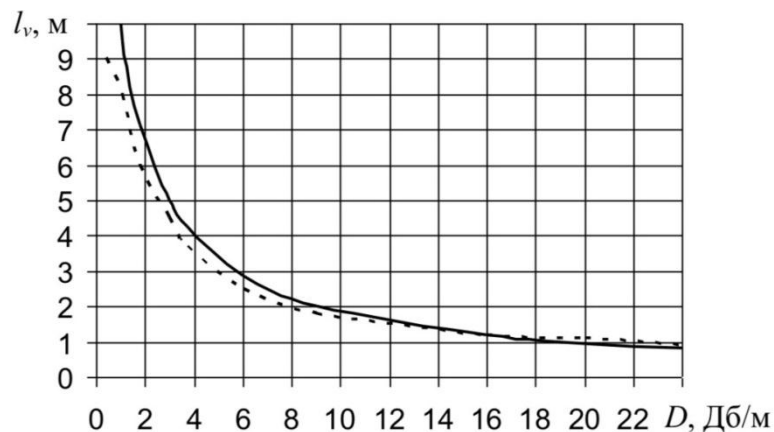


Рис. 1. Зависимость расстояния видимости от оптической плотности дыма: сплошная линия – эмпирическая зависимость; прерывистая линия – экспериментальные данные

Эвакуация возможна при оптической видимости не менее 10 м [7]. Очевидно, если на момент срабатывания извещателя пожарного дымового оптическая плотность дыма будет составлять 2,0 дБ/м, то расстояние видимости будет составлять 6–7 м, что явно недостаточно для беспрепятственной эвакуации.

Таким образом, правомерна гипотеза, что при формальном соответствии паспортных данных чувствительности дымовых извещателей требованиям, изложенным в методике расчета риска [8], и положительных результатах расчета риска возможно возникновение препятствий для безопасной эвакуации.

Следует учитывать, что в процессе эксплуатации чувствительность дымовых пожарных извещателей может ухудшаться [9, 10]. Применение обычных подходов для определения видимости в дыму, например с помощью программы Fire Dynamics Simulator [11], на момент срабатывания дымовых пожарных извещателей представляется проблематичным из-за различных показателей чувствительности извещателей пожарных оптических точечных к дымам различного происхождения [12].

Реальная оценка соответствия параметров расчета риска и времени срабатывания смонтированной СПС может быть проверена путем проведения натурных огневых испытаний, что для большинства объектов достаточно проблематично [10].

Методологическая часть

Измерение чувствительности демонтированного дымового пожарного извещателя в установке «дымовой канал» и проверка его порога срабатывания на тестовые очаги пожара в аккредитованной лаборатории не представляется возможной в процессе эксплуатации. Проведение подобного рода испытаний потребует значительных временных и материальных ресурсов и будет проводиться только в случаях крайней необходимости. Следует отметить, что полученные данные не смогут в полной мере отразить специфику работы СПС на эксплуатируемом объекте. При этом конечной целью работы систем противопожарной защиты является обеспечение безопасной эвакуации людей.

Представляется перспективной проверка гипотезы возможности визуализации параметров расчета риска, эффективности работы СПС с помощью комплекса, имитирующего безопасным способом дым тестовых очагов пожара (ТП-1, ТП-2, ТП-3, ТП-4), и контрольных извещателей, оценивающих оптическую плотность дыма. При этом возникает необходимость математического моделирования тестовых очагов пожара, применяемых для проверки пожарных извещателей при сертификационных испытаниях. Важным моментом является проверка возможности подтверждения проведенных расчетов путем проведения натуральных испытаний данным комплексом. Аналогичной методики проверки работоспособности дымовых пожарных извещателей в литературе не представлено.

В рамках совместных исследований, проведенных в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (СПбПУ Петра Великого) и Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России, при оценке соответствия расчета риска с реальной работой пожарной сигнализации был рассмотрен гипотетический вариант развития очага пожара в защищаемом помещении, эквивалентный тестовому очагу пожара в одном из помещений СПбПУ Петра Великого (в четырехэтажном корпусе старой постройки, находящемся на реконструкции).

В качестве источника возможного сценария развития пожара рассматривалось короткое замыкание электропроводки с последующим горением древесины на начальной стадии пожара [13].

С учетом исходных данных дымогенератор, имитирующий дым тестового очага пожара, был предварительно откалиброван в комнате огневых испытаний по тестовому очагу ТП-1 (рис. 2).

