

ISSN 2658-6223

Управление
в организационных системах
(технические науки)

Строительные конструкции,
здания и сооружения
(технические науки)

Теплоснабжение, вентиляция,
кондиционирование воздуха,
газоснабжение и освещение
(технические науки)

Водоснабжение, канализация,
строительные системы
охраны водных ресурсов
(технические науки)

Строительные материалы
и изделия
(технические науки)

Экологическая безопасность
строительства
и городского хозяйства
(технические науки)

Пожарная безопасность
(технические науки)

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Журнал включен
в «Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций на соискание
ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук ВАК
при Министерстве науки и высшего образования
Российской Федерации»

№ 4 (49), 2023



Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Территория распространения — Российская Федерация.

Журнал индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU / РИНЦ (Россия).

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: *Малый Игорь Александрович*, кандидат технических наук, доцент Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Заместители главного редактора: *Шарабанова Ирина Юрьевна*, кандидат медицинских наук, доцент Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Федосов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, академик РААСН Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, г. Москва)
Шкифоров Александр Леонидович, доктор технических наук, старший научный сотрудник Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Члены редколлегии:

Акулова Марина Владимировна – д-р техн. наук, профессор, Советник РААСН, заведующий кафедрой архитектуры и строительных материалов ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)
Алексеев Михаил Иванович – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, профессор кафедры водопользования и экологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (Россия, г. Санкт-Петербург)
Барбин Николай Михайлович – д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России» (Россия, г. Екатеринбург)
Баканов Максим Олегович – д-р техн. наук, доцент, начальник Учебно-научного комплекса «Пожаротушение» Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Бубнов Андрей Германович – д-р хим. наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации пожарной техники, средств связи и малой механизации (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Бутман Михаил Федорович – д-р физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры технологии керамики и наноматериалов ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)
Бутузов Станислав Юрьевич – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры информационных технологий (в составе учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий) ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России» (Россия, г. Москва)
Горина Светлана Владимировна – д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры основ экономики функционирования РСЧС Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Ерофеев Владимир Трофимович – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой строительных материалов и технологий ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева» (Россия, Республика Мордовия, г. Саранск)
Ефремов Александр Михайлович – д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры технологии приборов и материалов электронной техники ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)
Камлюк Андрей Николаевич – канд. физ.-мат. наук, доцент, заместитель начальника ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь» по научной и инновационной деятельности (Республика Беларусь, г. Минск)
Ковтун Вадим Анатольевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры оперативно-тактической деятельности и техники Гомельского филиала ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь» (Республика Беларусь, г. Гомель)
Колобов Михаил Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

Краснов Александр Алексеевич – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры естественнонаучных дисциплин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Лопанов Александр Николаевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова» (Россия, г. Белгород)
Назарычев Александр Николаевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры электроэнергетики и электромеханики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» (Россия, г. Санкт-Петербург)
Присадков Владимир Иванович – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, г. Балашиха)
Румянцева Варвара Евгеньевна – д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РААСН, директор института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)
Степанов Сергей Гаевич – д-р техн. наук, доцент профессор кафедры мехатроники и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)
Сырбу Светлана Александровна – д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Теличенко Валерий Иванович – д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик РААСН, президент Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет» (Россия, г. Москва)
Федосеев Вадим Николаевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры организации производства и городского хозяйства ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)
Хафизов Ильдар Фанильевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пожарной и промышленной безопасности пожарной и промышленной безопасности ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (Россия, г. Уфа)
Циркина Ольга Германовна – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Шевцов Сергей Александрович – д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации авиационной техники ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (Россия, г. Воронеж)

Технический редактор: Чуприна Ольга Сергеевна

Подписной индекс в каталоге «Почта России» – ПН138.

Дата выхода в свет 22.12.2023 г. Формат 60x90 1/8. Усл. печ. л. 29. Тираж 100 экз. Заказ № 89.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-84179 от 15.11.2022

(Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Адрес редакции (издателя): 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33.

Тел.: (4932) 93-08-00, доб. 1560; e-mail: journal@edufire37.ru

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
MANAGEMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS (TECHNICAL)

Балобанов А. А., Скрипка А. В., Музыченко С. А. Совершенствование системы мониторинга и прогнозирования лесопожарной обстановки на территории Новосибирской области	6
Balobanov A. A., Skripka A. V., Muzychenko S. A. Improvement of the system of monitoring and forecasting of the forest fire situation in the territory of the Novosibirsk region	6
Власова Т. В., Власова И. В. Технологии управления городом как сложной системой	12
Vlasova T. V., Vlasova I. V. Technologies for managing a city as a complex system	12
Ермилов А. В., Никишов С. Н., Кокурин А. К., Сидорова М. В. Прогнозирование оперативной обстановки для оценки эффективности управления силами и средствами руководителем тушения пожара.....	19
Ermilov A. V., Nikishov S. N., Kokurin A. K., Sidorova M. V. Forecasting the operational situation to assess the effectiveness of the management of forces and means by the fire extinguishing manager	19
Закинчак А. И., Елизарова А. А., Блинов Р. В. Совершенствование процесса организации мероприятий по доведению информации и оповещению должностных лиц при ликвидации ЧС природного и техногенного характера	28
Zakinchak A. I., Elizarova A. A., Blinov R. V. Improving the process of organizing measures to communicate information and notify officials in response to natural and man-made emergencies.....	28
Колеров Д. А., Куватов В. И. Алгоритм поддержки принятия управленческих решений по повышению показателей оповещения населения в регионе	37
Kolerov D. A., Kyvatov V. I. Support algorithm for management decision-making to increase indicators of alerting the population in the region	37
Коробко В. Б., Кияткина Е. Н. О парадигмах управления техносферной и пожарной безопасностью в современных условиях	50
Korobko V. B., Kiiatkina E. N. On the paradigms of technosphere and fire safety management in modern conditions.....	50
Коробко В. Б., Кияткина Е. Н. О правотворчестве и правоприменении статьи «20.4 Нарушение требований пожарной безопасности» Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях в современных условиях	59
Korobko V. B., Kiiatkina E. N. On law-making and law enforcement of article «20.4 violation of fire safety requirements» of the code of the Russian Federation on administrative offenses in modern conditions	59
Лабинский А. Ю., Неведьев С. А., Таранцев А. А. Новые информационные технологии прогнозирования для поддержки управления при рисках чрезвычайных ситуаций.....	66
Labinskiy A. Yu., Nefediev S. A., Tarantsev A. A. The new information technologies for forecasting to support management in the risks of emergency situations	66
Мироненко Р. В., Сибиряков М. В., Соковнин А. И. Использование машинного обучения в вопросе прогнозирования времени прибытия пожарно-спасательных подразделений.....	76
Mironenko R. V., Sibiryakov M. V., Sokovnin A. I. The use of machine learning in predicting the arrival time of fire and rescue units	76
Михайлов К. А., Семенов А. О., Тараканов Д. В. Информационная система и математическая модель для организации разведки пожара в зданиях с применением средств мониторинга	84
Mikhaylov K. A., Semenov A. O., Tarakanov D. V. Information system and mathematical model for the organization of fire investigation in buildings using monitoring tools.....	84

Низов Р. В., Пушина Л. Ю. О совершенствовании системы показателей оценки эффективности деятельности органов власти субъектов Российской Федерации	94
Nizov R. V., Pushina L. Yu. On improving the system of indicators for evaluating the effectiveness of the activities of the authorities of the subjects of the Russian Federation	94
Шалявин Д. Н. Проблемно-ориентированная модель управления подготовкой газодымозащитников для выполнения длительных работ на затяжных пожарах.....	106
Shalyavin D. N. Problem-oriented model for managing the preparation of gas and smoke protectors for long-term work on protracted fires.....	106

**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
FIRE SAFETY (TECHNICAL)**

Бобарико А. В., Лещенко А. П., Новоселов Д. И., Брагина Е. В., Фисич Б. А. Научно-методические перспективы образно-знакового моделирования оперативной обстановки при ликвидации чрезвычайных ситуаций спасательными воинскими формированиями МЧС России.....	114
Bobariko A. V., Leshchenko A. P., Novoselov D. I., Bragina E. V., Fisich B. A. Scientific and methodological perspectives of figurative and symbolic modeling operational situation during emergency response rescue military formations of the Ministry of Emergency Situations of Russia	114
Бубнов В. Б., Репин Д. С. Разработка научно-обоснованных рекомендаций по эксплуатации и проектированию противопожарных водопроводов для природно-климатических условий Арктики... ..	120
Bubnov V. B., Repin D. S. Development of scientifically-based recommendations for the operation and design of fire-fighting water pipes for the natural and climatic conditions of the Arctic	120
Ведерников С. А., Романюк Е. В., Рассадников Д. Н. Разработка и использование инерционных пылеуловителей для взрывопожароопасных производств.....	129
Vedernikov S. V., Romanyuk E. V., Rassadnikov D. N. Development and application of inertial dust collectors for explosive and fire-hazardous industries.....	129
Кочнов О. В. Роль систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в вопросе минимизации индивидуального пожарного риска	136
Kochnov O. V. Role of alert and evacuation management systems in the event of fire, the issue of minimization individual fire risk	136
Кочнов О. В., Колбашов М. А., Савченко С. А., Князев В. Н., Хакимов М. А. Анализ и расчет надежности систем оповещения и эвакуации людей при пожаре для различных структурных построений	144
Kochnov O. V., Kolbashov M. A., Savchenko S. A., Knyazev V. N., Khakimov M. A. Analysis and calculation of the reliability of people alert and evacuation systems in fire for various structural buildings.	144
Краснов А. А., Смирнов С. Ф., Семенова К. В., Пашкова Т. В., Петров А. Н. Исследование механизма преобразователя двух сосредоточенных сил в линейную распределённую нагрузку в устройстве для испытаний площадок пожарных наружных стационарных маршевых лестниц	154
Krasnov A. A., Smirnov S. F., Semenova K. V., Pashkova T. M., Petrov A. N. Study of the transducer of two concentrated forces in a linear distributed load in the device for tests of the sites of fire brigades external stationary marching stairs	154
Малый В. П., Куртов С. О., Трояк А. Ю. Исследование эффективности метода запенивания, применяемого для создания тепловой защиты пожарных рукавных разветвлений	162
Maly V. P., Kurtov S. O., Troyak A. Yu. Investigation of the effectiveness of the foaming method used to create thermal protection of fire hose branches	162
Мамаев В. В., Долженков А. Ф., Лебедева В. В. Влияние состава вспучивающей добавки на свойства огнезащитного покрытия для деревянных и металлических конструкций	170
Mamayev V. V., Dolzhenkov A. F., Lebedeva V. V. Effect of intumescent additive composition on properties of flame-retardant coating for wooden and metal constructions	170

Орлов О. И., Комельков В. А., Сорокин Д. В. Пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов . 177	
Orlov O. I., Komelkov V. A., Sorokin D. V. Fire hazard of lithium-ion cell 177	
Салихова А. Х., Шварев Е. А., Самойлов Д. Б., Лазарев А. А. Сбор статистических данных о пожарах на производственных объектах на территории Российской Федерации..... 190	
Salikhova A. H., Shvarev E. A., Samoilov D. B., Lazarev A. A. Collection of statistical data on fires at production facilities in the territory of the Russian Federation..... 190	
Спешилов В. И., Яровой В. Ю., Куртов С. О., Трояк А. Ю. Электронная система контроля эксплуатации пожарных рукавов в пожарно-спасательных подразделениях..... 198	
Speshilov V. I., Yarovoy V. Yu., Kurtov S. O., Troyak A. U. Electronic control system of fire hose movement as a way to identify preferential performance 198	
Суровегин А. В., Кузнецов И. А., Катин Д. С. Прогнозирование и оценка эффективности размещения пожарных депо: анализ и сравнение методов математического моделирования 206	
Surovegin A. V., Kuznetsov I. A., Katin D. S. Forecasting and evaluating the effectiveness of location of fire stations: analysis and comparison of mathematical modeling methods 206	
Сысоева Т. П., Лобова С. Ф., Ткачев П. А. Влияние пробоотбора на результаты экспертных исследований на месте пожара с помощью газоанализатора 222	
Sysoeva T. P., Lobova S. F., Tkachev P. A. The effect of sampling on the results of expert studies at the fire site using a gas analyzer 222	

**УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
MANAGEMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS (TECHNICAL)**

УДК 504.064.36

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЛЕСОПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

А. А. БАЛОБАНОВ, А. В. СКРИПКА, С. А. МУЗЫЧЕНКО

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России
им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: andrey.balobanov.92@mail.ru, skripka.a@igps.ru, 2169655@mail.ru

Обеспечение пожарной безопасности на территории лесных массивов на территории Российской Федерации остается крайне актуальной задачей. Методы, применяемые в данном направлении, совершенствуются каждый год, на что указывает уменьшающаяся статистика по количеству возникновения пожаров. Несмотря на это ежегодно лесными пожарами уничтожаются огромные площади, в том числе индустриальные объекты, появляются пострадавшие и погибшие.

В статье рассмотрены вопросы применения систем космического мониторинга с целью обеспечения пожарной безопасности лесов на территории Российской Федерации. Приведен порядок получения снимков с космических аппаратов территориальными органами МЧС России, порядок обработки космических снимков.

Предложен новый подход к процессу распределения поступающих космических снимков, а также пути решения проблем, возникающих в случае их перераспределения.

Основным направлением развития в области обработки космических снимков должностными лицами центров управления в кризисных ситуациях предлагается использовать методы машинного обучения с целью классификации изображений и выделения областей лесных пожаров. Обучение проводится с применением высокоуровневого языка программирования Python и его библиотек.

Ключевые слова: лесные пожары, система мониторинга, центр управления в кризисных ситуациях, чрезвычайная ситуация, модель классификации.

**IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF MONITORING AND FORECASTING
OF THE FOREST FIRE SITUATION IN THE TERRITORY
OF THE NOVOSIBIRSK REGION**

A. A. BALOBANOV, A. V. SKRIPKA, S. A. MUZYCHENKO

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia
named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinicheva,
Russian Federation, Saint-Petersburg
E-mail: andrey.balobanov.92@mail.ru, skripka.a@igps.ru, 2169655@mail.ru

Ensuring fire safety on the territory of forests in the territory of the Russian Federation remains an extremely urgent task. The methods used in this direction are being improved every year, as indicated by the decreasing statistics on the number of fires. Despite this, huge areas, including industrial facilities, are destroyed by forest fires every year, victims and the dead appear.

The article discusses the application of space monitoring systems to ensure fire safety of forests on the territory of the Russian Federation. The procedure for obtaining images from spacecraft by the territorial bodies of the Ministry of Emergency Situations of Russia, the procedure for processing satellite images is given.

A new approach to the process of distributing incoming satellite images is proposed, as well as ways to solve problems that arise in the case of their redistribution.

The main direction of development in the field of satellite image processing by officials of control centers in crisis situations is proposed to use machine learning methods to classify images and highlight areas of forest fires. The training is conducted using the high-level Python programming language and its libraries.

Key words: forest fires, monitoring system, crisis management center, emergency situation, classification model.

Современные тенденции развития общества напрямую связаны с взаимодействием с природой, что обусловлено все большим использованием ресурсов для увеличения производственных мощностей для получения конечных продуктов. Одной из важнейших, как экономических, так и экологических составляющих нашей страны выступает лес.

В своем докладе министр природных ресурсов и экологии России Александр Козлов¹ сообщил, что за 2022 год по всей стране произошло 12528 лесных пожаров. Площадь, пройденная огнём, превысила 3,4 миллиона гектаров. 79 %, а именно 7446 пожаров, пришлись на Сибирский и Дальневосточный федеральные округа, что составляет 2,6 миллионов гектаров.

Обеспечение пожарной безопасности лесов в настоящее время взято под строгий контроль руководством страны и МЧС России.

Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ) показало себя эффективным инструментом для мониторинга, анализа и оценки оперативной обстановки, а также разработки превентивных мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций (ЧС). Основу мониторинга лесных пожаров, особенно на территории Сибирской и Дальневосточной частей России, представляет именно космический мониторинг, что обусловлено огромными площадями лесных массивов [1, 2].

Согласно Указа Президента РФ от 11 июля 2004 г. № 868 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»² МЧС России осуществляет обработку данных дистанционного зондирования Земли из космоса, включая их сбор, получение, систематизацию, обновление, хранение, изменение, использование и предоставление органам повседневного управления единой государ-

ственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [3, 4].

На сегодняшний день основным поставщиком данных ДЗЗ на территории РФ выступает корпорация «Роскосмос»³, куда поступают заявки от МЧС России на осуществление съемки в целях идентификации ЧС.

Мониторинг ландшафтных пожаров с применением данных ДЗЗ специалистами центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Новосибирской области осуществляется на основании алгоритма, приведенного на рис.1. Данный алгоритм является типовым для всех территориальных органов МЧС России.

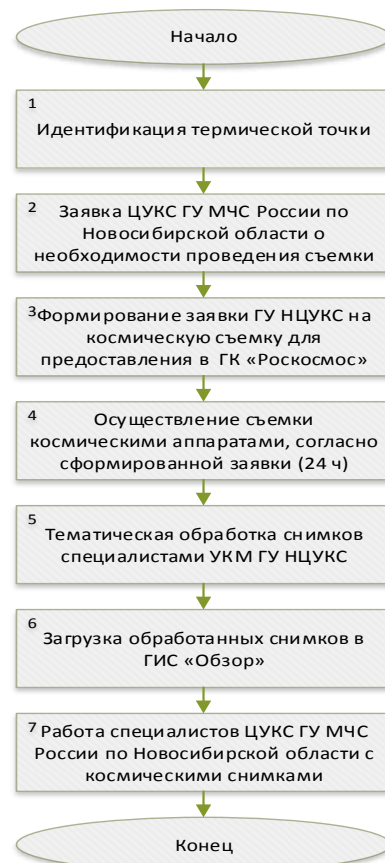


Рис. 1. Схема алгоритма осуществления мониторинга с применением данных ДЗЗ на территории лесного массива на примере ГУ МЧС России по Новосибирской области

¹https://www.mnr.gov.ru/press/news/pochti_80_lesnykh_p_ozharov_v_rossii_v_2022_godu_prishlis_na_sibir_i_dalniy_vostok_minprirody_mchs_i/

² Указ Президента РФ от 11 июля 2004 г. N 868 "Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий"

³ <https://www.roscosmos.ru/>

В пожароопасный период количество идентифицированных термических точек существенно возрастает, что влечет за собой увеличение количества заявок на космическую съемку и, как следствие, увеличение нагрузки на должностных лиц управления космического мониторинга Национального центра управления в кризисных ситуациях (УКМ НЦУКС), в связи с чем возникает очередь заявок и увеличение времени обработки космических снимков. Увеличение времени обработки космических снимков негативно отражается на времени принятия решений должностными лицами центра управления в кризисных ситуациях (ДЛ ЦУКС) ГУ МЧС России по Новосибирской об-

ласти по проведению мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС [5, 6].

В связи с тем, что штатная численность сотрудников отдела УКМ НЦУКС, занимающегося обработкой данных ДЗЗ ограничена и определяется штатным расписанием, отсюда возникает необходимость распределения потока заявок на обработку космических снимков по территориальным органам, что позволит снизить нагрузку на ДЛ УКМ НЦУКС и увеличить скорость обработки потока заявок при сохранении качества тематической обработки снимков [4].

Предлагаемые изменения представлены на рис. 2.

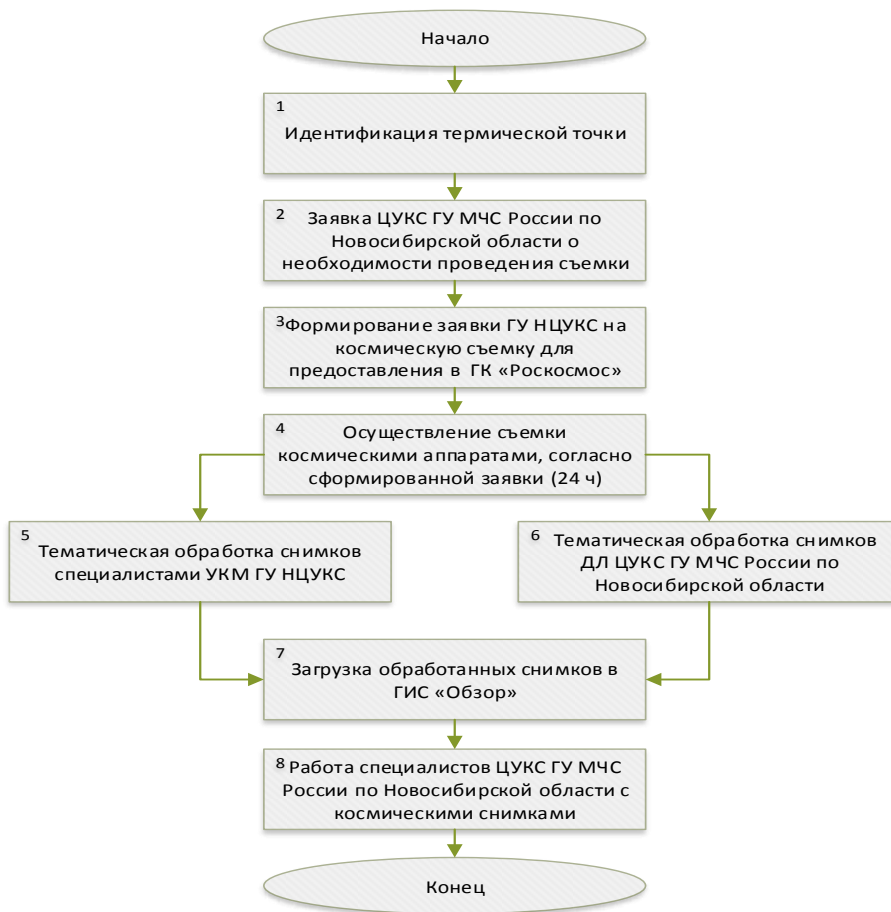


Рис. 2. Предлагаемые изменения в схему алгоритма осуществления мониторинга с применением данных ДЗЗ на территории лесного массива на примере ГУ МЧС России по Новосибирской области

Данные изменения позволяют распределить поток заявок между территориальными органами МЧС России в части касающейся их, что будет иметь положительный эффект даже в том аспекте, что особенности региональной специфики в большей степени знают специалисты, трудящиеся на территории данных регионов [7].

Однако необходимо учитывать, что для распределения потока заявок, как это представлено на рис. 2, прежде всего ДЛ ЦУКС территориальных органов должны получить

определенные знания и навыки в данной области.

Данный вопрос представляется возможным решить следующим путем:

- повышение квалификации действующих ДЛ ЦУКС территориальных органов;
- поиск и прием специалистов, имеющих образование в данной области;
- применение заранее обученных моделей классификации спутниковых снимков.

С точки зрения наиболее перспективного пути совершенствования системы мониторинга и прогнозирования ЧС различного характера, в частности лесных пожаров, выступает процедура применения заранее обученных моделей.

Для обучения необходимо использовать заранее размеченные данные, данный подход носит название «обучение с учителем».

Для создания нейросети применяются следующие Python-библиотеки:

- Google Tensorflow;
- pyrgis – для чтения и записи GeoTIFF;
- scikit-learn – для предобработки данных и оценки точности;
- NumPy – для базовых операций с массивами.

Процесс обучения проходит в несколько этапов:

- импорт библиотек;

- загрузка исходных файлов;
- считывание геолокационных данных GeoTIFF и значений цифровых номеров в виде отдельных NumPy-массивов;
- конвертация массивов в двумерные, где каждая строка представляет отдельный пиксель (рис. 3);
- разделение выборки на обучающую и валидационную 60/40 (набор данных для обучения алгоритма разделяется в соотношении 60/40, где 60 % выборки используется для обучения алгоритма, 40 % используется для подбора параметров, выбора признаков и принятия других решений, касающихся обучения алгоритма);
- преобразование матриц признаков из двумерных в трехмерные для восприятия моделью каждого пикселя по отдельности (рис. 4);
- обучение модели (рис. 5);
- оптимизация модели.

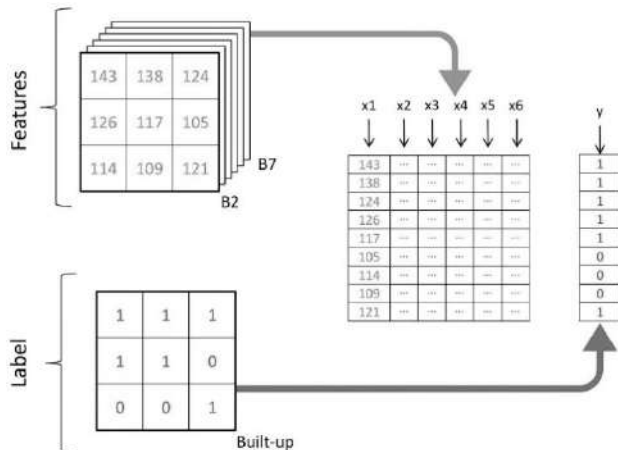


Рис. 3. Схема реструктуризации данных (Features – данные, в которых алгоритм будет искать закономерности, Label – категория, к которой относится та или иная закономерность, Built-up – выстраивание массива)

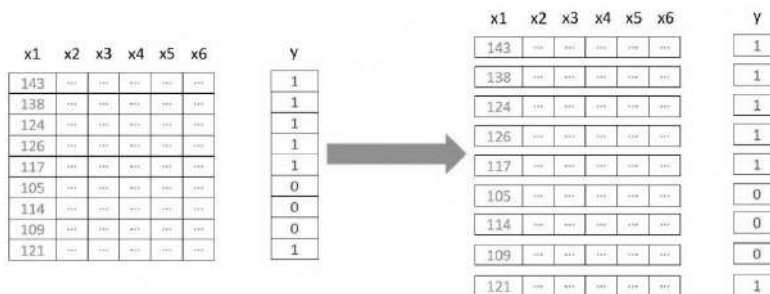


Рис. 4. Преобразование матриц признаков из двумерных в трехмерные.

