

Научная статья

УДК 614.842.4+614.841.45; DOI: 10.61260/2218-130X-2023-4-26-35

## **РАЗРАБОТКА ДЫМОГЕНЕРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА, ИМИТИРУЮЩЕГО ТЕСТОВЫЕ ОЧАГИ ПОЖАРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОМПЛЕКСНЫХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

**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**

✉ **nevskiy520@gmail.com**

*Аннотация.* В работе проведен анализ научно-технической литературы и открытой коммерческой информации о методах и приборах для оценки работоспособности дымовых пожарных извещателей. Выявлено, что применение специальных аэрозольных имитаторов дыма с целью комплексной проверки дымовых пожарных извещателей сопряжено с опасностью превышения значений оптической плотности дыма, существенно затрудняющей эвакуацию. В качестве нового решения предложено использование переносных дымогенераторов «Кипарис» (Ст и 0,6Ст), способных формировать поток дыма, оптические свойства которого подобны дымам от горения тестовых очагов пожара ТП-1, ТП-2, ТП-3 и ТП-4. Произведено математическое моделирование горения тестового очага пожара ТП-1 (открытое горение древесины) согласно ГОСТ 34698–2020 «Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний». В ходе модельного эксперимента показано, что переносной дымогенератор «Кипарис» способен формировать дымы с оптической плотностью, сопоставимой с таковой у дымов от горения тестовых очагов пожара, что является практическим обоснованием для использования дымогенератора «Кипарис» вместо тестовых очагов пожара.

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

**Для цитирования:** Гавкалюк Б.В., Савошинский О.П., Прищенко А.В. Разработка дымогенерирующего устройства, имитирующего тестовые очаги пожара при проведении комплексных испытаний систем пожарной сигнализации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 4. С. 26–35. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-4-26-35.

Scientific article

## **DEVELOPMENT OF A SMOKE GENERATING DEVICE SIMULATING A TEST FIRE WHEN CONDUCTING COMPREHENSIVE TESTS OF FIRE ALARM SYSTEMS**

**Gavkalyuk Bogdan V.**

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

✉ **Savoshinskiy Oleg P.;**

**Prischenko Alina V.**

**Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia**

✉ **nevskiy520@gmail.com**

*Abstract.* The work analyzes scientific and technical literature and open commercial information on methods and instruments for assessing the performance of smoke fire detectors. It has been revealed that the use of special aerosol smoke simulators for the purpose

of comprehensive testing of smoke fire detectors is associated with the danger of exceeding the optical density of smoke, which significantly complicates evacuation. As a new solution, the use of portable smoke generators «Kiparis» (St and 0,6St) is proposed, capable of generating a flow of smoke, the optical properties of which are similar to the smoke from the combustion of test fires TP-1, TP-2, TP-3 and TP-4. Mathematical modeling of the combustion of a test fire TP-1 (open burning of wood) in accordance with GOST 34698–2020 «Fire detectors. General technical requirements. Test methods» has been conducted. During the model experiment, it was shown that the portable smoke generator «Kiparis» is capable of generating smoke with an optical density comparable to that of smoke from the combustion of test fires, which is a practical justification for using the smoke generator «Kiparis» instead of test fires.

*Keywords:* fires, fire alarm, smoke detector, test fire sources

**For citation:** Gavkalyuk B.V., Savoshinskiy O.P., Prischenko A.V. Development of a smoke generating device simulating a test fire when conducting comprehensive tests of fire alarm systems // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 4. P. 26–35. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-4-26-35.

## Введение

Исходя из нормативных требований [1] система пожарной сигнализации должна обнаружить пожар на этапе, когда может быть обеспечена безопасная эвакуация людей, а система оповещения и управления эвакуацией людей должна позволить так организовать людские потоки, что все будут выведены с объекта в кратчайшее время и по безопасным эвакуационным путям. Вопрос в том, в какой момент времени в действительности будет завершена эвакуация, и сможет ли система обеспечения пожарной безопасности выполнить своё предназначение. Таким образом, практический интерес представляет проверка работоспособности всей смонтированной системы, а не отдельных ее элементов.

