
МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Научная статья

УДК 51-74:614.841.12

ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА В НОЧНОМ КЛУБЕ

✉ Джафарова Анастасия Алексеевна.

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

✉ nastyas300696@mail.ru

Аннотация. Представлена полевая модель распространения опасных факторов пожара при возгорании в ночном клубе. Модель разработана в программе Pyrosim. В предлагаемой модели определено время достижения предельных значений опасных факторов пожара, рассчитано время блокирования путей эвакуации при пожаре в ночном клубе. Модель позволяет обосновывать управленческие решения по снижению пожарных рисков в учреждениях культуры рассматриваемого типа.

Ключевые слова: полевая модель, опасные факторы пожара, эвакуация, ночной клуб

Для цитирования: Джафарова А.А. Оценка распространения опасных факторов пожара в ночном клубе // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 1 (45). С. 7–14.

Scientific article

ASSESSMENT OF THE SPREAD OF FIRE HAZARDS IN A NIGHTCLUB

✉ Dzhafarova Anastasiya A.

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

✉ nastyas300696@mail.ru

Abstract. A field model of the spread of fire hazards during a fire in a nightclub is presented. The model was developed in the Pyrosim program. The proposed model determines the time to reach the limit values of fire hazards, and calculates the time to block escape routes in case of a fire in a nightclub. The model allows to justify management decisions to reduce fire risks in cultural institutions of the type under consideration.

Keywords: field model, fire hazards, evacuation, night club

For citation: Dzhafarova A.A. Assessment of the spread of fire hazards in a nightclub // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2023. № 1 (45). P. 7–14.

Введение

Наиболее распространенными причинами чрезвычайных ситуаций на объектах, входящих в инфраструктуру Российской Федерации, с массовым пребыванием людей являются пожары, вследствие чего важнейшим индикатором и показателем эффективности функционирования системы пожарной безопасности служит непосредственно снижение риска пожаров, включая сокращение числа погибших и получивших травмы в результате пожара людей.

Пожары на объектах с массовым пребыванием людей, как правило, имеют очень высокий уровень смертности, и МЧС России уделяет особое внимание вопросам противопожарной защиты таких объектов, однако, невзирая на это, проблемы обеспечения пожарной безопасности в них решаются недостаточно оперативно [1].

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

Каждому пожару характерны те или иные поражающие факторы. Это такие условия, при которых возможно причинение материального ущерба, а также нанесение вреда как здоровью, так и жизни граждан. Среди существующих факторов пожара можно выделить первичные и вторичные. Более подробно остановимся на первичных, к ним относятся: открытый огонь, температуры среды, токсичные продукты горения, потеря видимости и пониженная концентрация кислорода [2].

Количество пожаров в России из года в год существенно не уменьшается, а масштабы их разрушительных последствий постоянно растут, превращая в пепел и дым огромные ценности. Статистика свидетельствует о том, что каждые 5 мин в стране вспыхивает пожар, и каждый час в огне гибнет один человек, а 20 получают ожоги и травмы. Проблема гибели людей при пожарах – предмет особого беспокойства. Ее решение требует реализации комплекса научных, организационных и технических задач.

Так как в данной работе будет проведена оценка распространения опасных факторов пожара (ОФП) в ночном клубе, фокус внимания будет смещен на происшествия в учреждениях культуры данного типа, тем самым наглядно будет продемонстрирована актуальность и значимость проведения исследований именно в этой области.

25 марта 2007 г. в Москве в помещении клуба «911», расположенного в здании театра «Ленком», возник пожар. В клубе проходило театрализованное огневое шоу, для которого использовался спирт. При очередном выступлении произошло возгорание сосуда, в котором находилось около 2 л спиртосодержащей жидкости. Затем пламя перекинулось на находящуюся в непосредственной близости пятилитровую канистру со спиртосодержащей жидкостью, после чего загорелась сцена. В клубе не было окон, а из-за паники в дверях возникла давка. Погибло 10 чел., 8 было госпитализировано.

