

УДК 614.841.3

EDN: WVJLNY

Обеспечение защиты укрываемых от опасных факторов пожара в защитных сооружениях блок-модульного типа

ISSN 1996-8493

© Технологии гражданской безопасности, 2023

Н.Н. Посохов, Г.П. Тонких, А.А. Пашкова, А.Н. Минкин, С.В. Клочков, Д.А. Едимичев

Аннотация

В статье рассматривается вопрос обеспечения защиты укрываемых в блок-модульных защитных сооружениях гражданской обороны от опасных факторов пожара. Исследование было проведено на примере объекта «КУБ-М».

В процессе исследования авторами был проведен расчет пожарного риска с целью подтверждения достаточности предлагаемых производителем проектных решений и сделан вывод о возможности эксплуатации такого защитного сооружения для защиты укрываемых.

Ключевые слова: блок-модуль; защитное сооружение гражданской обороны блок-модульного типа; «КУБ-М»; защитное сооружение гражданской обороны полной заводской готовности; пожарный риск; индивидуальный пожарный риск; МЧС России.

Ensuring Protection of Sheltered from Fire Hazards in Block-Modular Type Protective Structures

ISSN 1996-8493

© Civil Security Technology, 2023

N. Posokhov, G. Tonkikh, A. Pashkova, A. Minkin, S. Klochkov, D. Edimicev

Abstract

The article deals with the issue of ensuring sheltered protection from fire hazards in civil defense block-modular protective structures. The study was conducted on the example of the object "CUBE-M".

In the course of the study, the authors estimated fire risk in order to confirm sufficiency of the design solutions proposed by the manufacturer and concluded that it is possible to use this protective structure to protect the sheltered.

Key words: block-module; protective structure of civil defense of block-modular type; "KUB-M"; civil defense protective structure of full factory readiness; fire risk; individual fire risk; Ministry of Emergency Situations of Russia.

01.11.2023

Одной из основных задач в области гражданской обороны является предоставление населению средств индивидуальной и коллективной защиты так называемых защитных сооружений гражданской обороны (ЗС ГО). Укрытие населения в ЗС ГО является одним из основных способов защиты населения, который в настоящее время особенно актуален в условиях СВО и с учетом повышенной вероятности ядерного удара со стороны стран-участниц НАТО.

Таким образом, все большую важность приобретают так называемые защитные сооружения гражданской обороны блок-модульного типа (ЗС ГО БМТ), которые имеют ряд неоспоримых преимуществ перед стационарными защитными сооружениями и при этом отвечают всем требованиям, предъявляемым к защитным сооружениям. В частности, в зависимости от типа ЗС ГО (убежище, противорадиационное укрытие, укрытие) обеспечивают защиту от теплового воздействия и прочих опасных факторов при пожаре [1–5].

Однако, несмотря на применение современных технологий и материалов в конструкции подобных объектов, актуальным остается вопрос безопасности нахождения людей в таких защитных сооружениях, в том числе проблема пожарной безопасности [6]. Таким образом, целью настоящей работы является определение расчетной величины пожарного риска [7], а также времени эвакуации людей в случае возникновения возгорания для определения достаточности предлагаемых производителем проектных решений [8, 9]. Для достижения этой цели решаются следующие задачи:

- создание трехмерной модели типовой конфигурации модулей;

- построение полей опасных факторов пожара;
- определение времени эвакуации людей и значения величины пожарного риска.

Для изучения вышеизложенной проблемы используются методы: математического моделирования, сравнения, измерения, индукции, абстрагирования.

На рис. 1 указана конфигурация убежища типа «КУБ-М», которое будет рассматриваться в работе.

Объект рассчитан на круглосуточное пребывание 54 человек и по классу функциональной пожарной опасности относится к Ф 1.2. Убежище оборудуется тремя эвакуационными выходами: в осях 1/А-Б, 1/Г-Д и 9–10/Е.

Для определения расчетной величины воспользуемся методикой, описанной в приказе МЧС России № 1140 от 14 ноября 2022 г.:

$$Q_{в, i} = Q_{п, i} (1 - K_{ап, i}) P_{пр, i} (1 - P_{э, i}) (1 - K_{п.з, i}), \quad (1)$$

где:

$Q_{п, i}$ — частота возникновения возгорания в убежище;

$K_{ап, i}, K_{п.з, i}$ — коэффициенты, учитывающие соответствие систем противопожарной защиты требованиям нормативной документации;

$P_{пр, i}$ и $P_{э, i}$ — вероятности присутствия на объекте человека и его эвакуации соответственно;

$Q_{в, i}$ — расчетная величина пожарного риска.

