УДК 004.94:614.849

**АКТУАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ
ЗОН ПОЖАРНЫХ ДЕПО В КРУПНЫХ ГОРОДАХ
С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**UPDATING THE SOLUTION TO THE PROBLEMS
OF LOCATING FIRE STATION ZONES IN CITIES
USING SIMULATION TECHNOLOGY**

**Андрей Сергеевич Васильев, Виктория Антоновна Батищева,
Владимир Николаевич Филиппов, Данил Сергеевич Некрасов**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия**

**Andrey S. Vasilev, Viktoria A. Batishcheva, Vladimir N. Filippov,
Danil S. Nekrasov**

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

e-mail: vasealiev.andrey@gmail.com

Аннотация. В этой статье описываются рекомендуемые решения проблем по размещению зон пожарных депо. Дефицит пожарных депо является актуальной проблемой на сегодняшний день, так как несвоевременное прибытие на место пожара приводит к экономическим потерям и, самое главное, наносит вред жизни и здоровью людей. Только за 2020 год, согласно официальным данным из Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, на пожарах погибло 8 262 человека. Всего в России произошло 439 100 пожаров, что почти на 7 % меньше, чем в 2019 году. Около 70 % смертей случаются из-за воздействия дыма, скорость распространения которого чрезвычайно высока, но

существует ещё ряд причин, по которым пожарные не всегда могут прийти вовремя на помощь: несовременное или неисправное оборудование и, конечно же, нехватка пожарных депо и пожарных автомобилей. Поэтому необходимо искать возможное решение этой проблемы. Одним из способов является технология моделирования.

Abstract. This article describes the recommended solutions for locating fire station zones. The shortage of fire stations is an urgent problem today, since late arrival to the fire place leads to economic losses and most importantly – causes harm to life and health of people. According to official data of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, only for 2020 8,262 people died in fires. Totally 439,100 fires occurred in Russia, almost 7 % fewer than in 2019. About 70 % of deaths occur due to the effects of smoke, the rate of spread of which is extremely high, but there is a number of other reasons why firefighters can not always come to the rescue in time: not modern or faulty equipment and, of course, the shortage of fire depots and fire trucks. So it is necessary to find out a possible solution of this problem. One of the ways is simulation technology.

Ключевые слова: моделирование, пожарное депо, ликвидация

Keywords: simulation, fire station, elimination

Дефицит пожарных депо является актуальной проблемой на сегодняшний день, так как несвоевременное прибытие на место пожара приводит к экономическим потерям и, самое главное, наносит вред жизни и здоровью людей [1]. Только за 2020 год, согласно официальным данным из Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, на пожарах погибло 8 262 человека.

Всего в России произошло 439 100 пожаров, что почти на 7 % меньше, чем в 2019 году [2]. Около 70 % смертей случаются из-за воздействия дыма, скорость распространения которого чрезвычайно высока [3], но существует ещё ряд причин, по которым пожарные не всегда могут прийти вовремя на помощь: несовременное или неисправное оборудование и, конечно же, нехватка пожарных депо и пожарных автомобилей.

Увеличение количества пожаров в крупных городах обусловлено ростом жилых домов и квартир, открытием новых центров с нарушениями норм пожарной безопасности. Также причинами пожара могут быть нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации отопительных систем, перегрузка электросети и обычная человеческая беспечность [4]. Негативное воздействие пожаров на окружающую среду становится все более существенным. Проблема размещения зон пожарных депо остается актуальной, и в целях снижения возможных негативных последствий требует особого внимания к изучению способов и разработке комплекса необходимых мероприятий. Перед усовершенствованием развития сети пожарных депо необходимо учитывать несколько факторов дорожной обстановки города: качество автодорог, пробки, схемы территориального планирования, согласно ФЗ № 123 и СП 11.13130.2009 [5–7, 10]. Проектирование сети пожарных связано с конкретными, сложными задачами. Ошибок на практике быть не может, иначе это может привести к тяжелым последствиям. Пример для решения поставленных задач – это использование системного проектирования. Системное проектирование позволяет справляться с поставленными задачами и наглядно увидеть решение проблемы с помощью имитационной модели, принимая во внимание взаимодействие отдельных объектов системы с собой и внешней средой, учитывая социально-экономические последствия. Применение системного подхода с использованием имитации, основанном на базе модели крупного города с пожарными подразделениями и их временем следования, позволяет эффективно проектировать сеть пожарных депо. При

этом возможно использование различных математических подмоделей. Данные подмодели позволят произвести расчет промежуточных показателей. На основании анализа делается экспертный выбор места расположения пожарных депо [8].

Отсюда вытекает основополагающий принцип проектирования развития сети пожарных депо в крупных городах, им является имитационное моделирование. С учетом рекомендаций ранее указанного СП 11.13130.2009 [6] для расчета численности и размещения пожарных депо применим подход, основанный на комбинации графического метода для определения областей пересечения пространственных зон размещения пожарных депо и метода компьютерной реализации алгоритма определения областей пересечения пространственных зон размещения пожарных депо [9].