5 декабря 2009 г. произошел пожар в ночном клубе «Хромая лошадь» в г. Перми. По основной версии, при использовании пиротехники в ночном клубе «Хромая лошадь» произошло воспламенение декора из ивовых прутьев и пенопласта в потолке. В помещении на момент пожара находилось порядка 400 чел. Когда произошло воспламенение, в клубе погас свет, оконные проемы были закрыты наглухо. Несмотря на наличие одного аварийного выхода, большинство посетителей пыталось спастись через узкий главный вход, образовав давку. Большинство жертв погибло от отравления высокотоксичным дымом. Многие погибли от ожогов, вызванных расплавленным пенопластом, стекавшим с потолка. Больше недели после трагедии люди умирали в больницах страны. Пожар унес жизни 112 чел., более 120 пострадали.

5 ноября 2022 г. произошел пожар в ночном клубе «Полигон» в г. Костроме. В здании клуба был произведен выстрел из пускового устройства «Сигнал охотника», вследствие чего загорелся пластиковый потолок, огонь распространился за считанные секунды. Из семи эвакуационных выходов четыре оказались заперты, пожарным пришлось выламывать двери, чтобы спасти людей. Погибло 13 чел., 9 пострадали.

Ранее была построена агентная модель, позволяющая оценить расчетное время эвакуации, но для оценки уровня безопасности необходимо также оценить и время блокирования эвакуационных путей (доступное время эвакуации), для чего будет использован полевой метод [3, 4].

Методы исследования

Для оценки времени блокирования эвакуационных путей может быть использована интегральная, зонная или полевая модель. Интегральный метод используется для зданий, содержащих развитую систему помещений малого объема, помещений, где размер очага пожара соизмерим с размерами помещения и позволяет оценить динамику среднеобъемных величин ОФП с ограниченной точностью. Зонный метод применим при наличии рабочих зон, расположенных на разных уровнях в пределах одного помещения, он позволяет оценить динамику ОФП в зонах конвективной колонки, резервуара дыма и остальном пространстве помещения с ограниченной точностью. Полевой метод используется для помещений, в которых

один из геометрических размеров намного больше или меньше остальных, он позволяет учитывать работу систем противопожарной защиты, способных качественно изменить картину пожара, и оценить динамику ОФП в каждой точке помещения с высокой точностью [5].

Полевой метод является наиболее универсальным из существующих детерминистических методов, поскольку основан на решении уравнений в частных производных, выражающих фундаментальные законы сохранения в каждой точке расчетной области. Подробно уравнения приведены в источнике [6]. С его помощью можно рассчитать температуру, скорость, концентрации компонентов смеси и т.д. в каждой точке расчетной области [2]. В связи с этим полевой метод может использоваться:

- для проведения научных исследований в целях выявления закономерностей развития пожара;
- проведения сравнительных расчетов в целях апробации и совершенствования менее универсальных зональных и интегральных моделей, проверки обоснованности их применения;
- выбора рационального варианта противопожарной защиты конкретных объектов.

В своей основе полевой метод не содержит никаких априорных допущений о структуре течения, в связи с чем принципиально применим для рассмотрения любого сценария развития пожара [6].

Одной из самых распространенных программ для моделирования ОФП является FireDynamicSimulation (FDS), впервые появившаяся в открытом доступе в 2000 г. FDS численно решает уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков. Модель, которая представляет собой систему уравнений в частных производных, включающую в себя уравнения сохранения массы, момента и энергии, решается на трехмерной регулярной сетке и описывает пространственно-временное распределение температуры и скоростей газовой среды в помещении, концентраций компонентов газовой среды (кислорода, продуктов горения и т.д.), давления и плотности.

