

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 691-4:614.841

DOI: 10.52957/27821919_2022_2_7

Об эффективности применения сборного подвесного потолка для мониторинга пожарной безопасности внутри здания

А.А. Лазарев¹, С.В. Федосов², В.Г. Маличенко³

Александр Александрович Лазарев

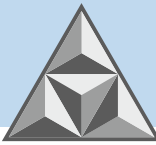
¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Иваново, Российская Федерация
kgn@edufire37.ru

Сергей Викторович Федосов

²Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация
fedosov-academic53@mail.ru

Вячеслав Геннадьевич Маличенко

³Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Российская Федерация
mvg84@bk.ru



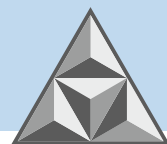
Известно множество решений по обеспечению пожарной безопасности жилых домов при использовании подвесных потолков. Это связано с ограничением распространения пожара, организацией автоматического тушения, прокладкой электропроводки. При этом практически отсутствуют комплексные подходы к проблеме, предполагающие учет различных требований в области безопасности. Основная цель исследования - создание подвесного потолка с целью обнаружения пожара в жилом помещении, учитывая необходимую дистанцию до других систем и обеспечение автономности. Необходима интеграция разрабатываемого подвесного потолка в систему «умный дом». В рамках исследования на основании статистических данных, накопленных в Ивановской области, расчетным путем определяются математическое ожидание экономических потерь от пожара в жилых помещениях, эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности жилых помещений при помощи разрабатываемого подвесного потолка.

Ключевые слова: «умный дом», подвесной потолок, сенсоры, сеть, пожарная безопасность

Для цитирования:

Лазарев А.А., Федосов С.В., Маличенко В.Г. Об эффективности применения сборного подвесного потолка для мониторинга пожарной безопасности внутри здания // *Умные композиты в строительстве*. 2022. Т. 3, № 2. С. 7-18 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V3N2_2022

DOI: 10.52957/27821919_2022_2_7



RESEARCH PAPER

DOI: 10.52957/27821919_2022_2_7

On the effectiveness of the use of a prefabricated suspended ceiling for monitoring fire safety inside a building

A.A. Lazarev¹, S.V. Fedosov², V.G. Malichenko³

Alexander A. Lazarev

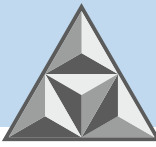
¹Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo, Russia
kgn@edufire37.ru

Sergey V. Fedosov

²Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
fedosov-academic53@mail.ru

Vyacheslav G. Malichenko

³Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, Russia
mvg84@bk.ru



There are many solutions to ensure the fire safety of residential buildings when using suspended ceilings. These solutions are related to limiting the spread of fire, organizing automatic extinguishing, laying electrical wiring. At the same time, there are practically no comprehensive solutions to this problem. Very often, various safety requirements are not taken into account during installation. The main purpose of the study is to create a suspended ceiling for detecting a fire in a residential building, taking into account the need for distance to other systems, ensuring the autonomy of the system being developed. At the same time, it is necessary to integrate the suspended ceiling being developed into the smart home system. Also, within the framework of the study, based on statistical data of the Ivanovo region, it is necessary to determine the mathematical expectation of economic losses from a fire in residential premises, calculate economic losses from a fire in residential premises, calculate the cost effectiveness of ensuring fire safety of residential premises with the help of a suspended ceiling being developed.

