

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК: 65:614.842:005.591.1

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Черепанов Евгений Александрович

Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Российская Федерация

Аннотация. Актуальность исследования заключается в том, что оптимальное размещение гидрантов является одним из основных факторов повышения эффективности тушения крупных пожаров, возникших в результате чрезвычайной ситуации. В настоящей статье представлена реализация рационального размещения системы противопожарного водоснабжения, которая предполагает масштабирование исходных данных в точки единичного куба. Предложено графически компактное расположение гидрантов, позволяющее при трассировке сократить количество распределительных линий и другого оборудования, а также ускорить принятие управленческих решений по рациональному размещению системы гидрантов на заданной местности. Результаты применения разработанного алгоритма могут быть использованы при построении моделей установки пожарных гидрантов, которые играют важную роль в оптимизации процесса реагирования на пожар, тем самым способствуя повышению шансов на выживание граждан во время чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, противопожарное водоснабжение, пожаротушение, пожарная безопасность, пожарный гидрант

Для цитирования: Черепанов Е. А. Информационная поддержка рационального размещения системы противопожарного водоснабжения // Техносферная безопасность. 2025. № 1 (46). С. 165–173.

INFORMATION SUPPORT FOR THE RATIONAL PLACEMENT OF A FIRE-FIGHTING WATER SUPPLY SYSTEM

Evgeny A. Cherepanov

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russian Federation

Abstract. The relevance of the study lies in the fact that the optimal placement of hydrants is one of the main factors in increasing the effectiveness of extinguishing large fires that arise as a result of an emergency. This article presents the implementation of the rational placement of a fire-fighting water supply system, which involves scaling the initial data to the points of a single cube. A graphically compact arrangement of hydrants is proposed, which makes it possible to reduce the number of distribution lines and other equipment during tracing, as well as speed up management decisions on the rational placement of the hydrant system in a given area. The results of applying the developed algorithm can be used in constructing models for installing fire hydrants, which

play an important role in optimizing the fire response process, thereby contributing to increasing the chances of citizen survival during an emergency.

Keywords: emergency, fire-fighting water supply, fire extinguishing, fire safety, fire hydrant

For Citation: Cherepanov E. A. Information support for the rational placement of a fire-fighting water supply system // Technospheric safety. 2025. № 1 (46). pp. 165–173.

Введение

Крупные ЧС в мире происходят ежегодно и достаточно часто сопровождаются многомиллионным материальным, экологическим ущербом и, к сожалению, не обходятся без человеческих жертв. Так, по статистическим данным, ущерб от одной ЧС в 2023 г. оценивался в ~210,9 млн руб. Количество погибших в 2023 г. составило 310 человек, из них 288 человек погибли при техногенных ЧС и 29 человек — при природных ЧС [1].

Важно также учитывать, что в большинстве ЧС происходит возникновение масштабных пожаров, создающих аварийную обстановку. В настоящее время в подобных ситуациях ликвидация горения веществ и материалов осуществляется посредством охлаждения огнетушащими веществами или перемешивания горючего [2], однако наиболее доступным огнетушащим средством до сих пор является вода. Так, наличие источников наружного противопожарного водоснабжения (водных объектов) и исправное состояние гидрантов становятся важными условиями обеспечения пожарной безопасности, влияющими на эффективность тушения пожаров, проведения аварийно-спасательных работ, спасения человеческих жизней и материальных ценностей [3]. Таким образом, вопрос оптимального размещения гидран-

тов, установленных на водопроводной сети, является актуальным.

Результаты и их обсуждение

Согласно установленным нормам и правилам в строительстве, здания должны располагаться на расстоянии 20–25 м друг от друга. При этом их размеры в несколько раз могут превышать обозначенные параметры и быть соизмеримыми с требованием располагать гидранты на расстоянии, не превышающем $R = 200$ м. Следует также отметить, что пожарные проезды между зданиями должны иметь размер, равный 9 м [3–7]. Следовательно, при разработке модели размещения элементов системы противопожарного водоснабжения необходимо учитывать размеры зданий, равномерно распределяя гидранты.