Математическая модель пожара является основой оценки пожарного риска. Для исследования полевой модели FDS и определения доступного времени эвакуации используется программа Pyrosim, рассчитывающая распространение опасных факторов пожара. Pyrosim является графическим редактором, позволяющим быстро воссоздавать модели для расчетов ОФП практически любого уровня сложности и детализации происходящих физических процессов. В рабочем поле можно просматривать модель на плоскости в трехмерном виде, а также в текстовом варианте. Pyrosim позволяет создавать модели отдельных помещений, зданий любой площади и этажности и даже участки местности.

Результаты исследования и их обсуждение

Для исследования полевой модели FDS в программе Pyrosim задается сценарий пожара в ночном клубе. Принимая во внимание крупнейшие пожары, произошедшие в ночных клубах на территории Российской Федерации, а также результаты анализа пожаров в учреждениях культуры данного типа по всему миру, ранее проведенного в статье [1], можно полагать, что возгорание происходит на сцене ночного клуба вследствие использования пиротехнических средств. В данном исследовании за основу принимается типовое здание одноэтажного ночного клуба, которое будет загружено в Pyrosim (рис. 1).

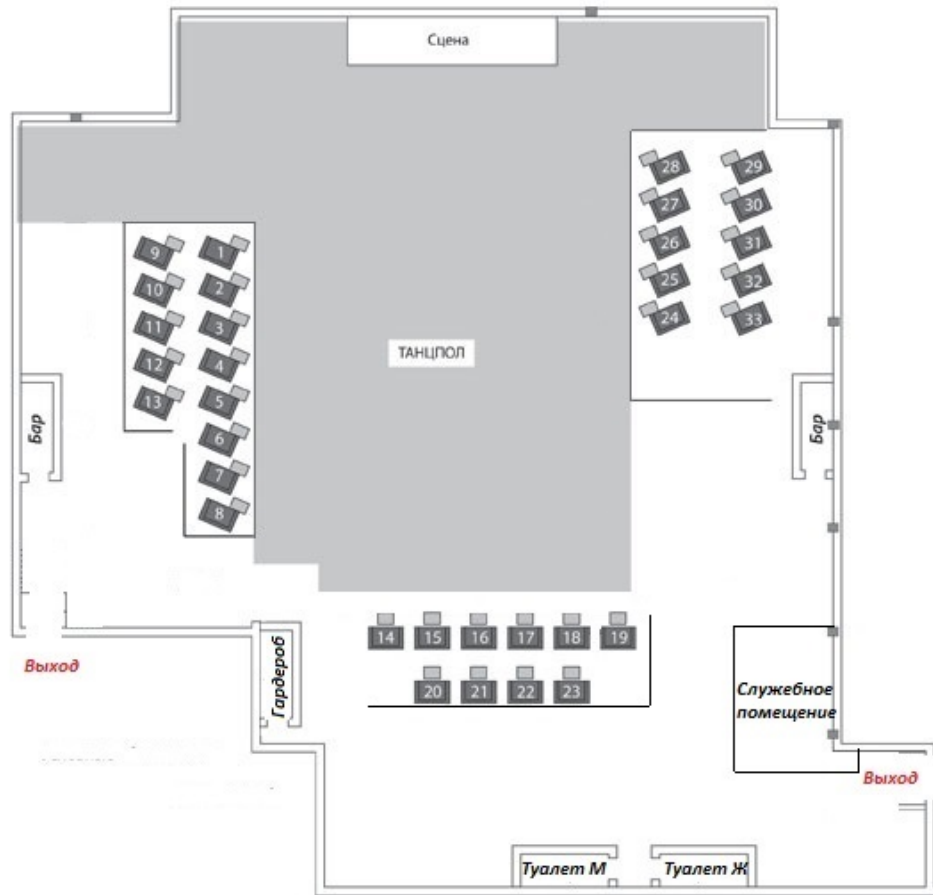


Рис. 1. План типового здания ночного клуба

Следующим шагом является построение модели на основе загруженного плана типового здания ночного клуба, задание очага пожара и датчиков ОФП (рис. 2).