Для принятия решения о численности и размещении пожарных депо в городе необходимо иметь соответствующую имитационную модель, которая позволит отображать на карте все необходимые данные, а также производить выбор случайной зоны горения и, конечно же, рассчитать время прибытия пожарных служб от мест расположения ближайших пожарных депо к месту пожара. На основе указанных данных можно сделать вывод о соблюдении или несоблюдении норм пожарной безопасности путем сравнения количества времени с заданным и в случаях необходимости размещать на карте дополнительные пожарные депо по принципу интерактивности. Для этого разработана имитационная модель, которая умеет находить кратчайший маршрут с учетом особенностей автомобильных дорог. Для этого приспособили существующие инструменты, например, поисково-информационный картографический сервис, которому доступен поиск по адресам и имеется возможность прокладывать маршруты. Для оценки численности и дислокации оперативных отделений на основных на автоцистернах были применены вычисления, на теории систем массового обслуживания (СМО). Если кратко

говорить о решении задачи, то необходимо найти минимальное количество автоцистерн для удовлетворения необходимого количества заявок в пожарную часть в любой момент времени. Для расчетов используется закон Пуассона о вероятности возникновения событий:

$$p(n) = \frac{a^n}{n!} e^{-a}.$$

К каждой определенной задаче необходимо получить соответствующие формулы для определения вероятности того, сколько может потребоваться оперативных отделений, число (n).

Системное проектирование позволит установить объективный уровень пожарной опасности городов Российской Федерации. Оценка пожарной опасности городов с применением моделирования позволит вырабатывать соответствующие научно обоснованные решения по управлению пожарными рисками.

Рассмотрим статистику пожаров на примере Республики Башкортостан, на основе официальных данных из главного управления МЧС России (рисунок 1).

Рисунок 1. Количество пожаров и их последствий на территории Республики Башкортостан

Figure 1. Number of fires and their consequences on the territory of the Republic of Bashkortostan

За 2019 год на пожарах погибло 273 человека, за аналогичный период прошлого года – 232 человека, рост на 41 человек, или на 17,7 %. Рост гибели связан, в том числе, с нехваткой пожарно-технического вооружения (ПТВ) и недостаточным количеством пожарных частей в городе. Часто пожарные не успевают доехать до места вызова за отведенное время, указанное ФЗ № 123.

С групповой гибелью людей (от 2 до 4 чел. включительно) произошло 42 пожара (АППГ-28, рост на 50 %, или на 14 случаев), при которых погибло 95 человек (АППГ-59, рост на 61 %, или на 36 случаев).

Выводы

Проблема недостающего количества пожарных депо на территории крупных городов в современном мире очень актуальна. Пожары могут неблагоприятно сказаться на окружающей среде, нанести экономический ущерб, а также нанести вред жизни и здоровью людей. Проблемы, связанные с размещением зон, должны быть решены с помощью имитационного моделирования и специальных сервисов, как наиболее наглядные и удобные варианты решения с учетом особенностей автомобильных дорог и пробок в каждом городе. Благодаря этому вполне можно избежать субъективных ошибок и неточностей, а также многочисленных случаев гибели людей на пожарах. При этом необходимо опираться на опыт уже случившихся пожаров и ущербов от них, в каких конкретных местах происходил пожар, а также стремиться к быстрому устранению пожаров и стараться избежать тяжёлых последствий посредством увеличения числа пожарных депо в России.

Список источников

1. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 9. С. 42-48. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902318611> (дата обращения: 24.11.2021).
2. Официальный сайт МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 24.11.2021).
3. Причины гибели человека при пожаре // Opozhare. 19.06.2020. URL: <https://opozhare.ru/posledstviya/prichiny-gibeli-cheloveka-pri-pozhare> (дата обращения: 24.11.2021).
4. Лекция по теме: «Пожарная безопасность. Горение и основные причины возникновения пожаров» // Политехнический Колледж № 50. URL: https://zelcollege50.mskobr.ru/attach_files/upload_users_files/606171_4fbf0fa.pdf (дата обращения: 24.11.2021).
5. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с посл. изм. и доп. от 30.04.2021) // Информационно-правовое обеспечение «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 24.11.2021).
6. СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения (с Изменением № 1). М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. 15 с.
7. Программа для ЭВМ 2011614017 РФ. Информационная система поддержки деятельности транспортных объединений / А.В. Карасёва, В.Н. Филиппов, М.Р. Ахмадуллина. Заявлено 06.04.2011; Оpubл. 24.05.2011.
8. Буйневич М.В., Пелех М.Т. Моделирование развития сети пожарных депо на территории мегаполиса // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: сб. ст. по итогам II Междунар. науч. конф. Казань: Конверт, 2019. С. 62-64.

9. Буйневич М.В., Пелех М.Т., Ахунова Д.Г. Развитие пожарной охраны мегаполиса с использованием технологии имитационного моделирования // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 3. С. 150-156.

10. Филиппова А.Г., Нуриева А.З., Наумкин Е.А., Кузеев И.Р. Оценка потенциальной опасности объектов предприятий топливно-энергетического комплекса // Надежность и безопасность энергетики. 2018. Т. 11. № 1. С. 14-20. DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-1-14-20.