Key words: smart home, suspended ceiling, sensors, network, fire safety

For citation:

Lazarev, A.A., Fedosov, S.V. & Malichenko, V.G. (2022) On the effectiveness of the use of a prefabricated suspended ceiling for monitoring fire safety inside a building, *Smart Composite in Construction*, 3(2), pp. 7-18 [online]. Available at: http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V3N2_2022 (In Russian)

DOI: 10.52957/27821919_2022_2_7



ВВЕДЕНИЕ

Известны решения [1-6], принятые при создании подвесных потолков и направленные на обеспечение пожарной безопасности помещений. Однако они не содержат в себе необходимых мер интеграции со средствами обнаружения пожара и средствами для обеспечения автономности создаваемой системы. Это создает трудности при проведении монтажных работ. Работы по прокладке электрических кабелей, электрооборудования и монтажа систем противопожарной защиты осуществляют, как правило, различные организации. Данное обстоятельство приводит к игнорированию требований к выполнению работ. Например, при монтаже осветительной сети очень часто не соблюдается расстояние до пожарных извещателей.

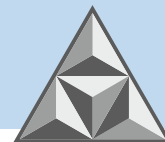
Такое положение дел требует решений по разработке сборного подвесного потолка для мониторинга пожарной безопасности помещения (далее – СПП МПБ) с конструктивными особенностями, в которые заложено соблюдение определенных стандартов по размещению оборудования в верхней части жилого помещения. Актуальность создания СПП МПБ продиктована необходимостью обеспечения пожарной безопасности населения по месту проживания, создания условий для автономной эксплуатации средств обнаружения пожара, агрегации данных средств с солнечными батареями. Предлагаемый СПП МПБ может быть включен в систему «умный дом» и предназначен не только для обеспечения безопасности проживающих в помещении людей, но и минимизации ущерба от пожара посредством его обнаружения на ранней стадии при отсутствии людей в помещении или при их нахождении в состоянии сна.

Динамика распространения опасных факторов пожара в зависимости от исполнения подвесного потолка рассматривалась Е.С. Калининым [1]. Разработкой самосрабатывающей огнетушащей панели занимались О.В. Денисов, В.Л. Адамян и др. исследователи [2]. Пределы огнестойкости подвесных потолков изучались М.В. Гравит, ДМ. Григорьевым, И.О. Ивановым [3]. Проблему снижения возникающих во время пожара напряжений в подвесном потолке во время пожара исследовали У.Д. Платт, Ю. Линь [4]. Изучение вопросов прокладки электропроводки за подвесным потолком осуществляли В.Д. Толмачев и А.А. Шалыгин [5]. Созданием устройства, предназначенного для обнаружения пожара в помещениях с межпотолочным пространством, занимались М.А. Васильев, С.А. Левчук [6]. Вместе с тем проблема разработки сборного подвесного потолка с учетом требований к монтажу технических средств обнаружения пожара и прокладки электрических кабелей изучена не была.

Объектом исследования является СППМПБ, предметом исследования – технико-экономические предпосылки создания СПП МПБ.

Задачи исследования:

- 1) Разработать конструкцию СПП МПБ.
- 2) Определение математического ожидания экономических потерь от пожара в жилых помещениях.
- 3) Рассчитать экономические потери от пожара в жилых помещениях.
- 4) Определить эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности жилых помещений при помощи СПП МПБ.



МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве прототипа для СПП МПБ представляется целесообразным рассмотреть полезную модель сборно-разборного подвесного потолка [7]. Подвесной потолок, как правило, включает в себя каркас подвесной системы, который образован взаимно пересекающимися опорными рейками и средствами их крепления на несущей конструкции [7, 8]. В ячейках, которые образованы взаимно пересекающимися опорными рейками, устанавливаются панели. Кроме того, имеются элементы разъемного соединения опорных реек между собой и с данными панелями. Недостатками известных решений является невозможность требуемого крепления технических средств для обнаружения пожара, достаточного дистанцирования этих средств от другого электрооборудования, а также сложности, возникающие при монтаже подвесного потолка и размещения на нем или за ним оборудования. При создании СПП МПБ решается техническая задача быстрой сборки подвесного потолка с заданной дистанцией размещения оборудования, обеспечения удобства обслуживания и ремонта (рис. 1).