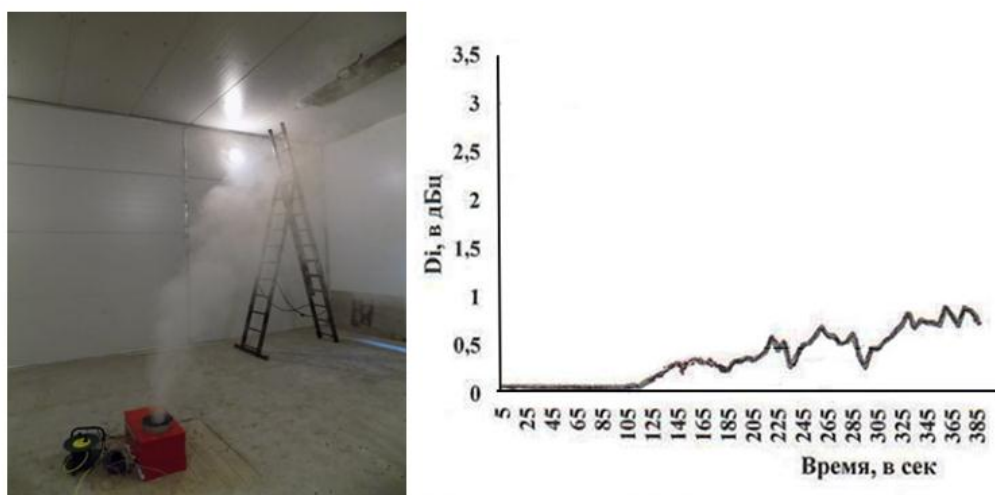


Рис. 2. Процесс калибровки оборудования до проведения испытаний

Контрольный извещатель дымовой оптический точечный (КИПДОТ), представленный на рис. 3, был откалиброван на установке «дымовой канал».



Рис. 3. КИПДОТ с панелью индикации и контроля «Кипарис»

Математическое моделирование возникновения опасных факторов пожара. Компьютерный эксперимент

Для оценки соответствия параметров тестового дыма, выделяемого дымогенератором «Кипарис», было проведено моделирование в программе FDS. В качестве испытуемой модели были взяты параметры помещения СПбПУ Петра Великого, а дымовые датчики взяты из стандартных устройств программы.

Проведена математическая оценка точности срабатывания пожарных извещателей для модели коридора гидротехнического корпуса СПбПУ Петра Великого. Рассматриваемое помещение имеет следующие габариты: общая длина коридора – 52,059 м, длина коридора в части размещения окон – 18,375 м, ширина коридора в части размещения кабинетов – 2,672 м, ширина коридора в части размещения окон – 3,93 м, высота – 3,38 м. Расположение очага пожара – в коридоре, рядом с учебным классом. Вид помещения для испытаний и расположение извещателей представлены на рис. 4.

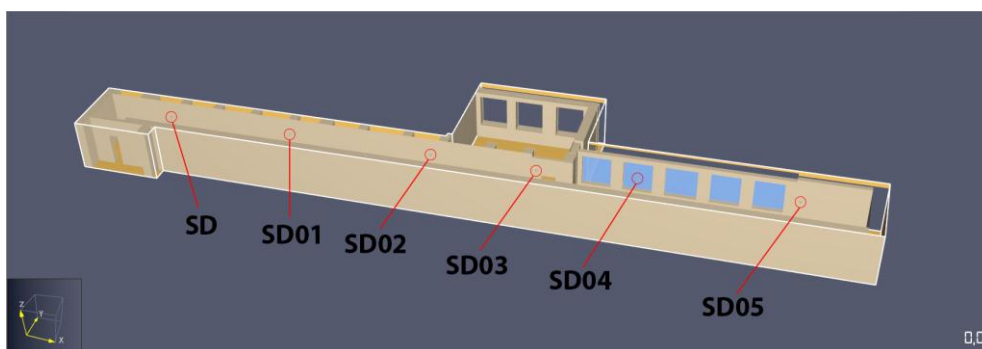


Рис. 4. Расположение датчиков в моделируемом помещении (SD...SD05)

Использованная математическая модель пожарных извещателей учитывает параметры модели Клири оптико-электронного, но с коэффициентами реального извещателя, использующегося в рассматриваемом объеме, где $Obscuration = 100 - 100/100,2$ (дБ/м) / 10 = 4,501 % / м.