В предложенном алгоритме поиска рационального размещения системы противопожарного водоснабжения здание сложной конструкции (рис. 1) можно рассматривать как несколько зданий стоящих рядом.

Графически компактное расположение гидрантов позволит при трассировке экономить количество распределительных линий, пожарных рукавов и другого оборудования.

Если известны координаты углов проектируемых зданий, их этажность, статус

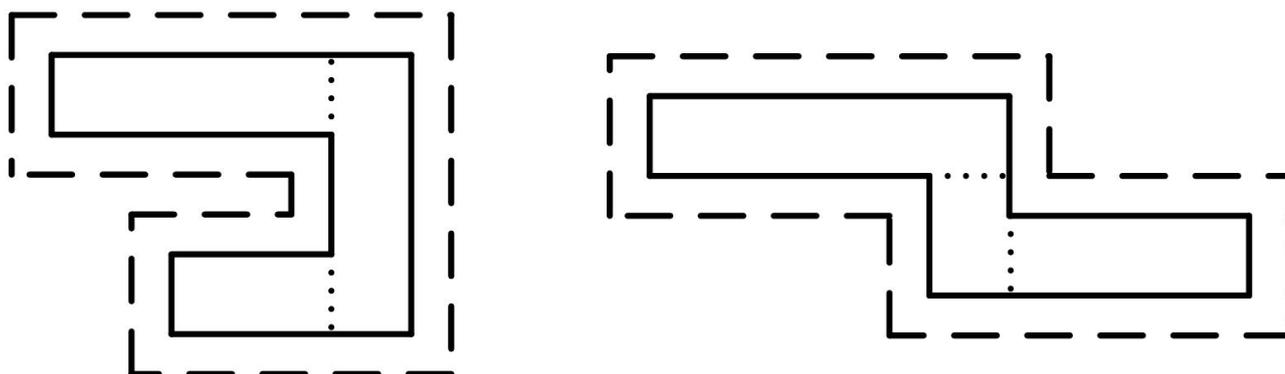


Рис. 1. Графическая интерпретация зданий сложной конструкции
 Fig. 1. Graphical interpretation of buildings of complex construction

принадлежности, то процесс размещения гидрантов, а также их численность можно автоматизировать [8].

Для поиска рационального размещения системы противопожарного водоснабжения на вход реализованной программы

подавали набор точек в двумерном пространстве, расположение которых относительно друг друга позволяет идентифицировать при помощи 2D-визуализации наиболее подходящие места для установки гидрантов (рис. 2).