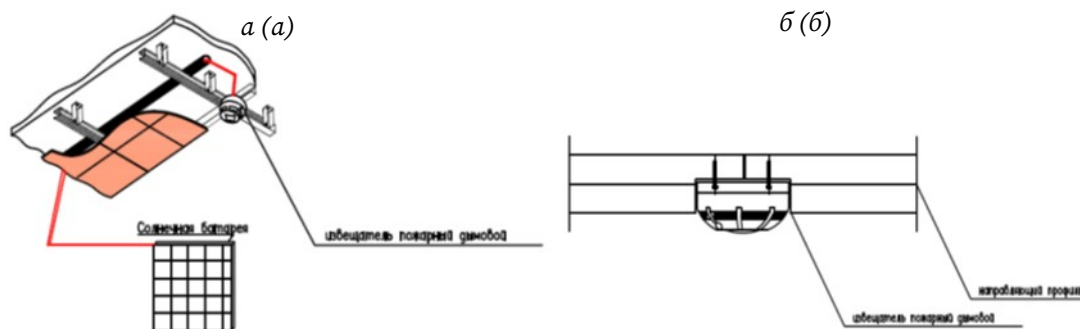


Рис. 1. Конструкция СПП МПБ: *a* – основные элементы; *б* – узел крепления пожарного извещателя
Fig. 1. The design of the SPP MPB: *a* – the main elements; *b* – the mounting unit of the fire detector

Предлагаемая конструкция СПП МПБ позволяет решить поставленную техническую задачу за счет агрегации продольных и поперечных направляющих с профилированными торцами, потолочных ячеек и крепежных элементов с техническими средствами обнаружения пожара, электрическими кабелями различного назначения. В панелях из гипсоволокна, продольных и поперечных направляющих, монтажных брусках с монтажными элементами имеются каналы для вариативной прокладки электрических кабелей. Данные каналы предназначены также для экранирования и предотвращения наводок на средства пожарной автоматики. Для создания СПП МПБ также используются карнизы, бордюры, розетки и доборы, а в качестве крепежных элементов – резьбовые шпильки. Имеется возможность регулирования крепления по высоте [1, 3, 7]. Расположение продольных направляющих предполагается на равных расстояниях по отношению друг к другу, отвечающих шагу ячейки. Исполнение монтажных брусков предполагает возможность их закрепления на стене с учетом выбранной высоты [7, 8]. В свою очередь, исполнение монтажных элементов предусматривает возможность закрепления на выбираемом расстоянии друг от друга. Снизу по центру перекрестий направляющих установлены розетки. На направляющих устанавливаются бордюры в декоративном исполнении. Размер бордюров подобран с учетом расстояния между розетками. Установка доборов осуществляется по периметру потолка. Их прикрепление осуществляется к монтажному брусу с внешней стороны [4, 7]. К завершающей направляющей они крепятся с внутренней стороны. Длина сторон потолочных ячеек меньше расстояния между



направляющими. Потолочный плинтус и потолочный карниз образуют карниз, прикрепляемый к направляющим и монтажным брускам [3, 7]. В продольных, поперечных и завершающих направляющих имеются по два продольных выступа, симметрично расположенных, высота и ширина которых равна не менее половины толщины направляющих [4, 7]. Имеющиеся внутри направляющих пустоты предназначены для размещения каналов раздельной прокладки электрических сетей – осветительной и системы пожарной автоматики. Профилированные торцы продольных, поперечных, завершающих направляющих выполняются в виде выступов, высота и ширина которых равна не менее половины толщины этих направляющих [7, 8]. Конструкция СПП МПБ предполагает наличие выносного элемента – солнечной батареи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках исследования по стандартной методике [9] производился расчет эффективности затрат на обеспечение пожарной безопасности жилых помещений при помощи СПП МПБ.

На первоначальном этапе были определены площади пожара при свободном горении твердых горючих и трудногорючих материалов в жилых помещениях на основе статистических данных, касающихся частоты пожаров в Ивановской области в 2021 г. [10]. Это позволило определить параметры развития пожара в жилых зданиях, а также на основании данных об эффективности элементов и систем обеспечения пожарной безопасности подготовить прогноз экономических потерь от возможного пожара.