При этом в коде FDS принимается:

```
QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION';
```

```
ACTIVATION_OBSCURATION=4.501;
```

```
ALPHA_E=1.8;
```

```
BETA_E=-1.0;
```

```
ALPHA_C=1.0;
```

```
BETA_C=-0.8.
```

Размеры очага пожара аналогичны очагу, описанному в предыдущем разделе, и соответствуют ТП-1. Вид тестового очага пожара представлен на рис. 5.

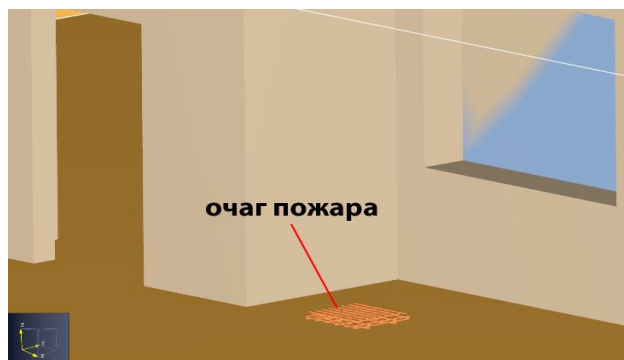


Рис. 5. Вид и расположение ТП в рассматриваемом помещении

Согласно расчетам при максимально допустимом пороге срабатывания 0,2 дБ/м срабатывание пожарных извещателей должно произойти в моменты времени, указанные в табл. 1 (рис. 6).

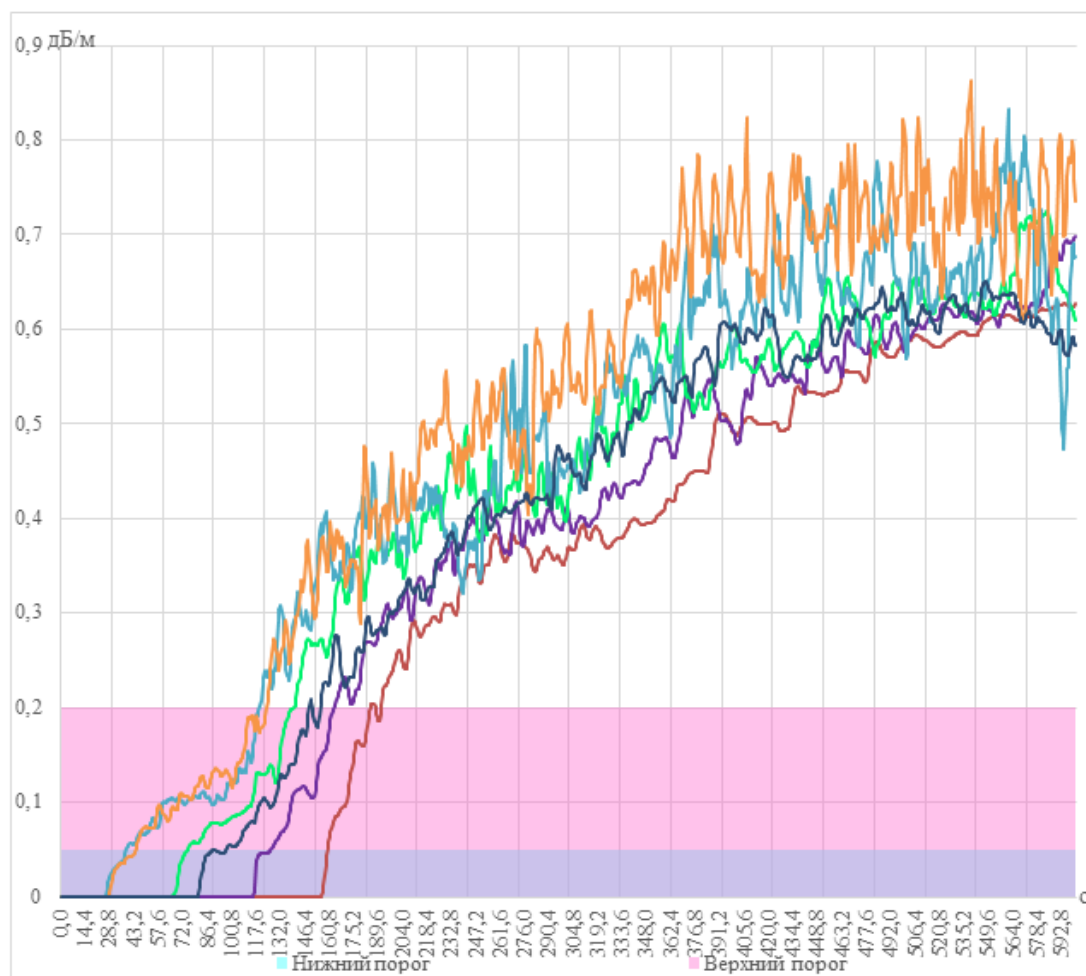


Рис. 6. График результатов моделирования изменения оптической плотности среды очага пожара

Для визуальной оценки эффективности срабатывания СПС и оценки результатов расчета риска на место гипотетического очага пожара математической модели был установлен дымогенератор «Кипарис», обеспечивающий режим формирования дыма, аналогичный ТП-1.