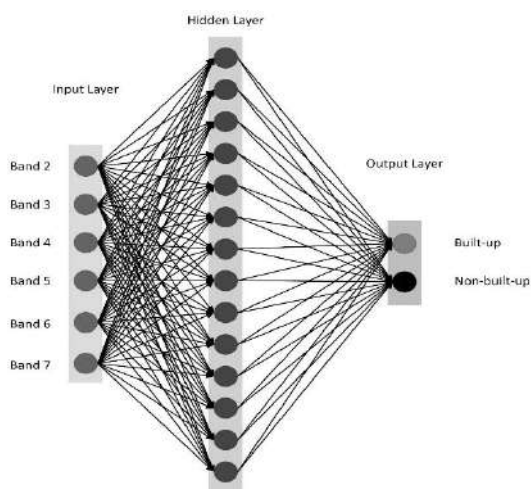


Рис. 5. Архитектура нейросети.
(Band 2-Band 7 – количество узлов,
равное числу диапазонов,
Input Layer – входной слой,
Hidden Layer – скрытый слой,
Output Layer – выходной слой,
Built-up, Non-built-up – категоризация
результата)

Список литературы

1. Опыт обнаружения и мониторинга лесных пожаров по космическим снимкам / Н. М. Фирсов, А. Ф. Хабибуллин, В. Н. Сащенко [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 4 (71). С. 33–41
2. Колеров Д. А. Совершенствование методов мониторинга и реагирования на лесные пожары в Республике Коми (на примере искусственного интеллекта) // ОБЖ: Основы безопасности жизни. 2022. № 1. С. 56–59. EDN QSRTED.
3. Гизатуллин А. Т. Разработка методов использования данных дистанционного зондирования Земли для предупреждения природных пожаров // Географический вестник. 2021. №1 (56). С. 149–161.
4. Басс Л. П., Кузьмина М. Г., Николаева О. В. Сверточные нейронные сети с глубоким обучением гиперспектральных спутниковых данных // Препринты ИГМ им. М. В. Келдыша. 2018. № 282. 32 с.
5. Сергиенко С. Б., Тихоненко Д. В. Обработка спутниковых снимков с помощью нейронных сетей с целью выявления природных катаклизмов // Решетневские чтения. 2017. № 21-2. С. 282–284.
6. Матвеев А. В., Колеров Д. А. Перспективы применения искусственного интеллекта при реагировании на ЧС // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Мониторинг, предотвращение и ликви-

Чем больше исходных данных для обучения модели будет использовано на начальном этапе, тем точнее модель сможет классифицировать ЧС и выделять зоны возникновения ЧС.

Таким образом, для совершенствования системы мониторинга и прогнозирования лесных пожаров на территории Новосибирской области предлагается разделить потоки в процессе обработки космических снимков, а также с целью уменьшения времени обработки и сохранением качества тематической обработки снимков применять обученные модели по классификации ЧС и определению их масштабов.

Так же, распределение космических снимков на обработку между ДЛ УКМ НЦУКС и ДЛ ЦУКС территориальных органов позволят в процессе подготовки к пожароопасному сезону прогнозировать вероятные места возникновения лесных пожаров и возможные варианты их развития на основании статистических данных, что обусловлено более детальными знаниями территории ДЛ ЦУКС, на которой они выполняют свои функциональные обязанности.

дация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: материалы международной научно-практической конференции. СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2021. С. 726–730. EDN IXSYXX.

7. Пушкин А. А., Сидельник Н. Я., Ковалевский С. В. Использование материалов космической съемки для оценки пожарной опасности в лесах // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2015. № 1 (174). С. 36–40.

References

1. Opyt obnaruzheniya i monitoringa lesnykh pozharov po kosmicheskim snimkam [Experience in detecting and monitoring forest fires using satellite images] / N. M. Firsov, A. F. Khabibullin, V. N. Sashchenko [et al.]. *Lesa Rossii i hozyajstvo v nih*, 2019, vol. 4 (71), pp. 33–41
2. Kolerov D. A. Sovershenstvovanie metodov monitoringa i reagirovaniya na lesnye pozhary v Respublike Komi (na primere iskusstvennogo intellekta) [Improving methods for monitoring and responding to forest fires in the Komi Republic (using the example of artificial intelligence)]. *OBZH: Osnovy bezopasnosti zhizni*, 2022, issue 1, pp. 56–59. EDN QSRTED.
3. Gizatullin A.T. Razrabotka metodov ispol'zovaniya dannyh distancionnogo zondirovaniya Zemli dlya preduprezhdeniya prirodnykh

pozharov [Development of methods for using Earth remote sensing data to prevent natural fires]. *Geograficheskij vestnik*, 2021, vol. 1 (56), pp. 149–161.

4. Bass L. P., Kuzmina M. G., Nikolaeva O. V. Cvertochnye nejronnye seti s glubokim obucheniem giperspektral'nyh sputnikovyh dannyh [Convolutional neural networks with deep learning of hyperspectral satellite data]. *Preprinty IPM im. M. V. Keldysha*, 2018, issue 282, 32 p.

5. Sergienko S. B., Tikhonenko D. V. Obrabotka sputnikovyh snimkov s pomoshch'yu nejronnyh setej s cel'yu vyavleniya prirodnyh kataklizmov [Processing satellite images using neural networks to identify natural disasters]. *Reshetnevskie chteniya*. 2017. vol. 21-2, pp. 282–284.

6. Matveev A. V., Kolerov D. A. Perspektivy primeneniya iskusstvennogo intellekta pri rea-

girovanii na CHS [Prospects for the use of artificial intelligence in emergency response]. *Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Monitoring, predotvrashchenie i likvidaciya chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogennogo haraktera: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. SPb: Sankt-Peterburgskiy universitet GPS MCHS Rossii, 2021, pp. 726–730. EDN IXSYYX.

7. Pushkin A. A., Sidelnik N. Ya., Kovalevskiy S. V. Ispol'zovanie materialov kosmicheskoy s'emki dlya ocenki pozharnoj opasnosti v lesah [Using satellite imagery materials to assess fire danger in forests]. *Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoye khozyaystvo, prirodopol'zovaniye i pererabotka vozobnovlyayemykh resursov*, 2015, vol. 1 (174), pp. 36–40.

Балобанов Андрей Александрович

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

кандидат технических наук

E-mail: andrey.balobanov.92@mail.ru

Balobanov Andrey Aleksandrovich

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinicheva,

Russian Federation, Saint-Petersburg

Candidate of Technical Sciences

E-mail: andrey.balobanov.92@mail.ru

Скрипка Александр Владимирович

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: skripka.a@igps.ru

Skripka Alexandr Vladimirovich

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinicheva,

Russian Federation, Saint-Petersburg

Candidate of Technical Sciences, docent

E-mail: skripka.a@igps.ru

Музыченко Сергей Анатольевич

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

E-mail: 2169655@mail.ru

Muzychenko Sergey Anatolievich

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinicheva,

Russian Federation, Saint-Petersburg

E-mail: 2169655@mail.ru

УДК 004.451.25

ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДОМ КАК СЛОЖНОЙ СИСТЕМОЙ

Т. В. ВЛАСОВА¹, И. В. ВЛАСОВА²

¹ Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России им. героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии Российской Федерации, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: Vlasova_ti@mail.ru, Vlasova_irher@mail.ru

Рассмотрены особенности структуры управления сложной организационной системой, отмечена множественность структурных и функциональных систем городской среды.

Выделены функциональные составляющие города Санкт-Петербурга в единстве взаимосвязанных структур, определяющих город как сложную организационную систему.

В качестве метода исследования применены системный и ретроспективный подходы.

Отражены результаты научного исследования применения стратегического градостроительного планирования и управления. Выявлена трансформация технологии управления городом от набора законодательных моделей управления к проектному подходу.

Отмечены происходящие значительные изменения, связанные с появлением и стремительным развитием цифровых технологий, и значимость применения на практике управления городской системой технологий проектного управления.

Ключевые слова: технология управления, управление организационными системами, сложная система, градостроительная система, ретроспективный, системный подход.

TECHNOLOGIES FOR MANAGING A CITY AS A COMPLEX SYSTEM

T. V. VLASOVA¹, I. V. VLASOVA²

¹ St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after the Hero of the Russian Federation, General of the Army E. N. Zinicheva, Russia Federation, Saint-Petersburg

² St. Petersburg Military Institute of the Order of Zhukov of the National Guard of the Russian Federation, Russia Federation, Saint-Petersburg
E-mail: Vlasova_ti@mail.ru, Vlasova_irher@mail.ru

The features of the management structure of a complex organizational system are considered, and the multiplicity of structural and functional systems of the urban environment is noted.

The functional components of the city of St. Petersburg are identified in the unity of interconnected structures that define the city as a complex organizational system.

A systematic and retrospective approach was used as a research method.

The results of a scientific study of the application of strategic urban planning and management are reflected. The transformation of city management technology from a set of legislative management models to a project approach has been revealed.

The significant changes taking place associated with the emergence and rapid development of digital technologies and the importance of using project management technologies in the practice of managing the urban system are noted.

Key words: management technology, management of organizational systems, complex system, urban planning system, retrospective analysis.

Введение

Изучение городской среды в современном мире характеризуется междисциплинарной направленностью исследования.

Объединение различных предметных направлений в исследованиях присуще и городской тематике.

В рамках понятия «город», предметы исследования – от нюансов узкопрофессионального дизайна до крупных экономических стратегий, превращаются в конструктивные элементы обсуждения и изучения городской среды.

Ученые в пространство обсуждения проблемы гармонично встраивают самые разнообразные области знания: экономику, исторические традиции, историю технологий управления, дизайн пространств, градостроительные и управленческие технологии [1, с. 13].

Для проведения исследований используют понятие «система», что дает возможность получать целостное знание об объекте, а системное описание как обобщение позволяет проводить сравнение и анализ существующих систем [2].

Специалисты, в общем, сходятся во мнении, что рассмотрение города в единстве его территориальных, социальных, пространственных, технико-экономических параметров позволяет исследовать город в более полной, объемной мере, в виде сложной организационной системы, управление которой представляет многообразный, многофункциональный процесс и требует научного подхода к его изучению.

В связи с этим, возникает актуальность рассмотрения города как сложной организационной системы, где город является объектом управления.

Цель работы – исследование развития городской среды в контексте технологии управляющей деятельности.

Задачи работы состоят:

– в обозначении технологий управления организационными системами, применяемых в управлении городской средой в историческом развитии;

– в определении методов, подходов и актуальных направлений в управлении городской средой.

Предметом исследования является процесс развития технологий управления городской средой как сложной системой.

Город – динамичная, открытая, вероятностная система, что определило методы исследования управления и структуры организационной системы городской среды, а именно применение системного подхода и ретроспективного анализа.

Под организационной системой понимают сложную, искусственно созданную систему, связанную с другими системами и обладающую характерными признаками.

Сложная система представляет собой множество объектов, частей, элементов, находящихся в связях друг с другом, образующих целостность и единство.

Взаимодействие различных элементов системы строится на согласованности применяемых стандартов, технических решений и технологий.

Первоначальное определение «технологии» как науки о способах и процессах получения и переработки сырья, материалов в предметы потребления и средства производства, со временем стало более общим понятием. Современные специалисты технологию трактуют как совокупность управленческих, инжиниринговых процессов и методов, последовательное осуществление которых, обеспечивает решение определенной задачи [3].

Под технологией понимают методы и подходы к решению соответствующих задач, совокупность взаимосвязанных процессов, происходящих в системе

Задача управления организационной системой может быть определена задачей допустимого управления, имеющего максимальную эффективность.

Технология управления рассматриваемыми системами содержит этапы от построения модели до анализа эффективности результатов моделирования [4].

Современные технологии управления в сфере производства активно адаптируют для использования в городском управлении.

Однако градоуправляющая система имеет значительные особенности, специфические черты, требует модернизации применяемых технологий и разработки уникальных (специальных) методов.

Структура, элемент, связь являются системообразующими понятиями общей теории систем и применимы для системного описания городской среды.

Из множества существующих вариантов, ниже приведено определение города, ярко иллюстрирующее возможность отнесения города к организационным системам.

Город – открытая система, для управления которой требуется выявить основные подсистемы, рассмотреть основные компоненты системы, определить внутренние связи и пропорции [5].

Важнейшей характеристикой города как сложной организационной системы, является его структура, представляющая совокупность элементов и связей, определяющих внутрен-

нее строение и организацию городского пространства.

Структура динамична, а происходящие в ней изменения во времени и пространстве отражают процесс развития городской среды [6].

Структуру исследуемой организационной системы можно представить в виде классической системы управления реактивного типа. Блоки системы реагируют на поступающие извне возмущающие воздействия, приводя систему к балансу и устойчивому состоянию, посредством взаимодействия внутренних связей и элементов.

Большинство специалистов рассматриваемую систему представляют как объединение нескольких крупных подсистем (социальной, технической, экономической) и предлагают разные модели с комбинациями элементов [7].

Функционирование системы выражено в целенаправленном изменении состояния городской среды во времени и пространстве, и описано с помощью параметров (качественных и количественных характеристик) [8].

Рассматриваемая система, имеет внутренние, внешние ресурсы и цели развития и управления.

Под целью управления городом, в общем, понимают обеспечение устойчивого и сбалансированного развития городской системы и повышение уровня и качества жизни. Эта цель достигается слаженным функционированием подсистем города и технологией управления (методами и подходами).

Методы управления населенными территориями разнятся не только по «отраслевому» признаку. С момента возникновения потребности в управлении городами технологии управления развивались и трансформировались во временном историческом периоде.

В Российской империи первый ощутимый всплеск роста городов произошел в 20-х годах XVIII века, что привело к необходимости государственного планирования городской среды и возникновению моделей управления данными территориями.

Указ 1763 года дал основание дальнейшему градостроительному развитию. Утвержденный генеральный план города являлся основополагающим документом для проведения планировочных, архитектурных и строительных работ, а города получали управленческий штат, в зависимости от статуса [9].

Городская реформа 1775 года внесла значительные коррективы в систему государственного управления. Изменения коснулись функциональной и пространственной структуры городов.

С 50-х годов XIX в. до 10-х годов XX в. в России строительные работы выполнялись на основании Строительного устава (1832 г.), в городском управлении функционировала жесткая система гражданского проектно-строительного дела [10].

С 20-х годов XX века в Советском Союзе развитие городов осуществлялось на основе генерального плана развития города и планов социально-экономического развития территории [7, с.240].

В настоящее время в городском управлении используются различные технологии, применяют традиционные и современные методы (основные перечисленные ниже):

- стратегическое планирование;
- методы количественной оценки результатов;
- создание информационно-аналитических и ситуационных центров.

Современные исследователи выделяют основные типы в классификации регионов России по методам управления среди них:

- разработка ежегодных планов;
- разработка планов стратегического развития;
- специфические планы (индикативное управление, проектное управление)

Теория стратегического управления крупнейшими городами Российской Федерации стала активно развиваться в 90-х годах XX века.

В основе стратегических планов городов заложен синтез европейской и американской практик. Технологии разработки планов предусматривали в том числе:

- отказ от количественной детализации и комплексности;
- анализ конкурентоспособности, угроз и преимуществ;
- анализ субъектов развития, учет их интересов [7, с. 242].

Современный стратегический план города имеет социальное и ресурсное обоснование, в нем прописаны механизмы реализации мероприятий. Наличие стратегического плана не исключает необходимость разработки генеральных планов с целью детализации определённой для них стратегии [11].

В стратегическом планировании основа плана представляет единый исторический процесс от прошлого, через настоящее в будущее (процессное управление), его причисляют, наряду с индикативным планированием и проектным управлением, к современным технологиям городского управления.

Как известно, технологии управления имеют ограничения в применении, и современные методы индикативного планирования

сталкиваются с целым рядом проблем в практической реализации.

Эффективными инструментами нивелирования ограничений служат цифровые модели и методы планирования и управления развитием городской территории.

Современные подходы к решению задач по управлению городом подразумевают формирование целостного представления о нем.

Цифровой образ городской среды представляется в форме структуры городских объектов и методов диагностики. Концепция образа «умный город» направлена на осуществление идей экономии ресурсов, создания качественных городских сред и обеспечения высокого уровня жизни горожан [12].

При цифровом моделировании городской системы разного структурного уровня, эффективным механизмом smart прогнозирования-проектирования развития такой системы считают применение модели «Цифровой близнец». Согласно заявлениям специалистов, модель должна служить основанием градостроительной информационной платформы, направленной на оптимальное, долгосрочное управление.

Существующие теоретические модели информационной платформы стратегического градостроительного направления непосредственно связаны с вопросами оптимизации данной системы и ее подсистем [13].

Следует обратить внимание, что технология управления налагает и ограничения на протекания процесса и взаимодействия элементов системы, в свою очередь технология процесса определяют функции рассматриваемой организационной системы.

К целям функционирования городских систем относят:

- обеспечение комфортности проживания населения;
- обеспечение устойчивого развития и воспроизводства инфраструктуры жизнедеятельности в городе;
- формирование, закрепление, передача социально-пространственных и культурных форм развития человечества [8, с. 73].

Можно сказать, что город функционирует и развивается как многоуровневая системная целостность, в которой каждая из подсистем имеет обособленную нишу, но обусловлена воздействием иных подсистем.

Культурные элементы городской системы не менее важны, чем ее экономические структурные составляющие.

Они определяют архитектурный облик города, становятся культурными доминантами, сохраняющими городскую уникальность.

По мнению Т. И. Алексеева-Бескина, город является носителем негенетического наследования, представляя модель искусственной среды обитания.

Санкт-Петербург, в полной мере, является практическим примером упомянутой выше модели.

Весь спектр применяемых технологий управления, от процессного управления до управления проектами, представлен в Великом городе.

Некоторые примеры практического применения технологий управления городом в историческом развитии:

1. Одна из первых планировок городского развития относится к 1737 году [9].

2. Следующий план Санкт-Петербурга утвержден в 1769 г. в проектно-отделе Комиссии о каменном строении Санкт-Петербурга, созданы проекты столицы.

3. В 1775 г. создан «перспективный» план Санкт-Петербурга.

4. С 50-х годов XIX века до 10-х годов XX века функционировала жесткая система градоуправления – строительные работы в Санкт-Петербурге выполнялись на основании Строительного устава (1832 г.) [10, с.87].

5. Генеральный план развития города и план социально-экономического развития территории были основными документами развития Ленинграда 20–90-х годов XX века.

Планирование осуществлялось по пятилеткам, генеральные планы разрабатывались на срок 20–25 лет. Достоинством генеральных планов являлась их ориентация на повышение качества городской среды [11, с. 12].

Еще в Генеральном плане Ленинграда 1948 г. предполагалось развитие протяженных зеленых зон от площади Революции через Петропавловскую крепость на Петровский остров. Проект не был реализован, но аналогичные проекты, запланированы в новом Генеральном плане [14].

6. 1996 г. — Санкт-Петербург среди первых городов приступил к разработке стратегического плана [7, с. 241].

7. 2018 г. — принят закон, определяющий направления и программы стратегического развития г. Санкт-Петербурга на период до 2035 года¹.

¹ О Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года: Закон Санкт-Петербурга от 19.12.2018 № 771-164. // Консультант Плюс [сайт] URL: [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru). (дата обращения: 14.09.2023 г.).

Использование современных технологий стратегического планирования в практике разработки генеральных планов сегодня в Северной столице ограничено консервативностью градостроительного законодательства [15].

8. В настоящее время научно-исследовательский центр генерального плана, использует новые технологии – «Визуальный инструмент», трехмерную модель города, которая позволяет моделировать градостроительные решения.

Специалисты научно-исследовательского центра генерального плана отдела трехмерной модели используют базу данных цифровых моделей существующей застройки Санкт-Петербурга. При визуализации эта база превращается в интерактивный визуальный макет застройки города.

Практическая значимость модели выражена эффективностью рабочего инструмента, который периодически нуждается в обновлении, в связи с постоянно меняющейся градостроительной ситуацией².

Реализация интеллектуальных технологий в Санкт-Петербурге осуществляется комплексно. С 2017 года функционирует проектный офис «Умный Санкт-Петербург».

С точки зрения внедрения, smart технологии представляют собой совокупность взаимодействующих проектов, совместно обеспечивающих достижение собственных и общих целей.

Современные подходы к решению задач управления развитием Санкт-Петербурга подразумевают:

– определение основных направлений разработки генерального плана, как инструмента формирования градостроительных предпосылок для реализации миссии города и стратегических целей, определенных в стратегиях социально-экономического развития [15, с. 93];

– формирование целевого образа в цифровой среде, построенного с учетом уникальности городских структур и их взаимодействия [11, с.49].

В целом, городская среда выражена градообразующими функциями, положением города в системе функциональных взаимосвязей с субъектами и в этом контексте можно отметить следующее:

– роль Санкт-Петербурга во внешней политике и участии в реализации приоритетных проектов развития России может быть определена стратегическими функциями, обу-

словливающими специализацию и уникальность города. В Стратегии развития Санкт-Петербурга к таким функциям отнесены:

– историко-культурный центр мирового уровня;

– образовательный, научный и инновационный центр;

– столичный город³.

Следовательно, Санкт-Петербург, представляя собой сложную организационную систему, является центром информационных, транспортных, логистических, финансовых потоков, выступает хранителем образовательных традиций, социально-пространственных и культурных форм развития и воссоздает свою уникальность.

Заключение

1. Изучение исторического опыта стратегического градостроительного планирования и управления, показывает, что развитие городской среды происходит на основе интеграции управления и уникальности градостроительной системы.

Методы управления городами трансформируются от набора законодательных моделей управления к проектному подходу. Проекты становятся основой развития отдельных элементов и городской структуры в целом. Эффективность проектов зависит от применения современных технологий разработки решений и управления их реализацией.

2. Происходит модернизация градостроительных подходов, связанная с появлением и стремительным развитием цифровых технологий, представленных методами проектного управления и цифровыми моделями. Применение на практике рассмотренных методов является актуальным направлением развития технологий стратегического планирования, позволит обеспечить воссоздание уникальности городской среды.

² Григорьева Я. Зачем городу цифровой двойник [сайт] URL: <https://spbdnevnik.ru/> (дата обращения: 17.08.2023 г.).

³ Стратегия социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2030 года: выбор основных направлений и целей социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2030 года. URL: <https://storage.strategy24.ru/files/strategy/201705/...pdf>. (дата обращения: 12.09.2023 г.).

Список литературы

1. Пятые Глазычевские чтения. Городское развитие в регионах: государственные стратегии и управленческие технологии. М.: Издательский дом «Дело». РАНХиГС, 2017. 64 с.
2. Раев В. К. Организационные системы // Информационные технологии в науке, в образовании и управлении. ИТНОУ. 2019. № 1. С. 95–100. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionnye-sistemy/viewer>. (дата обращения: 17.08.2023 г.).
3. Минкин Д. Ю., Власова Т. В. К вопросу технологии управления технико-экономическими рисками сложных производственных систем // Сервис безопасности в России: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2019. С. 208–210.
4. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2022. 500 с.
5. Заборова Е. Н. Городская среда как фактор развития человеческого капитала // Управленец. 2017. № 6 (70). С. 65–71.
6. Карчагин Е. В. Социология города и современные городские исследования // Научно-теоретический журнал. Социология города. 2021. № 4. С. 6–15.
7. Заборова Е. Н. Городское управление: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. 296 с. ISBN 978-5-7996-1130-9.
8. Максимчук О. В. Город как социально-экономическая система: теория и методология изучения // Научно-теоретический журнал. Социология города. № 4. 2021. С. 70–85.
9. Золотарева М. В. Управление городским строительством во второй половине XVIII в. // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2017. Т. 7, № 3. С. 121–131.
10. Семенов С. В. Система управления градостроительными процессами в Санкт-Петербурге – Петрограде начала XX века // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 86–87.
11. Герцберг Л. Я. Быть или не быть генеральным планам крупных городов // Academia. Архитектура и Строительство. 2019. № 2. С. 10–18.
12. «Умный Санкт-Петербург»: комплексный подход к внедрению информационных технологий управления мегаполисом / С. Митягин, А. Карсаков, А. Бухановский [и др.] // Вестник электроники 2019. № 1 (65). С. 46–55.

- URL: <https://vestnikmag.ru/magazine/vestnik-elektroniki-1-2019/> (дата обращения: 17.09.2023 г.).
13. Спиридонов В. Ю. Градостроительная информационная платформа: прогрессивные методы планирования и управления устойчивым развитием территорий // Архитектон: известия вузов. 2022. № 4 (80) URL: http://archvuz.ru/2022_4/21. (дата обращения: 17.09.2023 г.).
 14. Албин И. Н. Генеральный план Санкт-Петербурга 2019–2043: стратегия и тактика // Управленческое консультирование. № 1. 2018. С. 64–67.
 15. Герцберг Л. Я. Актуализация методических основ разработки генеральных планов в контексте современных угроз и вызовов развитию городов // Academia. Архитектура и Строительство. № 2. 2018. С. 91–97.

References

1. *Pyatye Glazychevskie chteniya. Gorodskoe razvitie v regionah: gosudarstvennye strategii i upravlencheskie tekhnologii* [Fifth Glazychev Readings. Urban development in the regions: state strategies and management technologies]. Moscow: Izdatel'skij dom «Delo», RANHiGS, 2017, 64 p.
2. Raev V. K. Organizatsionnye sistemy [Organizational systems]. *Informacionnye tekhnologii v nauke, v obrazovanii i upravlenii, ITNOU*, 2019, issue 1, pp. 95–100. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionnye-sistemy/viewer>. (date of access: 08/17/2023).
3. Minkin D. Yu., Vlasova T. V. K voprosu tekhnologii upravleniya tekhniko-ekonomicheskimi riskami slozhnyh proizvodstvennyh sistem [On the issue of technology for managing technical and economic risks of complex production systems] *Servis bezopasnosti v Rossii: materialy XI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. SPb.: FGBOU VO Sankt-Peterburgskiy universitet GPS MCHS Rossii, 2019. pp. 208-210.
4. Novikov D. A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Theory of management of organizational systems]. Moscow: MPSI, 2022, 500 p.
5. Zaborova E. N. *Gorodskaya sreda kak faktor razvitiya chelovecheskogo kapitala* [Urban environment as a factor in the development of human capital]. *Upravlenec*, 2017, vol. 6 (70), pp. 65–71.
6. Karchagin E. V. *Sociologiya goroda i sovremennye gorodskie issledovaniya* [Sociology of the city and modern urban studies]. *Nauchno-teoreticheskij zhurnal, Sociologiya goroda*, 2021, issue 4, pp. 6–15.
7. Zaborova E. N. *Gorodskoe upravlenie: uchebnoye posobiye* [City government. Tutorial].

Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo universiteta, 2014, 296 p. ISBN 978-5-7996-1130-9.

8. Maksimchuk O. V. Gorod kak social'no-ekonomicheskaya sistema: teoriya i metodologiya izucheniya [The city as a socio-economic system: theory and methodology of study]. *Nauchno-teoreticheskij zhurnal, Sociologiya goroda*, issue 4, 2021, pp. 70–85.

9. Zolotareva M. V. Upravlenie gorodskim stroitel'stvom vo vtoroj polovine XVIII v. [Management of urban construction in the second half of the 18th century]. *Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*, 2017, vol. 7, issue 3, pp. 121–131.

10. Sementsov S. V. Sistema upravleniya gradostroitel'nymi processami v Sankt-Peterburge – Petrograde nachala XX veka [Management system for urban planning processes in St. Petersburg – Petrograd at the beginning of the 20th century]. *Vestnik BGTU im. V. G. Shuhova*, 2017, issue 11, pp. 86–87.

11. Gercberg L. Ya. Byt' ili ne byt' general'nym planam krupnyh gorodov [To be or not to be master plans of major cities]. *Academia. Arhitektura i Stroitel'stvo*, issue 2, 2019, pp. 10–18.

12. «Umnyj Sankt-Peterburg»: kompleksnyj podhod k vnedreniyu informacionnyh tekhnologij upravleniya megapolisom [«Smart St. Petersburg»: an integrated approach to the

implementation of information technologies for managing a metropolis] / S. Mityagin, A. Karsakov, A. Buhanovskij [et al.]. *Vestnik elektroniki*, 2019, vol. 1 (65), pp. 46-55. URL: <https://vestnikmag.ru/magazine/vestnik-elektroniki-1-2019/> (date of access: 09/17/2023).

13. Spiridonov V. Yu. Gradostroitel'naya informacionnaya platforma: progressivnye metody planirovaniya i upravleniya ustojchivym razvitiem territorij [Urban planning information platform: progressive methods of planning and managing sustainable development of territories]. *Architect: news of universities*, 2022, vol. 4 (80). URL: http://archvuz.ru/2022_4/21. (date of access: 09/17/2023).

14. Albin I. N. General'nyj plan Sankt-Peterburga 2019–2043: strategiya i taktika [St Petersburg 2019-2043 Master Plan: Strategy and Tactics]. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie*, 2018, issue 1, pp. 64–67.

15. Gercberg L. Ya. Aktualizaciya metodicheskix osnov razrabotki general'nyh planov v kontekste sovremennyh ugroz i vyzovov razvitiyu gorodov [Updating the methodological basis for the development of master plans in the context of modern threats and challenges to urban development], *Academia. Arhitektura i Stroitel'stvo*, 2018, issue 2, pp. 91–97.

Власова Татьяна Владимировна

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России им. героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

старший преподаватель

e-mail: Vlasova_ti@mail.ru

Vlasova Tatiana Vladimirovna

St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters named

after the Hero of the Russian Federation, General of the Army E. N. Zinicheva

Russia Federation, Saint-Petersburg

Senior Lecturer

E-mail: Vlasova_ti@mail.ru

Власова Ирина Владимировна

Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии

Российской Федерации

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

кандидат педагогических наук, профессор

e-mail: Vlasova_irher@mail.ru

Vlasova Irina Vladimirovna

St. Petersburg Military Institute of the Order of Zhukov of the National Guard of the Russian Federation

Russia Federation, Saint-Petersburg

Candidate of Pedagogical Science, professor

E-mail: Vlasova_irher@mail.ru

УДК 614.842.83.07/08

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ РУКОВОДИТЕЛЕМ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА

А. В. ЕРМИЛОВ¹, С. Н. НИКИШОВ¹, А. К. КОКУРИН¹, М. В. СИДОРОВА²

¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

² Орловский юридический институт МВД России имени В. В. Лукьянова,
Российская Федерация, г. Орел

E-mail: skash_666@mail.ru, mordov5988@mail.ru, kokurin@mail.ru, margo48057@yandex.ru

От действий пожарно-спасательного подразделения, прибывшего первым на место вызова, зависят жизни людей и динамика развития пожара. Вследствие этого возникает важность прогнозирования возможной оперативной обстановки. Она может лежать в основе оценки эффективности управления силами и средствами руководителем тушения пожара. Таким образом, представляет интерес прогнозирование оперативной обстановки на основе линейной скорости развития горения, как составляющей оценки эффективности управления силами и средствами руководителем тушения пожара. На основе анализа специальной литературы разработаны три модели технологии деятельности руководителя тушения пожара и номеров боевого расчета. Компонентами модели является обстановка на месте пожара, требования Боевого устава подразделений пожарной охраны и других нормативно-правовых актов МЧС России, а также количество отделений и личного состава отделений. Каждая модель, в зависимости от оперативной обстановки, имеет свое условие ликвидации пожара. В практической деятельности пожарно-спасательных подразделений первая модель имеет важное значение для прогнозирования оперативной обстановки. На ее основе определены варианты развития пожара в городе и сельской местности, в которых первый прибывший дежурный караул не сможет обеспечить ликвидацию горения.

Ключевые слова: прогнозирование, оперативная обстановка, управление силами и средствами, руководитель тушения пожара, боевая позиция.

FORECASTING THE OPERATIONAL SITUATION TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF THE MANAGEMENT OF FORCES AND MEANS BY THE FIRE EXTINGUISHING MANAGER

A. V. ERMILOV¹, S. N. NIKISHOV¹, A. K. KOKURIN¹, M. V. SIDOROVA²

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

² Lukyanov Orel Law Institute of the Ministry of the Interior of Russia,
Russian Federation, Orel

E-mail: skash_666@mail.ru, mordov5988@mail.ru, kokurin@mail.ru, margo48057@yandex.ru

The lives of people and the dynamics of the development of the fire depend on the actions of the fire and rescue unit that arrived first at the place of the call. As a consequence, it becomes important to predict the possible operational situation. It can be the basis for evaluating the effectiveness of the management of forces and means by the fire extinguishing manager. Thus, it is of interest to predict the operational situation on the basis of the linear rate of fire development as a component of evaluating the effectiveness of the management of forces and means by the fire extinguishing manager. Based on the analysis of special literature, three models of the technology of the fire extinguishing manager and combat crew numbers have been developed. The components of the model are the situation at the fire site, the requirements of the Combat Charter of fire protection units and other regulatory legal acts of the Ministry of Emergency Situations of Russia, as well as the number of departments and personnel of departments. Each model, depending on the

operational situation, has its own fire elimination condition.

Key words: forecasting, operational situation, management of forces and means, fire extinguishing manager, combat position.

Введение

Пожары представляют первостепенную угрозу для устойчивого функционирования государства. Данный вопрос находит свое отражение в законодательстве Российской Федерации. Так, в нормативно-правовых актах «пожар» представляется в виде неконтролируемого горения. Оно приводит к причинению значительного материального ущерба. Наносит вред жизни и здоровью людей, а также интересам общества и государства¹.

В пожарно-технической литературе подчеркивается, что горение имеет общие и частные явления. Общие явления определяются массо- и теплообменом и материальным ущербом. Частные явления проявляются в виде взрывов, обрушении конструкций и элементов крыши, гибели и травмирования людей, возникновения паники и др.

Наибольший материальный ущерб связан с понятием «крупный пожар». В основе выделенного понятия лежит ряд отличительных особенностей. Так, на крупном пожаре имеется значительный материальный ущерб (3420 минимальных размеров оплаты труда), групповая гибель людей (5 и более человек), травмирование людей (10 и более человек). Дополнительно необходимо отметить количество сил и средств, привлекаемых по повышенному номеру (рангу) пожара для ликвидации крупного пожара.

Динамика развития пожара зависит от вида горючего вещества и материала. На практике наиболее распространены пожары твердых горючих веществ и материалов, горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ [1]. Однако, существуют более уникальные пожары. К ним можно отнести пожары газов, металлов, электроустановок, ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ. Разделение пожаров на виды, отталкиваясь от свойств горючих веществ и материалов, необходимо для определения средств пожаротушения, состава сил и средств пожарной охраны и других служб, необходимых для ликвидации горения.

Пожары могут быть распространяющимися и нераспространяющимися. На данную особенность оказывает влияние место их возникновения. Пожары могут развиваться на открытом пространстве и в ограждениях. На открытом пространстве они развиваются с не-

ограниченным запасом окислителя. К ним относятся такие пожары, как ландшафтные, штабелей древесины и резервуары с нефтепродуктами. Отличительной особенностью пожаров в ограждениях является ограниченное присутствие окислителя в объеме помещения. Доступ окислителя к горению зависит от площади приточных проемов или производительности принудительной системы вентиляции.

Пожары имеют общие закономерности развития во времени и пространстве. Таким образом, их можно охарактеризовать рядом параметров. Факторами, влияющими на развитие пожара, являются: пожарная нагрузка, массовая скорость выгорания, линейная скорость распространения пламени, площадь пожара, площадь поверхности горящих материалов, интенсивность выделения тепла и температура пламени.

Основной фактор, определяющий динамику развития горения и как следствие оперативную обстановку, проявляется в линейной скорости распространения горения. В пожарно-технической литературе данный термин определяет расстояние, пройденное фронтом пламени в единицу времени по поверхности вещества или материала, м/с (формула). Линейная скорость зависит от многих факторов, одним из которых является вид пожарной нагрузки, которая зависит от постоянного и временного нахождения в объекте пожара горючих веществ и материалов. В постоянную пожарную нагрузку включаются находящиеся в строительных конструкциях вещества и материалы, способные гореть. Во временную пожарную нагрузку включаются вещества и материалы, обращающиеся в помещении. Пожарную нагрузку возможно понимать в отношении количества вещества на единицу площади помещения кг/м². Пожарная нагрузка определяет продолжительность пожара, а также количество теплоты, выделяющееся при горении в единицу времени.

Линейная скорость горения имеет важное значение для прогнозирования возможной обстановки на пожаре. Так, от ее величины зависит значение площади пожара S_p (м²), которая в свою очередь определяет потребность в количестве сил и средств пожарно-спасательных гарнизонов, необходимых для ликвидации пожара.

¹ Федеральный закон № 69 от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности»

На основе проведенного анализа специальной литературы нами поставлена цель исследования. **Цель исследования** – определить возможность прогнозирования оперативной обстановки на основе линейной скорости развития горения, как составляющей оценки эффективности управления силами и средствами руководителем тушения пожара.

Исследование по прогнозированию оперативной обстановки для оценки эффективности управления силами и средствами руководителем тушения пожара проводилось в несколько этапов. На первом этапе нами определены прогнозы развития оперативной обстановки на месте вызова, которые диктуют требования к реализации технологии ликвидации чрезвычайной ситуации при прибытии первого пожарно-спасательного подразделения. На втором этапе нами определены объекты пожара, с которыми в большей степени встречаются пожарно-спасательные подразделения в своей практической деятельности. На третьем этапе нами производился анализ влияния линейной скорости развития горения на содержание оперативной обстановки.

Результаты исследования

Первое прибывшее пожарно-спасательное подразделение реализует технологию деятельности в рамках ликвидации чрезвычайной ситуации [2; 3; 4; 5]. На технологию деятельности оказывает существенное влияние оперативная обстановка, требования Боевого устава подразделений пожарной охраны и других нормативно-правовых актов МЧС России, а также количество отделений и личного состава отделений. Произведя анализ специальной литературы², мы разработали три модели технологии деятельности руководителя тушения пожара и номеров боевого расчета.

Первая технология деятельности (рис. 1) реализуется при пожаре:

- на открытом пространстве;
- в зданиях (сооружениях) большой площади;
- в зданиях (сооружениях) с высокими пределами огнестойкости строительных конструкций;
- в зданиях (сооружениях) с отсутствием людей.

Технология деятельности направлена на ликвидацию пожара, при которой площадь пожара (тушения пожара) меньше или равна площади тушения ручных стволов, подаваемых первым прибывшим дежурным караулом $S_p(t) < S_t(\text{дежурного караула})$.

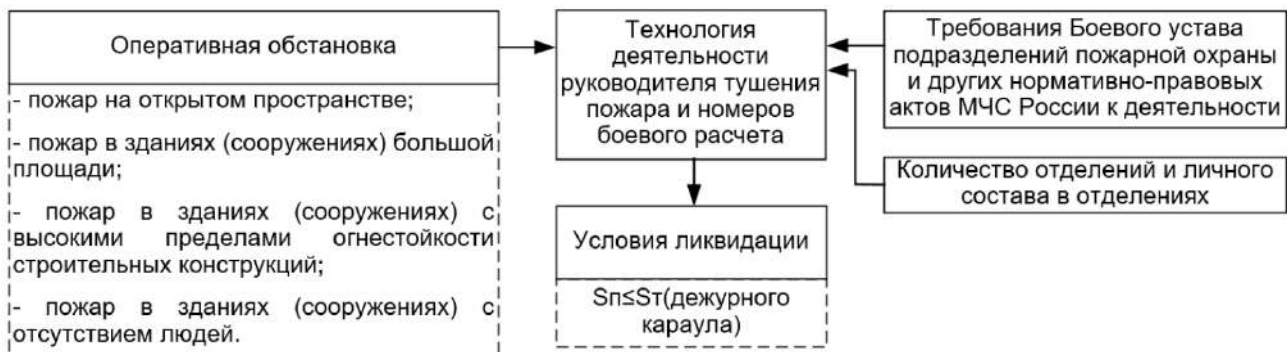


Рис. 1. Технология деятельности руководителя тушения пожара и номеров боевого расчета при первом прогнозе оперативной обстановки: где S_p – площадь пожара (тушения пожара); S_t (дежурного караула) – площадь тушения дежурного караула

Вторая технология деятельности (рис. 2) реализуется при пожаре, на котором может возникнуть вероятность потери огнестойкости строительных конструкций.

Технология деятельности направлена на ликвидацию пожара, при которой предел огнестойкости строительных конструкций меньше времени ликвидации пожара первым прибывшим дежурным караулом $t_{огн} < t_{ликв}$.

² СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения



Рис. 2. Технология деятельности руководителя тушения пожара и номеров боевого расчета при втором прогнозе оперативной обстановки: где $t_{огн}$ – время наступления предела огнестойкости строительных конструкций; $t_{ликв}$ – время ликвидации пожара

Третья технология деятельности (рис. 3) реализуется при пожаре:

- в зданиях с массовым пребыванием людей;
 - когда расчетное время эвакуации людей из здания больше необходимого времени эвакуации людей;
 - когда эвакуация людей из здания не завершилась до прибытия пожарно-спасательных подразделений;
 - когда эвакуация людей не возможна без причинения вреда жизни людей;
 - когда эвакуация людей не целесообразна по условиям технологического процесса.
- Технология деятельности направлена на ликвидацию пожара, при которой время наступления критического значения, хотя бы одного опасного фактора пожара, или равно времени ликвидации пожара первым прибывшим дежурным караулом $t_{офп} < t_{ликв}$.

С технологиями деятельности дежур-

ные караулы могут встречаться при заступлении на боевое дежурство. Анализ статистических данных по пожарам за 2022 год показал, что наибольшее количество пожаров происходит в зданиях жилого сектора (30,5 %), местах открытого хранения материалов (37,5 %), транспортных средств (4,3 %), производственных и складских зданий (0,8 %). Люди в большей степени погибают в зданиях жилого сектора (90 %), транспортных средствах (1,2 %), производственных и складских зданиях (0,5 %)³. Для исследования представляет интерес линейная скорость распространения горения, непосредственно влияющая на прогнозирование оперативной обстановки на выделенных объектах пожара. Таким образом, первая технология деятельности руководителя тушения пожара (рис.1) может лежать в оценке эффективности управления силами и средствами.

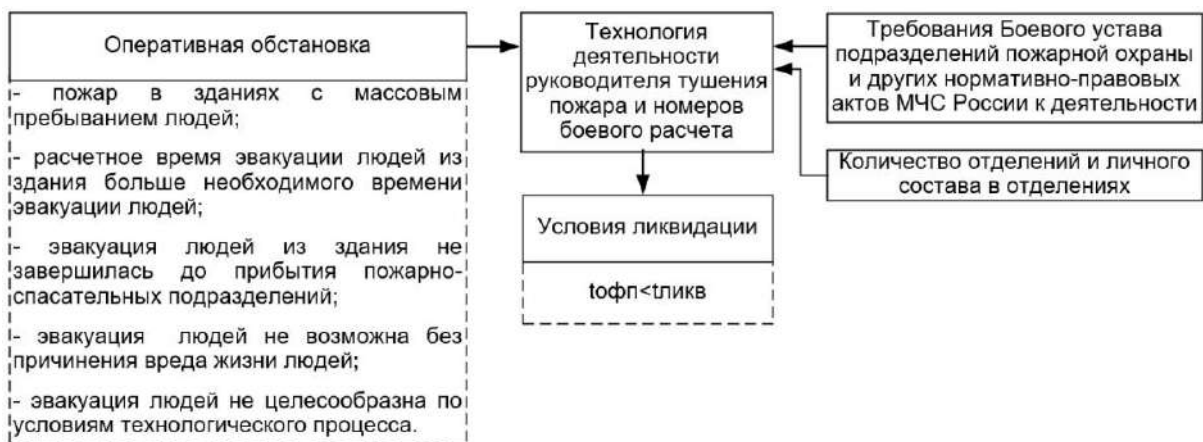


Рис. 3. Технология деятельности руководителя тушения пожара и номеров боевого расчета при третьем прогнозе оперативной обстановки: где $t_{офп}$ – время наступления критического значения одного из опасных факторов пожара; $t_{ликв}$ - время ликвидации пожара

³ Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.- аналитич. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.

На этапе определения особенностей влияния линейной скорости развития горения на оперативную обстановку моделировались очаги пожара. С этой целью определены девять возможных мест возникновения горения, которые при его развитии, будут формировать уникальную форму площади пожара. Линейная скорость распространения горения принималась для административных зданий с шагом 1 м/мин, 1,1 м/мин, 1,2 м/мин, 1,3 м/мин, 1,4 м/мин и 1,5 м/мин. На рис. 4 очаг пожара представляется, как точка, толщина стен не

учитывается, горение распространяется во все стороны с одинаковой линейной скоростью развития горения $V_{л}$, при касании стены фронта пожара геометрическая фигура принимает прямоугольную форму. Свободное развитие пожара ($t_{рп}$) моделировалось в течение 30 минут с шагом в 1 минуту. На рис. 4 приводится пример развития пожара на момент пути, пройденного огнем 5 метров (т.е. пути, который может протушить ствольщик, при подаче ручного пожарного ствола с глубиной тушения $h_{т}=5$ м).

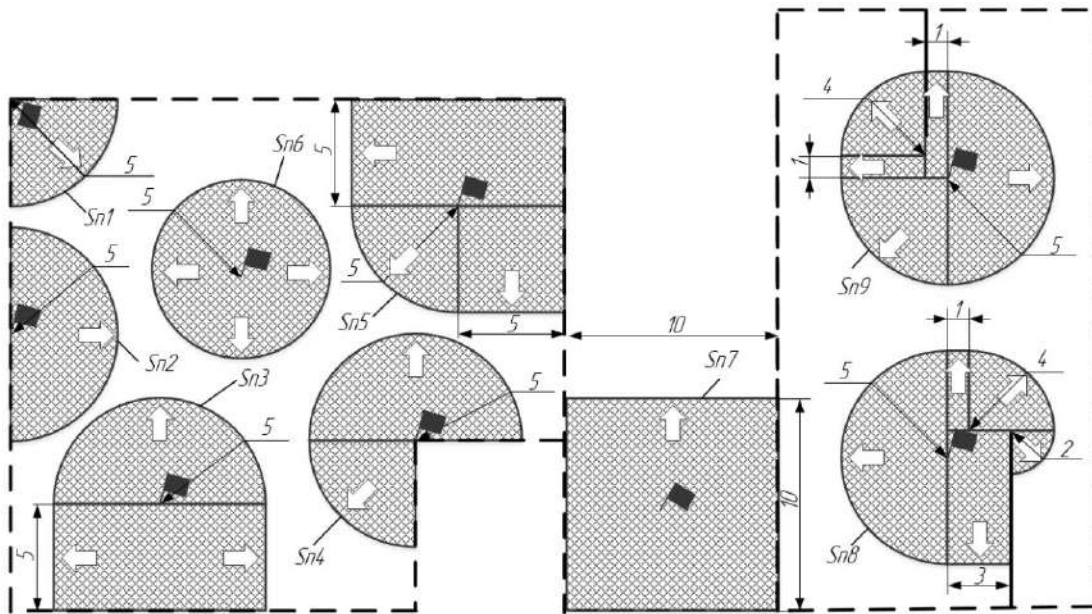


Рис. 4. Возможные очаги пожара

Результаты анализа динамики развития пожара показали, что очаг пожара № 6 (круговая форма) создаст наиболее неблагоприятные условия на момент прибытия первого пожарно-спасательного подразделения (рис. 4). Так, при $V_{л} = 1$ м/мин на 30 минуте площадь пожара будет равна $S_{п1} = 176,6 \text{ м}^2$, $S_{п2} = 353,3 \text{ м}^2$, $S_{п3} = 503,3 \text{ м}^2$, $S_{п4} = 529,9 \text{ м}^2$, $S_{п5} = 351,6 \text{ м}^2$, $S_{п6} = 706,5 \text{ м}^2$, $S_{п7} = 200 \text{ м}^2$, $S_{п8} = 435,7 \text{ м}^2$ и $S_{п9} = 690,5 \text{ м}^2$.

На динамику развития пожара влияет ввод приборов подачи огнетушащих веществ на ликвидацию горения прибывшими на место вызова пожарно-спасательными подразделениями (формула 1).

$$t_{рп} = t_{сп} + t_{приб} + t_{пст}, \quad (1)$$

где $t_{сн}$ – среднее время сообщения о пожаре, для города 1,15 мин, для сельской местности 1,56 мин; $t_{приб}$ – среднее время прибытия первого пожарного подразделения, для города

6,69 мин, для сельской местности 12,78 мин; $t_{пст}$ – среднее время подачи первого ствола, для города 1,06 мин, для сельской местности 0,97 мин.

Временные интервалы целесообразно принимать опираясь на статистические данные⁴. Так, время развития пожара $t_{рп}$, до подачи огнетушащих веществ на тушение пожара составляет: в городе 8,9 минут; в сельской местности 15,31 мин. Выделенные временные интервалы легли в основу прогнозирования оперативной обстановки, которая может сложиться на момент прибытия первого пожарно-спасательного подразделения: для города (рисунок 5); для сельской местности (рисунок 6). В качестве прибора подачи воды выбран наиболее распространенный в России ручной пожарный ствол РС-50 с напором у насадка

⁴ Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.

ствола 35 м.вод.ст. с глубиной тушения (ht) 5 м [10, с. 53]. Интенсивность подачи воды на тушение пожара составляет 0,1 л/(м²с).

Подставляя в динамику развития пожара площадь тушения ручного пожарного ствола РС-50 $S_{\text{ств}} = 58,3 \text{ м}^2$ получим время, при котором первое прибывшее пожарно-спасательное подразделение может обеспечить условие первой Технологии деятельности руководителя тушения пожара и номеров боевого расчета, с учетом условия отсутствия пострадавших в объекте пожара:

Для города. Дежурный караул в составе одного отделения на автоцистерне и автолестнице способен обеспечить ликвидацию горения всех Sn при подаче двух РС-50 без включения в звено газодымозащитной службы. При создании звена отделение может подать только один ствол РС-50, соответственно может ликвидировать только Sn1, Sn2, Sn4, Sn8. Дежурный караул в составе двух отделений, при условии создания звеньев газодымозащитной службы может обеспечить ликвидацию горения для всех Sn.

Для сельской местности. Дежурный караул в составе двух отделений, при условии создания звеньев газодымозащитной службы не сможет обеспечить ликвидацию горения для всех Sn. Ликвидация обеспечивается подачей не менее четырех ручных пожарных стволов РС-50.

При анализе динамики развития пожара необходимо учитывать потерю несущей способности и целостности строительных конструкций, а также потерю теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений. Так, на 15 минуте развития пожара возможна потеря целостности (E) наружных несущих стен и настилов (в том числе с утеплителем) для зданий II, III, IV степени огнестойкости (далее – CO). Потеря несущей способности (R), потеря целостности (E), потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений (I) перекрытия междуэтажных (в том числе чердачных и над подвалами) (здания IV CO). Потеря несущей способности (R) несущих стен, колонн и других несущих элементов (здания IV CO), настилов (в том числе с утеплителем) (здания II, III, IV CO), ферм, балок, прогонов (здания II, III, IV CO), маршей и площадок лестниц (здания IV CO). На 30 минуте развития пожара возможна потеря целостности (E) наружных несущих стен (здания I CO). Потеря целостности (E) и несущей способности (R) настилов (в том числе с утеплителем) (здания I CO). Потеря несущей способности (R) ферм, балок, прогонов (здания I CO).