Поскольку все значения, кроме $P_{э, i}$, определяются из соответствующих приложений к Методике, достаточно определить вышеуказанную вероятность в рассматриваемых сценариях. Для этого мы будем

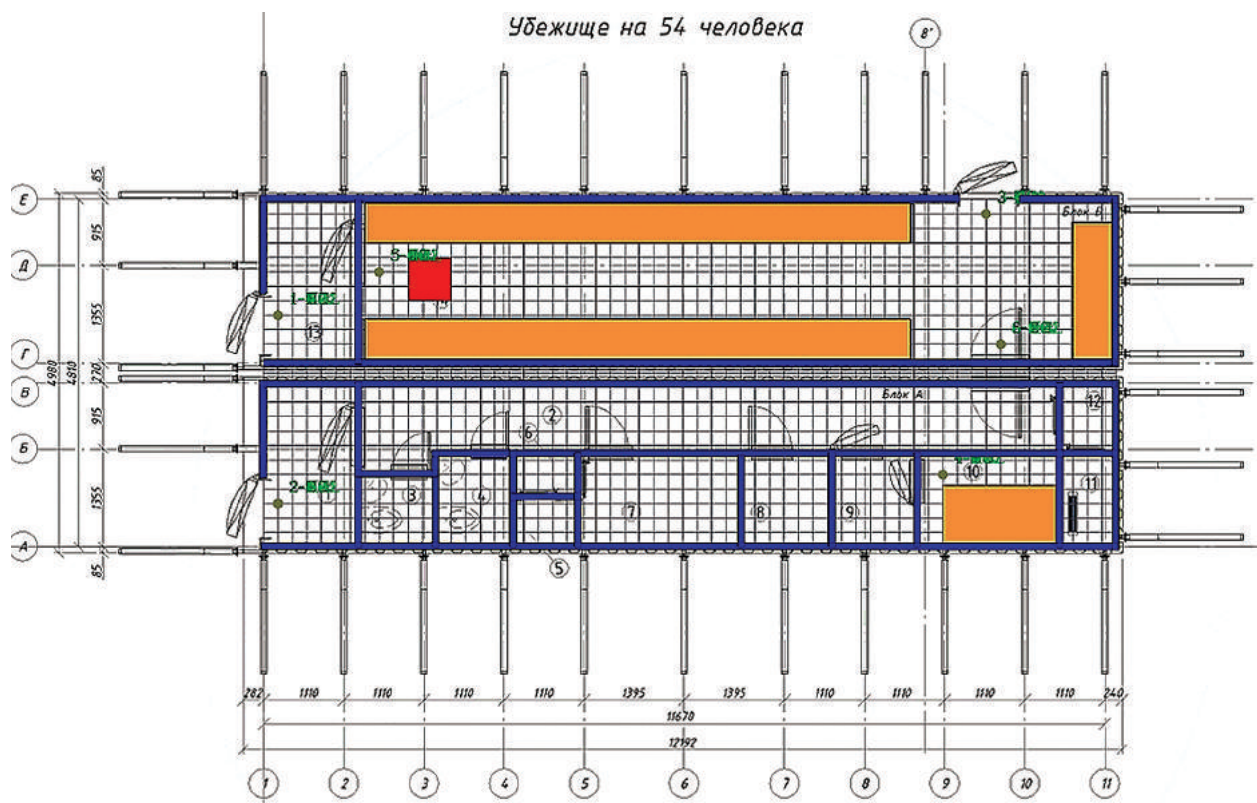


Рис. 1. План объекта [1–5]

использовать программные комплексы: Pyrosim, реализующий полевою модель развития пожара, и Pathfinder — для моделирования процесса эвакуации из убежища.

Отметим, что основой для полевых моделей пожаров [8] являются известные уравнения, выражающие законы сохранения массы, импульса, энергии и масс компонентов в рассматриваемом достаточно малом контрольном объеме. Также применяются уравнения

энергии, сохранения химического компонента и состояния идеального газа [9].

Для объекта «КУБ-М» было рассмотрено три сценария возникновения пожара: первые два — в помещении для пребывания людей, а последний — в дизельной электростанции. На рис. 2–4 указаны расположения очага возгорания для анализируемых случаев (сценарии 1–3).