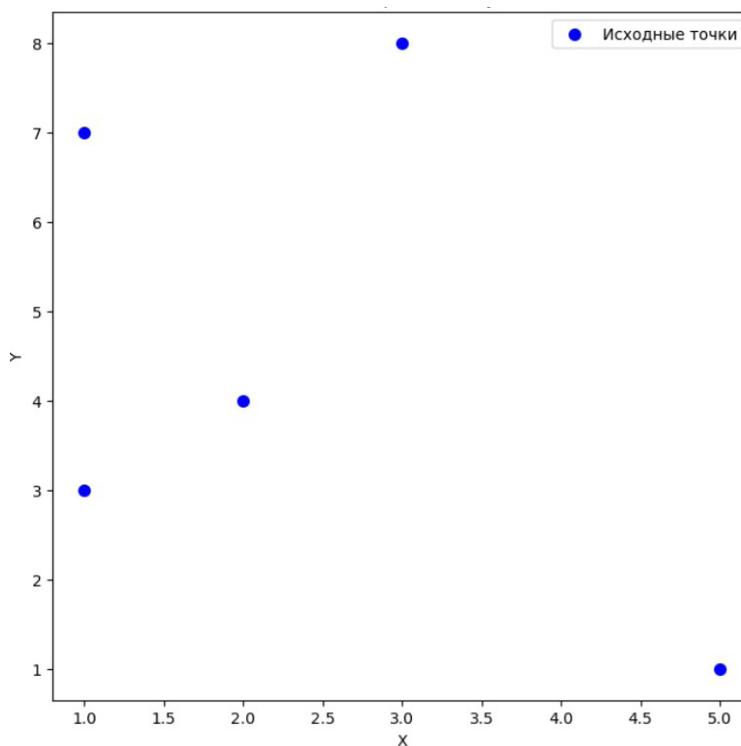


Рис. 2. Пример расположения исходных точек в пространстве относительно друг друга
 Fig. 2. An example of the location of the starting points in space relative to each other

Исходные данные преобразовывали для размещения в пространстве единичного куба, визуально делимого на восемь

маленьких квадратиков, центры которых вычисляются по одной из двух метрик расстояний:

$$\rho(M_k, M_i) = |x_k - x_i| + |y_k - y_i| + |z_k - z_i|, \tag{1}$$

$$\rho(M_k, M_i) = \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2 + (z_k - z_i)^2}. \tag{2}$$

Вычисляем минимальное значение метрики расстояния и тем самым определяем центр квадратика, в котором оно достигается (рис. 3).

В случае установленного порога приближения в две точки ответ достигнут, и тогда оптимальными точками из исходного набора значений будут 1,7 и 3,8.

На рис. 4 и 5 представлен расчет в программе, сопровождаемый консольным выводом численных значений на экран.

Если точность задана в одну точку, тогда выявленный квадратик с центром, где целевая функция достигает минимума, и точ-

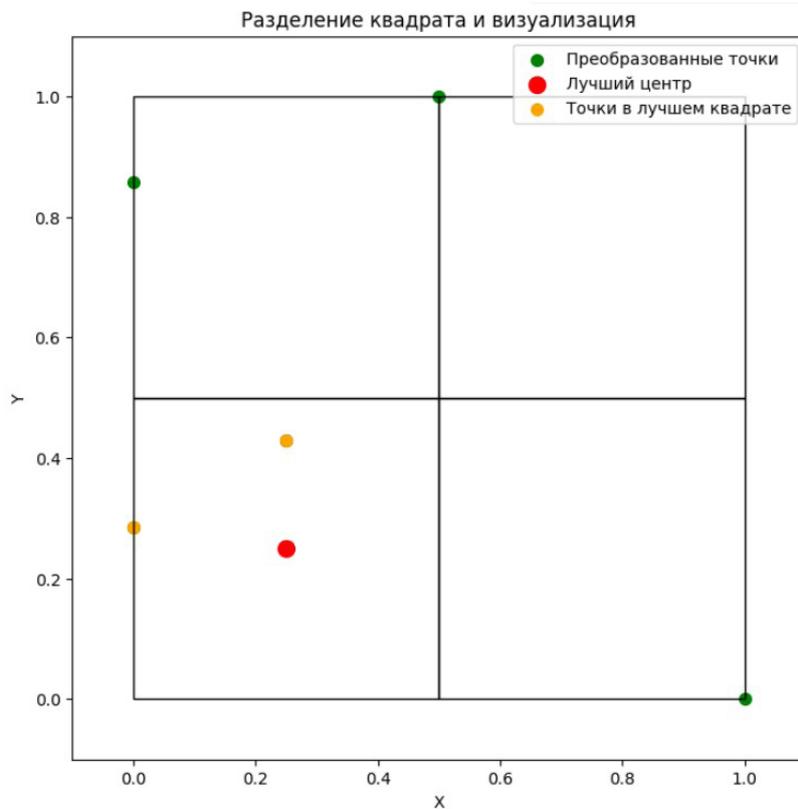


Рис. 3. Деление пространства единичного квадрата на четыре квадратика и определение центра одного из них с минимальным значением целевой функции