Наиболее полно можно оценить работоспособность смонтированной системы пожарной сигнализации (СПС) при проведении комплексных испытаний. В процессе их проведения оценивается работоспособность всех элементов пожарной автоматики и правильность выполнения алгоритма их взаимодействия между собой и другими инженерными системами. Комплексные испытания на работоспособность проводятся по окончании пусконаладочных работ и в процессе технического обслуживания системы [2].

В настоящее время порядок проведения комплексных испытаний прописан в ГОСТ Р 59638–2021 «Системы пожарной сигнализации Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность», в котором особое внимание уделено проверке функционирования пожарных извещателей [3].

Наибольшую проблему представляет проверка дымовых пожарных извещателей. Часто для их проверки применяются тестовые аэрозоли [4]. Предварительный анализ их составов показывает, что не все образцы данной продукции целесообразно применять в практической деятельности.

В результате изучения образцов различных тестовых аэрозолей для проверки дымовых пожарных извещателей произведена их классификация по действующему компоненту следующим образом. В первую группу вошли аэрозоли, в которых основным компонентом является Хладон 134а, во второй группе основным компонентом является пропан-бутановая смесь, а в третью вошли аэрозоли, для которых производители предпочли не указывать их состав [5].

Следует отметить, что составы с пропан-бутановой смесью образуют при использовании пожаровзрывоопасную газоздушную смесь. Данные изделия имеют соответствующую маркировку, а в ряде случаев состав аэрозоля производителем не раскрывается, тем не менее на таких баллонах встречается маркировка, которая обозначает, что в составе аэрозоля имеются опасные вещества, что требует особой осторожности при их применении.

Даже при соблюдении мер предосторожности остается вопрос о значении оптической плотности среды, формируемой при распыле тестового аэрозоля и скорости воздушного потока струи, создаваемой при проверке дымового извещателя [6].

Часто применяются специальные диспенсеры для тестовых аэрозолей, например, «SOLO». Для проверки дымовых/газовых точечных пожарных извещателей в основание такого устройства (рис. 1) устанавливается тестовый баллон соответствующего назначения.



Рис. 1. Проверочное устройство SOLO для дымовых/газовых точечных пожарных извещателей

Для проверки работоспособности пожарного извещателя баллон с аэрозолем накрывается прозрачным колпаком, и посредством удлинительной штанги устройство прочно прижимается к потолку. При этом усилие нажатия передается на запорный клапан тестового аэрозоля, и происходит выпуск тестового аэрозоля в объем колбы.

При этом отмечается, что тестовые аэрозоли SOLO можно применять только в составе устройства (применение «с руки» не допускается).

Такие устройства создают более правдоподобные условия имитации воздействия дыма/газа на проверяемый пожарный извещатель [7]. На рис. 2 представлена характеристика изменения оптической плотности среды в объеме диспенсера «SOLO» при однократной инициации на время 0,5 сек.