Горючая нагрузка для сценариев 1 и 2 представлена в основном мебелью и бытовыми изделиями, а для

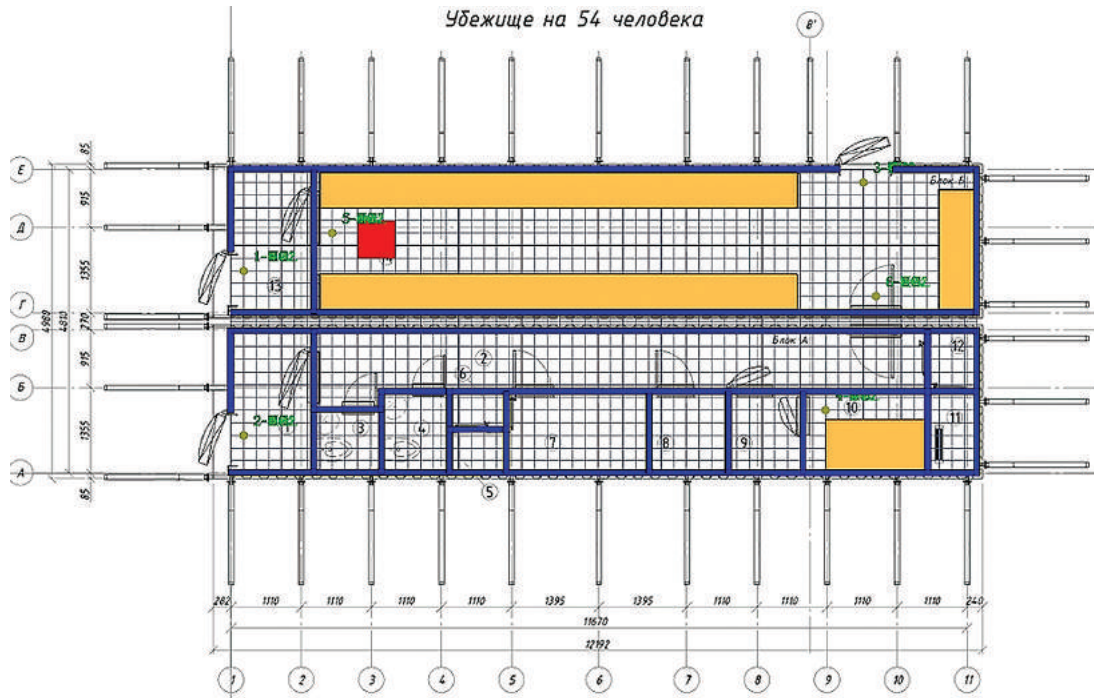


Рис. 2. Локализация очагов возгорания убежища (сценарий 1). Красным обозначен очаг пожара, зеленым — контрольные точки [9]

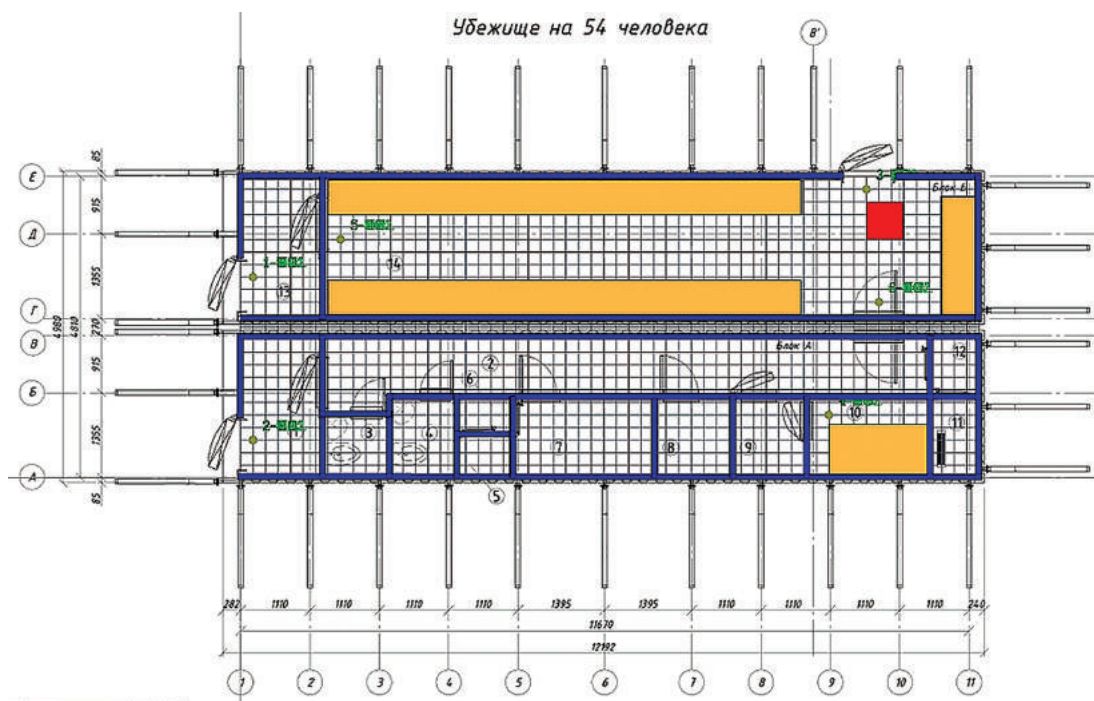


Рис. 3. Локализация очагов возгорания убежища (сценарий 2). Красным обозначен очаг пожара, зеленым — контрольные точки [9].