Fig. 3. Dividing the space of a unit square into four squares and determining the center of one of them with the minimum value of the objective function

```
Исходные точки: [(1, 3), (2, 4), (1, 7), (5, 1), (3, 8)]
Преобразованные точки: [(0.0, 0.286), (0.25, 0.429), (0.0, 0.857), (1.0, 0.0), (0.5, 1.0)]
Минимальное значение F1: 3.322
Центр с минимальным значением F1: (0.25, 0.25)
Оставшиеся точки в квадрате с минимальным F1: [(0.0, 0.286), (0.25, 0.429)]
```

Рис. 4. Консольный вывод результатов работы при вычислении первой метрики
 Fig. 4. Console output of the work results when calculating the first metric

```
Минимальное значение F2: 2.534
Центр с минимальным значением F2: (0.25, 0.75)
Оставшиеся точки в квадрате с минимальным F2: [(0.0, 0.857), (0.5, 1.0)]
```

Рис. 5. Консольный вывод результатов работы при вычислении второй метрики
 Fig. 5. Console output of the work results when calculating the second metric

ки, попавшие в него (рис. 6), подаются на вход следующей итерации для преобразования к единичному квадрату и вычисления в нем нового квадрата с минимальным значением целевой функции в центре (рис. 7).

Полученные результаты сопровождаются консольным выводом на экран (рис. 8).

Таким образом, в случае заданной точности в одну точку в качестве оптимального решения получили точку с исходными координатами, равными 1,7.

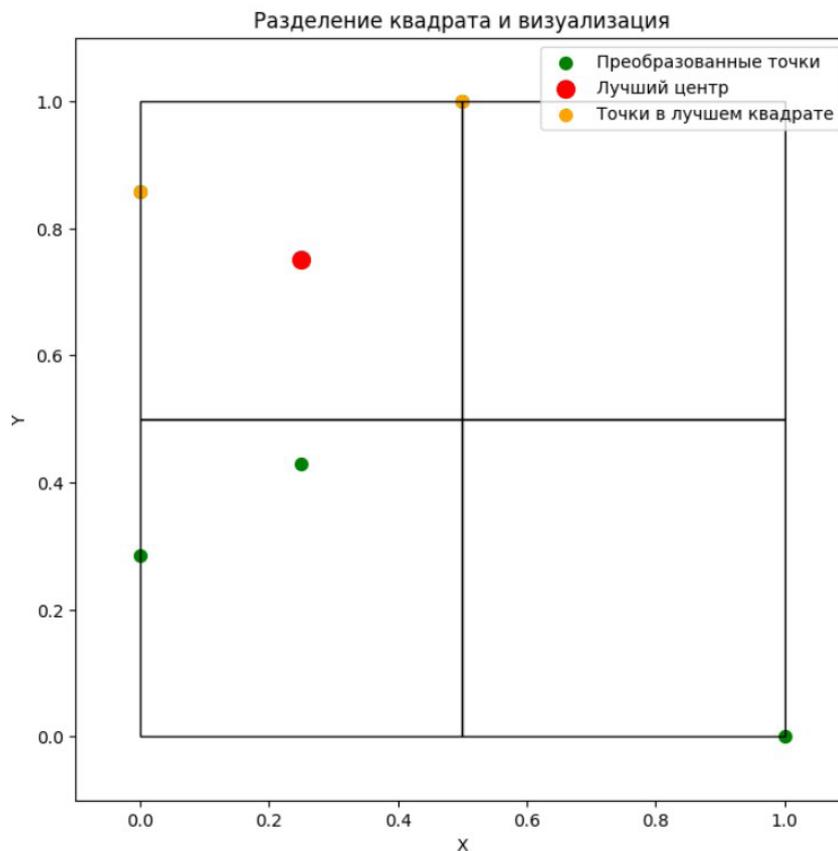


Рис. 6. Визуализация исходных точек для второй итерации алгоритма
 Fig. 6. Visualization of the starting points for the second iteration of the algorithm