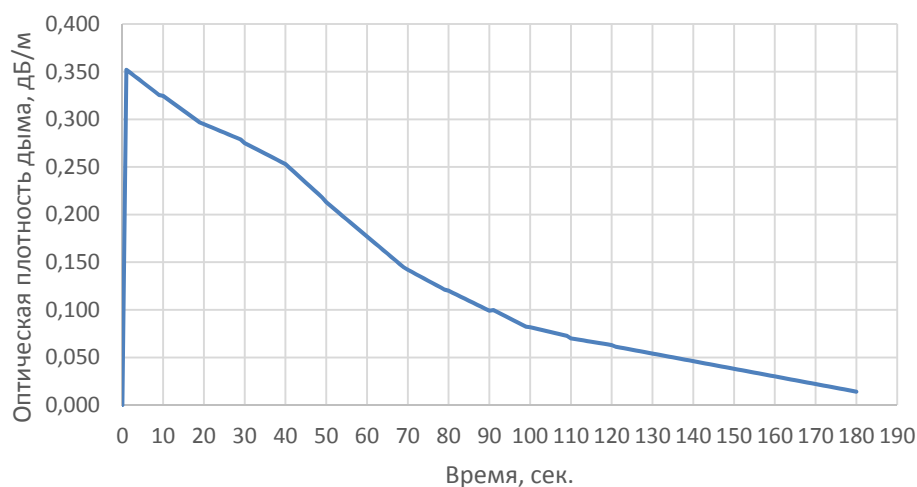


Рис. 2. Изменение оптической плотности среды в объеме диспенсера «SOLO- 332» при экспозиции 0,5 сек.

Применение такого типа устройств не гарантирует калиброванное воздействие имитирующего средства. Для срабатывания извещателя проверяющий может неоднократно инициировать выпуск тестового аэрозоля или увеличивать время экспозиции до нескольких секунд. Наблюдаются случаи, когда аэрозоль выпускается непрерывно до момента срабатывания извещателя.

Принципиальное значение имеет факт, что даже при калиброванном воздействии состава, имитирующего дым, например, установкой Trutest, остается вопрос о состоянии оптической плотности среды на момент срабатывания извещателя в случае возникновения реального пожара.

В разделе 14 стандарта NFPA-72 [8] указаны рекомендации о необходимости проверки пожарных извещателей в соответствии с опубликованными инструкциями завода изготовителя. Одновременно с этим п.п. 14.4.4.3.1–14.4.4.3.3 предписывают необходимость проведения периодических калибровочных испытаний для проверки чувствительности извещателей.

### **Методы исследования**

В Российском национальном стандарте ГОСТ Р 59638–2021 (приложение Б.2.4) указывается, что материалы и инструменты, обеспечивающие контроль функционирования пожарных извещателей, должны быть указаны в технической документации производителя. Одновременно с этим в п. Б.2.1 предписывается, что контроль функционирования извещателей пожарных должен подтверждать, что факторы пожара способны достичь их чувствительного элемента из защищаемого пространства. В качестве средств инициирования извещателей пожарных рекомендовано применять натурные (тестовые) очаги пожара или их имитаторы (фены, баллончики с тестовым аэрозолем, аттенюаторы, тестовые излучатели и т.п.) [2].

Наиболее объективную информацию о реальной эффективности СПС можно получить при проведении натурных огневых испытаний. Такие испытания требуют тщательной подготовки и выполнения мер по обеспечению пожарной безопасности в месте их проведения. При этом следует учитывать, что в результате воздействия опасных факторов пожара или огнетушащих веществ могут наступить нежелательные последствия, влекущие за собой необходимость ремонтно-восстановительных работ. Целесообразность их проведения для объектов особой важности трудно отрицать, но реальное их проведение, в абсолютном большинстве случаев возможно только на вновь построенных объектах на этапе приемки в эксплуатацию.

В Политехническом университете Петра Великого и Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России проводятся совместные исследования, целью которых является подтверждение возможности создания безопасных для применения имитаторов тестовых очагов пожара, оптические характеристики которых подобны тестовым очагам (ТП), приведенным в ГОСТ Р 53325–2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний» [9] и межгосударственном стандарте ГОСТ 34698–2020 «Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний».

### **Результаты исследования и обсуждение результатов**

В процессе исследований было установлено, что при имитации дыма тестового очага извещатели, предварительно проверенные устройством «SOLO», не срабатывают при уровне задымления, существенно затрудняющем эвакуацию (рис. 3).



Рис. 3. Задымление путей эвакуации

Для исследования особенностей формирования и распространения дыма и подбора режима имитации тестовых очагов пожара были применены опытные образцы переносных дымогенераторов «Кипарис» моделей Ст и 0,6Ст (рис. 4).