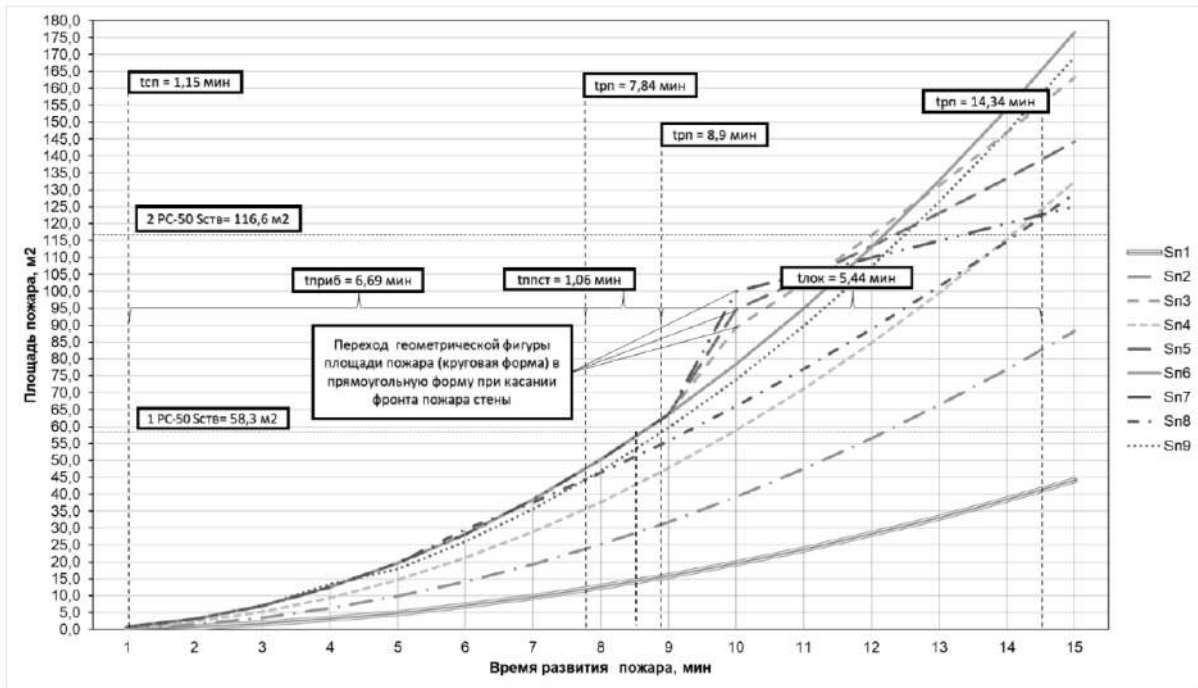


Рис. 5. Прогнозирование оперативной обстановки для оценки эффективности управления силами и средствами руководителем тушения пожара при развитии горения в административном здании с $V_{\text{л}} = 1 \text{ м/мин}$ (город)

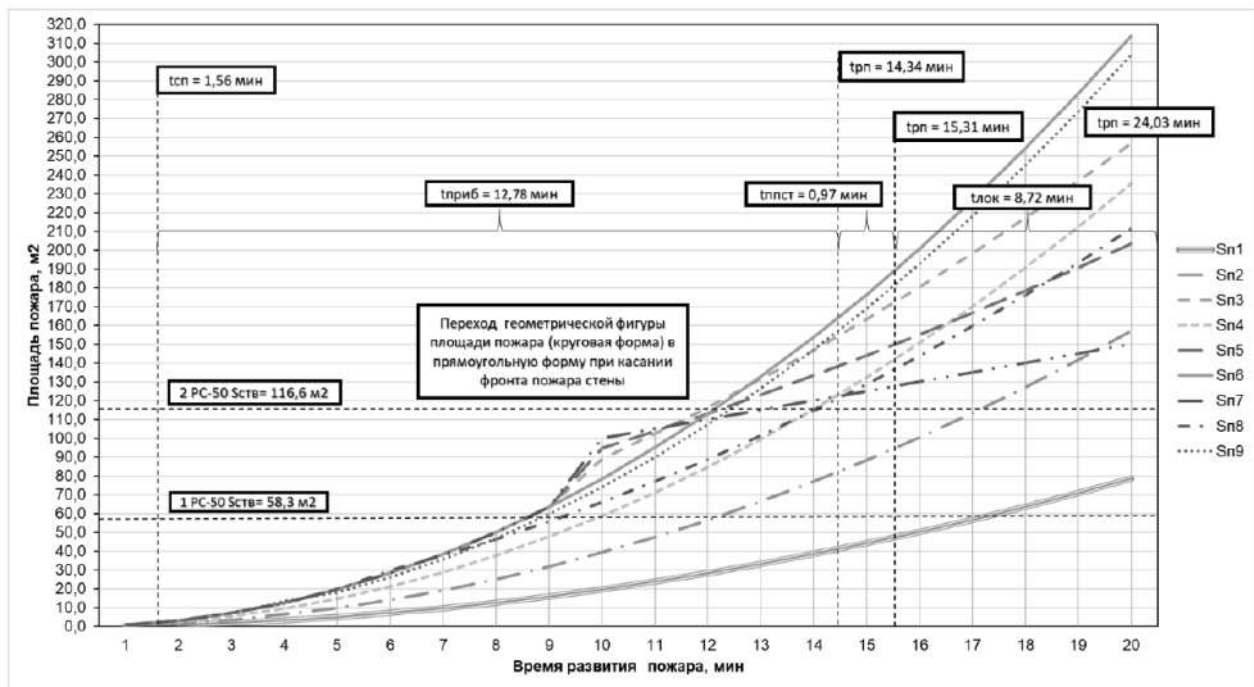


Рис. 6. Прогнозирование оперативной обстановки для оценки эффективности управления силами и средствами руководителем тушения пожара при развитии горения в административном здании с $V_{л} = 1$ м/мин (сельская местность)

Выводы

Исследование по прогнозированию оперативной обстановки для оценки эффективности управления силами и средствами руководителем тушения пожара позволило сделать ряд выводов. Во-первых, разработаны три технологии деятельности руководителя тушения пожара и номеров боевого расчета в зависимости от прогноза оперативной обстановки. Каждая из технологий имеет свои условия ликвидации пожара, которые определяют операциональные действия боевого расчета в составе одного или двух отделений на основных пожарных автомобилях [6]. Во-вторых, выделены основные геометрические формы развития пожара, из которых наиболее сложной, с тактической точки зрения, будет являться круговая форма. В-третьих, на основе статистических данных выделено время развития пожара в городе, а также сельской местности. Сопо-

ставляя график динамики развития пожара и тактические возможности пожарно-спасательного подразделения, прибывшего на место вызова, становится возможным составлять прогноз успешности ликвидации горения и учитывать его в технологии деятельности руководителя тушения пожара и номеров боевого расчета.

Полученные результаты могут иметь дальнейшее направление исследования, заключающееся в оценке возможности ликвидации горения первым прибывшим пожарно-спасательным подразделением с учетом тактико-технических характеристики приборов подачи огнетушащих веществ. Также результаты исследования могут быть реализованы в специальном программном обеспечении для должностных лиц управления на месте пожара [7; 8; 9].

Список литературы

1. Тербнев В. В., Грачев В. А. Пожарная тактика: учебник. М. Академия ГПС МЧС России, 2015. 547 с.
2. Ермилов А. В., Никишов С. Н. Оптимизация принятия управленческого решения по определению боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара. Часть 1. Угол подачи огнетушащих

веществ // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 1 (46). С. 13–19.

3. Сущность управления при организации взаимодействия подразделений и служб при тушении крупных пожаров / В. А. Смирнов, А. В. Ермилов, Д. А. Черепанов [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: материалы IX Международной научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

2014. С. 166–168.

4. Кузнецов А. В., Баканов М. О., Тараканов Д. В. Анализ структурно-логической модели резервирования средств оперативного мониторинга пожаров // Технологии техно-сферной безопасности. 2019. № 2 (84). С. 99–107.

5. Кузнецов А. В., Бутузов С. Ю., Тараканов Д. В. Алгоритм оценки важности задач организации мониторинга крупного пожара // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 2 (43). С. 27–33.

6. Оптимизация управленческих решений при распределении обязанностей боевого расчета / И. В. Багажков, П. Н. Коноваленко, С. Н. Никишов [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 4 (45). С. 5–12.

7. Модель циклического мониторинга природных пожаров затяжного характера / М. О. Баканов, Д. В. Тараканов, А. В. Кузнецов [и др.] // Мониторинг. Наука и технологии. 2019. № 2 (40). С. 14–19.

8. Model of cyclical monitoring and managing of large-scale fires and emergencies for evaluation of the required number of unmanned aircraft systems / D. V. Tarakanov, V. Prajova, M. O. Bakanov [et al.]. MM Science Journal, 2020, vol. 2020, issue October, pp. 4040–4044.

9. Информационные ресурсы системы мониторинга крупных пожаров на объектах энергетики / А. В. Кузнецов, Д. В. Тараканов, М. О. Баканов [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 4 (37). С. 24–32.

10. Теребнев В. В., Казанцев С. Г., Богомоллов М. В. Анализ пожарных стволов нового поколения // Пожаровзрывобезопасность/ Fire and Explosion Safety. 2011. № 3. URL: <http://cyberleninka.m/artide/n/analiz-pozhamyih-stvolov-novogo-pokoleniya> (дата обращения: 20.11.2023).

References

1. Terebnev V. V., Grachev V. A. *Pozharnaya taktika: uchebnik* [Fire tactics: textbook]. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2015. 547 p.

2. Ermilov A. V., Nikishov S. N. Optimizaciya prinyatiya upravlencheskogo resheniya po opredeleniyu boevoy pozicii lafetnogo stvola pri tushenii vertikal'nogo stal'nogo rezervuara. Chast' 1. Ugol podachi ognitushashchih veshchestv [Optimization of management decision-making to determine the combat position of the carriage barrel when extinguishing a vertical steel tank. Part 1. Angle of supply of extinguishing agents]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2023, vol. 1 (46), pp. 13–19.

3. Sushchnost' upravleniya pri organizacii vzaimodejstviya podrazdelenij i sluzhb pri tushenii krupnyh pozharov [The essence of management in the organization of interaction of departments and services in extinguishing large fires] / V. A. Smirnov, A. V. Ermilov, D. A. Cherepanov [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2014, pp. 166–168.

4. Kuznecov A. V., Bakanov M. O., Tarakanov D. V. Analiz strukturno-logicheskoj modeli rezervirovaniya sredstv operativnogo monitoringa pozharov [Analysis of the structural and logical model of reserving means of operational monitoring of fires]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2019, vol. 2 (84), pp. 99–107.

5. Kuznecov A. V., Butuzov S. Yu., Tarakanov D. V. Algoritm ocenki vazhnosti zadach organizacii monitoringa krupnogo pozhara [Algorithm for assessing the importance of the tasks of organizing monitoring of a large fire]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 2 (43), pp. 27–33.

6. Optimizaciya upravlencheskih reshenij pri raspredelenii obyazannostej boevogo rascheta [Optimization of management decisions in the distribution of combat crew responsibilities] / I. V. Bagazhkov, P. N. Konovalenko, S. N. Nikishov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 4 (45), pp. 5–12.

7. Model' ciklicheskogo monitoringa prirodnyh pozharov zatyazhnogo haraktera [A model of cyclic monitoring of protracted wildfires] / M. O. Bakanov, D. V. Tarakanov, A. V. Kuznecov [et al.]. *Monitoring. Nauka i tekhnologii*, 2019, vol. 2 (40), pp. 14–19.

8. Model of cyclical monitoring and managing of large-scale fires and emergencies for evaluation of the required number of unmanned aircraft systems / D. V. Tarakanov, V. Prajova, M. O. Bakanov [et al.]. MM Science Journal, 2020, vol. 2020, issue October, pp. 4040–4044.

9. Informacionnye resursy sistemy monitoringa krupnyh pozharov na ob"ektah energetiki [Information resources of the monitoring system of large fires at energy facilities] / A. V. Kuznecov, D. V. Tarakanov, M. O. Bakanov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2020, vol. 4 (37), pp. 24–32.

10. Terebnev V. V., Kazancev S. G., Bogomolov M. V. Analiz pozharnyh stvolov novogo pokoleniya [Analysis of new generation fire barrels]. *Pozharovzryvobezopasnost'/Fire and Explosion Safety*, 2011, issue 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-pozharnyh-stvolov-novogo-pokoleniya> (data obrashcheniya: 20.11.2023).

Ермилов Алексей Васильевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук

E-mail: skash_666@mail.ru

Ermilov Aleksey Vasilevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of pedagogical sciences

E-mail: skash_666@mail.ru

Никишов Сергей Николаевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: mordov5988@mail.ru

Nikishov Sergey Nikolaevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences

E-mail: mordov5988@mail.ru

Кокурин Алексей Константинович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

Ученый секретарь ученого совета, канд. ист. наук

E-mail: kokurin@mail.ru

Kokurin Aleksej Konstantinovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

Academic Secretary of the Academic Council,

Candidate of Historical Sciences

E-mail: kokurin@mail.ru

Сидорова Маргарита Владимировна

Орловский юридический институт МВД России имени В. В. Лукьянова,
Российская Федерация, г. Орел

E-mail: margo48057@yandex.ru

Sidorova Margarita Vladimirovna

Lukyanov Orel Law Institute of the Ministry of the Interior of Russia,
Russian Federation, Orel

E-mail: margo48057@yandex.ru

УДК 004:378

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДОВЕДЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ И ОПОВЕЩЕНИЮ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧС ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

А. И. ЗАКИНЧАК¹, А. А. ЕЛИЗАРОВА¹, Р. В. БЛИНОВ²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

²ГУ МЧС России по Владимирской области
Российская Федерация, г. Владимир

E-mail: zakinchak@mail.ru, ms.anna226@mail.ru, uopt_33@mail.ru

В статье проведен анализ мероприятий по реагированию на произошедшие природные (ландшафтные) пожары на территориях Центрального федерального округа. В статье проведен анализ распространения оперативной информации, были рассмотрены данные оперативных служб, сведения о силах и средствах, а также об их деятельности, направленной на предупреждение и ликвидацию чрезвычайных ситуаций.

Актуальность статьи обусловлена необходимостью развития инновационных подходов и технологий к организации мероприятий по доведению информации и оповещению должностных лиц при ликвидации ЧС природного и техногенного характера, во всех звеньях территориальных подсистем единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Это позволит повысить качественный уровень координации вопросов профилактики и тушения ландшафтных (природных) пожаров. В завершение исследования были разработаны предложения по использованию каналов связи, отражающие специфику информационного обмена между участниками ликвидации ЧС с учетом особенностей организации уточнения информации.

Ключевые слова: ландшафтные пожары, система оповещения о ЧС, информация, оценка, оперативное реагирование

IMPROVING THE PROCESS OF ORGANIZING MEASURES TO COMMUNICATE INFORMATION AND NOTIFY OFFICIALS IN RESPONSE TO NATURAL AND MAN-MADE EMERGENCIES

A. I. ZAKINCHAK¹, A. A. ELIZAROVA¹, R. V. BLINOV²

¹Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

²The Ministry of Emergency Situations of Russia in the Vladimir region
Russian Federation, Vladimir

E-mail: zakinchak@mail.ru, ms.anna226@mail.ru

The creation, improvement and maintenance of readiness for the use of warning systems and informing the population in the event of a threat and occurrence of dangers of war and peacetime are one of the main parts of measures carried out by state authorities and local authorities at all levels to protect the population and territories.

In the totality of the issues under consideration, in order to improve the fire safety management system in the Vladimir region, it is necessary to inextricably consider this issue in conjunction with the development of the RSChS of the subject.

Key words: landscape fires, emergency alert system, information, assessment, prompt response

Создание, совершенствование и поддержание готовности к задействованию систем оповещения и информирования населения при угрозе и возникновении опасностей военного и мирного времени являются одними из основных частей мероприятий, проводимых органами государственной власти и органами местного самоуправления на всех уровнях по защите населения и территорий.

В комплексе рассматриваемых вопросов в целях совершенствования системы управления пожарной безопасностью на региональном уровне необходимо неразрывно рассматривать указанный вопрос в совокуп-

ности с развитием РСЧС субъекта.

Рассмотрим анализ причин возникновения ландшафтных пожаров на территории Центрального федерального округа на основании данных по лесным пожарам, содержащихся в единой межведомственной информационно-статистической системе (рис 1.).

В целом динамика по количеству ландшафтных пожаров и их площади на территории Центрального федерального округа приведена на рис. 2 и 3.

Материальный ущерб от ландшафтных пожаров за последние 5 лет приведен на рис. 4.

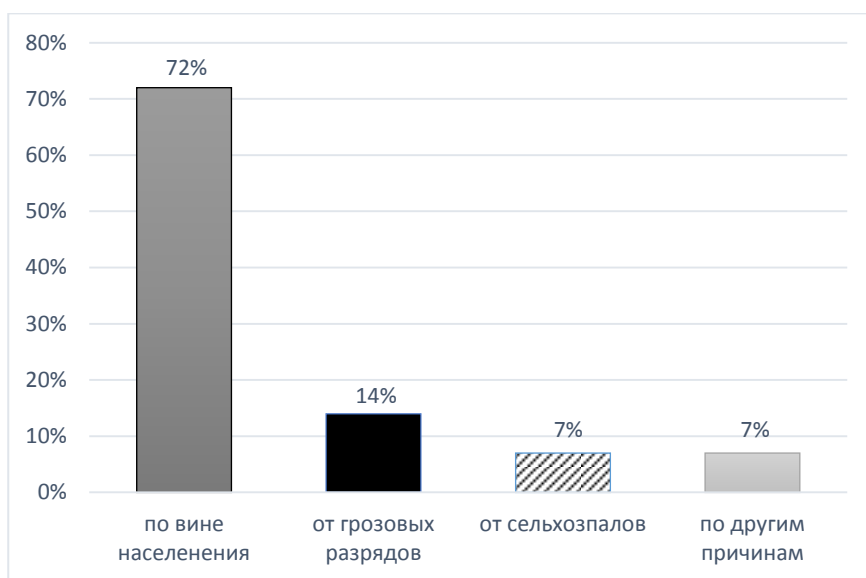


Рис. 1. Анализ причин возникновения ландшафтных пожаров в 2022 году

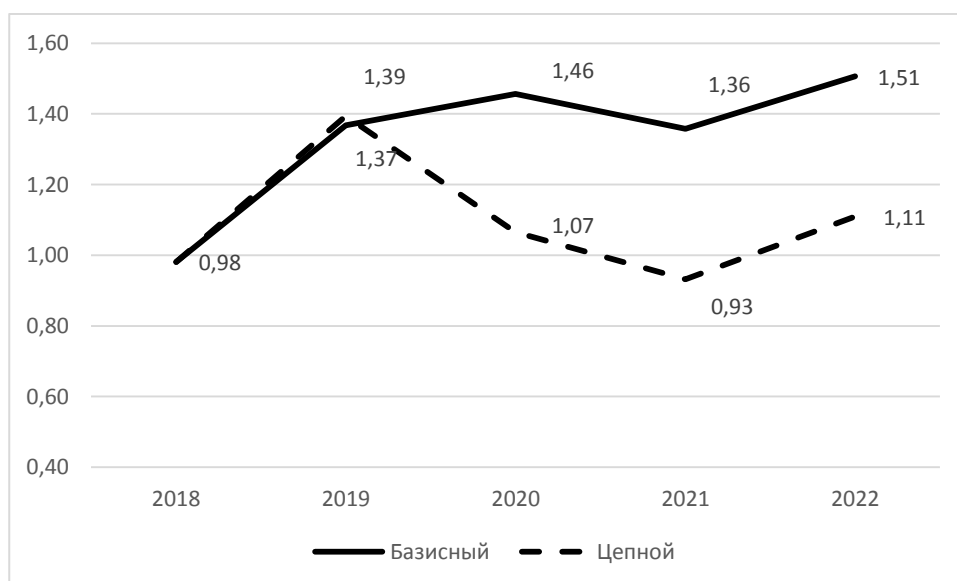


Рис. 2. Базисные и цепные индексы роста количества ландшафтных пожаров на территории Центрального федерального округа за последние 5 лет

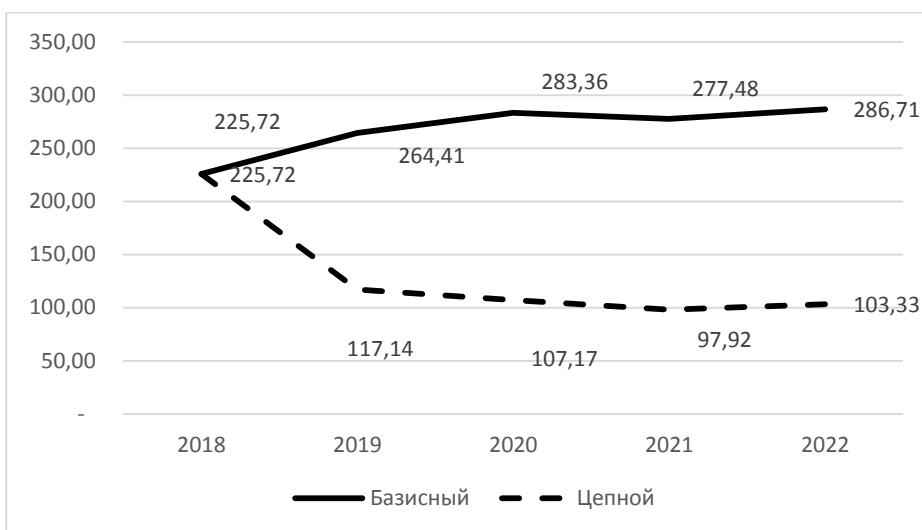


Рис. 3. Базисные и цепные индексы роста площади ландшафтных пожаров на территории Центрального федерального округа за последние 5 лет

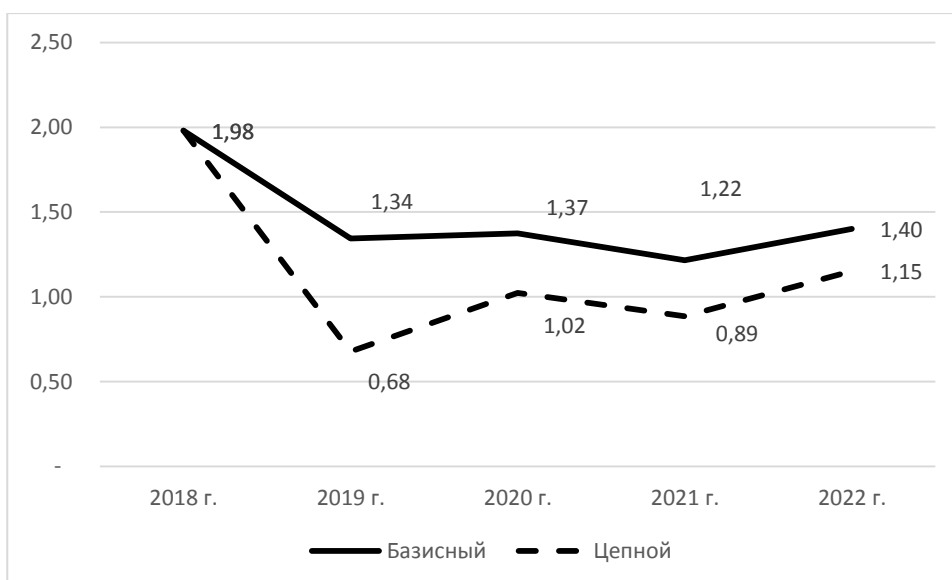


Рис. 4. Материальный ущерб от ландшафтных пожаров на территории Центрального федерального округа за последние 5 лет

Проведенный анализ деятельности Главного Управления МЧС России по Владимирской области в части реагирования сил и средств, а также нормативно-правовых актов и распорядительных документов, регламентирующих деятельность в области защиты населения и территорий от природных пожаров, позволяет выделить ряд направлений развития региональной системы пожарной безопасности, влияющих на защищенность населения и территорий, представленные в табл.1.

Реализация перечисленных направлений в полной мере будет способствовать совершенствованию и развитию РСЧС региона, а также соответственно и совершенствованию системы управления пожарной безопасностью на территории.

Однако, не стоит забывать о необходимости развития уже имеющихся и зарекомендовавших себя с положительной стороны приемов и методов поддержания в готовности РСЧС к выполнению задач по предназначению, а именно:

- мероприятия прогнозно-аналитического характера;
- мероприятия организационного характера;
- мероприятия предупреждающего характера;
- мероприятия, ограничивающие распространение угрозы;
- организационно-технические и другие мероприятия.

Таблица 1. Направления развития региональной системы пожарной безопасности

№ п/п	Наименование	Содержание
1.	Развитие системы управления	Организация взаимодействия между органами управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Региона, в том числе с граничащими субъектами. Совершенствование способов и методов взаимодействия всех элементов системы обеспечения пожарной безопасности.
2.	Развитие группировки сил и средств	Совершенствование состава и структуры сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций с учетом рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, пожаров и происшествий.
3.	Актуализация нормативно-правовой базы	Совершенствование нормативно-правовых актов и распорядительных документов, регламентирующих деятельность в области защиты населения и территорий от природных пожаров.
4.	Подготовка населения	Внедрение новых форм подготовки населения к действиям в чрезвычайных ситуациях, в том числе с использованием современных технических средств обучения.
5.	Внедрение современных технологий	Внедрение и применение современных аппаратно-программных комплексов и технических средств мониторинга, прогнозирования и поддержки принятия решений.

Одним из наиболее перспективных направлений развития системы обеспечения безопасности является внедрение современных технологий информационного обмена. Предлагаемая концепция оценки эффективности информационного обмена была рассмотрена не только в рамках ликвидации ландшафтных пожаров, но и применительно к техногенным ЧС. Опыт участия в учениях «Безопасная Арктика – 2023», направленных на ликвидацию ЧС показал актуальность проблемы информационного взаимодействия между участниками ликвидации ЧС природного и техногенного характера.

В качестве основных направлений исследования, проводимого в рамках учений, были выбраны следующие:

- получение данных о времени прохождения информации между участниками ликвидации ЧС и должностными лицами органов исполнительной власти (ОИВ);
- получение данных об объеме проходящей информации по каналам взаимодействия между участниками ликвидации ЧС и должностными лицами ОИВ;
- сопоставление объема информации в системе взаимодействия участников ликвидации ЧС со временем ее получения отдельными участниками.

Для проведения исследований все виды сообщений были разделены на 3 группы по объему информации и присвоена следующая кодировка:

С – сигнал, или сообщение, в котором отсутствуют числовые данные, используемые в анализе и принятии решений.

Ф – факт, или сообщение, содержащее данные, необходимые для выработки и принятия управленческого решения.

О – описание или сообщение, состоящее из фактов или содержащее предварительные выводы, опирающиеся на факты.

В качестве количественной характеристики была выбрана балльная оценка, таким образом, что тип сообщения «сигнал» оценивается в 1 балл, «факт» в 2 балла, а «описание» в 3 балла.

Каждый из типов сообщений сопоставлялся со способом их передачи, и оценивалась рациональность способа и канала передачи.

Все участники информационного обмена для проведения анализа были поделены на следующие основные группы:

1. Оперативный штаб на месте пожара;
2. КЧС и ПБ;
3. ДДС субъекта;
4. ЦУКС (ЕДДС);
5. Органы исполнительной власти.

В ходе анализа объема данных о ходе мероприятий выявлено, что основным типом информации в начале обрабатываемой вводной о пожаре является «сигнал», но в последствии в соответствии с руководящими документами диспетчеру ДДС поступает информация об обстановке на месте пожара.