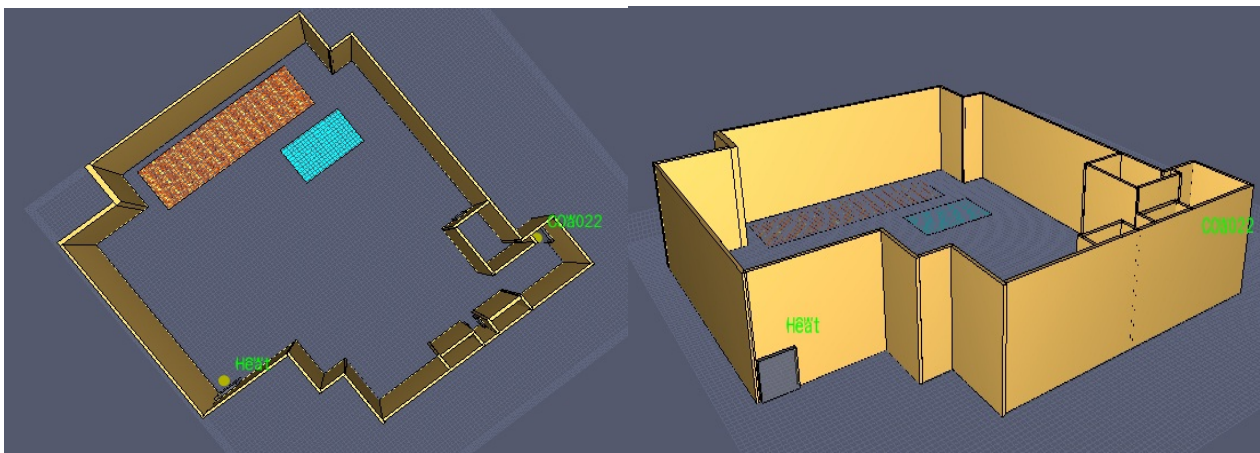


Рис. 2. Модель типового здания ночного клуба в Pyrosim

После этого запускается процесс моделирования распространения ОФП, результаты которого отражены на графиках (рис. 3–6), представленных ниже:

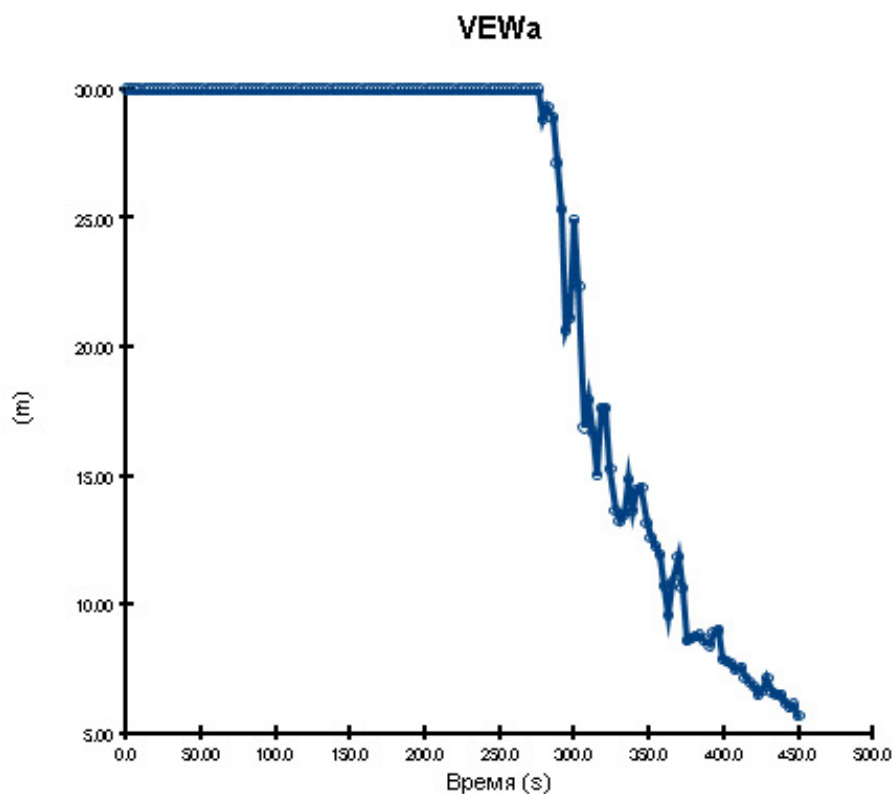


Рис. 3. График ограничения видимости и снижения уровня кислорода

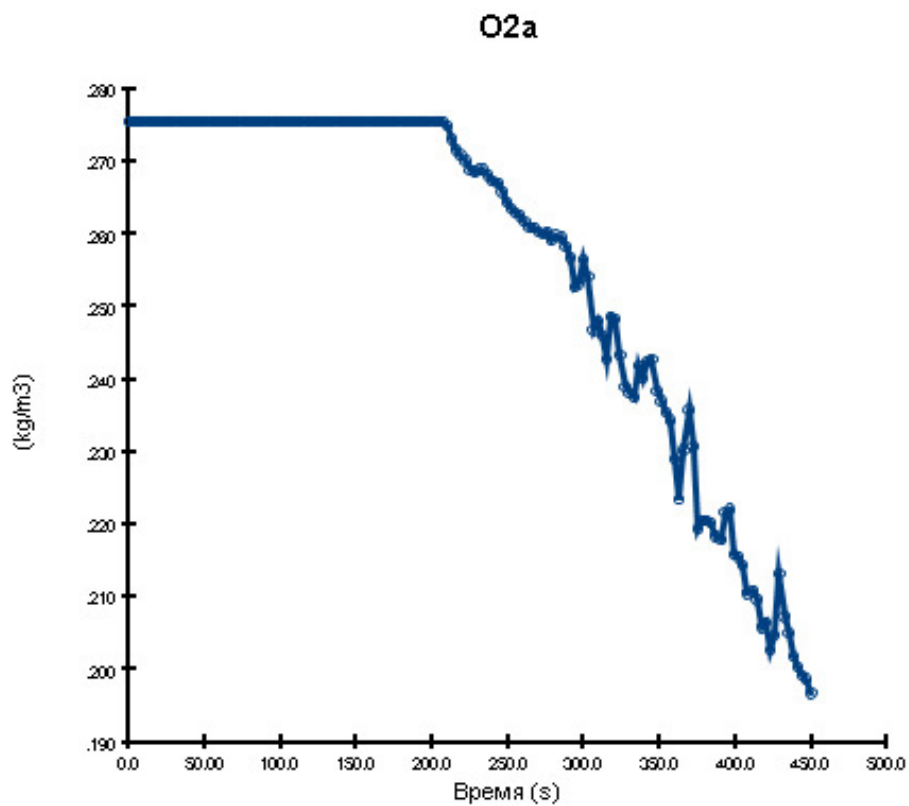


Рис. 4. График снижения уровня кислорода

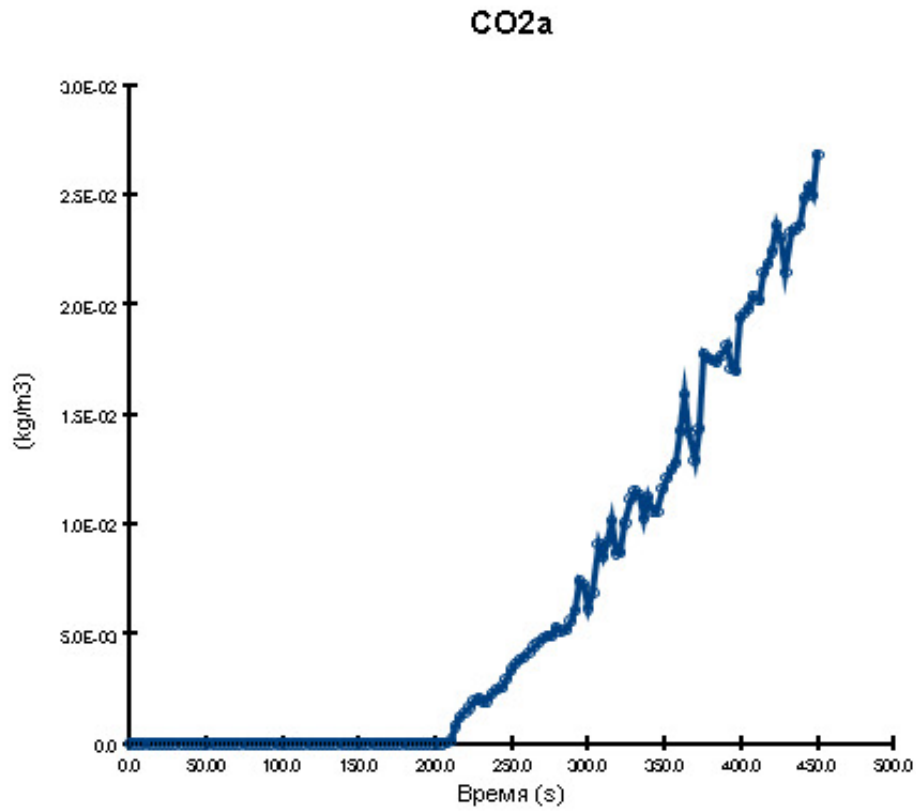


Рис. 5. График роста концентрации углекислого газа