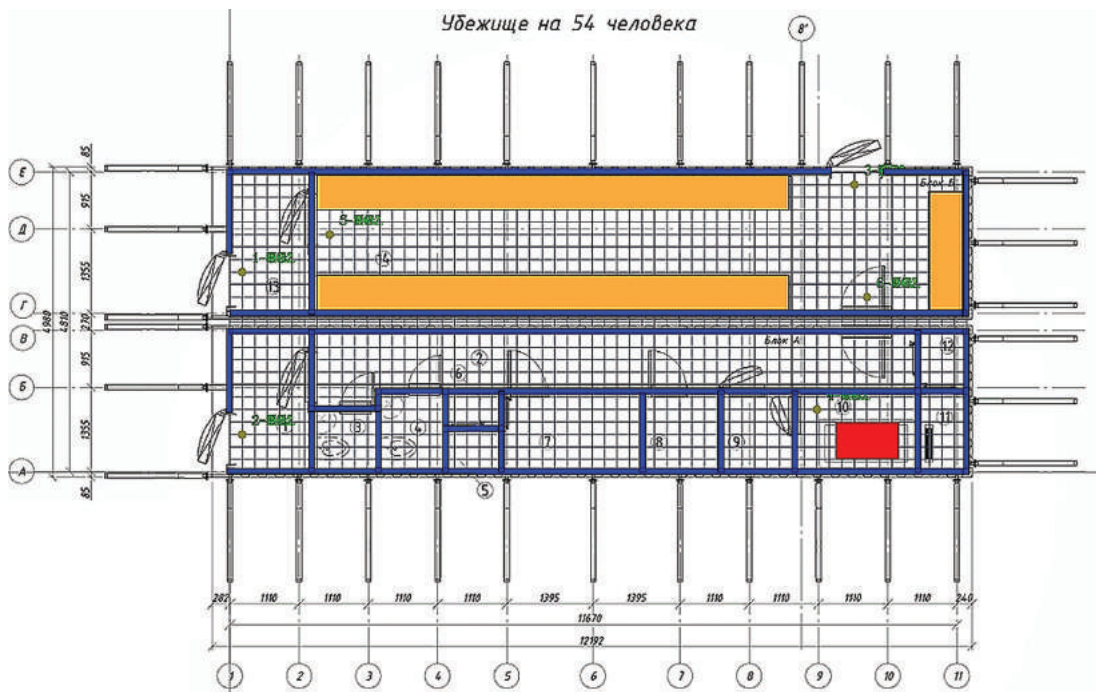


Рис. 4. Локализация очагов возгорания убежища (сценарий 3). Красным обозначен очаг пожара, зеленым — контрольные точки [9].

сценария 3 — дизельным топливом. Количество горючей нагрузки выбиралось, исходя из типовых значений, приведенных в справочнике [10]. Размер сетки для расчетов составлял 0.2 м. Это значение является оптимальным согласно руководству по эксплуатации программного комплекса [11].

Данные по блокированию контрольных точек опасными факторами пожара представлены на диаграммах (рис. 5–7):

Таким образом, наиболее опасным с точки зрения времени блокирования путей эвакуации является сценарий № 2. Возгорание же в помещении дизель-

электростанции за счет его расположения развивается с меньшей интенсивностью.

Для определения вероятности эвакуации людей из убежища применяется программный комплекс Pathfinder, расположив людей согласно схемам, представленных в проектной документации на исследуемом объекте (см. рис. 8) [12].

Время эвакуации людей для каждого сценария определялось посредством применения индивидуально-поточной модели программного комплекса в соответствии с методикой, определяемой приказом МЧС России № 1140 (рис. 9–11), и составило для каждого сценария [13, 14]:

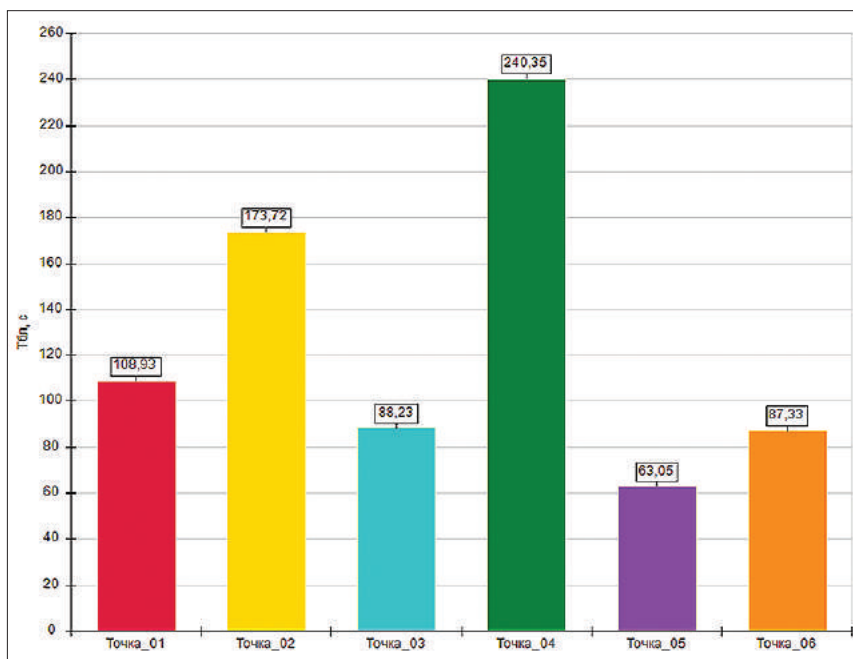


Рис. 5. Распределение времени блокирования ОФП контрольных точек (сценарий 1)

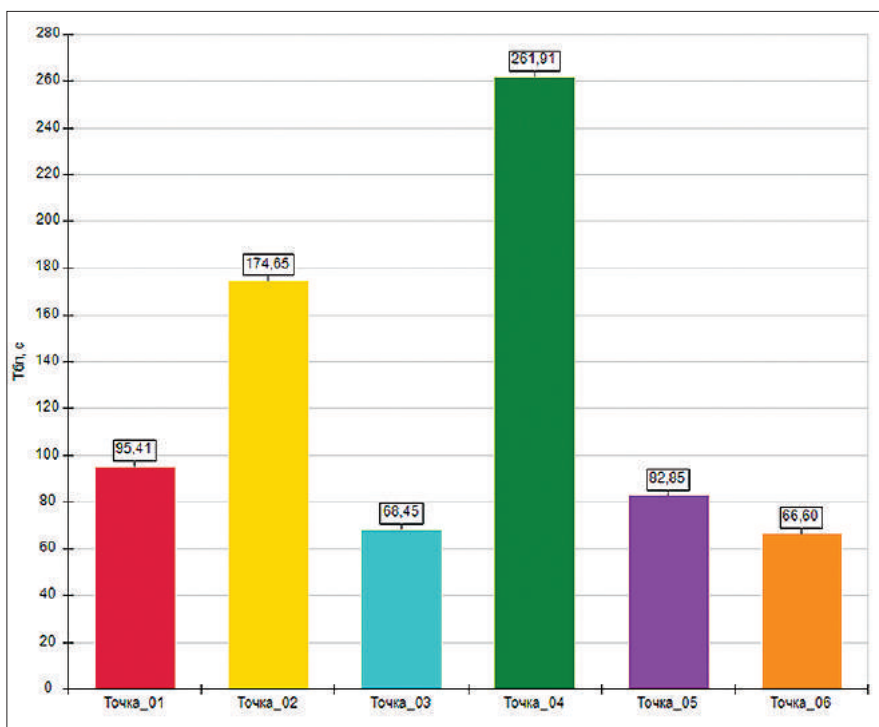


Рис. 6. Распределение времени блокирования ОФП контрольных точек (сценарий 2)

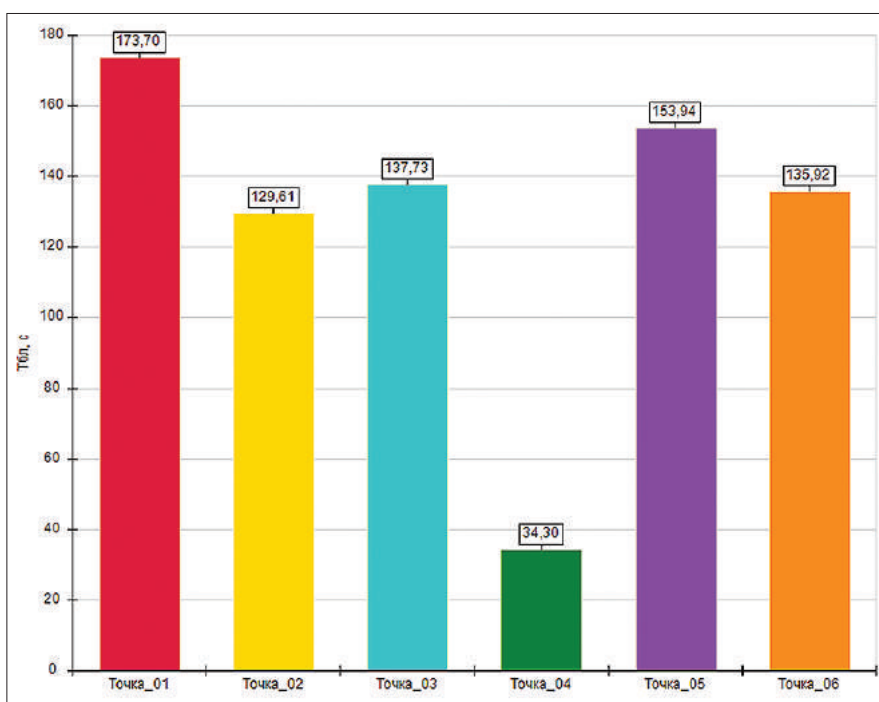


Рис. 7. Распределение времени блокирования ОФП контрольных точек (сценарий 3)