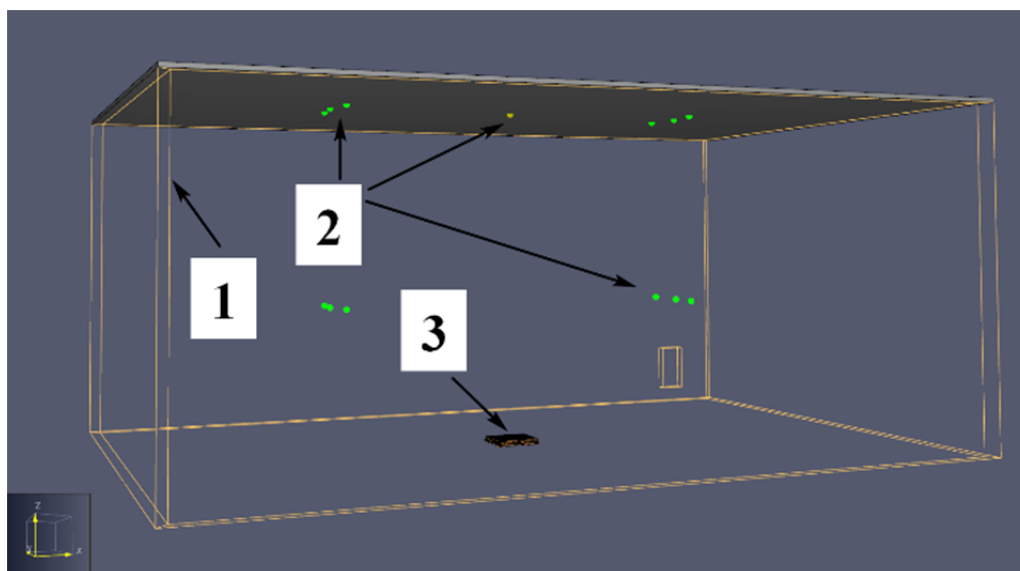
Рис. 4. Опытные образцы переносных дымогенераторов «Кипарис- П (Ст и 0,6Ст)

Основной задачей исследования являлась проверка гипотезы возможности создания безопасных в применении имитаторов дыма тестовых очагов пожара, способных

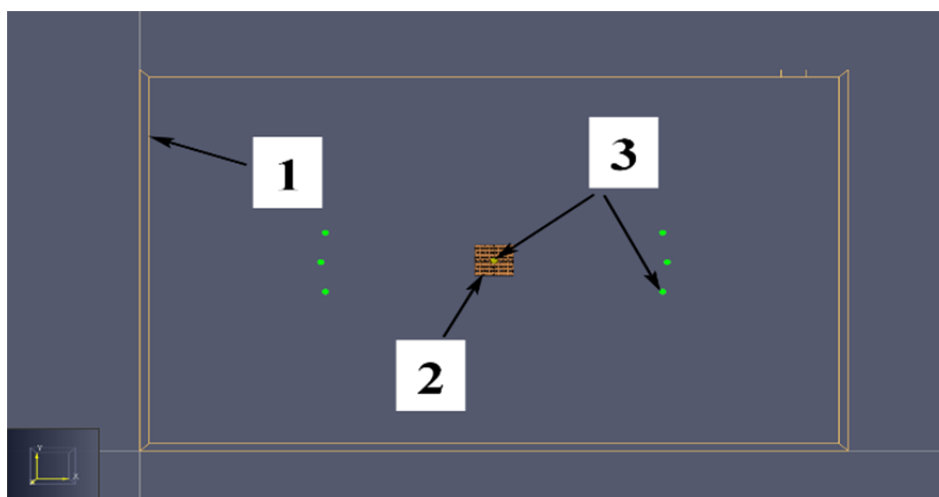
формировать поток дыма, оптические свойства которого (с точки зрения проверяемого извещателя оптического точечного) подобны тестовым очагам ТП-1, ТП-2, ТП-3 и ТП-4.

В связи с тем, что скорость дымообразования и скорость воздушных потоков дымогенератора «Кипарис» задается программой от микропроцессора, потребовалось математическое моделирование тестовых очагов с дальнейшей апробацией в комнате огневых испытаний.