Расчет математического ожидания экономических потерь от пожара $M(\Pi)$ осуществляется [9]:

$$M(\Pi) = M(\Pi_{н.б.}) + M(\Pi_{о.р.}) + M(\Pi_{п.о.}) \quad (1)$$

где $M(\Pi_{н.б.})$ – математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства, руб./год;

$M(\Pi_{о.р.})$ – математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий пожара, руб./год;

$M(\Pi_{п.о.})$ – математическое ожидание потерь от простоя объекта, обусловленного пожаром, руб./год; расчет этой величины (рис. 2) актуален для самозанятого населения, осуществляющего свою деятельность в жилых домах.

Проведенный анализ рассчитанных значений математического ожидания экономических потерь позволил установить тенденцию к увеличению данного показателя с повышением степени огнестойкости жилого здания.

Второй этап исследования включал в себя определение экономических потерь от пожара в жилом здании за год расчетным путем.

Значение предотвращенных потерь ($\Pi_{пр}$), руб. определяется [9]:

$$\Pi_{пр} = \Pi_1 + \Pi_2, \quad (2)$$

где Π_1 , Π_2 – экономические потери от одного пожара на охраняемом объекте соответственно до и после реализации мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, руб.

Результат проведенных расчетов экономических и предотвращенных потерь от пожара в жилых зданиях представлены на рис. 3. Данные приведены по статистическим данным



Ивановской области в зависимости от степени огнестойкости.

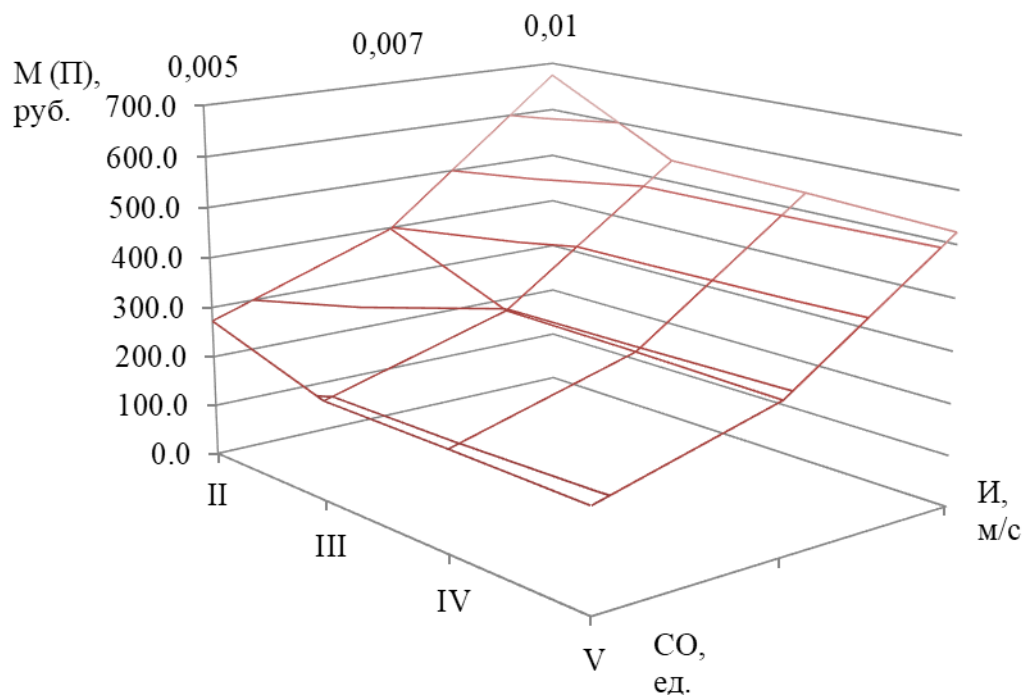


Рис. 2. Математическое ожидание экономических потерь от пожара при различных линейных скоростях на 13-й минуте пожара