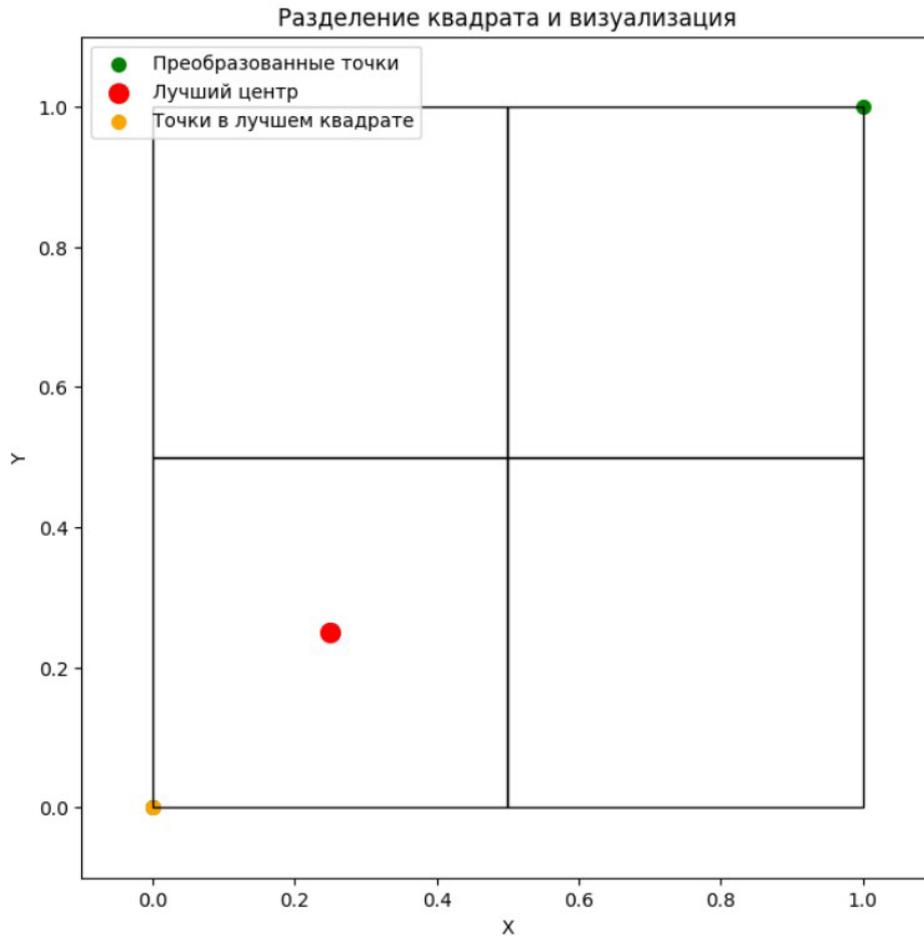


Рис. 7. Приведение левого верхнего квадратика и точек в нем к единичному квадрату и результат определения центра нового квадратика с минимальным значением целевой функции

Fig. 7. Reducing the upper left square and the points in it to a unit square and the result of determining the center of the new square with the minimum value of the objective function

Для наглядного представления работоспособности можно использовать необходимый участок местности, изображенный на карте, в качестве фона графика (рис. 9).

Для удобства отмеченные точки были пронумерованы, чтобы в результате обратных вычислений возможно было получить требуемую точку в явном виде.

```
Исходные точки: [(0.0, 0.857), (0.5, 1.0)]
Преобразованные точки: [(0.0, 0.0), (1.0, 1.0)]
Минимальное значение F1: 2.0
Центр с минимальным значением F1: (0.25, 0.25)
Оставшиеся точки в квадрате с минимальным F1: [(0.0, 0.0)]
```