Помещение имеет следующие габариты: высота – 4 м, ширина – 6 м, длина 9 м. Расположение тестового очага пожара – в центре. Вид помещения для испытаний представлен на рис. 5.



а)

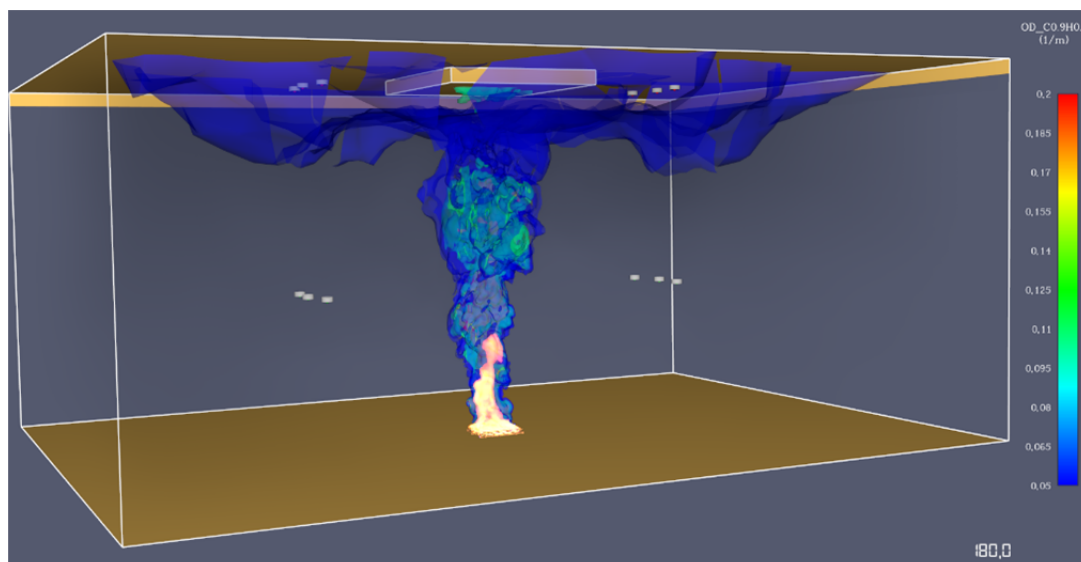


б)

Рис. 5. Модель помещения для испытаний: а) 3D вид; б) 2D вид  
(1 – контуры стен; 2 – тестовый очаг пожара; 3 – датчики)

На первом этапе было смоделировано горение тестового очага пожара ТП-1 (открытое горение древесины) согласно ГОСТ 34698–2020.

В модели для настоящего расчета были расставлены датчики, считывающие оптическую плотность дыма с последующим пересчетом в дБ/м. На рис. 6 представлено расчетное распределение дыма тестового пожара ТП-1 на 180 сек.



**Рис. 6. Изоповерхность оптической плотности дыма ТП-1  
(время – 180 сек. после начала пожара)**

Для экспериментальной проверки возможности создания имитаторов ТП были проведены сопоставительные испытания натуральных тестовых очагов пожара согласно ГОСТ 34698–2020 и их имитации дымогенераторами «Кипарис» (рис. 7).



**Рис. 7. Работа имитатора тестового очага пожара «Кипарис»**

Работы проводились в рамках научно-исследовательской работы «Кипарис» в аккредитованной лаборатории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица

**Сопоставительные диаграммы**

Тестовый очаг	Изменение значения удельной оптической плотности среды по ГОСТ Р 53325–12	Изменение значения удельной оптической плотности среды в эксперименте
ТП-1		
ТП-2		
ТП-3		
ТП-4		



В процессе проведения исследований был отмечен широкий диапазон возможности регулировки дымообразующей способности и скорости восходящего воздушного потока дымогенератора, имитирующего тестовые очаги пожара «Кипарис». При этом очевидны направления дальнейшей модернизации, которые должны быть направлены на универсализацию и уменьшение габаритов изделия. Режим работы дымогенератора может быть откорректирован с учетом особенностей планировки при испытаниях СПС на объектах.