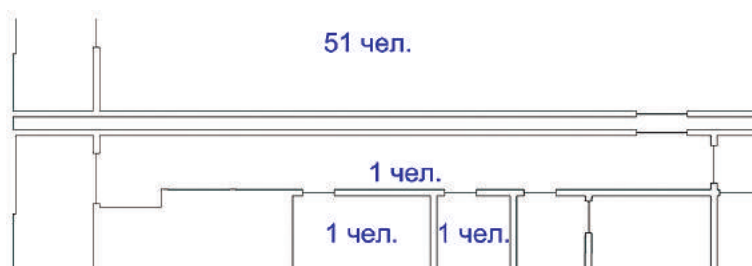


Рис. 8. Расположение людей на момент начала эвакуации [12]

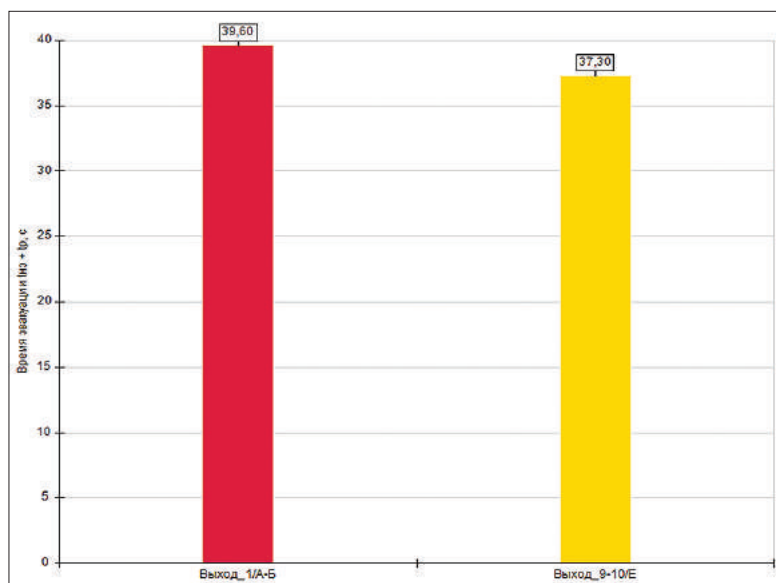


Рис. 9. Распределение времени эвакуации людей по выходам (сценарий 1) [13, 14]

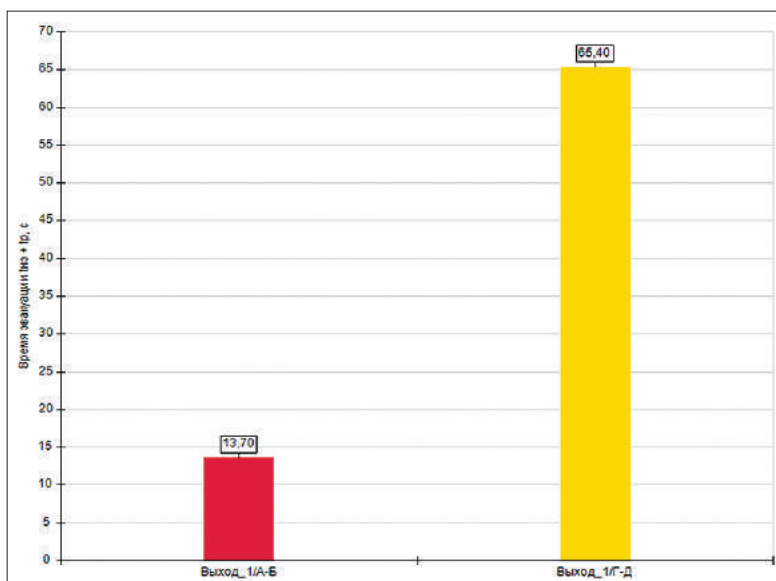


Рис. 10. Распределение времени эвакуации людей по выходам (сценарий 2) [13, 14]