Как видно из представленных данных основным типом информации в начале обрабатываемой вводной о пожаре является «сигнал», но впоследствии в соответствии с руководящими документами диспетчеру ДДС поступает информация об обстановке на месте пожара.

Таблица 2. Группировка способов передачи и получения информации по ее типам

Тип информации	Способ передачи	Особенности
Сигнал	устное сообщение, смс	Источником может стать автоматизированная система
Факт	смс, радиостанция	При использовании радиостанции нужно учитывать возможность помех
Описание	электронная почта	Ограниченная доступность данного источника и необходимость использования сканкопий

В ходе отработки вопросов исследовательской задачи были оценены способы сбора и передачи информации для определения целесообразности их использования в случае приема и передачи определенных типов информации. В результате анализа способов получения и передачи информации, использованных в рамках учения, была произведена их группировка в зависимости от способа:

- устное сообщение (в т.ч. с использованием громкоговорителя).
- телефонная связь (проводная, сотовая).
- радиостанция.
- технология приема и передачи коротких текстовых сообщений (смс).
- электронная почта (в т.ч. отсканированный вариант донесения).

Каждый из способов обладает рядом особенностей. При оповещении голосом, ряд фактов может быть плохо понят и воспринят слушателем, а сказанная информация может быть забыта в экстремальной ситуации. При оповещении с помощью телефонной связи, количество получателей информации ограничено вызываемым абонентом и так же сказанная информация, особенно большая по объему может быть частично или полностью забыта. Радиостанции как способ передачи информации требуют подготовки (выбора правильного канала, настройки), а также радиообмен зачастую создает помехи при одновременном приеме нескольких сообщений от разных источников.

Система передачи смс обладает широким охватом, но при этом ограничена количеством передаваемой информации. Информация, передаваемая по каналам электронной почты, требует времени на подготовку и в случае отправки донесений – сканирования подготовленного документа. Таким образом, в зависимости от типа и характера передаваемой информации, целесообразно оценивать формы и каналы ее передачи, для повышения качества ее восприятия.

В качестве передаваемой информации рассматривалась та, которая не содержит сведений ограниченного доступа и необходима для принятия решения.

На заключительном этапе исследования проведено сопоставление объема информации в системе взаимодействия участников ликвидации ЧС со временем ее получения отдельными участниками, для оценки актуальности и релевантности располагаемой информации на определенный период времени. Оценка проводилась в долях от общего количества информации, доступной к этому времени исходя из данных, полученных в штабе ликвидации пожара на основе сопоставления хронологии по отдельным участникам информационного взаимодействия.

Актуальность информации оценивалась исходя из сведений, полученным той или иной группой участников к определенному моменту времени, накопительным итогом к общему объему информации. В качестве временного интервала принимался отрезок в 5 минут.

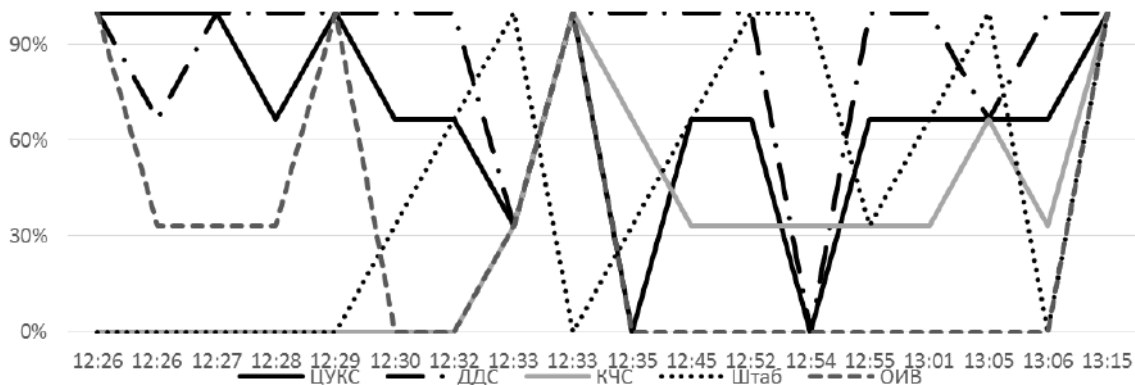


Рис.5. Диаграмма, характеризующая организацию информационного обмена в ходе отработки вводной

Стоит подчеркнуть, что информационный обмен проходил в соответствии с руководящими документами МЧС России и соответствующих органов государственной власти, все временные интервалы предоставления информации соблюдались. Как видно из представленного графического анализа, отклонения в объеме полученной информации характерны для заключительного этапа отработки вводной, и связаны с особенностями взаимодействия отдельных участников и организации обратной связи по получению этой информации. В связи с этим разработаны предложения, которые могут способствовать повышению уровня информационного взаимодействия, не допустив при этом перегрузки каналов передачи информации.

Необходимо также отметить использование в рамках учений актуальных способов получения информации за счет системы видеонаблюдения на месте пожара, а также БПЛА, что качественно повысило спектр получаемой информации.

Информацию о выполнении вышеуказанных мероприятий предлагается заложить в систему координации и автоматическом ин-

формировании участников взаимодействия на всех этапах развития и ликвидации природных и техногенных ЧС, при этом ее доведение предлагается осуществлять в автоматическом режиме.

Таким образом, достигается оптимизация временных процессов информационного обеспечения, что в свою очередь приведет к снижению временных параметров принятия управленческих решений.

В связи с переходом на современные цифровые технологии, введение в текущую деятельность органов повседневного управления информационных систем и систем мониторинга предлагается включить в подготовку диспетчеров ЦУКС, ЕДДС, ДДС органов управления ФП и ТП РСЧС субъектов РФ.

Проводя анализ функционирования системы мониторинга возникновения и развития природных пожаров, при 100 % охвате территории значительное время занимают процессы передачи информации, что в результате приводит к увеличению времени свободного развития ландшафтных пожаров и, соответственно, их площади (рис. 7).

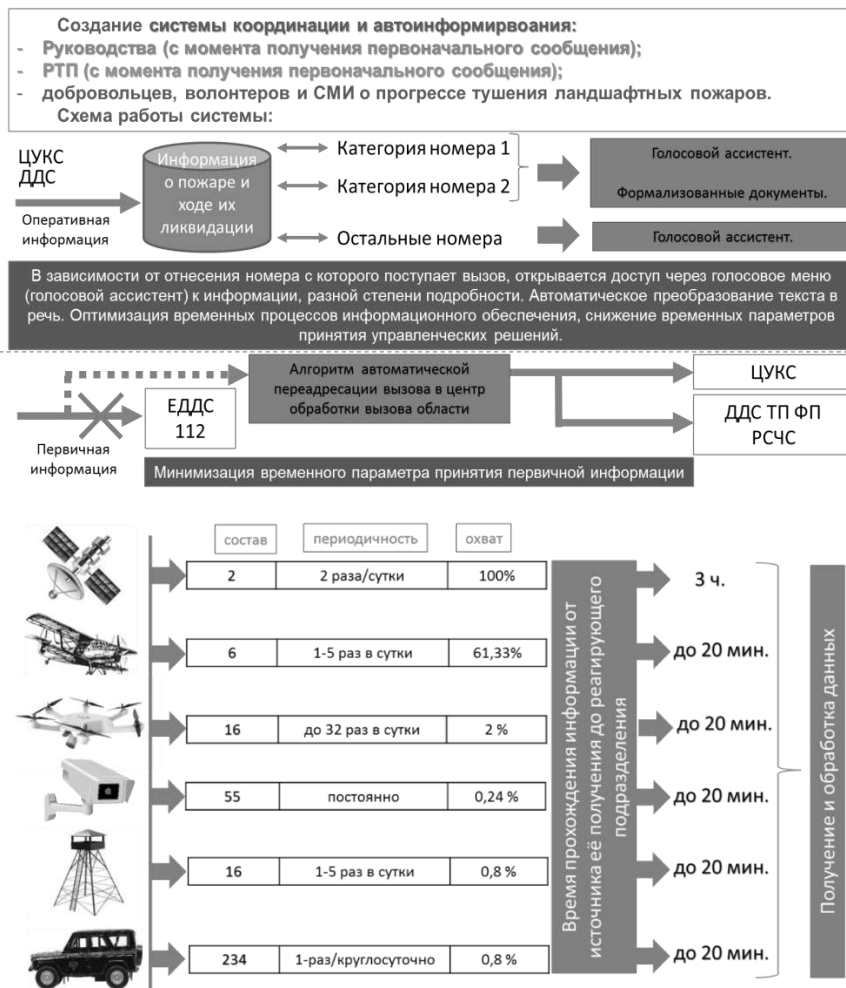


Рис. 6. Предложения по развитию системы обеспечения пожарной безопасности Региона

Рис. 7. Анализ функционирования системы (средств) мониторинга ландшафтных (природных) пожаров

В основу концепции развития сил и средств РСЧС региона, в том числе предназначенных для тушения природных (ландшафтных) пожаров, однозначно должны войти мероприятия, нацеленные на развитие и совершенствование системы обеспечения пожарной безопасности, а также мероприятия по устранению выявленных недостатков.

Важной составляющей совершенствования любой системы является анализ принимаемых решений, который предлагается реализовать путем создания автоматизированной системы оценки информации, предложения по функционированию которой представлены на рис. 8.

Рассматривая в комплексе проблему низкого процента привлечения сил и средств на тушение ландшафтных (природных) пожаров, требуется реализация ряда задач:

- расширение спектра возможностей системы мониторинга;
- повышение уровня подготовки руководителей тушения пожаров;
- повышение уровня подготовки операторов ЦУКС, ДДС, РДС;
- увеличение доли численного состава (человек/техники) сил и средств;
- оснащение подразделений высокоэффективными средствами связи.

Формирование автоматизированной системы оценки информации, предоставленной в соответствии со схемой оповещения

оповещения

Должностное лицо 1	2	1	3	4	8	5
Должностное лицо 2	10	6	4	5	10	9
Должностное лицо 3	4	9	5	3	10	3
Должностное лицо 4	4	2	10	3	4	1
Должностное лицо 5	2	10	2	9	8	2
Должностное лицо 6	10	9	7	5	2	3
	Ч+1	Ч+2	Ч+3	Ч+4	Ч+5	...

Н-ый период с учетом оперативных событий (квартал, полугодие, год)

Анализ полученных результатов

Принятие управленческих решений

Рис. 8. Предложения по функционированию автоматизированной системы оценки информации



Рис.9. Основные факторы и причины, приводящие к развитию ландшафтных (природных) пожаров

Время прохождения информации не является единственной и всеобъемлющей причиной, но во многом от его сокращения зависит целый ряд последующих действий органов управления и сил РСЧС.

При передаче фактографической информации по радиоканалу в условиях активного радиообмена других участников, располагающихся рядом, передаваемые сведения могут восприниматься с искажениями.

В рамках основных этапов от развития до ликвидации ландшафтных (природных) пожаров установлен целый комплекс факторов, так или иначе сказывающихся на основных параметрах и ущербе от пожаров (рис. 9).

Проведенный анализ возникновения, развития ландшафтных (природных) пожаров, а также принимаемых мер по их предупреждению и ликвидации, указывает на необходимость комплексного развития системы обеспечения пожарной безопасности.

Подводя итог, необходимо отметить, что сама концепция развития системы обеспечения пожарной безопасности должна строиться на следующих принципах:

1. Переход РСЧС области от принципа реагирования на происшествия, связанные с возникновением ЧС к принципу их предупреждения;

2. Снижение времени оперативного реагирования на ЧС, тем самым обеспечивая снижение показателей ущерба.

Основная часть мероприятий, предлагаемых для реализации, носит организационный характер и может быть решена за счет

ресурсов, предусмотренных на текущую деятельность соответствующих органов управления и сил РСЧС.

Результаты исследования, полученные в ходе отработки вводной, подтверждают выдвинутую гипотезу о неравномерности распространения информации о ходе ликвидации ЧС между всеми участниками и заинтересованными лицами, что говорит о необходимости синхронизации этого процесса. Информация о ходе ликвидации ЧС предоставляется своевременно, при этом существующий порядок носит, по большей части, уведомительный характер, и у отдельных участников информационного обмена сведения о ходе ликвидации ЧС не актуализируются длительное время. Если в систему оповещения о ЧС будут включены СМИ и население, то потребуются дополнительные механизмы предоставления и актуализации информации для них. В связи с этим необходимо разработать механизмы организации доступа к информации всем задействованным участникам ликвидации ЧС без отвлечения дополнительных сил и средств путем создания единого информационного центра (базы данных) с актуальными и достоверными данными, внедрив систему разграничения доступа и режим идентификации. Предполагается, что система будет работать в качестве виртуального «колл-центра», в котором будет происходить автоматизация предоставления информации о ходе ликвидации ЧС. Разграничение доступа к информации предполагается увязать на номера телефонов должностных лиц, имеющих соответствующий доступ. В том числе, это высвобождает ресурсы операторов для предоставления однотипной информации.

Список литературы

1. Елизарова А.А., Закинчак А.И. Реализация проектного подхода в проблемно-ориентированных системах управления обеспечением безопасности региона // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 4 (45). С. 19-28.

2. Закинчак А.И., Блинов Р.В., Видяева С.В., Тосунян Т.А., Екимов П.П. Совершенствование системы управления и координации подсистем РСЧС Ивановской области // Актуальные вопросы организации управления в РСЧС. Сборник научных трудов. Иваново, 2021. С. 156-161.

3. Закинчак А.И. Разработка проблемно-ориентированной системы управления инфраструктурой безопасности городской среды // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 3 (40). С. 68-75.

4. Печникова А.Г., Закинчак А.И., Андреева О.Р. Особенности использования информационных технологий в образовательном процессе вуза // Пожарная и аварийная безопасность. 2023. № 2 (29). С. 61-71.

References

1. Elizarova A.A., Zakinchak A.I. Realizatsiya proektnogo podkhoda v problemno-orientirovannykh sistemakh upravleniya obespecheniem bezopasnosti regiona [Implementation of the project approach in problem-oriented security management systems of the region] // *Sovremennyye problemy` grazhdanskoj zashhity`*. 2022. № 4 (45). S. 19-28.

2. Zakinchak A.I., Blinov R.V., Vidyaeva S.V., Tosunyan T.A., Ekimov P.P. Sovershenstvovanie sistemy` upravleniya i koordinatsii podsystem RSChS Ivanovskoy oblasti [Improvement of the management and coordina-

tion system of the subsystems of the RSChS of the Ivanovo region]// *Aktual'ny'e voprosy` organizacii upravleniya v RSChS. Sbornik nauchny`x trudov. Ivanovo*, 2021. S. 156-161.

3. Zakinchak A.I. Razrabotka problemno-orientirovannoj sistemy` upravleniya infrastrukturoj bezopasnosti gorodskoj sredy` [Development of a problem-oriented urban security infrastructure

management system]// *Sovremenny`e problemy` grazhdanskoj zashhity`*. 2021. № 3 (40). S. 68-75.

4. Pechnikova A.G., Zakinchak A.I., Andreeva O.R. Osobennosti ispol'zovaniya informacionnyh tekhnologij v obrazovatel'nom processe vuza [Features of the use of information technologies in the educational process of the university]// *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'*. 2023. vol. 2 (29). pp. 61-71.

Закинчак Андрей Игоревич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат экономических наук, доцент кафедры основ экономики функционирования РСЧС

E-mail: zakinchak@mail.ru

Zakinchak Andrey Igorevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of economics sciences, associat professor at the department of fundamentals of economics

E-mail: zakinchak@mail.ru

Елизарова Анна Александровна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат экономических наук, преподаватель кафедры основ экономики функционирования РСЧС

E-mail: ms.anna226@mail.ru

Elizarova Anna Alexandrovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of economics sciences, teacher at the department of fundamentals of economics

E-mail: ms.anna226@mail.ru

Блинов Руслан Вячеславович

ГУ МЧС России по Владимирской области

Российская Федерация, г. Владимир

Первый заместитель начальника Главного управления МЧС России по Владимирской области

E-mail: BlinovRV_mchs@mail.ru

Blinov Ruslan Vyacheslavovich

The Ministry of Emergency Situations of Russia in the Vladimir region

Russian Federation, Vladimir

BlinovRV_mchs@mail.ru

First Deputy Head of the Main Department of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Vladimir region

E-mail: uopt_33@mail.ru

УДК 355/359.07

АЛГОРИТМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПОВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В РЕГИОНЕ

Д. А. КОЛЕРОВ, В. И. КУВАТОВ

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России
им. Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева,
E-mail: dima11rus@inbox.ru.

В статье рассмотрена задача принятия управленческого решения (ПУР) по повышению показателей оповещения населения (ОН) в регионе, в частности в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) для достижения нормативных требований по 100 %-му охвату территории. Кроме того, необходимость выполнения данных требований актуальна для каждого субъекта нашей страны. Поэтому задача повышения показателей ОН является весьма перспективной. Для её решения был разработан алгоритм поддержки принятия управленческих решений по повышению показателей ОН, позволяющий разрабатывать и реализовывать комплекс мероприятий, направленных на достижение поставленной задачи.

В работе описан ряд проблемных вопросов ОН в Российской Федерации, проведён анализ существующих научных работ, направленных на их решение. Сделан вывод, что достижение 100 %-го показателя ОН сложная задача, на которую оказывает влияние множество факторов. Для её решения требуется с одной стороны применение научных методов, а с другой — принятие грамотных и стратегически выверенных управленческих решений. Предложен ряд направлений, позволяющих достичь 100 %-го охвата ОН, исходя из анализа особенностей ЯНАО.

Обоснована целесообразность разработки алгоритма на основе методов сетевого планирования и управления. Даны рекомендации по применению разработанного алгоритма с целью повышения достоверности принимаемых управленческих решений по повышению показателей ОН в регионе.

Ключевые слова: оповещение, оповещение населения, алгоритм, поддержка принятия решений, повышение эффективности.

SUPPORT ALGORITHM FOR MANAGEMENT DECISION-MAKING TO INCREASE INDICATORS OF ALERTING THE POPULATION IN THE REGION

D. A. KOLEROV, V. I. KYVATOV

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia named after the Hero
of the Russian Federation General of the Army E.N. Zinicheva,
E-mail: dima11rus@inbox.ru.

The article examines the task of making a management decision (MPD) to increase public warning indicators (PA) in the region, in particular in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (Yamalo-Nenets Autonomous Okrug) to achieve regulatory requirements for 100 % coverage of the territory. In addition, the need to fulfill these requirements is relevant for every subject of our country. Therefore, the task of increasing OH indicators is very promising. To solve this problem, an algorithm was developed to support management decision-making to improve OH indicators, which allows us to develop and implement a set of measures aimed at achieving the goal.

The work reveals a number of problematic issues of ES in the Russian Federation, and analyzes existing scientific works aimed at solving them. It is concluded that achieving 100 % of the OH indicator is a complex task, which is influenced by many factors. Solving it requires, on the one hand, the use of scientific methods, and on the other, the adoption of competent and strategically verified management decisions. A number of directions have been proposed to achieve 100 % ES coverage, based on an analysis of the characteristics of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug.

The feasibility of developing an algorithm based on network planning and management methods is substantiated. Recommendations are given for the use of the developed algorithm in order to increase the reliability of management decisions made to improve ES indicators in the region.

Key words: alert, public alert, algorithm, decision support, efficiency improvement.

Введение

ОН является одним из ключевых компонентов обеспечения безопасности на территории Российской Федерации (РФ), так как от его своевременности будет зависеть жизнь и здоровье людей. На территории России ОН при чрезвычайных ситуациях (ЧС) возложено на Общероссийскую комплексную систему информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей (ОКСИОН). В настоящее время ОКСИОН не в полной мере удовлетворяет предъявляемым требованиям по оперативности и степени охвата населения. Поэтому необходимо разрабатывать и реализовывать комплекс мероприятий, направленных на достижение поставленных требований, в связи с этим тема статьи является актуальной.

Научная новизна статьи заключается в разработке методики и алгоритма, позволяющих учитывать возможности линий таксофонной связи и умных домофонов в интересах повышения эффективности ОН.

Анализ последних исследований и публикаций в данной области показал, что в настоящее время вопросам повышения эффективности ОН посвящены многие работы. В подавляющем большинстве которых, предложены направления развития технических средств ОН [1, 2], в том числе с использованием сети Интернет [3, 4]. Отдельным направлением является использование СМС-сообщений [5, 6] для своевременного информирования населения о ЧС.

В вопросах автоматизации процессов ОН и минимизации влияния человеческого фактора в работе [7] предлагается повышение оперативности действий систем ОН, а в работе [8] осуществлена разработка функциональной модели управления учётом заявок на ОН в субъекте РФ. На основе функциональной модели, описанной в работе [8] предлагается создать соответствующую информационную систему [9]. В статье [10] проведён анализ организации систем ОН при ЧС в России и США. В работе [11] отмечается, что развитие систем экстренного оповещения населения актуально в зонах быстроразвивающихся ЧС. Однако обеспечить в полном объеме готовность систем ОН на всей территории страны затрудняют проблемы правового, финансового, организационного и технического характера [12]. Следует отметить, что в ряде работ рассматриваются сразу несколько направлений для повышения показателей ОН. Работ, в которых в прямой постановке ставилась и решалась бы задача повышения эффективности системы ОН за счет включения в ее состав линий таксофонной связи и умных домофонов нет.

В Великобритании используется система ОН по мобильным телефонам и предназначена для оповещения при крупных авариях и ЧС. В США используется трёхуровневая система ОН, которая состоит из: беспроводной системы передачи данных для ОН с использованием СМС-оповещения и антенн мобильной связи; аварийной системы оповещения, использующей каналы: радио, спутникового и кабельного телевидения и т.д. и сети радиостанций, непрерывно вещающих об опасных погодных явлениях. Но даже в США и Великобритании случаются сбои в системе ОН.

При поступлении заявки на ОН практически все подготовительные этапы на текущий момент осуществляются в ручном режиме, с использованием средств автоматизации. Такой подход требует больших временных затрат на его осуществление. В работе [8] предложен вариант решения данной задачи, однако полная автоматизация позволит достичь лучших временных интервалов по прохождению сигнала от поступления заявки до ОН. Поэтому при дальнейшем проектировании системы оповещения населения и выборе оборудования следует стремиться к её полной автоматизации.

Таким образом, очевидна необходимость совершенствования и модернизации систем ОП при ЧС, для своевременного и гарантированного доведения достоверной информации до населения.

Цель настоящей статьи заключается в разработке алгоритма поддержки ПУР в интересах повышения показателей ОН в регионе. В качестве метода исследования выбран системный анализ, теория сетевого планирования и управления. Показано, что алгоритм поддержки ПУР целесообразно разрабатывать на основе данного метода, поскольку он позволяет сократить до минимума время реализации необходимых мероприятий, направленных для достижения нормативных требований по 100 % охвату территории. Для достижения цели необходимо решить ряд задач, а именно: провести анализ предметной области; исследовать природно-климатические особенности региона; разработать предложения организационно-технического характера по развитию ОКСИОН. Решение поставленных задач позволит достичь 100 %-ого охвата территории по ОН в регионе за счёт: принятия оптимальных управленческих решений, своевременного проведения монтажных и пуско-наладочных работ необходимого оборудования, исходя из существующих объёмов финансирования.

Анализ предметной области

РФ является крупнейшим государством в мире по площади занимаемой территории и охватывает 8 природно-климатических зон. Плотность жителей России не превышает 9 человек на квадратный километр, что усложняет процесс ОН, так как большое количество населения живёт в труднодоступных местах.

Согласно официальным статистическим данным охват территории России по ОН составляет порядка 60 % (рис. 1). Особенно остро вопрос экстренного ОН стоит в районах крайнего Севера, Сибири и дальнего востока в виду природно-климатических особенностей данных территорий.

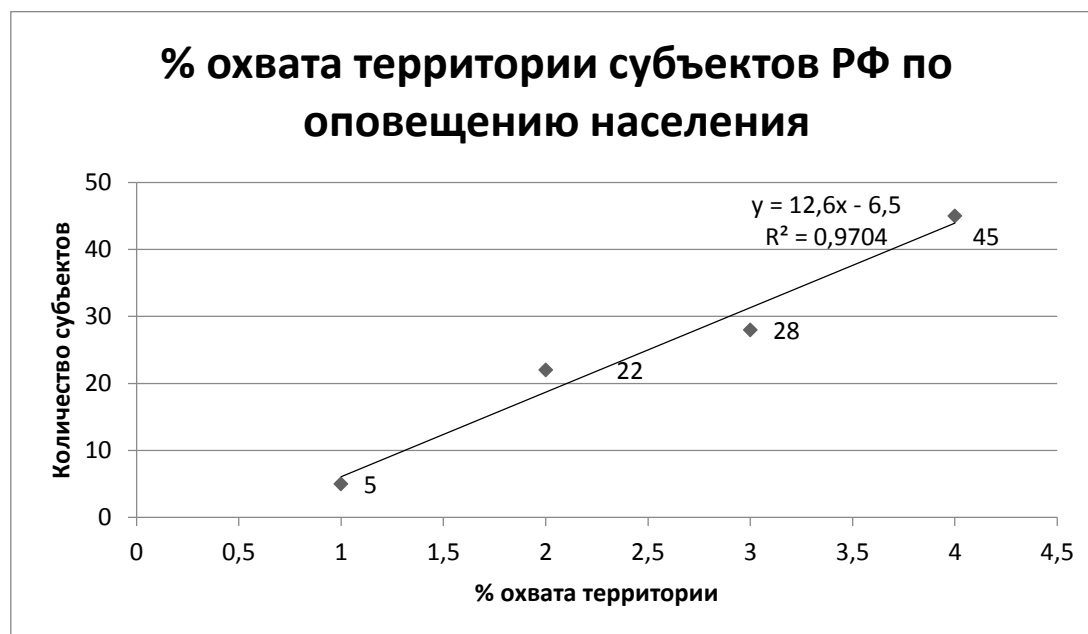


Рис. 1. Статистические данные охвата территории субъектов РФ по ОН

Из графика следует, что увеличивается процент охвата территории в субъектах РФ, что свидетельствует о проводимых работах в данном направлении. Следует отметить, что уровень ОН менее 40 % наблюдается в субъектах, которые совсем недавно вошли в состав РФ, а именно Донецкая и Луганская Народные Республики и Херсонская и Запорожская области. На вновь присоединенных территориях ведутся активные работы по развёртыванию ОКСИОН, однако они затруднены по ряду объективных причин.