Fig. 2. Mathematical expectation of economic losses from fire at various linear velocities at the 13th minute of the fire

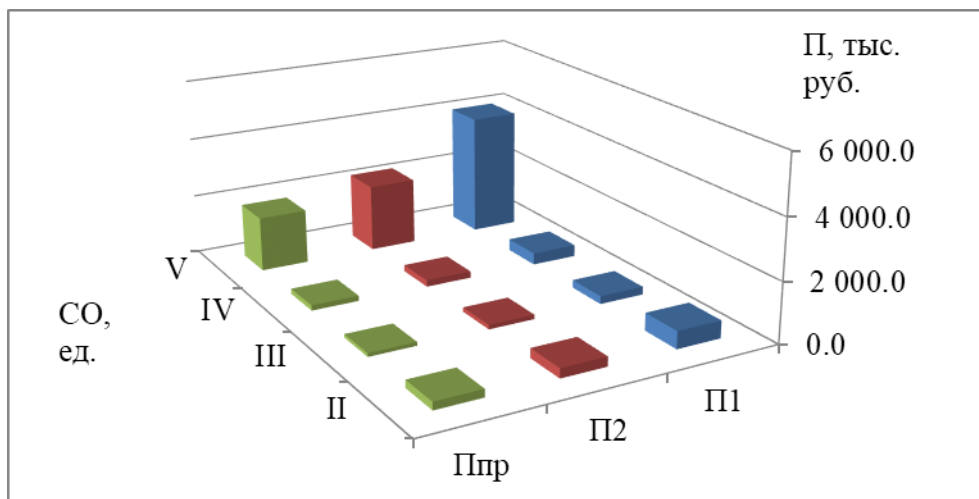
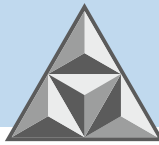


Рис. 3. Экономические и предотвращенные потери от пожара в жилых зданиях с учетом степени огнестойкости

Fig. 3. Economic and prevented losses from fire in residential buildings, taking into account the degree of fire resistance

В зависимости от степени огнестойкости жилых зданий, на рис. 3 представлены: предотвращенные потери ($\Pi_{пр}$), экономические потери от одного пожара в жилом здании соответственно до (Π_2) и после установки СПП МПБ (Π_1).

На третьем этапе, по результатам предшествующих двух этапов, а также с учетом данных об эксплуатации жилого здания за расчетный период, определяется экономический эффект



затрат на СПП МПБ.

По результатам эксплуатации объекта за расчетный период определяется экономический эффект затрат на обеспечение пожарной безопасности. Экономический эффект за расчетный период, независимо от направленности мероприятия по обеспечению пожарной безопасности (разработка, производство и использование новых, совершенствование существующих элементов систем и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности) (\mathcal{E}_T), руб., рассчитывается [9]:

$$\mathcal{E}_T = \Pi_{\text{пр}T} + \mathcal{Z}_T, \quad (3)$$

или

$$\mathcal{E}_T = \sum_{t=t_n}^{t_k} \Pi_{\text{пр}t} \cdot \alpha_{\text{тпр}} - \sum_{t=t_n}^{t_k} \Pi_{\text{пр}t} \cdot \alpha_t, \quad (4)$$

где \mathcal{E}_m – экономический эффект реализации мероприятия по обеспечению пожарной безопасности за расчетный период (Т);

$\Pi_{\text{пр}T}$, $\Pi_{\text{пр}t}$ – стоимостная оценка предотвращенных потерь соответственно за расчетный период (Т) и в году (t) расчетного периода;

\mathcal{Z}_T , \mathcal{Z}_t – стоимостная оценка затрат на реализацию мероприятия по обеспечению пожарной безопасности соответственно за расчетный период (Т) и в году (t) расчетного периода;

α_t , $\alpha_{\text{тпр}}$ – коэффициенты приведения разновременных соответственно затрат и предотвращенных потерь к расчетному году;

t_n – начальный год расчетного периода;

t_k – конечный год расчетного периода;

t – текущий год расчетного периода.