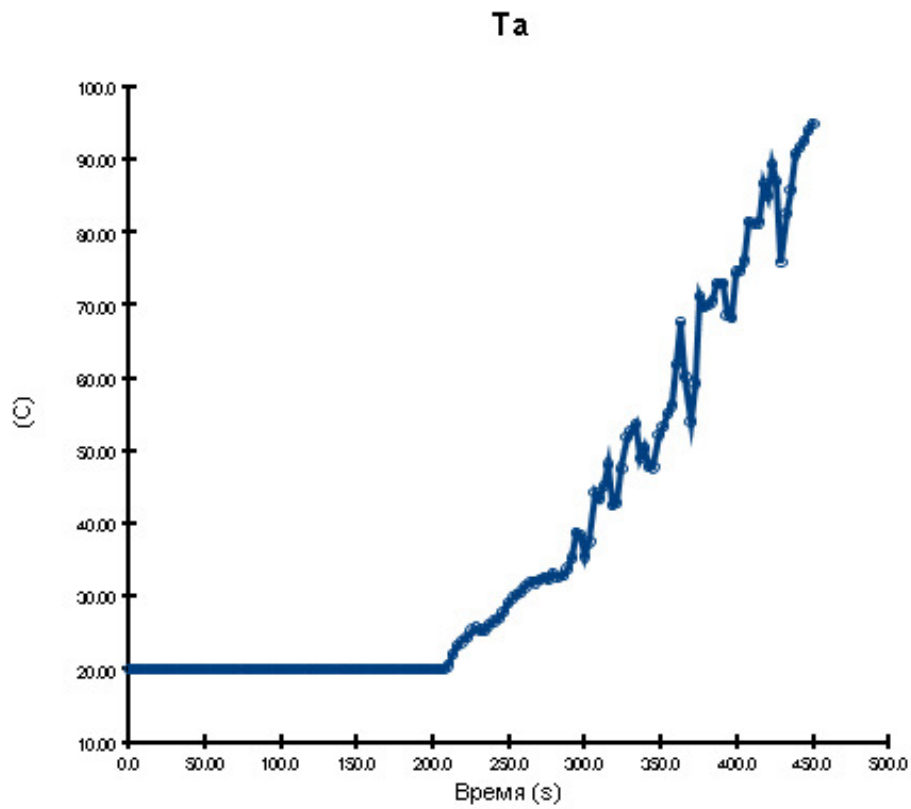


Рис. 6. График роста температуры

В Приказе МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» приведены предельные значения ОФП [7]. Время достижения ОФП получено исходя из результатов моделирования (табл.).