Основными причинами достаточно низкого уровня ОН являются:

- большая площадь территории страны в мире;
- разнородность природно-климатических зон;
- низкая плотность населения и его нахождение в труднодоступных районах.

В других субъектах нашей страны имеются различные особенности регионов, которые так же затрудняют процесс ОН. В частности в регионах, где проходят Кавказские горы часть населения проживает в условиях высокогорья, которым присущи большие перепады высот, что

затрудняет прохождения сигнала для ОН. В условиях Сибири и крайнего Севера в зимнее время года наблюдаются низкие уровни температур, что приводит к выходу из строя технических средств ОН, что недопустимо.

Задача достижения 100 %-го показателя охвата ОН на территории нашей страны представляет собой сложную научную задачу, требующую для её решения использования научных методов и учитывание множества параметров, таких как природно-климатические особенности субъекта, существующей структуры ОКСИОН и объём финансового обеспечения.

Предложения организационно-технического характера по развитию ОКСИОН

Решение задачи достижения 100 %-го показателя охвата ОН будет рассматриваться на примере ЯНАО, так как данный субъект расположен на севере и является одним из наиболее сложных для достижения данного показателя. Кроме того, на текущий момент охват территории ЯНАО средствами ОН составляет 85 %, следовательно, существует большой потенциал его увеличения, достиже-

ние которого позволит сохранить большее количество жизней и здоровье людей.

На текущий момент на территории ЯНАО для ОН региона имеются 46 электросирен, 251 уличный громкоговоритель, 33 студии радио и 26 студий телевизионного вещания, передающие сигналы подготовленными речевыми сообщениями на магнитных носителях. Всё оборудование работает в автономном режиме.

Пульты управления муниципальными сегментами Региональной автоматизированной системы централизованного оповещения (РАСЦО) установлены в каждой Единой дежурной диспетчерской службе (ЕДДС) муниципального образования.

На текущий момент на территории ЯНАО не развёрнута полноценная ОКСИОН,

имеется лишь Комплексная система экстренного оповещения населения (КСЭОН), запуск которой на региональном уровне осуществляется оперативным дежурным отдела центра обработки вызовов системы 112, на муниципальном уровне – оперативным дежурным ЕДДС. В субъекте управление ОКСИОН возложено на центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) Главного управления (ГУ) МЧС России по субъекту. Общее управление на территории страны возложено на Национальный ЦУКС (НЦУКС). Промежуточным звеном между НЦУКС и ЦУКС субъекта является ЦУКС, на который возложены функции ликвидированных региональных центров, а именно головные ГУ (ГГУ). Организационная структура КСЭОН в РФ отображена на рис. 2.

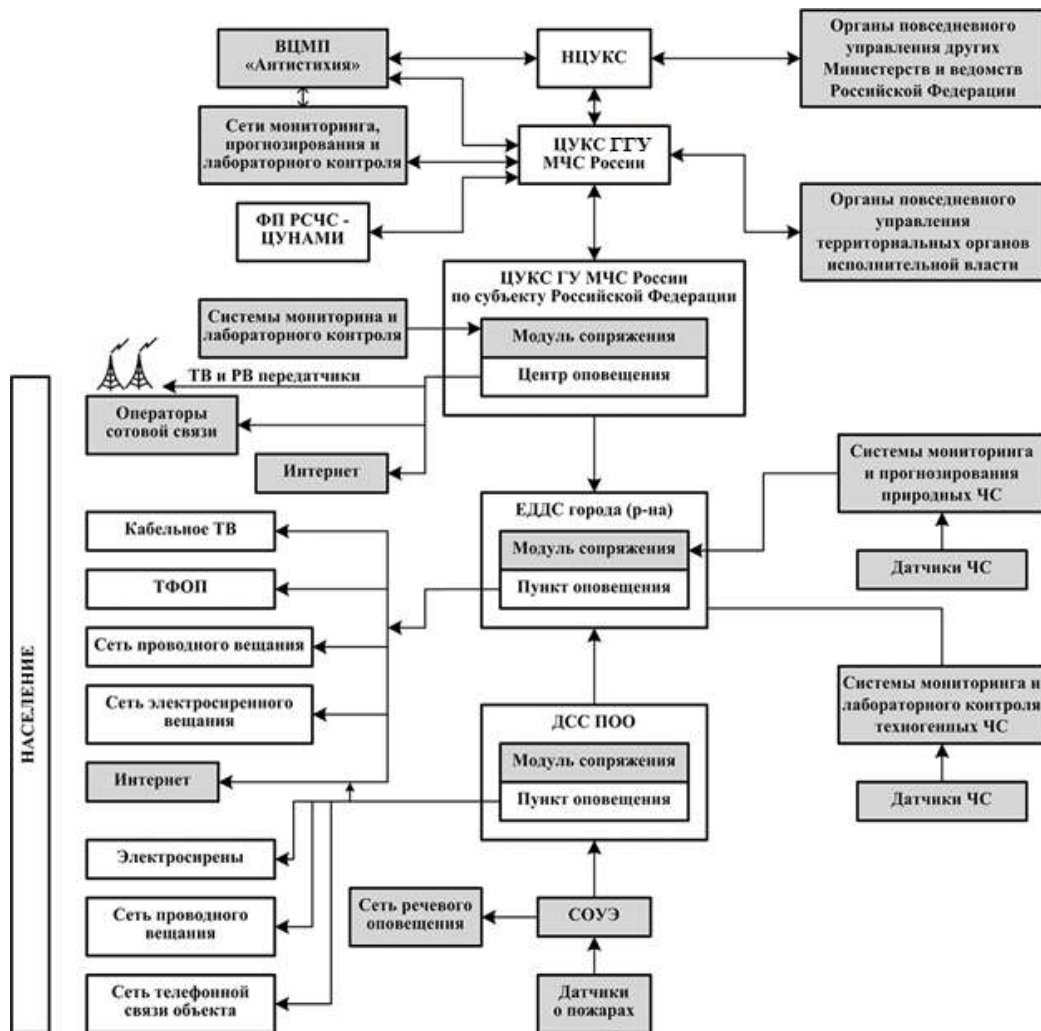


Рис. 2. Организационная структура КСЭОН в РФ, где:

ВЦМП – Всероссийский центр мониторинга и прогнозирования; ФП РСЧС-ЦУНАМИ – Функциональная подсистема предупреждения о цунами единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС; ДСС – дежурные силы и средства; ПОО – потенциально опасный объект; СОУЭ – Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

В 2022 году дополнительно введены сегменты системы оповещения в 4-х МО (Пуровском, Ямальском районе и г. Ноябрьск, г. Муравленко). Осуществлены мероприятия в целях поддержания систем ОН в готовности к применению путем заключения контрактов на оказание услуг связи и техническую поддержку. Таким образом, общий охват территории составил 85 %, что не соответствует требуемым значениям. Согласно требованиям нормативных документов на территории ЯНАО должно быть 100 % территории оснащены средствами ОН.

На территории ЯНАО располагается ряд районов, население которых представляет собой крайне малочисленные группы, оборудование полноценной системой оповещения в жестких климатических условиях влечет за собой большие материальные затраты, в связи с чем представляется возможным применить уже установленное таксофонное оборудование

и линии связи с целью доведения сигналов экстренного ОН. Схема использования таксофонной сети заключается в использовании уже проложенных проводных линий связи телефонной сети общего пользования для подключения к электронному блоку оповещения платформы КСЭОН.

Применение подобной схемы передачи экстренной информации позволяет обеспечить: занятие линии по команде от диспетчерского центра; передачу команды (DTMF-код) на отключение линии от таксофона и подключение ее к терминалу; передачу команды на трансляцию стандартного сообщения, записанного в терминале, или передачу голосового сообщения от диспетчера ЕДДС; передачу команды на отключение терминала от линии и подключение ее к таксофону; централизацию управлением системы. Архитектура решения КСЭОН с применением таксофонной сети представлена на рис. 3.

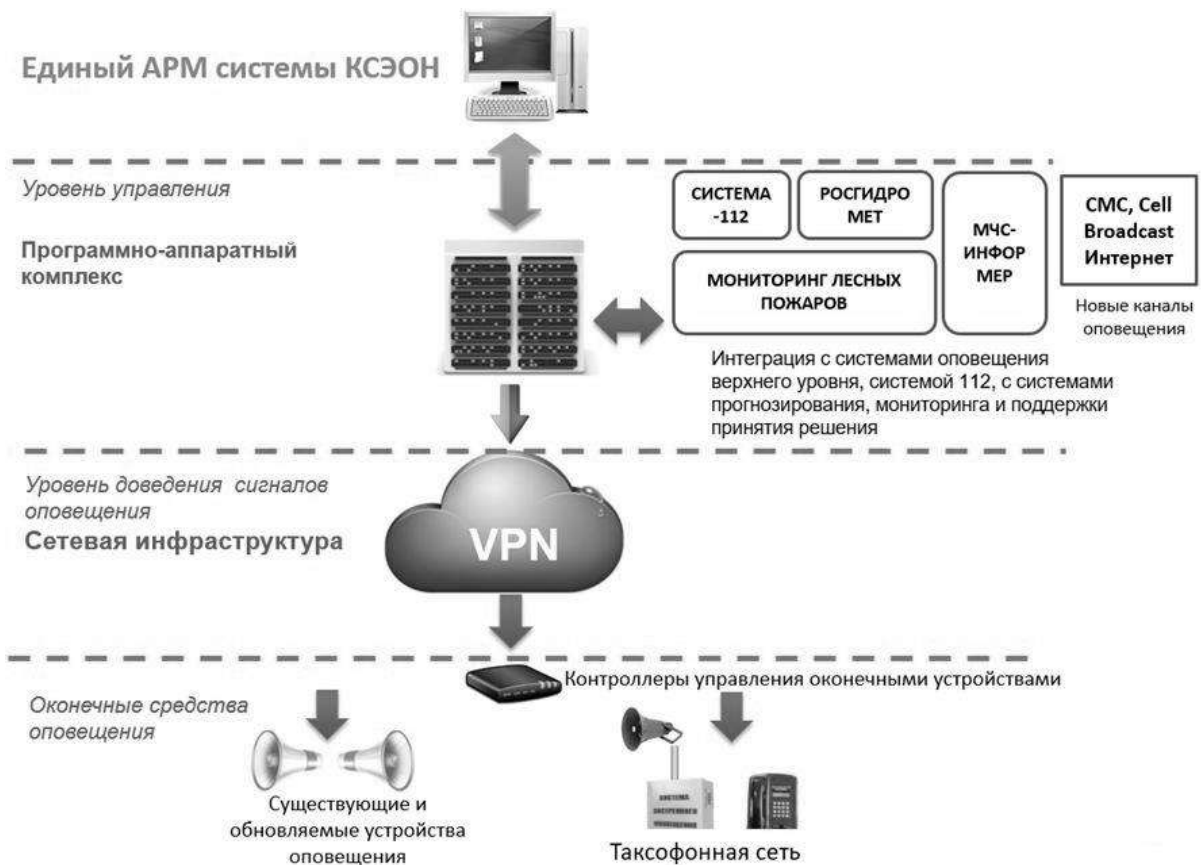


Рис. 3. Архитектура решения КСЭОН

Так же в больших городах, таких как Салехард, Ноябрьск, Новый Уренгой и т.д., где присутствуют высотные жилые строения, оборудованные домофонами, представляется возможным осуществлять оповещение через

данные устройства путем установки специального блока управления, а конечные устройства уже установлены практически в каждой квартире, что позволит существенно сэкономить на установке оборудования. В условиях низких

температур, возникает воздействие на само оборудование, а так же в квартирах наблюдается значительное утепление оконных проемов, что блокирует проникновение звуков, следовательно, население в зоне оповещения так же не сможет получить сигнал, тогда как звук из домофона всегда будет слышен.

Использование домофонов позволяет квитировать доставку сообщений, обеспечивать двустороннюю связь и доводить сигнал до конечного абонента в случае выхода из строя части оборудования. Применение подобной системы заключается в передаче сигнала диспетчера на устройство домофона по средствам сети интернет. Кроме того, на выбор технических средств для ОН оказывает влияние объём выделения финансирования для реализации данных мероприятий. В связи с этим целесо-

образно осуществить расчёт экономической эффективности предлагаемых решений.

Расчёт экономической эффективности

Объём финансирования, выделенного в 2022 году на развитие и эксплуатацию систем оповещения окружного и муниципального бюджетов составил 11 790 368 руб.

Для дальнейшего развития и эксплуатации систем оповещения населения из средств окружного и муниципальных бюджетов на 2023 год выделено 21 540 468 руб.

Проведём оценку внедрения предлагаемых изменений. На текущий момент не охвачены системами ОН 31 населённый пункт, однако в них установлены таксофоны. Работу по внедрению предлагаемых рекомендаций целесообразно осуществлять поэтапно (рис. 4).



Рис. 4. Этапы развертывания ОКСИОН

Проведём сравнительную оценку стоимости развертывания на регион с учетом таксофонной сети. Для её развертывания необходимо учесть следующие единовременные расходы на приобретение товаров и услуг: стоимость программно-аппаратного комплекса; приобретение управляющего оборудования; установка и настройка программно-аппаратного комплекса (включая АРМ ЦУКС, ПУ/ЗПУ, ЕДДС); установка и настройка управляющего оборудования; подключение каналов связи; интеграция с действующей системой ОН.

Для расчёта стоимости конечного оборудования, необходимого для дооснащения таксофонов, были сделаны запросы в коммерческие и государственные организации. На основе 4-х полученных коммерческих предложений стоимость 1 комплекта оборудования составила: 298 000; 302 000; 308 000 и 320 000 рублей. На основе данных значений была рассчитана начальная максимальная цена контракта (НМЦК):

$$\text{НМЦК} = 31 * \frac{298000 + 302000 + 308000 + 320000}{4} = 9517000 \text{ руб.}$$

Приобретение программно-аппаратного комплекса будет осуществляться у компании Ростелеком, так как в их собственности находятся установленные таксофоны. Остальной комплекс работ предлагается проводить силами сотрудников и работников ГУ МЧС России по ЯНАО с целью экономии бюджета. В случае, если выполнение того или иного этапа окажется невозможным имеющимися силами, то эту услугу так же предлагается купить у компании Ростелеком.

В результате расчётов всего перечня работ по закупке оборудования, его установке и наладке была сформирована табл. 1, в которой отражена стоимость каждого этапа работ.

Помимо вышеуказанных расходов будут осуществляться и периодические расходы. Исходя из расчётов стоимости внедрения классического варианта РАСЦО на территории субъекта, включающего прокладку тысяч километров кабелей, закупки и установки полного комплекса оборудования и т.д. были получены следующие значения (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная оценка стоимости развертывания системы ОН на территории ЯНАО с учетом таксофонной сети и РАСЦО

Статья расходов	Стоимость предлагаемого решения	РАСЦО
Единовременные расходы		
Стоимость ПАК	812 000	20 262 000
Приобретение управляющего оборудования	9 517 000	95 505 000
Установка и настройка ПАК (включая АРМ ЦУКС, ПУ/ЗПУ, ЕДДС)	200 000	2 394 600
Установка и настройка управляющего оборудования	300 000	25 668 800
Подключение каналов связи	300 000	42 635 600
Интеграция с ОКСИОН, П-166	200 000	972 000
ИТОГО	11 329 000	197 438 000
Периодические расходы		
Аренда каналов связи и комплекса технических ресурсов	802 280	1 515 200
Техническая поддержка оборудования	401 879	11 441 000
ИТОГО ЗА ГОД	1 204 159	12 956 200
ИТОГО ЗА 5 ЛЕТ	14 140 675	197 502 780

Исходя из проведённых расчётов стоимость внедрения предлагаемых изменений почти в 14 раз меньше традиционного способа развертки оборудования ОН. Однако следует понимать, что предлагаемое решение позволяет достичь выполнения нормативных показателей для охвата 100% населения территории ЯНАО, но будет иметь ограниченный функционал. Данное решение является оптимальным, в случае дефицита бюджета и позволяет удовлетворять всем требованиям нормативных документов, с наименьшими затратами.

Вторым направлением развития ОН населения является ОН в городах при помощи домофонов. Для этого к домофону необходимо

подключить блок управления, его в свою очередь подключить к сети Интернет и интегрировать его в существующую систему ОН.

Для расчёта стоимости закупки блоков управления, необходимых для дооснащения домофонов так же были сделаны запросы в коммерческие и государственные организации. На основе 3-х полученных коммерческих предложений стоимость 1 комплекта оборудования составила: 2100; 2300 и 2530 рублей. Примерная численность домофонов, которые необходимо оснастить блоками управления ОН составляет 5 000. На основе данных значений была рассчитана начальная максимальная цена контракта (НМЦК):

$$\text{НМЦК} = 5000 * \frac{2100 + 2300 + 2500}{3} = 11550000 \text{ руб.}$$

Ежегодные затраты на обслуживание и аренду каналов связи данного вида оповещения составят порядка 200 рублей на один домофон, тогда сумма ежегодных трат составит 1 млн. рублей.

Таким образом, для выполнения показателей по 100 %-му охвату территории ЯНАО по ОН единоразово необходимо потратить: 11 329 000 + 11 550 000 = 22 879 000 млн. рублей. И ежегодно тратить порядка

2 204 159 млн. рублей на их обслуживание, что приблизительно в 14 раз меньше затрат на полноценное развертывание РАСЦО в регионе. Но стоит помнить, что предлагаемые решения имеют ограниченный функционал.

Результаты исследования и их обсуждение

После того, как проведено экономическое обоснование принимаемых решений и доказана их эффективность, начинается процесс реализации разработанных предложений. Для контроля и своевременности реализации основных этапов целесообразно использовать

программные приложения, реализующие методы сетевого планирования и управления. В настоящей работе для этих целей применено приложение Microsoft Project. С его помощью руководитель выполнения работ может отслеживать выполнение текущих задач, управлять распределением ресурсов и анализировать объём выполненных работ.

С целью визуализации этапов выполнения проекта используется диаграмма Ганта. Основой для её построения служит табл. 2, в которой отражены основные задачи (этапы), их длительность и сроки их исполнения.

Таблица 2. Основные этапы реализации задач и сроки их выполнения

Название задачи	Длительность	Начало	Окончание	Предшественники
Анализ нормативно-правовых актов				
Разработка предложений	30 дней	Пн 03.07.23	Пт 11.08.23	
Антикоррупционная экспертиза	14 дней	Пн 14.08.23	Чт 31.08.23	1
Общественное обсуждение	30 дней	Пт 01.09.23	Чт 12.10.23	2
Принятие изменений	14 дней	Пт 13.10.23	Ср 01.11.23	3
Внесение изменений	14 дней	Чт 02.11.23	Вт 21.11.23	4
Выполнение требований по охвату 100% территории				
Выявление неохваченных зон	14 дней	Ср 22.11.23	Пн 11.12.23	5
Анализ температурного режима неохваченных зон	7 дней	Вт 12.12.23	Ср 20.12.23	6
Анализ ландшафтных характеристик неохваченных зон	4 дней	Чт 21.12.23	Вт 26.12.23	7
Разработка предложений по технической реализации	7 дней	Ср 27.12.23	Чт 04.01.24	8
Реализация разработанных предложений	30 дней	Пт 05.01.24	Чт 15.02.24	9
Анализ оборудования				
Выявление устаревшего оборудования	14 дней	Пт 16.02.24	Ср 06.03.24	10
Подготовка предложений по модернизации	14 дней	Чт 07.03.24	Вт 26.03.24	11
Экономическое обоснование	14 дней	Ср 27.03.24	Пн 15.04.24	12
Реализация проекта по модернизации	14 дней	Вт 16.04.24	Пт 03.05.24	13
Промежуточный контроль и подведение итогов	14 дней	Пн 06.05.24	Чт 23.05.24	14
Редактирование плана	10 дней	Пт 24.05.24	Чт 06.06.24	15

После определения основных этапов, их необходимо реализовать в среде Microsoft Project. Итоговой визуализацией плана будет сетевой и календарный график, на котором будут отображены основные этапы работ, их длительность и даты проведения. Для этого необходимо выполнить следующие настройки в программе: все дни необходимо сделать рабочими, так как реализация разработанных предложений будет осуществляться постоянно, без выходных; время выполнения каждой

задачи, определяется исходя из реальных условий, при необходимости можно предусмотреть небольшой временной запас; все этапы идут последовательно один за одним. В силу специфики внедрения предлагаемых решений нельзя выполнять несколько этапов одновременно. Когда все необходимые настройки выполнены, осуществляется разработка сетевого и календарного плана в среде Microsoft Project (рис. 5).

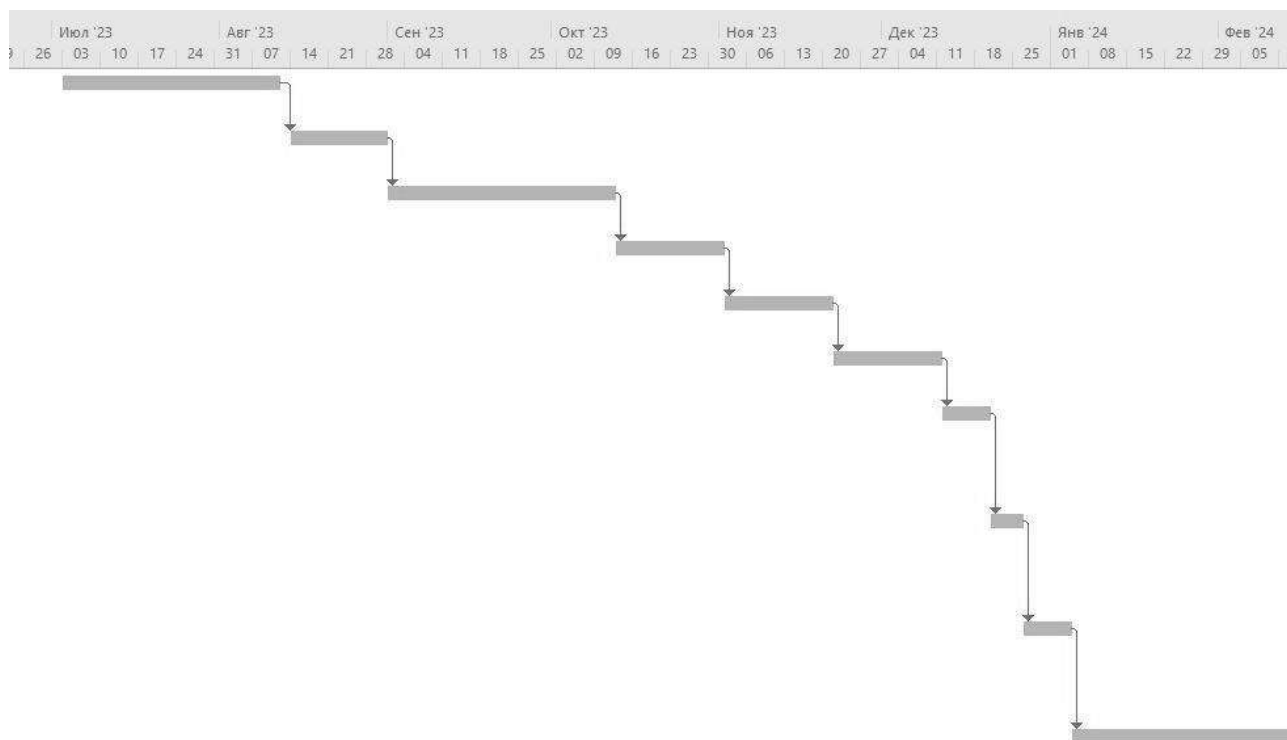


Рис. 5. Вид календарного плана в среде Microsoft Project

Таким образом, разработка сетевого и календарного плана позволяет: систематизировать процесс подготовки разработки и внедрения предложений; своевременно вносить поправки в план, без повторного его редактирования и учитывать меняющуюся обстановку и, исходя из неё, корректировать сроки.

Для поддержки принятия управленческих решений по повышению показателей ОН в различных регионах нашей страны целесообразно составить соответствующий алгоритм (рис. 6).

Шаг 1. Начало работы алгоритма.

Шаг 2. Поступление требований по модернизации системы ОН и существующей инфраструктуре ОКСИОН в регионе.

Шаг 3. Обобщение поступившей информации и проведение анализа особенностей субъекта.

Шаг 4. Разработка предложений по развертыванию/модернизации системы ОН. Выбор технических средств для достижения поставленной задачи.

Шаг 5. Сопоставление выполнения разработанных предложений достижения поставленных требований. Если выявлено расхождение, то происходит возвращение к шагу 2, если нет, то осуществляется переход к шагу 6.

Шаг 6. Анализ имеющегося оборудования ОН в регионе и предлагаемых решений. На данном этапе определяется совместимость оборудования и соответствие фактических параметров требуемым. Если выявлены несоответствия, то происходит возвращение к шагу 4, если всё соответствует, то выполняется шаг 7.

Шаг 7. Разработка сетевого и календарного плана.

Шаг 8. Анализ соответствия фактического времени реализации шага 7 требуемым временным интервалам. Если время превышает допустимое, то осуществляется возвращение к шагу 3.

Шаг 9. Реализация плана, разработанного на шаге 7.

Шаг 10. Конец алгоритма.