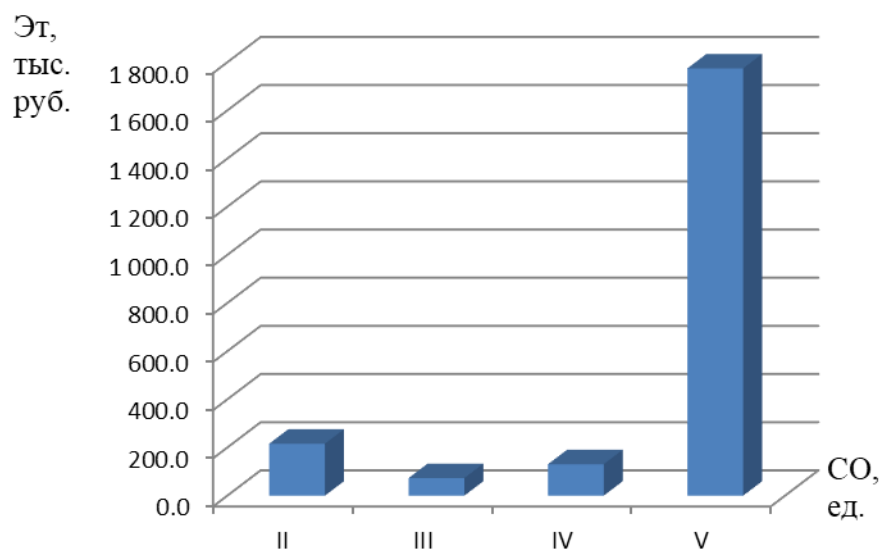
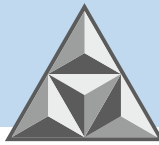


Рис. 4. Экономический эффект затрат на СПП МПБ

Fig. 4. Economic effect of SPP SPB costs

Рис. 4 иллюстрирует зависимость эффективности затрат на СПП МПБ от степени огнестойкости жилых зданий. Указанные значения рассчитаны исходя из предотвращенных потерь и затрат на установку СПП МПБ. Анализ полученных данных показывает, что затраты



на установку СПП МПБ в жилых помещениях будут иметь наибольшую эффективность в зданиях V степени огнестойкости. Это обуславливается тем, что пожары в жилых зданиях данной степени огнестойкости приводят к значительному ущербу на больших площадях. Известно [10], что более 80% пожаров происходит в жилых зданиях [10], что очень часто завершается полным их уничтожением.

Установка предлагаемого СПП МПБ является не только эффективным решением с экономической точки зрения, но также позволяет существенно развить систему «умный дом». Аналогичные решения для обеспечения пожарной безопасности кухни предложены W.-L. Hsu, J.-Y. Jhuang, C.-S. Huang, C.-K. Liang, Y.-C. Shiau [11]. R.M.N.-U. Rehman [12] изучены различные смарт-системы. Дистанционный мониторинг пожарной безопасности соседних зданий в рамках концепции создания системы «умный дом» предлагается в [13-15].

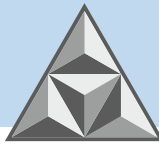
ВЫВОДЫ

Монтаж СПП МПБ позволяет учесть совокупность требований к различным системам, требующим размещения в верхней части жилого помещения.