Таблица 1

Расчетные данные срабатывания пожарной сигнализации

Наименование элемента	Время активации элемента, с	Примечание
SD	184,2	–
SD01	163,2	–
SD02	139,8	–
SD03	118,8	Активация первого пожарного извещателя. СПС переведена в режим «Внимание»
SD04	123,6	Активация второго пожарного извещателя. СПС переведена в режим «Пожар»
SD05	148,2	–

Натурные испытания предложенной методики. Натурный эксперимент

Для сравнения полученных расчетным путем параметров с реальными условиями распространения дыма от дымогенератора «Кипарис» были проведены натурные испытания. С целью проверки работоспособности пожарных извещателей был применен тестовый аэрозоль «ТА-01» (рис. 7 а) совместно с тестовой штангой «Solo». При однократном нажатии на баллон в сторону извещателя выпускается специальный аэрозоль, который имитирует дымовую среду. После фиксации срабатывания дымового извещателя СПС была возвращена в дежурный режим.

После проверки работоспособности СПС была произведена инициация дымогенератора «Кипарис», имитирующего тестовый очаг, а именно горение древесины ТП-1 (рис. 7 б). Таким образом, была проведена имитация распространения дыма по испытываемому помещению.



Рис. 7. Проверка пожарного извещателя при подготовке испытаний:
а) тестовым аэрозолем; б) дымогенератором «Кипарис»

На 122 сек. проведения эксперимента было зафиксировано срабатывание первого пожарного извещателя SD02 («Пожар1»), через 9 сек. сработал второй пожарный извещатель SD03 («Пожар 2»). При этом уровень оптической плотности дыма, зафиксированный контрольным извещателем оптическим точечным в районе сработавших извещателей, находился в пределах 0, 14–0,16 дБ/м.

На момент формирования импульса на включение системы оповещения сохранялась полная видимость световых оповещателей и путей эвакуации.

В результате сопоставления расчетных данных и натурных испытаний с имитацией дыма тестового очага ТП-1 установлено, что в целом модель распространения дыма от тестового очага пожара соответствует результатам натурных испытаний. Пожарная сигнализация обнаруживает дым на ранней стадии и формирует сигнал на включение системы оповещения. Визуально наблюдаемое ослабление видимости в результате имитации дыма не препятствует эвакуации. При этом следует отметить, что порядок срабатывания извещателей, предусмотренный математической моделью, не подтвердился в полной мере, что не повлияло на основные результаты эксперимента.

Заключение

- пожарная сигнализация, смонтированная в испытуемом корпусе СПБПУ Петра Великого на базе радиоканальных дымовых пожарных извещателей «Стрелец», сработала на ранней стадии имитируемого очага пожара типа ТП-1 (горение древесины);
- предложенный метод проведения периодических испытаний СПС показал положительный результат и может быть предложен для внедрения в процесс эксплуатации зданий и сооружений;
- применение дымогенераторов для проведения периодических тренировок по эвакуации персонала позволит повысить пожарную безопасность объекта и обеспечить безопасную эвакуацию в случае пожара;
- имитация дыма тестового очага создает визуальное наличие реального пожара, но не создает раздражающих сопутствующих эффектов и не затрудняет дыхание.