References

1. Brushlinskii N.N., Sokolov S.V. O normirovanii vremeni pribytiya pozharnykh podrazdelenii k mestu pozhara [About Regulations of Response Time of Fire Services]. *Pozharovzryvobezopasnost' – Fire and Explosion Safety*, 2011, Vol. 20, No. 9, pp. 42-48. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902318611> (accessed 24.11.2021). [in Russian].

2. Official Website of EMERCOM of Russia. Available at: <https://www.mchs.gov.ru/> (accessed 24.11.2021). [in Russian].

3. Prichiny gibeli cheloveka pri pozhare [Causes of Death in a Fire]. *Opozhare*. 19.06.2020. Available at: <https://opozhare.ru/posledstviya/prichiny-gibeli-cheloveka-pri-pozhare> (accessed 24.11.2021). [in Russian].

4. Lektsiya po teme: «Pozharnaya bezopasnost'. Gorenie i osnovnye prichiny vozniknoveniya pozharov» [Lecture on the Topic: «Fire Safety. Combustion and the Main Causes of Fires»]. *Politekhnicheskii Kolledzh No. 50*. URL: https://zelcollege50.mskobr.ru/attach_files/upload_users_files/6061714fbf0fa.pdf (accessed 24.11.2021). [in Russian].

5. *Federal'nyi zakon ot 22.07.2008 № 123-FZ «Tekhnicheskii reglament o trebovaniyakh pozharnoi bezopasnosti» (s posl. izm. i dop. ot 30.04.2021 g.)* [RF Federal Law of July 22, 2008 No. 123-FZ «Technical Regulations on Fire Safety Requirements» (with the Additions and Amendments of April 30, 2021)].

Informatsionno-pravovoe obespechenie «Garant». Available at: <https://base.garant.ru/12161584/> (accessed 24.11.2021). [in Russian].

6. SP 11.13130.2009. *Mesta dislokatsii podrazdelenii pozharnoi okhrany. Poryadok i metodika opredeleniya (s Izmeneniem № 1)* [SP 11.13130.2009. Places of Deployment of Fire Departments. Procedure and Method of Determination (with Amendment No. 1)]. Moscow, FGU VNIPO MChS Rossii Publ., 2009. 15 p. [in Russian].

7. Karaseva A.V., Filippov V.N., Akhmadullina M.R. *Informatsionnaya sistema podderzhki deyatel'nosti transportnykh ob"edinenii* [Information System for Supporting the Activities of Transport Associations]. Computer Program RF, No. 201161401, 2011. [in Russian].

8. Buinevich M.V., Pelekh M.T. Modelirovanie razvitiya seti pozharnykh depo na territorii megapolisa [Modeling the Development of a Network of Fire Stations on the Territory of a Metropolis]. *Sbornik statei po itogam II Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Peredovye innovatsionnye razrabotki. Perspektivy i opyt ispol'zovaniya, problemy vnedreniya v proizvodstvo»* [Collection of Articles Following the Results of the II International Scientific Conference «Advanced Innovative Developments. Prospects and Experience of Use, Problems of Implementation in Production»]. Kazan, Konvert Publ., 2019, pp. 62-64. [in Russian].

9. Buinevich M.V., Pelekh M.T., Akhunova D.G. Razvitie pozharnoi okhrany megapolisa s ispol'zovaniem tekhnologii imitatsionnogo modelirovaniya [Development of Fire Protection in a Megalopolis Using Simulation Technology]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhby MChS Rossii – Vestnik of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*, 2019, No. 3, pp. 150-156. [in Russian].

10. Filippova A.G., Nurieva A.Z., Naumkin E.A., Kuzeev I.R. Otsenka potentsial'noi opasnosti ob"ektov predpriyatii toplivno-energeticheskogo kompleksa [Evaluation of Potential Hazard of Installations of Fuel and Energy Complex Enterprises]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki – Safety and*

Reliability of Power Industry, 2018, Vol. 11, No. 1, pp. 14-20. DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-1-14-20. [in Russian].

Сведения об авторах

About the Authors

Васильев Андрей Сергеевич, аспирант кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики, УГНТУ, Уфа, Россия

Andrey S. Vasiliev, Post-Graduate Student of Computer Science and Engineering Cybernetics Department, USPTU, Ufa, Russia

e-mail: vasealiev.andrey@gmail.com

Батищева Виктория Антоновна, аспирант кафедры пожарной и промышленной безопасности, УГНТУ, Уфа, Россия

Viktoria A. Batishcheva, Post-Graduate Student of Fire and Industrial Safety Department, USPTU, Ufa, Russia

e-mail: tat_sp@mail.ru

Филиппов Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики, УГНТУ, Уфа, Россия

Vladimir N. Filippov, Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, Assistant Professor of Computer Science and Engineering Cybernetics Department, USPTU, Ufa, Russia

Некрасов Данил Сергеевич, студент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики, УГНТУ, Уфа, Россия

Danil S. Nekrasov, Student of Computer Science and Engineering Cybernetics Department, USPTU, Ufa, Russia