Комплексное решение проблем обеспечения пожарной безопасности таких зданий и сооружений может быть достигнуто при помощи создания сборных строительных изделий, интегрируемых в систему «умный дом». Описанный СПП МПБ позволяет решать указанную проблему с высокой экономической эффективностью. Также совершенствуются подходы при включении в конструкцию СПП МПБ солнечной батареи. Это позволяет исключить «человеческий фактор», воздействующий на своевременность замены аккумуляторных батарей в автономных пожарных извещателях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Калинин Е.С.** Влияние исполнения подвесного потолка на динамику распространения опасных факторов пожара. // *Ройтмановские чтения: сб. материалов VIII научно-практической конференции*; под ред. Б.Б. Серкова. М.: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2020. С. 35-38.
2. Патент RU 2684677 C1 Российская Федерация. Самосрабатывающая огнетушащая панель / **Денисов О.В., Адамян В.Л., Пономарев А.Е., Пономарева И.А., Павликов А.В.**
3. **Gravit M.V., Golub E.V., Grigoriev D.M., Ivanov I.O.** Fireproof suspended ceilings with high fire resistance limits // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No. 8 (84). P. 75-85. DOI: 10.18720/MCE.84.8
4. Патент RU 2387766 C2 Российская Федерация. Соединительный элемент с крюком и пластмассовой облицовкой для снижения возникающих во время пожара напряжений / **Платт У.Д., Линь Ю.**
5. **Толмачев В.Д., Шалыгин А.А.** Прокладка электропроводок за подвесными потолками и в перегородках // *Энергобезопасность в документах и фактах*. 2005. № 3. С. 24-32.
6. Патент RU 2178919 C1 Российская Федерация. Устройство для обнаружения пожара в помещениях с межпотолочным пространством. на изобретение / **Васильев М.А., Левчук С.А., Мещеряков А.В., Танклевский Л.Т.**
7. А.с. 90092 U1 СССР. Сборно-разборный подвесной потолок на полезную модель / **Дзедобоев И.Р., Михеева Н.Л.**



8. Патент RU 2521233 C2 Российская Федерация. Ударопрочный подвесной потолок и его крепежный элемент / **Боржер С., Вромен Й.П.К.**
9. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
10. Главное управление МЧС России по Ивановской области. URL: <https://37.mchs.gov.ru/deyatelnost/profilakticheskaya-rabota-i-nadzornaya-deyatelnost/>
11. программу-po-profilaktike-narusheniy-obyazatelnyh-trebovaniy
12. **Hsu W.L., Jhuang J.Y., Huang C.S., Liang C.K., Shiau Y.C.** Application of Internet of Things in a kitchen fire prevention system // *Applied Sciences (Switzerland)*. 2019. 9(17). P. 3520–3544. DOI: 10.3390/app9173520.
13. **Rehman R.M.N.-U.** Model of Smart System Based On Smart Grid, Smart Meter and Wireless Based Smart Appliances // *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*. 2012. 1(5). P. 6–10. DOI: 10.9790/1676-0150610.
14. **Федосов С.В., Лазарев А.А., Маличенко В.Г., Торопова М.В.** Мониторинг пожарной безопасности как средство дистанционного контроля // *Современная наука: теория, методология, практика. Материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Тамбов, 2021. С. 96-100.
15. **Федосов С.В., Маличенко В.Г., Торопова М.В., Лазарев А.А.** Программа по определению пределов огнестойкости строительных конструкций, предела распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов // *Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности. Современные задачи инженерных наук: сб. науч. трудов Международного научно-технического симпозиума и III Международного Косыгинского Форума*. М., 2021. С. 20-24.
16. **Лазарев А.А., Торопова М.В.** Вероятностный подход к определению мест установки приборов вне малоэтажных зданий для обнаружения пожара // *Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сб. материалов VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России*. Иваново, 2020. С. 208-212.