Рис. 8. Консольный вывод результатов работы второй итерации алгоритма

Fig. 8. Console output of the results of the second iteration of the algorithm

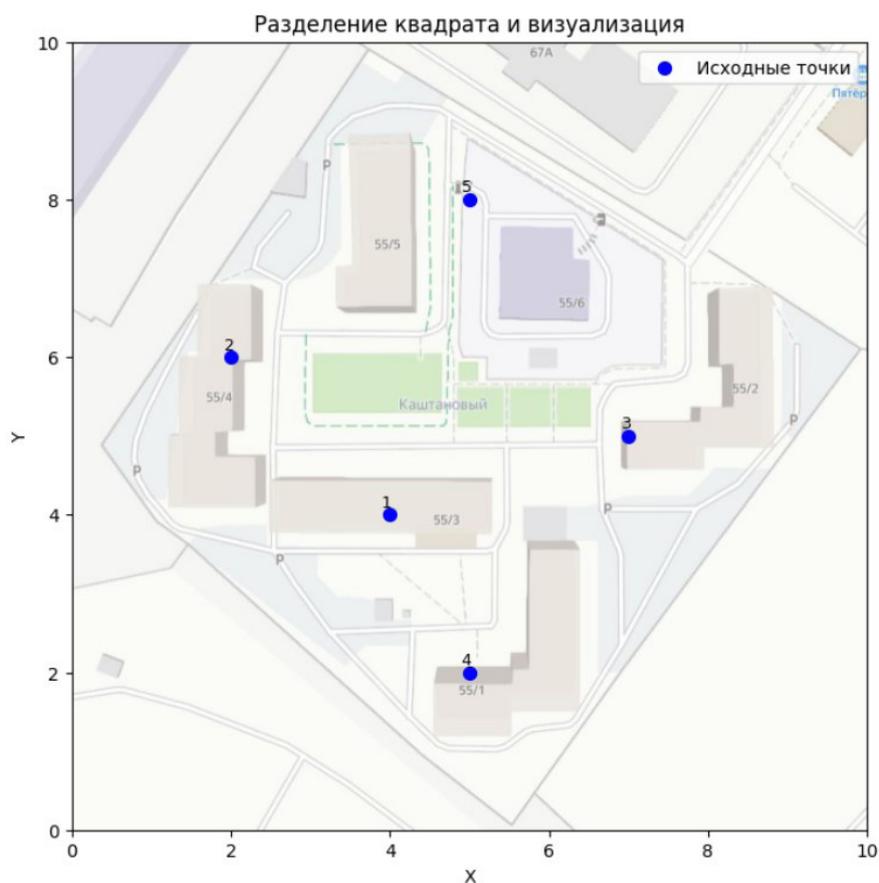


Рис. 9. Пример расположения исходных точек в пространстве на карте относительно друг друга

Fig. 9. An example of the location of the starting points in space relative to each other on the map

Выводы

Представленный алгоритм поиска рационального размещения системы противопожарного водоснабжения был апробирован на системе противопожарного водоснабжения АО «Уральский электромеханический завод» (г. Екатеринбург). Результаты его при-

менения могут быть использованы при построении моделей размещения элементов системы противопожарного водоснабжения, разработке типовых паспортов безопасности территорий, паспортов безопасности потенциально опасных объектов и совершенствовании плана действий организаций и учреждений по предупреждению и ликвидации ЧС.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чрезвычайные ситуации и их последствия в Российской Федерации за 2022–2023 гг. : статистический сборник / под общ. ред. А. Г. Фирсова, А. А. Порошина. М. : ВНИИПО, 2025. 100 с.
2. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ : приказ МЧС

России от 16.09.2024 № 777 // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310127352> (дата обращения: 01.03.2025).

3. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ : принят Государственной думой 12 апреля 2006 г. : одобрен Советом Федерации 26 мая 2006 г. // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862> (дата обращения: 01.03.2025).

4. Гидравлика и противопожарное водоснабжение / Ю. Г. Абросимов [и др.]. М. : Академия ГПС МЧС России, 2003. 422 с.