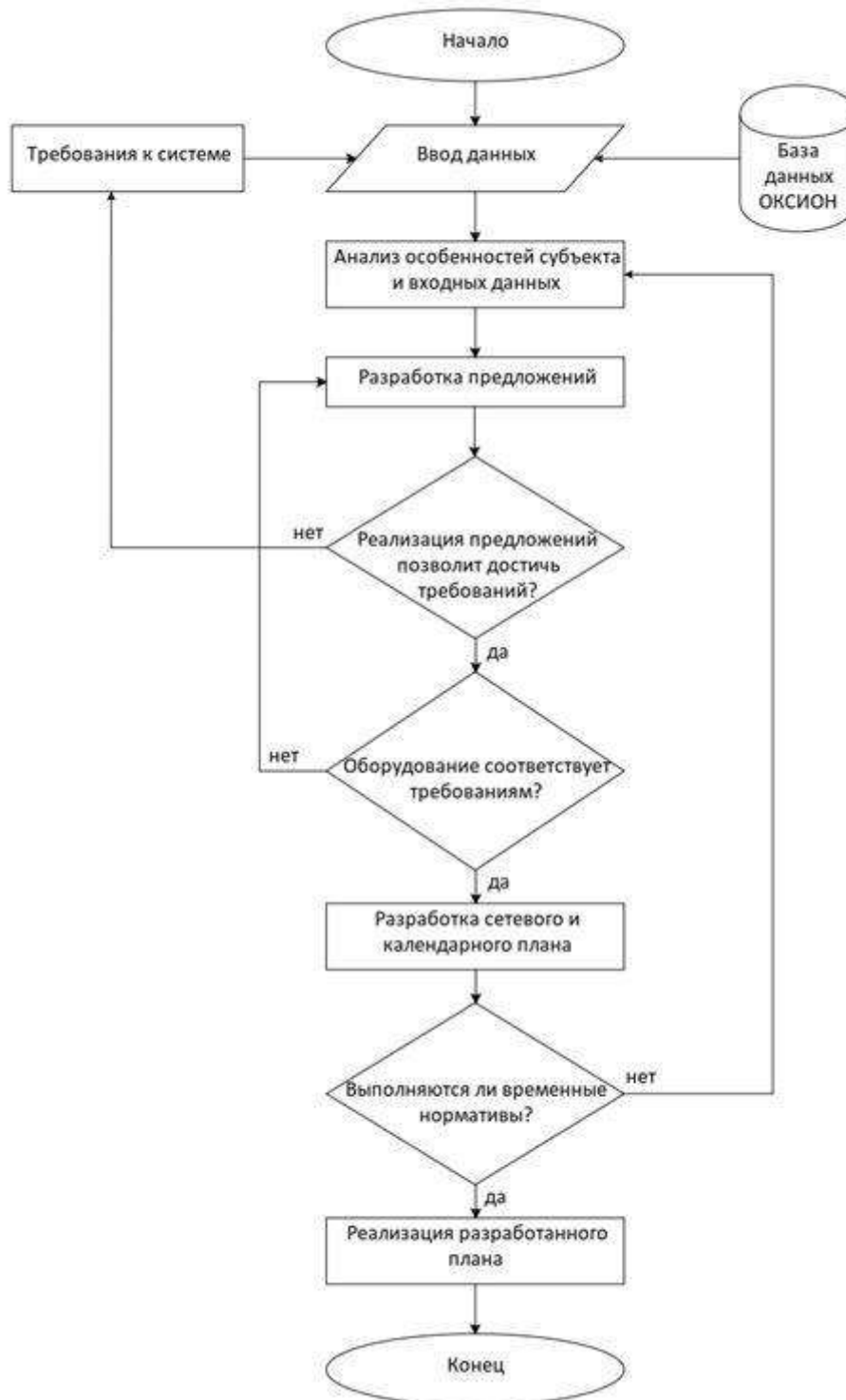


Рис. 6. Алгоритм поддержки принятия управленческих решений по повышению показателя оповещения населения в различных регионах нашей страны

Представленный в работе алгоритм позволяет разрабатывать оптимальные управленческие решения, однако их содержание зависит от множества факторов и требует детального исследования характеристик конкретного региона. В статье основное внимание уделено предложениям организационно-техни-

ческого характера, с учётом особенностей региона и их планомерного внедрения с использованием методов сетевого планирования и управления, для чего разработан соответствующий алгоритм. Методы теории сетевого планирования и управления позволяют осуществить графическое моделирование планиру-

емого комплекса работ и оптимизировать модель по двум критериям: минимизации стоимости и времени выполнения проекта. В данном случае существует вариативность выбора для лица, принимающего решения и выбор определенного критерия будет зависеть от условий сложившейся обстановки.

Во многих статьях, посвященных повышению показателей ОН, указываются проблемы: технические [1, 2, 4], социальные [3, 5, 6] и финансовые [12]. Работы [7–9] направлены на автоматизацию процессов ОН и минимизацию влияния человеческого фактора. В других источниках [2, 10, 11] не учитываются природно-климатические и географические особенности регионов.

Следует отметить, что полученные результаты особо актуальны и при воздушных атаках в юго-западной части нашей страны, в виду сложившейся политической обстановки, так как существует высокая вероятность нанесения значительного материального и социального ущерба нашей стране.

Достоверность алгоритма поддержки ПУР по повышению показателей оповещения населения в регионе, подтверждается корректностью использования апробированных методов теории сетевого планирования и управления и практикой применения аналогичных алгоритмов в других предметных областях.

Выводы

ОН является ключевым элементом в обеспечении безопасности населения, однако на текущий момент в подавляющем большинстве регионов нашей страны охват населения

составляет менее 100 %, что приводит к большим человеческим и финансовым потерям при ЧС, так как отсутствует возможность заблаговременного ОН.

Для достижения необходимых показателей по охвату ОН был разработан ряд предложений организационно-технического характера. На конкретном субъекте был проведен анализ системы ОН на территории ЯНАО и выявлен ряд проблемных вопросов, а именно: на сегодняшний день не достигнута зона охвата 100 %; не закреплена на законодательном уровне обязательность исполнения всех установленных требований; устаревание оборудования.

Реализация разработанных предложений по развитию системы ОН на территории ЯНАО отражена в разработанном сетевом и календарном графике, отражающем временные затраты и порядок их реализации. Так же проведено экономическое обоснование проведения мероприятий с целью достижения 100 %-го охвата оповещения на территории ЯНАО. Разработан алгоритм поддержки принятия управленческих решений по повышению показателей ОН в различных регионах на основании методов теории сетевого планирования и управления, с учетом предложенных ранее организационно-технических мероприятий. Даны рекомендации по применению разработанного алгоритма с целью принятия оптимальных управленческих решений по повышению показателей ОН в регионе. В дальнейшем предполагается разработать модель, оценивающую эффективность предложенных решений организационно-технического характера.

Список литературы

1. Леонова А. Н., Леонов Е. М. Актуализированные требования к техническим средствам оповещения населения – основной инструмент развития и совершенствования систем оповещения населения // Столыпинский вестник. 2023. № 1. С. 565–573. EDN: BZQDJL.
2. Леонова А. Н., Леонов Е. М. Современные тенденции развития систем оповещения населения // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. С. 98–103. EDN: UJUSZW.
3. Басыня Е. А. Распределенная система информирования и экстренного оповещения населения с применением беспроводной передачи данных // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2019. С. 37–47. EDN: PIBSJQ.
4. Sharma S., Sebastian S. IoT based car accident detection and notification algorithm for

general road accidents. International Journal of Electrical & Computer Engineering (2088–8708). 2019, vol. 9, issue 5, pp. 4020–4026.

5. Лизунсян Ю. Р., Яценко Е. С. Оценка актуальности и эффективности СМС-сообщений в процессе организации оповещения и информирования населения о чрезвычайных ситуациях // Техносферная безопасность. 2020. С. 82–88. EDN: XRTCKN.

6. Zhang L., Li H., Chen K. Effective risk communication for public health emergency: reflection on the COVID-19 (2019-nCoV) outbreak in Wuhan, China. Healthcare, MDPI, 2020, pp. 64.

7. Панюшкин Д. О., Калач Е. В. Федеральная система оповещения и информирования населения при чрезвычайных ситуациях // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. С. 1052–1055. EDN: YQIJHV.

8. Функциональная модель управления учётом заявок на оповещение и информирование населения в субъекте РФ / Д. А. Колеров,

Г. Н. Заводсков, И. Л. Скрипник [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 1(46). С. 29–37. EDN OHQNDJ.

9. Колеров Д. А., Балобанов А. А., Скрипка А. В. Модель информационной системы по управлению учётом заявок на оповещение и информирование населения в субъекте РФ // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 3 (30). С. 88–97. EDN: CFAFJO.

10. Дюпин Д. Е., Якимова Н. В. Анализ организации систем оповещения населения при ЧС в России и США // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. № 1 (9). С. 123–126. EDN: XSLVTV.

11. Мошков В. Б., Леонова Е. М. Один из подходов к дальнейшему развитию комплексных систем экстренного оповещения населения // Технологии гражданской безопасности. 2022. № 1(71). С. 28–30. EDN: VIIIIG.

12. Шепелев О. Ю. Проблемы, влияющие на модернизацию системы оповещения населения при чрезвычайных ситуациях // Современное общество: вопросы теории, методологии, методы социальных исследований. 2018. Т. 1. С. 263–270. EDN: VUKCSS.

References

1. Leonova A. N., Leonov E. M. Aktualizirovannyye trebovaniya k tekhnicheskim sredstvam opoveshcheniya naseleniya — osnovnoy instrument razvitiya i sovershenstvovaniya sistem opoveshcheniya naseleniya [Updated requirements for technical means of warning the population - the main tool for the development and improvement of public warning systems]. *Stolypinskiy vestnik*, 2023, issue 1. pp. 565–573. EDN: BZQDJL.

2. Leonova A. N., Leonov E. M. Sovremennyye tendentsii razvitiya sistem opoveshcheniya naseleniya [Modern trends in the development of public warning systems]. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*, 2021, vol. 18, pp. 98–103. EDN: UJUSZW.

3. Basynya E. A. Raspredeleonnaya sistema informirovaniya i ekstrennogo opoveshcheniya naseleniya s primeneniym besprovodnoy peredachi dannykh [Distributed system of information and emergency notification of the population using wireless data transmission]. *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy*, 2019, pp. 37–47. EDN: PIBSJK.

4. Sharma S., Sebastian S. IoT based car accident detection and notification algorithm for general road accidents. *International Journal of Electrical & Computer Engineering (2088–8708)*. 2019, vol. 9, issue 5, pp. 4020–4026.

5. Lizunyan Yu. R., Yatsenko E. S. Otsenka aktual'nosti i effektivnosti SMS-soobshcheniy v protsesse organizatsii opoveshche-niya i informirovaniya naseleniya o chrezvy-chaynykh situatsiyakh [Assessing the relevance and effectiveness of SMS messages in the process of organizing alerts and informing the population about emergency situations]. *Tekhnosfernaya*, 2020, pp. 82–88. EDN: XRTCKN.

6. Zhang L., Li H., Chen K. Effective risk communication for public health emergency: reflection on the COVID-19 (2019-nCoV) outbreak in Wuhan, China. *Healthcare*, MDPI, 2020, pp. 64.

7. Panyushkin D. O., Kalach E. V. Federal'naya sistema opoveshcheniya i informirovaniya naseleniya pri chrezvy-chaynykh situatsiyakh [Federal system of warning and informing the population in emergency situations]. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*, 2018, pp. 1052–1055. EDN: YQIJHV.

8. Funktsional'naya model' upravleniya uchotom zayavok na opoveshcheniye i informirovaniye naseleniya v sub'yekte RF [Functional model for managing the accounting of requests for notification and informing the population in a constituent entity of the Russian Federation] D. A. Kolerov, G. N. Zavodskov, I. L. Skripnik [et al.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2023, vol. 1 (46), pp. 29–37. EDN: OHQNDJ.

9. Kolerov D. A., Balobanov A. A., Skripka A. V. Model' informatsionnoy sistemy po upravleniyu uchotom zayavok na opoveshcheniye i informirovaniye naseleniya v sub'yekte RF [Model of an information system for managing the accounting of requests for notification and informing the population in a constituent entity of the Russian Federation]. *Sibirskiy pozharno-spatatel'nyy vestnik*, 2023, vol. 3 (30), pp. 88–97. EDN: CFAFJO.

10. Dyupin D. E., Yakimova N. V. Analiz organizatsii sistem opoveshcheniya naseleniya pri CHS v Rossii i SSHA [Analysis of the organization of public warning systems during emergencies in Russia and the USA]. *Sovremennyye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidatsii posledstviy chrezvy-chaynykh situatsiy*, 2018, vol. 1 (9), pp. 123–126. EDN: XSLVTV.

11. Moshkov V. B., Leonova E. M. Odin iz podkhodov k dal'neyshemu razvitiyu kompleksnykh sistem ekstrennogo opoveshcheniya naseleniya [One of the approaches to the further development of complex emergency warning systems for the population]. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*, 2022, vol. 1 (71), pp. 28–30. EDN: VIIIIG.

12. Shepelev O. Yu. Problemy, vliyayu-shchiye na modernizatsiyu sistemy opoveshcheniya naseleniya pri chrezvy-chaynykh

situatsiyakh [Problems affecting the modernization of the public warning system in emergency situations]. *Sovremennoye obshchestvo: voprosy*

teorii, metodologii, metody sotsial'nykh issledovaniy, 2018, vol. 1, pp. 263–270. EDN: VUKCSS.

Колеров Дмитрий Алексеевич

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
преподаватель

E-mail: dima11rus@inbox.ru

Kolerov Dmitry Alekseevich

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E.N. Zinicheva, Russian Federation, Saint-Petersburg
Lecturer

E-mail: dima11rus@inbox.ru

Куватов Валерий Ильич

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ

E-mail: kyb.valery@yandex.ru

Kuvatov Valery Ilyich

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E.N. Zinicheva, Russian Federation, Saint-Petersburg

Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation

E-mail: kyb.valery@yandex.ru

УДК 614.8.004.5

О ПАРАДИГМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В. Б. КОРОБКО¹, Е. Н. КИЯТКИНА²

¹ Академия государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

² Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск
E-mail: vkorobko@mail.ru, Katusha_kt@mail.ru

Современные условия управления техносферной и пожарной безопасностью характеризуются резким ростом количества проверяемых типовых жестко стандартизированных требований, с двух десятков до ста тысяч, а также усложнением этих требований, что превышает физиологические возможности проверяемых. Данная ситуация требует изучения с позиций концепций организации контроля (надзора) в области техносферной и пожарной безопасности. В работе показаны несколько концептуальных подходов (парадигм) обеспечения техносферной и пожарной безопасности, которые соотнесены с типами решаемых задач. В работе предлагается перейти на парадигму «риск-ориентированную», которую также можно именовать «расчетно-сценарная», соответствующую конвенциональным общественным отношениям, сформированным в Российской Федерации во многих сферах, например в строительстве.

Ключевые слова: организация контроля (надзора), оценка рисков причинения вреда, расчетно-сценарное моделирование, управление пожарными рисками, риск-ориентированная парадигма.

ON THE PARADIGMS OF TECHNOSPHERE AND FIRE SAFETY MANAGEMENT IN MODERN CONDITIONS

V. B. KOROBKO¹, E. N. KIATKINA²

¹ State Fire Academy of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Moscow

² Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk
E-mail: vkorobko@mail.ru, Katusha_kt@mail.ru

Modern conditions of technosphere and fire safety management are characterized by a sharp increase in the number of standard rigidly standardized requirements being checked, from two dozen to one hundred thousand, as well as the complexity of these requirements, which exceeds the physiological capabilities of the tested. This situation requires study from the standpoint of the concepts of the organization of control (supervision) in the field of technosphere and fire safety. The paper shows several conceptual approaches (paradigms) for ensuring technosphere and fire safety, which are correlated with the types of tasks to be solved. The paper proposes to switch to the "risk-oriented" paradigm, which can also be called "settlement-scenario", corresponding to conventional social relations formed in the Russian Federation in many areas, for example in construction.

Key words: organization of control (supervision), risk assessment of harm, computational scenario modeling, fire risk management, risk-oriented paradigm.

Постановка проблемы и ее актуальность

Пожарная безопасность в современных условиях развитой техносферы, по сравнению с уровнем 2000 лет давности, представляет собой чрезвычайно сложную организационно-техническую проблему, от решения

которой зависят жизни и здоровье сотен миллионов людей, сохранность государственного, чужого и собственного имущества, безопасность среды обитания. Учет этих факторов в планировании и развитии государственных и частных хозяйств, принято осуществлять посредством организации внешнего (государственного) надзора и внутреннего (частного)

контроля по унифицированной нормативной базе, составленной из жестких готовых типовых технических решений. Такая нормативная база подлежит периодической актуализации, объем и сложность которой увеличиваются соразмерно росту объемов и сложности техносферы. Постепенно объем и сложность жесткой типовой нормативной базы достигает своего апогея (максимального удаления от лиц, принимающих решения) [1, Приложение 1., рис. 1], что и создает насущную необходимость коренной переработки этой нормативной базы. Такую нормативную переработку принято именовать кодификацией – разработкой единого нормативного акта по урегулированию определенных общественных отношений.

При этом следует учитывать, что в процессе актуализации нормативная база подвергается многократной переработке: вторич-

ному, третичному и последующим переделам. Эту деятельность, как правило, осуществляют специалисты, не обладающие опытом составления первичной нормативной информации (не имеющие положительного опыта практической предметной деятельности, по результатам которого происходит накопление первичной нормативной информации), что приводит к такой трансформации базовой нормативной информации, при которой производная базовая нормативная информация перестает обладать высоким уровнем достоверности. Это создает проблему обеспечения надежности принимаемых управленческих решений по обеспечению безопасности, разработанных на основе прямого применения трансформированной базовой информации без проверки ее соответствия условиям (обстоятельствам) применения.

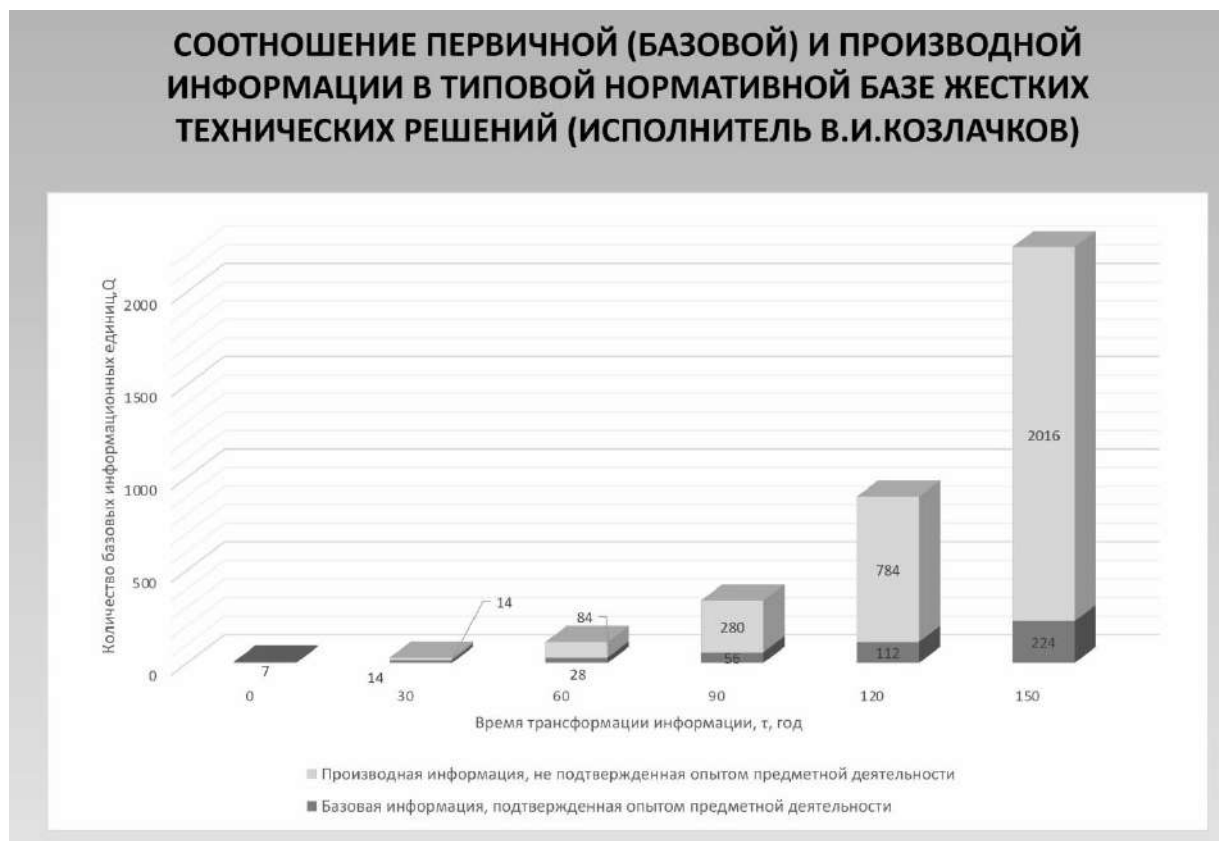


Рис.1. Соотношение первичной (базовой) и производной информации в типовой нормативной базе жестких технических решений (разработчик В. И. Козлачков)

Производными проблемами прямого применения жесткой типовой нормативной базы с высоким уровнем передела (и как следствие, с низким уровнем достоверности) являются: низкий уровень защиты важных общественных ценностей, прежде всего людей и имущества, в некоторых случаях в десятки раз превышая критически недопустимые риски (установленные положениями статьи 219 УК РФ)¹, как при пожаре в ТРЦ «Зимняя вишня». Также низкий уровень эффективности противопожарной защиты, определяемый низким уровнем защиты важных общественных ценностей и высоким уровнем затрат на меры противопожарной защиты, уровень которых превышает минимально необходимый (по защите от критически недопустимых рисков причинения вреда) в 4–5 раз.

Впервые на государственном уровне описанная выше проблемная ситуация была зафиксирована в решении Коллегии МВД СССР от 31 мая 1990 г. № 1058 «О неудовлетворительном состоянии пожарной безопасности в стране и мерах по ее укреплению», принятому в соответствии с постановлением Совета Министров СССР № 1058 (1988 г.) «О мерах по дальнейшему укреплению пожарной безопасности в стране», а также в решении (далее – Рекомендациях) Всесоюзной научно-практической конференции «Совершенствование деятельности органов государственного пожарного надзора», проведенной в г. Москве 4–5 декабря 1990 года на базе Высшей инженерной пожарно-технической школы МВД СССР (ныне Академия государственной противопожарной службы МЧС России) с участием Главного управления пожарной охраны МВД СССР (высшего структурного подразделения МВД СССР ответственного за организацию противопожарной защиты в стране), Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны МВД СССР, начальников республиканских, краевых и областных управлений пожарной охраны и их заместителей по профилактической работе.

В качестве важнейших положений Рекомендаций стали следующие [1, Приложение 5]:

1) исключить не оправдавшие себя формы и методы работы из деятельности государственного пожарного надзора (исключить прямое применение многократно трансформированной жесткой типовой нормативной информации, не обладающей признаками достоверности (обязательности), из деятельности государственного пожарного надзора – прим. авторов);

2) провести кодификацию норм и правил пожарной безопасности – разработать единые правила пожарной безопасности с применением расчетных методов и учетом эффективности, целесообразности, экономичности, надежности и функциональной достаточности выбираемых средств (разработать общий для всех применителей порядок идентификации обязательных требований пожарной безопасности, включая общий для всех порядок применения ранее разработанных норм и правил пожарной безопасности через оценку степени риска причинения вреда – прим. авторов);

3) определить юрисдикцию органов государственного пожарного надзора по отношению к собственности и интересам граждан, совместных предприятий, иностранных фирм, государственной и иной собственности (определить полномочия, допустимость и объемы вмешательства в деятельность хозяйствующих субъектов национальной экономики, прежде всего в части дополнительных мер пожарной безопасности, в первую очередь, по защите собственного имущества от пожаров – прим. авторов);

4) установить квалификационные характеристики должностных лиц государственного пожарного надзора (в том числе знания, умения и навыки определять (идентифицировать) первичную нормативную информацию в переработанной нормативной информации (вторичной, третичной и далее, которая не обладает признаками обязательной – прим. авторов);

5) установить пределы и характер ответственности должностных лиц органов государственного пожарного надзора (в том числе меры по защите должностных лиц в случаях обоснованного неприменения переработанной нормативной информации (вторичной, третичной и далее, которая не обладает признаками достоверной (обязательной) – не обеспечивающей защиту общественных ценностей от критически недопустимых рисков причинения вреда в конкретных обстоятельствах – прим. авторов);

6) переработать программы подготовки специалистов государственного пожарного надзора, способных решать практические задачи на уровне современных требований (разработать новые программы подготовки специалистов, которые обеспечивают новые квалификационные характеристики, в том числе, знания, умения и навыки определять (идентифицировать) первичную (обязательную) нормативную информацию в переработанной нормативной информации (вторичной, третичной и далее, которая не обладает признаками обязательной – прим. авторов).

¹ «Уголовный Кодекс Российской Федерации» от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 04.08.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 12.10.2023)

Также следует отметить, что в нормативной базе с высоким уровнем передела первичной (базовой) информации не очень просто идентифицировать первичную (базовую) информацию и на ее основе создать обязательные требования безопасности для конкретных обстоятельств. Для упрощения этой деятельности, в качестве вспомогательного этапа, производится первичная концептуализация трансформированной нормативной базы – вы-

деление наиболее характерных смысловых кодов, применительно к типовой нормативной базе жестких готовых технических решений – выделение наиболее характерных жестких мер (правил). Для области обеспечения пожарной безопасности такая первичная концептуализация была произведена д-ром филос. наук, профессором В. И. Козлачковым (рис.1) [2, Приложение 2 рис.2.5] (см. рис. 2).



Рис. 2. Первичная концептуализация типовой нормативной базы жестких технических решений по обеспечению пожарной безопасности (разработчик В. И. Козлачков)

Варианты парадигм решения проблемы

Под парадигмой (от греч. *paradeigma* – пример, образец) в исследовании понималась совокупность методологических концептуальных положений (концепция), сформулированная для решения научно-практических задач, в том числе для осуществления управления практической деятельностью, прежде всего, деятельностью по организационному управлению государственного контроля (надзора), в формах моделей, стандартов, образцов и тому подобное.

а) Парадигма «Императивно-консервативная».

Суть данной парадигмы заключается в том, чтобы использовать новые слова и организационные формы, не изменяя сути императивного организационного устройства, а именно: сохранять в качестве обязательных требований техносферной и пожарной безопасности готовые жесткие технические решения из документов по стандартизации и прямое (ручное, без применения общего объективного порядка) управление пожарными рисками на хозяйствующих субъектах должностными лицами государственных надзоров. Разновидностями применения и исполнения такой парадигмы являются Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». В рамках первой разновидности вводится категория сводов правил, исполнение которых должно

осуществляться на обязательной основе. В рамках второй разновидности в текст федерального закона введено большое количество жестких технических решений и различных классификаций для придания им правового статуса обязательных. Обе разновидности применения парадигмы «Консервативная» не имеют под собой надежного правового обоснования. Первая не отвечает положениям части 11 статьи 7 Федерального закона «О техническом регулировании»², которыми введен прямой запрет на подобного рода использования законодательных полномочий Правительства Российской Федерации при утверждении перечней документов по стандартизации, формирующих методическое обеспечение оценки степени риска причинения вреда в целях защиты от этого вреда, и обладающих исключительным статусом добровольного применения, и, абзаца 4 части 3 статьи 7 Федерального закона «О техническом регулировании», которыми запрещено использовать не включенные в технические регламенты нормативные требования в качестве обязательных. Все технические регламенты подчинены правилам и ограничениям, установленным Федеральным законом «О техническом регулировании». Вторая – не отвечает положениям части 1 статьи 1 и абзаца 1 части 3 статьи 7 Федерального закона «О техническом регулирова-

² Федерального закона от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

нии», которые устанавливают правила к содержанию любого технического регламента, а именно:

Правило № 1. «Любой технический регламент должен содержать порядок разработки, утверждения, применения и исполнения обязательных требований технической безопасности»;

Правило № 2. «Любой технический регламент должен содержать перечень и (или) описание объектов технического регулирования, требования и правила их идентификации».