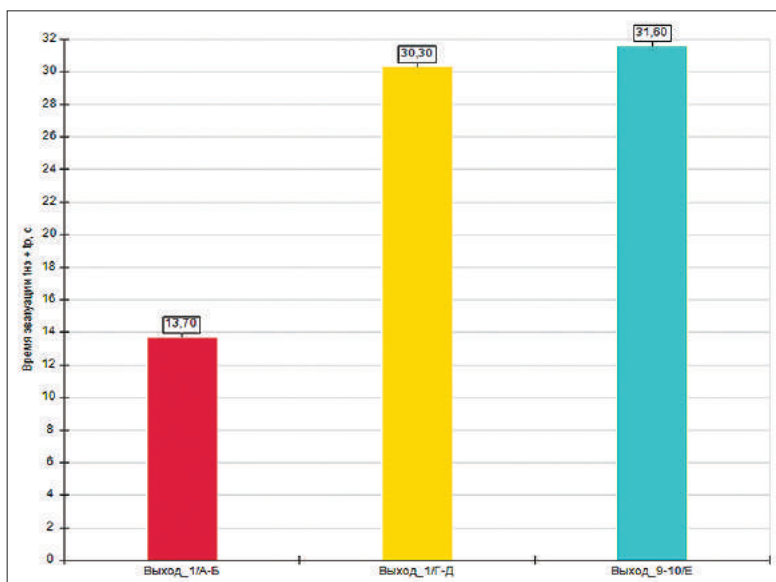


Рис. 11. Распределение времени эвакуации людей по выходам (сценарий 3) [13, 14]

Вероятность безопасной эвакуации людей определяется как:

$$P_3 = \begin{cases} 0,999 \cdot \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нд}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нд}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин.} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нд}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин.} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин.} \end{cases}, \quad (2)$$

где:

$t_{\text{бл}}$ — время блокирования ОФП путей эвакуации;
 $t_{\text{нд}}$ — время начала эвакуации;
 t_p — расчетное время эвакуации;
 $t_{\text{ск}}$ — время существования скопления людей.

Учитывая характер данных, приведенных на рис. 3–5, можно сделать вывод о том, что для каждого из

рассмотренных сценариев вероятность эвакуации людей составляет 0,999 [15, 16]. Таким образом, получена вся информация, необходимая для определения величины индивидуального пожарного риска по формуле (1). Ниже представлена результирующая таблица:

Подставив величины из таблицы в (1), получим: $0,36 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹. Таким образом, величина индивидуального пожарного риска меньше максимально допустимого в соответствующей нормативной документации, что делает объект пожаробезопасным в понимании требований Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123. Исходя из вышесказанного, необходимость дополнительно оборудовать убежище сверх того, что указано в проектной документации, отсутствует, а сами блок-модули рекомендуются к эксплуатации для укрытия разных категорий населения [17].

Таблица

Данные для расчета индивидуального пожарного риска [15, 16]

Параметр	Описание	Значение
Qп	Частота возникновения пожара в здании в течение года	0,0281
Рпр	Вероятность присутствия людей в здании	1
Кап	Оборудование здания системой не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности	0,9
Кобн	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
КСОУЭ	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
КПДЗ	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
РЭ	Вероятность эвакуации	0,999