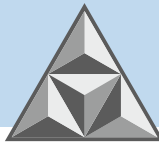
Поступила в редакцию 10.06.2022

Одобрена после рецензирования 15.06.2022

Принята к опубликованию 22.06.22

REFERENCES

1. **Kalinin, E.S.** (2020) The influence of the suspended ceiling design on the dynamics of the spread of fire hazards, *Rojtmanovskie chteniya: sb. materialov VIII nauchno-prakticheskoy konferencii*; B.B. Serkov (Ed.). М.: Akademiya Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii, pp. 35-38 (in Russian).
2. **Denisov, O.V., Adamyan, V.L., Ponomarev, A.E., Ponomareva, I.A. & Pavlikov, A.V.** (2019) Self-working fire extinguishing panel. RU 2684677 C1 (in Russian).
3. **Gravit, M.V., Golub, E.V., Grigoriev, D.M. & Ivanov, I.O.** (2018) Fireproof suspended ceilings with high fire resistance limits, *Magazine of Civil Engineering*, 8 (84), pp. 75-85. DOI: 10.18720/MCE.84.8.
4. **Platt, U.D. & Lin, Yu** (2010) A connecting element with a hook and a plastic lining to reduce



- stresses arising during a fire. RU 2387766 C2 (in Russian).
5. **Tolmachev V.D. & Shalygin A.A.** (2005) Laying of electrical wiring behind suspended ceilings and in partitions, *Energobezopasnost' v dokumentah i faktah*, 3, pp. 24-32 (in Russian).
 6. **Vasiliev, M.A., Levchuk, S.A., Meshcheryakov, A.V. & Tanklevsky, L.T.** (2002) A device for detecting fire in rooms with an interstitial space. RU 2178919 C1 (in Russian).
 7. **Dzeboev, I.R. & Mikheeva, N.L.** (1948) Collapsible suspended ceiling. SU 90092 U1 (in Russian).
 8. **Border, S. & Times, Y.P.K.** (2014) Shock-resistant suspended ceiling and its fastening element. RU 2521233 C2 (in Russian).
 9. GOST 12.1.004-91. System of occupational safety standards. Fire safety. General requirements (in Russian).
 10. *The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Ivanovo region* [online]. Available at: <https://37.mchs.gov.ru/deyatelnost/profilakticheskaya-rabota-i-nadzornaya-deyatelnost/>
 11. programmy-po-profilaktike-narusheniy-obyazatelnyh-trebovaniy (in Russian).
 12. **Hsu, W.L., Jhuang, J.Y., Huang, C.S., Liang, C.K. & Shiau, Y.C.** (2019) Application of Internet of Things in a kitchen fire prevention system, *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(17), pp. 3520-3544. DOI: 10.3390/app9173520.
 13. **Rehman, R.M.N.-U.** (2012) Model of Smart System Based On Smart Grid, Smart Meter and Wireless Based Smart Appliances, *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 1(5), pp. 6–10. DOI: 10.9790/1676-0150610.
 14. **Fedosov, S.V., Lazarev, A.A., Malichenko, V.G. & Toropova, M.V.** (2021) Fire safety monitoring as a means of remote control, *Sovremennaya nauka: teoriya, metodologiya, praktika. Materialy III Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii*. Tambov, pp. 96-100 (in Russian).
 15. **Fedosov, S.V., Malichenko, V.G., Toropova, M.V. & Lazarev, A.A.** (2021) A program for determining the limits of fire resistance of building structures, the limit of fire propagation through structures and groups of flammability of materials, *Sovremennye inzhenernyye problemy klyuchevykh otraslej promyshlennosti. Sovremennye zadachi inzhenernykh nauk: sb. nauch. trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo simpoziuma i III Mezhdunarodnogo Kosygin'skogo Foruma*. Moscow, pp. 20-24 (in Russian).
 16. **Lazarev, A.A. & Toropova, M.V.** (2020) Probabilistic approach to determining the installation locations of devices outside low-rise buildings for fire detection, *Topical issues of improving engineering systems to ensure fire safety of facilities. Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoj bezopasnosti ob"ektov: sb. materialov VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 30-j godovshchine MCHS Rossii*. Ivanovo, pp. 208-212 (in Russian).

Received 10.06.2022

Approved after reviewing 15.06.2022

Accepted 22.06.22