5. Гуров А. В., Гриднев Е. Ю. К вопросу о создании противопожарного водоснабжения // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2012. № 1. С. 49–51.

6. ГОСТ Р 12.4.026–2015. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний : межгос. стандарт : приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 10 июня 2016 г. № 614-ст межгос. стандарт ГОСТ 12.4.026–2015 введен в действие в качестве нац. стандарта Российской Федерации с 1 марта 2017 г. : введен впервые : дата введения 2017-03-01 // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136061?marker=7D20K3> (дата обращения: 01.03.2025).

7. Гидравлика и пожарное водоснабжение / Е. Д. Мальцев [и др.] ; под ред. Е. Д. Мальцева ; Высш. инж. пожарно-техн. школа МВД СССР. М. : [б. и.], 1976. 448 с.

8. Калач А. В., Черепанов Е. А., Акулов А. Ю. Модель установки пожарных гидрантов с учетом особенности размеров и расположения зданий // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Современные методы и технологии предупреждения и профилактики возникновения чрезвычайных ситуаций : материалы XI Всерос. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 27 сентября 2019 г. / сост. А. В. Зыков, Н. В. Федорова. СПб. : Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2019. С. 21–23.

REFERENCES

1. Emergencies and their consequences in the Russian Federation for 2022–2023 : statistical compendium / ed. by A. G. Firsov, A. A. Poroshin. M. : VNIPO, 2025. 100 p.

2. On the approval of the Combat Statute of firefighting units, determining the order of organization of fire extinguishing and rescue work : Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia from 16.09.2024 № 777 // Codex : electronic fund of legal and normative-technical inform. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310127352> (date of application: 01.03.2025).

3. Water Code Russian Federation from 03.06.2006 № 74-FZ : adopted by the State Duma on April 12, 2006 : approved by the Federation Council on May 26, 2006 // Codex : electronic fund of legal and normative-technical inform. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862> (date of application: 01.03.2025).

4. Hydraulics and fire-fighting water supply / Yu. G. Abrosimov et al. M. : Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2003. 422 p.

5. Gurov A. V., Gridnev E. Yu. To the issue of creating firefighting water supply // Bulletin of the Voronezh Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2012. № 1. pp. 49–51.

6. GOST R 12.4.026–2015. Signal colors, safety signs and signal markings. Purpose and rules of application. General technical requirements and characteristics. Test methods : interstate standard : by order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology from June 10, 2016 № 614-st interstate standard GOST 12.4.026–2015 is put into effect as a national standard of the Russian Federation from March 1, 2017. : introduced for the first time : date of introduction 2017-03-01 // Codex : electronic fund of legal and normative-technical inform. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136061?marker=7D20K3> (date of application: 01.03.2025).

7. Hydraulics and fire water supply / E. D. Maltsev et al. ; ed. by E. D. Maltsev ; Higher engineering fire-technical school of the USSR Ministry of Internal Affairs. M. : [b. i.], 1976. 448 p.

8. Kalach A. V., Cherepanov E. A., Akulov A. Yu. Model of fire hydrant installation taking into account the size and location of buildings // Security Service in Russia: experience, problems, prospects. Modern methods and technologies of prevention and prophylaxis of emergencies : proceedings of the XI All-Russian scientific and practical conference, St. Petersburg, September 27, 2019 / comp. A. V. Zыkov, N. V. Fedorova. SPb. : St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2019. pp. 21–23.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Черепанов Евгений Александрович, старший преподаватель кафедры надзорной деятельности и права Уральского института ГПС МЧС России (620062, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22); РИНЦ ID: 849208; e-mail: cherepanov_evgen@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgeny A. Cherepanov, Senior Lecturer, the Department of Supervisory Activity and Law, Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia (22 Mira St., Ekaterinburg, 620062, Russian Federation); RSCI ID: 849208; e-mail: cherepanov_evgen@mail.ru

Поступила в редакцию 28.01.2025
Одобрено после рецензирования 15.02.2025
Принята к публикации 14.03.2025