Список источников

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Пожарная автоматика: учеб. пособие / Н.Ф. Бубырь [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1984. 208 с.
3. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие / В.В. Холщевников [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.
4. Экспертиза систем пожарной сигнализации: учеб. пособие / С.Ю. Богуцкий [и др.]. СПб., 2023.
5. Федеральный государственный пожарный надзор: учеб. / С.П. Воронов [и др.]. СПб., 2023.
6. Богомаз А.М. Процессы дымообразования при пожаре в помещении // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. С.Г. Костюк. Кемерово: КузГТУ, 2017.
7. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров. М.: Стройиздат, 1990. 424 с.
8. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 14 нояб. 2022 г. № 1140. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
9. Karwat B., Stańczyk E., Górski A. Testing the reaction of fire detectors in various fire conditions // *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*. 2015. Vol. 37. № 1. P. 57–64.
10. Nan Chen, Tianwei Zhang, Zhibin Mei. Experimental study on the response characteristics of photoelectric smoke detectors below grid ceilings of different hollowing rate // *Procedia Engineering*. 2012. Vol. 45. P. 602–609.
11. Суриков А.В., Лешенюк Н.С. Расчет видимости в помещениях в условиях пожара с применением программного комплекса FDS // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2018. Т. 2. № 2. С. 147.
12. Васильев М.А., Клочихин И.О., Нечаева Ю.Е. Определение зависимостей между количеством частиц различных размеров и оптической плотностью среды при распылении аэрозолей, предназначенных для проверки дымовых пожарных извещателей // Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань, 2022. С. 58–61.
13. Brozovsky E., Motevalli V., Custer R.L.P. A first approximation method for smoke detector placement based on design fire size, critical velocity, and detector aerosol entry lag time // *Fire Technol.* № 31. P. 336–354.

References

1. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Pozharnaya avtomatika: ucheb. posobie / N.F. Bubyr' [i dr.]. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Strojizdat, 1984. 208 s.
3. Evakuaciya i povedenie lyudej pri pozharah: ucheb. posobie / V.V. Holshchevnikov [i dr.]. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2015. 262 s.
4. Ekspertiza sistem pozharnoj signalizacii: ucheb. posobie / S.Yu. Boguckij [i dr.]. SPb., 2023.
5. Federal'nyj gosudarstvennyj pozharnyj nadzor: ucheb. / S.P. Voronov [i dr.]. SPb., 2023.
6. Bogomaz A.M. Processy dymobrazovaniya pri pozhare v pomeshchenii // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti predpriyatij v promyshlenno razvityh regionah: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / pod red. S.G. Kostyuk. Kemerovo: KuzGTU, 2017.
7. Drajzdejl D. Vvedenie v dinamiku pozharov. M.: Strojizdat, 1990. 424 s.
8. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i pozharnyh otsekah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti: prikaz MCHS Rossii ot 14 noyab. 2022 g. № 1140. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».
9. Karwat B., Stańczyk E., Górski A. Testing the reaction of fire detectors in various fire conditions // *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*. 2015. Vol. 37. № 1. P. 57–64.
10. Nan Chen, Tianwei Zhang, Zhibin Mei. Experimental study on the response characteristics of photoelectric smoke detectors below grid ceilings of different hollowing rate // *Procedia Engineering*. 2012. Vol. 45. P. 602–609.
11. Surikov A.V., Leshenyuk N.S. Raschet vidimosti v pomeshcheniyah v usloviyah pozhara s primeneniem programnogo kompleksa FDS // *Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MCHS Belarusi*. 2018. T. 2. № 2. S. 147.
12. Vasil'ev M.A., Klochihin I.O., Nechaeva Yu.E. Opredelenie zavisimostej mezhdu kolichestvom chastic razlichnyh razmerov i opticheskoy plotnost'yu sredy pri raspylenii aerorozolej, prednaznachennyh dlya proverki dymovyh pozharnyh izveshchatelej // *Sovremennye issledovaniya v naukah o Zemle: retrospektiva, aktual'nye trendy i perspektivy vnedreniya: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Astrahan'*, 2022. S. 58–61.
13. Brozovsky E., Motevalli V., Custer R.L.P. A first approximation method for smoke detector placement based on design fire size, critical velocity, and detector aerosol entry lag time // *Fire Technol.* № 31. P. 336–354.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 22.11.2023; одобрена после рецензирования: 14.12.2023;
принята к публикации: 15.12.2023

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 22.11.2023; approved after review: 14.12.2023;
accepted for publication: 15.12.2023

Информация об авторах:

Гавкалюк Богдан Васильевич, начальник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, доцент, e-mail: rector@igps.ru, SPIN-код: 6390-5867

Савошинский Олег Петрович, аспирант Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: nevskiy520@gmail.com

Прищенко Алина Владимировна, аспирант Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: Vladimir_prishenko@mail.ru

Information about the authors:

Gavkalyuk Bogdan V., supervisor of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, associate professor, e-mail: rector@igps.ru, SPIN: 6390-5867

Savoshinsky Oleg P., postgraduate student of the Higher school of technosphere safety of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politechnicheskaya str., 29), e-mail: nevskiy520@gmail.com

Prishchenko Alina V., postgraduate student of the Higher school of technosphere safety of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politechnicheskaya str., 29), e-mail: Vladimir_prishenko@mail.ru