Литература

1. Патент № 2634320. Российская Федерация, МПК E04H 9/04 (2006.01), E04H 9/16 (2006.01). Защитное сооружение гражданской обороны блок-модульного типа полной заводской готовности: № 2016124928: заявл. 22.06.2016: опубл. 25.10.2017 / Г.П. Тонких, И.В. Сосунов, Н.Н. Посохов, А.Б. Симаков, А.И. Макарын, В.А. Нещадинов; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). 25 с.
2. Тонких Г.П. Новый тип защитных сооружений гражданской обороны блок-модульного типа полной заводской готовности / Г.П. Тонких, Н.Н. Посохов // Технологии гражданской безопасности. 2021. № 5. С. 73–79.
3. Тонких, Г.П. Защитное сооружение гражданской обороны блок-модульного типа полной заводской готовности / Г.П. Тонких, А.И. Макарын, И.В. Сосунов, Н.Н. Посохов // Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации. 2016. С. 105–112.
4. Тонких, Г.П. Совершенствование средств коллективной защиты населения в современных условиях / Г.П. Тонких, А.И. Макарын, И.В. Сосунов, Н.Н. Посохов, В.М. Козача // Технологии гражданской безопасности. 2016 № 4 (50). С. 68–76.
5. Тонких Г.П., Сосунов И.В., Посохов Н.Н. Разработка нового типа защитных сооружений гражданской обороны блок-модульного типа полной заводской готовности // Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации: Сб. материалов конференции. Ногинск, 2015. С. 129–138.
6. Минкин А.Н. Определение расчетной величины пожарного риска противорадиационного укрытия / А.Н. Минкин, С.В. Клочков, А.А. Крехов, М.В. Елфимова // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции / Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. Железногорск, 2018. С. 64–67.
7. Абайханов К.А. Определение основных параметров, необходимых для расчета пожарного риска людей в зданиях и сооружениях // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2017. Т. 1. С. 719–731.
8. Кошмаров, Ю.А. Динамика ОФП в помещении, смежном с очагом пожара / Ю.А. Кошмаров, С.С. Лапшин, Д.В. Тараканов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2009. № 1. С. 67–75.
9. Minkin, A. Simulation of industrial area protection by fire barriers / A. Minkin, I. Pozharkova, S. Klochkov, Yu. Bezborodov // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2402. P. 40013.
10. Пожарная нагрузка. Справочник // Ситис-СПН-1, ред. 3. 2–14. 51 с.
11. Руководство пользователя PyroSim 2023.2 // URL: https://www.pyrosim.ru/download/Pyrosim_manual.pdf (дата обращения: 15.12.2023).
12. Бакиров, И.К. Индивидуально-поточная модель эвакуации, как эффективный метод вероятностного подхода при оценке рисков пожарной безопасности в зданиях / И.К. Бакиров, М.М. Файзулина // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1–2 (5). С. 15–17.
13. Сравнительный анализ методик оценки пожарных рисков отечественных и зарубежных аналогов: Сб. научных трудов / С.И. Боровик, К.В. Семеоненко; отв. ред. С.К. Белякин. 2010. С. 28.
14. Воробьев О.Ю. Альтернативный подход к автоматизации независимой оценки пожарного риска / О.Ю. Воробьев, А.А. Крехов, С.В. Клочков, А.Н. Минкин // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. № 1 (12). С. 46–51.
15. Литвинцев К.Ю. Методика определения расчетных величин пожарного риска в объектах защиты на основе полевого метода моделирования пожаров / К.Ю. Литвинцев, С.П. Амелчугов, А.А. Дектерев // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. Т. 17. № 12. С. 109–112.
16. Амелчугов С.П. Новые информационные технологии в пожарной безопасности / С.П. Амелчугов, С.В. Клочков // Пожарная безопасность. 2015. № 3. С. 144–151.
17. Патент № 2017612309. Российская Федерация. Оценка рисков возникновения пожара в производственных, административно-бытовых и технических помещениях: № 2016664250: заявл. 26.12.2016: опубл. 20.02.2017 / С.Н. Масаев.

Сведения об авторах

Посохов Николай Николаевич: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) нач. науч.-исслед. центра, соискатель ученой степени кандидата технических наук.
Москва, Россия.
SPIN-код: 3220-2654.

Тонких Геннадий Павлович: д.т.н., проф., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), гл.н.с. науч.-исслед. центра; НИУ МГСУ, проф. каф. железобетонных и каменных конструкций.
Москва, Россия.
SPIN-код: 3954-1917.

Пашкова Анастасия Андреевна: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), н.с. науч.-исслед. отдела.
Москва, Россия.
SPIN-код: 8620-2221.

Минкин Андрей Николаевич: ФГБОУВО Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, доц. кафедры.
Москва, Россия.
SPIN-код: 1772-3073.

Клочков Святослав Владимирович: к.ф.-м.н., Институт нефти и газа Сибирского федер. университета (ИНИГ СФУ), доц. кафедры.
Красноярск, Россия.
SPIN-код: 3762-7076.

Едимичев Дмитрий Александрович: к.т.н., Институт нефти и газа Сибирского федер. университета (ИНИГ СФУ), доц. кафедры.
Красноярск, Россия.
SPIN-код: 7093-3256.

Information about authors

Posokhov Nikolai N.: VNII GOChS (FC), Chief of the Research Center, Candidate for the Degree of Candidate of Technical Sciences.
Moscow, Russia.
SPIN-scientific: 3220-2654.

Tonkikh Gennady P.: ScD (Technical Sc.), Professor, VNII GOChS (FC), Chief Researcher of the Research Center; National Research Moscow State University of Civil Engineering, Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures.
Moscow, Russia.
SPIN-scientific: 3954-1917.

Pashkova Anastasia A.: VNII GOChS (FC), Researcher, Research Department.
Moscow, Russia.
SPIN-scientific: 8620-2221.

Minkin Andrey N.: Financial University under the Government of the Russian Federation, Associate Professor of the Department.
Moscow, Russia.
SPIN-код: 1772-3073.

Klochkov Svyatoslav V.: PhD (Physical and Mathematical Sc.), Associate Professor of the Department.
Krasnoyarsk, Russia.
SPIN-код: 3762-7076.

Edimichev Dmitry A.: PhD (Technical Sc.), Institute of Oil and Gas, Siberian Federal University, Associate Professor of the Department.
Krasnoyarsk, Russia.
SPIN-код: 7093-3256.