Таблица

Результаты моделирования пожара

Вид ОФП	Предельное значение	Время достижения
Потеря видимости	20 м	300 с
Содержание кислорода	0,026 кг*м ⁻³	260 с
Содержание CO ₂	0,11 кг*м ⁻³	320 с
Повышенная температура	+70 °С	375 с

Заключение

Исходя из результатов моделирования, можно сделать вывод о том, что предельные значения по потере видимости, пониженному содержанию кислорода и росту концентрации углекислого газа достигаются в первую очередь. Для определения времени блокирования путей необходимо наименьшее время достижения предельных значений ОФП умножить на коэффициент безопасности 0,8, что изложено в источнике [4]. Таким образом, время блокирования путей составит 208 сек. Критические значения остальных ОФП достигаются позже, например, температура приблизительно равна +70 °С на 375 сек. с момента начала пожара.

Ранее было рассчитано требуемое время эвакуации при пожаре в рассматриваемом ночном клубе с использованием агентного моделирования [3]. Исходя из этого, становится ясно, что требуемое время эвакуации, которое будет приблизительно равно 460 сек., однозначно превышает доступное, тем самым обосновывая актуальность рассматриваемой проблематики пожаров в ночных клубах и необходимость принятия управленческих решений по снижению пожарных рисков в учреждениях культуры данного типа.

Список источников

1. Задунова А.А., Матвеев А.В., Смирнов А.С. Анализ пожаров на объектах с массовым пребыванием людей на примере ночных клубов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 1. С. 20–28.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Matveev A.V., Maximov A.V., Zadurova A.A. Simulation model of emergency evacuation in case of fire in a nightclub // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 720. № 1. P. 012019. DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012019. EDN FMACZD.
4. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожароразрывобезопасности. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2005.
6. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях: метод. рекомендации. М.: ВНИИПО МЧС России, 2003. 35 с.
7. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

References

1. Zadurova A.A., Matveev A.V., Smirnov A.S. Analiz požarov na ob"ektah s massovym prebyvaniem lyudej na primere nochnyh klubov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 1. S. 20–28.
2. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah požarnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
3. Matveev A.V., Maximov A.V., Zadurova A.A. Simulation model of emergency evacuation in case of fire in a nightclub // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 720. № 1. P. 012019. DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012019. EDN FMACZD.
4. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin požarnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnyh klassov funkcional'noj požarnoj opasnosti: Prikaz MCHS Rossii ot 30 iyunya 2009 g. № 382. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
5. Puzach S.V. Metody rascheta teplomassoobmena pri požare v pomeshchenii i ih primenenie pri reshenii prakticheskikh zadach požarozryvbezopasnosti. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2005.
6. Primenenie polevogo metoda matematicheskogo modelirovaniya požarov v pomeshcheniyah: metod. rekomendacii. M.: VNIPO MCHS Rossii, 2003. 35 s.
7. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin požarnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah: prikaz MCHS Rossii ot 10 iyulya 2009 g. № 404. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 27.12.2022

Принята к публикации: 17.01.2023

The information about article:

Article was received by the editorial office: 27.12.2022

Accepted for publication: 17.01.2023

Информация об авторах:

Джафарова Анастасия Алексеевна, адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: nastya300696@mail.ru

Information about the authors:

Jafarova Anastasia A., associate professor of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: nastya300696@mail.ru