### Заключение

Проведенные исследования показали принципиальную возможность создания переносных дымогенераторов, обеспечивающих возможность применения имитаторов дыма тестовых очагов пожара на реальных объектах.

Математические расчеты и натурные испытания показали возможность эффективной проверки работоспособности смонтированных СПС при обеспечении визуализации эффективности их работы.

### Список источников

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № ФЗ-123 (с изм. и доп. в ред. от 30 апр. 2021 г.) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.10.2023).
2. Клочихин И.О. Оценка объективности огневых испытаний извещателей пожарных дымовых оптико-электронных // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Мониторинг, предотвращение и ликвидация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: материалы междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2021. С. 696–701.
3. ГОСТ Р 59638–2021. Системы пожарной сигнализации Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность. Доступ из консорциума «Кодекс».
4. A study on the Development of Smoke Detector Sensitivity Test Equipment Kim Hyeong-Gweon, Kwon Seong-Pil, Yoon Hun-Ju, SaKong Seong-Ho // Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering. 2009. № 23(5). P. 125–132.
5. 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.
6. 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.
7. Mazur Ju., Bakanov V. New Requirements for Smoke Alarm Devices // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2018. Vol. 50. № 2. P. 120–131.
8. NFPA 72:2013 National Fire Protection Association: National Fire Alarm and Signaling Code. P. 351.
9. ГОСТ Р 53325–2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. Доступ из консорциума «Кодекс».

### References

1. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon Ros. Federacii ot 22 iyulya 2008 g. № FZ-123 (s izm. i dop. v red. ot 30 apr. 2021 g.) // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskij dokumentacii. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 11.10.2023).

2. Klochihin I.O. Ocenka ob'ektivnosti ognevnyh ispytanij izveshchatelej pozharnyh dymovyh optiko-elektronnyh // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Monitoring, predotvrashchenie i likvidaciya chrezvychajnyh situacij prirodno i tekhnogennogo haraktera: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb., 2021. S. 696–701.

3. GOST R 59638–2021. Sistemy pozharnoj signalizacii Rukovodstvo po proektirovaniyu, montazhu, tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu. Metody ispytanij na rabotosposobnost'. Dostup iz konsorciuma «Kodeks».

4. A study on the Development of Smoke Detector Sensitivity Test Equipment Kim Hyeong-Gweon, Kwon Seong-Pil, Yoon Hun-Ju, SaKong Seong-Ho // Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering. 2009. № 23(5). P. 125–132.

5. Vasil'ev M.A., Klochihin I.O., Nechaeva Yu.E. Opredelenie zavisimostej mezhdu kolichestvom chastic razlichnyh razmerov i opticheskoy plotnost'yu sredy pri raspylenii aerorozlej, 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.

6. 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.

7. Mazur Ju., Bakanov V. New Requirements for Smoke Alarm Devices // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2018. Vol. 50. № 2. P. 120–131.

8. NFPA 72:2013 National Fire Protection Association: National Fire Alarm and Signaling Code. P. 351.

9. GOST R 53325–2012. Tekhnika pozharnaya. Tekhnicheskie sredstva pozharnoj avtomatiki. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytanij. Dostup iz konsorciuma «Kodeks».

#### **Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 13.10.2023; одобрена после рецензирования: 10.12.2023; принята к публикации: 14.12.2023

#### **Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 13.10.2023; approved after review: 10.12.2023; accepted for publication: 14.12.2023

#### *Сведения 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, SPIN-код: 7030-2659

#### *Information about authors:*

**Gavkalyuk Bogdan V.**, head of 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.**, graduate student of the higher school of technosphere safety of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, st. Politekhnikeskaya, 29), e-mail: nevskiy520@gmail.com

**Prishchenko Alina V.**, graduate student of the higher school of technosphere safety of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, st. Politekhnikeskaya, 29), e-mail: Vladimir\_prishenko@mail.ru, SPIN: 7030-2659