Неисполнение данных правил снижает правовой статус такого технического регламента до ничтожного (не существующего, виртуального, иллюзорного).

Главной информационной составляющей данной парадигмы является порядок применения типовых мер пожарной безопасности (именуемых нормами или требованиями), который имеет информационную модель «физический объект применения (как правило, здание или сооружение) – техническое решение». Опасные факторы пожара и их влияние в качестве вреда на людей и имущество присутствует умозрительно (не конкретно) и обособливается рассуждениями индивидуально каждым специалистом в соответствии с личными представлениями и личным опытом, представление объективных доказательств результатами расчетно-сценарного моделирования не требуется (рис. 3).

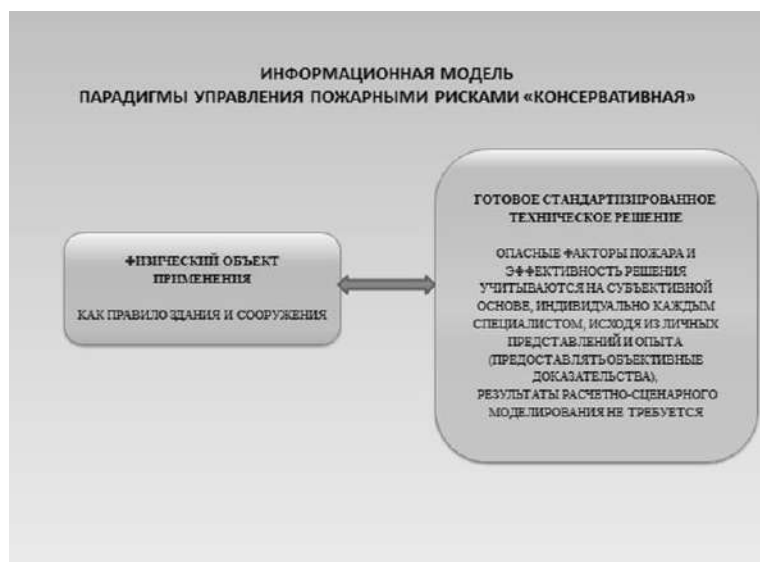


Рис. 3. Информационная модель парадигмы управления пожарными рисками «Императивно-консервативная»

б) Парадигма «Предтеча риск-ориентированной или консервативная+».

Данная парадигма возникла как вариант преодоления проблемы жесткости типовых норм, которую невозможно было разрешить в рамках парадигмы «Консервативная». Суть данной парадигмы заключается в получении специального разрешения (согласования) от органа по государственному контролю (надзору) в каждом необходимом случае. Реализуется в двух вариантах. Первый вариант – применение типового стандартизированного технического решения, который в нормативной литературе более известен как «согласование отступления от обязательной нормы». Второй вариант – применение не стандартизированного технического решения, который в нормативной литературе более известен как «согласование не установленной обязательной нормы». Процедура согласования по обоим вариантам, которые часто применяются как единое целое, состоит в проведении голосования на заседа-

нии специального нормативного совета при органе по государственному контролю (надзору) и/или при аппарате федерального органа исполнительной власти (далее – ФОИВ), критерий голосования – личный опыт и личные знания члена совета. Никакого другого объективного критерия не предусмотрено. Применительно к области обеспечения пожарной безопасности такая специальная процедура получила устойчивое название «Согласование специальных технических условий (далее – СТУ)». Здесь следует отметить, что ни один государственный орган по контролю (надзору), в том числе в области обеспечения пожарной безопасности, не наделен полномочиями изменять правовой статус положений документов по стандартизации (изначально обладающих правовым статусом добровольного применения), а также присваивать индивидуальным стандартам (СТУ, изначально обладающим правовым статусом добровольного применения) правовой статус требований федерально-

го закона. Таким образом, процедура «Согласования СТУ», для достижения правового статуса «обязательные для исполнения», должна на завершающем этапе повторять процедуру принятия федерального закона (инициатива внесения, три чтения в Государственной Думе, рассмотрение в Совете Федерации, утверждение Президентом РФ).

Информационная модель управления пожарными рисками и порядком применения мер пожарной безопасности в данной парадигме аналогична парадигме «Императивно-консервативная», предоставление объективных доказательств на основе результатов расчетно-сценарного моделирования не требуется (рис. 3).

в) Парадигма «Симулякр (иллюзия) риск-ориентированной парадигмы» или «Консервативная++».

Под термином симулякр в настоящей работе будет пониматься «подобие» или «имитация» («симуляция») от латинского «simulacrum», а в контексте исследования – виртуальное исполнение (фантом или иллюзия).

Возникновение парадигмы «Симулякр риск-ориентированной парадигмы» связано с необходимостью исполнения положений Федерального закона «О техническом регулировании», который обязал все субъекты хозяйственной деятельности и контрольно-надзорные органы осуществить перевод собственной деятельности по обеспечению технической безопасности на риск-ориентированную парадигму, суть которой строится на доказательствах необходимости и достаточности принимаемых технических решений, полученных по результатам расчетно-сценарного моделирования. Для осуществления такой контрольно-надзорной деятельности, создан переход на риск-ориентированную контрольно-надзорную деятельность, который заключался в разработке такого организационно-управленческого механизма, где присутствует понятие риска, но которое не меняет сути парадигмы «Императивно-консервативная». Для реализации такого симулякра было применено понятие и формулы неопределенного вероятностного риска, который обходил установленный Федеральным законом «О техническом регулировании» порядок по обязательности установления прямой причинно-следственной связи между применяемой технической мерой и детерминированным вредом, который может наступить без применения такой технической меры. Практическими примерами стали расчеты: вероятности эвакуации людей из конкретных помещений и зданий в зависимости от степени абстрактной надежности применения (усредненной по неопределенному множеству случаев применения на неопределенном множестве

объектов защиты) абстрактных мер (усредненных по видам, например, по средствам автоматического тушения), представленные в Приложении 2 ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»³ и статей 79 и 93 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»⁴, а также расчеты абстрактного неопределенного риска причинения вреда (чрезвычайно высокий, высокий, значительный, средний, умеренный, низкий), основанные на абстрактных статистических коэффициентах тяжести последствий, методическое изложение которого приведено в Приложении «Порядок и критерии отнесения объектов защиты к определенной категории риска» постановления Правительства Российской Федерации от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре»⁵.

Информационная модель управления пожарными рисками и порядком применения мер пожарной безопасности в данной парадигме аналогична парадигме «Императивно-консервативная», представление объективных доказательств на основе результатов расчетно-сценарного моделирования не требуется (рис. 3).

г) Парадигма «Риск-ориентированная».

Данная парадигма была разработана как научно-практический концепт для преодоления всех проблем парадигмы «Консервативная» и для осуществления практического перевода деятельности по государственному контролю (надзору) на оценку рисков причинения вреда посредством исполнения расчетно-сценарного моделирования. Локальная практическая апробация данной парадигмы была осуществлена в 1968 году В. И. Козлачковым. Нормативная практика была оформлена в ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования». К этому моменту уже были изучены физико-химические характеристики большого количества веществ и материалов, оказывающих влияние на процесс горения. Сформулированы физико-химические условия предотвращения возникновения, локализации и прекращения горения. А также разработаны минимально необходимые методики для оценки негативного влияния горения на людей и мер защиты людей от опасных факторов горения.

³ ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»

⁴ Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

⁵ Постановления Правительства Российской Федерации от 12.04.2012 №290 «О федеральном государственном пожарном надзоре» (с изменениями на 14.09.2023 г.)

Общая информационная природа данной парадигмы заключается в соотношении применяемых мер пожарной безопасности вреду, на предотвращение которого применяется данная мера.

Можно выделить процессуальную и структурную информационные модели парадигмы управления пожарными рисками «Риск-ориентированная», которые представлены на рис. 4 и рис. 5.



Рис.4. Процессуальная информационная модель парадигмы управления пожарными рисками «Риск-ориентированная»

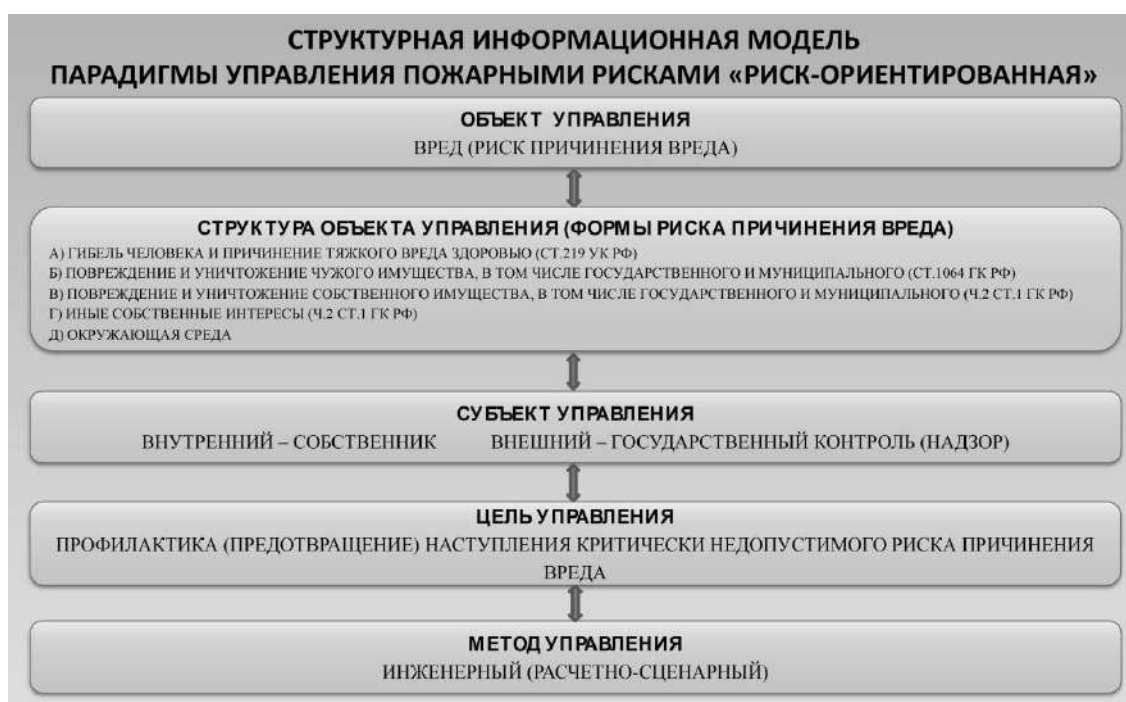


Рис. 5. Структурная информационная модель парадигмы управления пожарными рисками «Риск-ориентированная»

Здесь следует отметить, что государственное и муниципальное имущество может выступать в двух формах объекта управления: как чужое и как собственное.

Заключение

В завершении краткого анализа парадигм управления пожарными рисками, на

рис. 6. представлено соответствие видов задач, возникающих в области обеспечения техноферной и пожарной безопасности, вариантам парадигм управления пожарными рисками и типам отношений в структуре управления, которое разработано с использованием материалов [2].



Рис. 6. Соотнесение видов решаемых задач вариантам парадигм управления и типам отношений в структуре управления

В завершении также следует отметить, что специалисты, подготовленные только под императивные отношения по обеспечению пожарной безопасности, не имеют возможности осуществлять свою деятельность по конвенциональным и когнитивным отношениям, которые представляют собой более сложные отношения, требующие соответствующей подготовки.

При этом, если в общественном сознании по многим аспектам жизнедеятельности уже преобладают конвенциональные отношения и поддерживается общественный курс на

инновации, а это уже происходит во многих сферах современной жизнедеятельности, например, в строительстве, то использование императивно-конвенциональной парадигмы для решения повседневных задач в области обеспечения пожарной безопасности становится не актуальным.

Сложились обстоятельства скорого и всеобщего перехода на риск-ориентированную парадигму обеспечения пожарной безопасности, которая соответствует уровню развития современного общества и техноферры.

Список литературы

1. Козлачков В. И. Типовая и риск-ориентированная модели надзорной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности. Сравнительный анализ: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 328 с.

Коробко Вадим Борисович

Академия государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
доктор технических наук, профессор
E-mail: vkorobko@mail.ru

Korobko Vadim Borisovich

State Fire Academy of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Moscow
doctor of Technical Sciences, professor
E-mail: vkorobko@mail.ru

Кияткина Екатерина Николаевна

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железнодорожск
Ученый секретарь

E-mail: Katusha_kt@mail.ru

Kiyatkina Ekaterina Nikolaevna

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk
Academic Secretary
E-mail: Katusha_kt@mail.ru

References

1. Kozlachkov V. I. *Typical and risk-oriented models of supervisory activities in the field of fire safety. Comparative analysis: monograph* [Typical and risk-oriented models of supervisory activity in the field of fire safety. Comparative analysis: monograph]. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2016. 328 p.

УДК 614.8.004.5

**О ПРАВОТВОРЧЕСТВЕ И ПРАВОПРИМЕНЕНИИ СТАТЬИ
«20.4 НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»
КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОБ АДМИНИСТРАТИВНЫХ
ПРАВОНАРУШЕНИЯХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

В. Б. КОРОБКО¹, Е. Н. КИЯТКИНА²

¹ Академия государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

² Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск
E-mail: vkorobko@mail.ru, Katusha_kt@mail.ru

В данной статье сформулированы предложения по корректировке действующей редакции статьи 20.4 КоАП РФ по критериям, установленным статьей 219 УК РФ и Федеральным законом «О техническом регулировании». Новая редакция позволяет в полной мере раскрыть ст. 219 УК РФ на этапе административного права. Результатом проведенного исследования, стал вывод о том, что современные условия жизни общества, создают яркий тренд на перераспределение полномочий на проведение государственного контроля (надзора) с государственных органов власти на хозяйствующих субъектах, а также вывод о том, что основным необходимым условием современного администрирования хозяйственной деятельности, как со стороны государственных органов, так и со стороны хозяйствующих субъектов, является необходимость производства инженерного расчетно-сценарного моделирования рисков причинения вреда и мер по защите от этих рисков.

Ключевые слова: организация контроля (надзора), риск причинения вреда, расчетно-сценарное моделирование, обязательные требования, администрирование хозяйственной деятельности.

**ON LAW-MAKING AND LAW ENFORCEMENT OF ARTICLE
«20.4 VIOLATION OF FIRE SAFETY REQUIREMENTS»
OF THE CODE OF THE RUSSIAN FEDERATION
ON ADMINISTRATIVE OFFENSES IN MODERN CONDITIONS**

V. B. KOROBKO¹, E. N. KIATKINA²

¹ State Fire Academy of EMERCOM of Russia,
Russia, Moscow

² Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russia, Zheleznogorsk
E-mail: vkorobko@mail.ru, Katusha_kt@mail.ru

This article formulates proposals for correcting the current version of Article 20.4 of the Administrative Code of the Russian Federation according to the criteria established by Article 219 of the Criminal Code of the Russian Federation and the Federal Law "On Technical Regulation". The new edition makes it possible to fully disclose Article 219 of the Criminal Code of the Russian Federation at the stage of administrative law. According to the results of the conducted research, it was concluded that modern living conditions of society create a bright trend for the redistribution of powers for the production of state control (supervision) from state authorities to economic entities, as well as the conclusion that the main prerequisite for modern administration of economic activity, both from state bodies and from on the part of economic entities, there is a need to produce engineering calculation and scenario modeling of the risks of harm and measures to protect against these risks.

Key words: organization of control (supervision), risk of harm, calculation and scenario modeling, mandatory requirements, administration of economic activity.

К настоящему времени по задаче однообразного и результативного применения положений статьи «20.4 Нарушение требований пожарной безопасности» Кодекса об административных правонарушениях в Российской Федерации (далее – Статья 20.4)¹ сложились обстоятельства, требующие научно-методического осмысления:

Во-первых, Статья 20.4 является базовой статьей для организации контроля (надзора) за обеспечением пожарной безопасности, определяющей стратегию и тактику производств контрольно-надзорных мероприятий в области обеспечения пожарной безопасности, включая деятельность по экспертизе и расследованию (дознанию) пожаров.

Во-вторых, в научной литературе практически не встречаются научные обоснования (доказательства) смысловых кодов статьи, включая стратегические цели и тактические приемы их достижения.

В-третьих, как правило, правоприменение положений Статьи 20.4 имеет высокий уровень разнообразия, о чем подробно изложено в НИР В. Р. Джуган, В. В. Плешаков «Совершенствование административно-правовой нормы предусмотренной ст. 20.4 КоАП РФ «Нарушение требований пожарной безопасности», Всероссийского конкурса молодежи образовательных учреждений и научных организаций «Моя законодательная инициатива» [1, Введение, Раздел 2], что однозначно указывает на высокий уровень диспозитивности (широты трактовки) правовой нормы, создает питательную среду для недобросовестной деятельности всех участников правоотношений и ослабляет государственное регулирование по вопросам обеспечения пожарной безопасности, и это безусловно снижает уровень защищенности общественных ценностей от вреда пожара.

Изучение указанных выше обстоятельств, в контексте современных условий, позволили сформулировать следующие выводы и их обоснования:

1. Правотворческая идея, реализованная в диспозиции Статьи 20.4, основана на двух правилах:

а. первое, норма статьи 20.4 является бланкетной, не раскрывающей природу и содержание требований пожарной безопасности, за нарушение которых предусмотрена санкция. Таким образом, норма статьи 20.4 отсылает любого применителя к другим нормативным правовым актам, содержащим требования пожарной безопасности (далее – Правило № 1).

¹ Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 19.10.2023).

б. второе, под требованиями пожарной безопасности (и нормативным документом, в котором такие требования содержатся), указанными в статье 20.4, как правило [2], понимаются положения «Правил противопожарного режима в Российской Федерации», утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года № 1479² (далее – ППР) (Правило № 2).

2. Вместе с этим, современные условия характеризуются вступлением в действие Федерального закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»³ (далее – ТРОТПБ), положения которого должны раскрывать правовую природу и содержание требований пожарной безопасности, за нарушение которых предусмотрена санкция по статье 20.4, трансформирующие правовую идею статьи 20.4.

3. Следовательно, правила противопожарного режима², как основа проверочной и экспертной контрольно-надзорной деятельности, замещаются требованиями пожарной безопасности, закрепленными в ТРОТПБ, что приводит к Новой редакции Правила № 2, а именно: «Под требованиями пожарной безопасности, указанными в статье 20.4 понимаются положения Федерального закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – Новая редакция Правила № 2).

4. Не смотря на такую новую правовую идею, закрепленную в специальном федеральном законе³, и, как следствие, не смотря на новое правило применения нормы 20.4, установленное специальным федеральным законом, очередная редакция ППР утверждается в 2020 году (и в них также вносятся изменения 31 декабря 2020 г., 21 мая 2021 г., 24 октября 2022 г.), то есть спустя 11 лет после вступления в действие ТРОТПБ в июле 2009 года.

5. Таким образом, создается впечатление, что главный орган исполнительной власти Российской Федерации придерживается Правила № 2 применения статьи 20.4 в прежней редакции, в которой, под требованиями пожарной безопасности, понимаются положения ППР (далее – Прежняя редакция Правила № 2).

² Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года № 1479.

³ Федерального закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

6. Изучением названия и содержания ТРОТПБ установлено, что в содержание ТРОТПБ были включены положения из документов по стандартизации, прежде всего из СНИП 21-01-91* «Пожарная безопасность зданий и сооружений»⁴, которые в соответствии с положениями Главы 3 Федерального закона от 27 декабря 2002 года №184-ФЗ «О техническом регулировании»⁵, а в последствии с положениями статьи 4 Федерального закона от «О стандартизации в Российской Федерации»⁶, обладают правовым статусом добровольного многократного применения, соразмерно рискам причинения вреда в каждом конкретном случае (в конкретных обстоятельствах) применения.

7. Следовательно, правотворчество ТРОТПБ было основано на странной правовой идее «Наделения положений документов по стандартизации (готовых технических решений), обладающих природным правовым статусом добровольного применения, более высоким правовым статусом – обязательного применения, что соответствует правилу «Прямого непосредственного применения, без проверки их необходимости и достаточности».

8. Изучением положений Федерального закона «О техническом регулировании»⁵ ч.1 ст.1, ст.4, ст.7, ст.16.1 было установлено, что основное содержание ТРОТПБ должно быть посвящено другой правовой идее, сформированной следующими положениями:

а. во-первых, надлежащее правовое название (а следовательно и содержание) ТРОТПБ – «Порядок установления (разработки, утверждения, применения и исполнения) обязательных требований пожарной безопасности» (далее – ПУОТПБ).

б. во-вторых, основными правоприменителями ПУОТПБ являются хозяйствующие субъекты, в том числе, и прежде всего, те, которые в процессе хозяйствующей деятельности используют здания и сооружения, а также иное движимое и недвижимое имущество (например, временные строения и движущиеся, самодвижущиеся устройства и оборудование), а не представители органов и организаций по государственному контролю (надзору),

включая органы и организации по экспертизе и расследованию (дознанию).

в. в-третьих, ПУОТПБ должен содержать закрытый перечень объектов регулирования и/или порядок их идентификации.

г. в-четвертых, ПУОТПБ должен содержать правило соразмерности регулирования рискам причинения вреда.

д. в-пятых, ПУОТПБ должен содержать ссылки на перечень стандартов, содержащих методы (способы) измерения, применяемые для обеспечения единства измерений (оценки соответствия, подтверждения соответствия) мер пожарной безопасности рискам причинения вреда (далее – Перечень методов (способов) измерения).

е. в-шестых, ПУОТПБ не должен противоречить Федеральному закону «О техническом регулировании»⁵, в противном случае, положения ПУОТПБ (или положения действующей редакции ТРОТПБ применяются только в части, не противоречащей Федеральному закону «О техническом регулировании».

и. в-седьмых, Перечень методов (способов) измерения применяется на добровольной основе, что означает возможность применения иных методов (способов) измерения, которые будут адекватны измеряемым параметрам и апробированный иным способом, что также зафиксировано положениями части 6 статьи 15 Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»⁷.

к. в-восьмых, порядок установления (разработки, утверждения, применения и исполнения) дополнительных (к обязательным) требований пожарной безопасности (ПУДТПБ) не предусмотрен в качестве обязательного, что позволяет хозяйствующим субъектам создавать его самостоятельно, либо применять любой порядок или не применять вообще, по своему усмотрению. Представители государственной контрольно-надзорной деятельности не обладают полномочиями по самостоятельной разработке ПУДТПБ и вменения неисполнения такого порядка в вину проверяемым.

л. в-девятых, органы исполнительной власти Российской Федерации, включая Правительство Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и местного самоуправления не наделены полномочиями по самостоятельному изменению или установлению нового (общей и специальной частей) ПУОТПБ, так, например, представители органов исполнительной власти Российской Федерации, субъек-

⁴ Строительные нормы и правила Российской Федерации 21-01-91* «Пожарная безопасность зданий и сооружений», приняты и введены в действие 1 января 1998 года постановлением Минстроя России 13.02.1997 года № 18-7.

⁵ Федеральный закон от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании»

⁶ Федеральный закон от 2 июня 2015 года № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации».

⁷ Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

ектов Российской Федерации и местного самоуправления не наделены полномочиями наделять себя полномочиями по разрешению отступать от ПУОТПБ или дополнять ПУОТПБ процедурами каких-либо разрешений или согласований, как сторона в общественном государственном договоре, в том числе по вопросам специальных технических условий. Любые документы указанных выше органов исполнительной власти обладают правовым статусом «добровольного применения» для любых хозяйствующих субъектов.

9. В деловой оборот введен новый термин и новая определенность «Обязательные требования конкретного вида техносферной (технической) безопасности» (далее – ОТВТБ) и «Обязательные требования пожарной безопасности» (далее – ОТПБ), что означает, что объектом регулирования являются не физические объекты (например, здания и сооружения, оборудование и установки), а отношения (деятельность) по обеспечению техносферной (технической) безопасности по видам. Например, по пожарной безопасности, по механической (конструктивной) безопасности, по взрывобезопасности и так далее, в соответствии с положениями части 1 статьи 7 Федерального закона «О техническом регулировании».

10. ОТВТБ и ОТПБ должны в обязательном порядке разрабатываться уполномоченным лицом (руководителем хозяйствующего субъекта), либо по его поручению (договору) специалистом, обладающим надлежащей квалификацией. Разработка ОТВТБ и ОТПБ способом прямого применения готовых технических решений из документов по стандартизации допустима только на правила «Добровольное применение положений стандартов (готовых технических решений), либо положений стандартов включенных в иные документы (в том числе в федеральные законы, включая ТРОТПБ), только по условию соответствия используемых мер рискам причинения вреда охраняемых общественных ценностей».

11. В случае разработки ОТПБ, охраняемой общественной ценностью являются риски причинения вреда от пожара, установленные положениями статьи 219 Уголовного кодекса Российской Федерации⁸ (далее – Статья 219).

12. Между положениями действующих редакций Статьи 20.4 и Статьи 219 в современных условиях, в условиях действия Федерального закона «О техническом регулировании»,

наблюдается идейная дисгармония, а именно:

а. правовая идея Статьи 219 направлена на реализацию защиты критически важных общественных интересов (ценностей) от вреда пожара: в случае пожара люди не должны погибнуть и получить тяжкий вред здоровью, которую (защиту) должен обеспечить хозяйствующий субъект на основе правила соразмерности мер по защите рискам причинения вреда охраняемым ценностям. А правовая идея Статьи 20.4 направлена на исполнение неизвестного (бланкетного) набора готовых технических решений, применимость которых, в каждом конкретном случае применения, не подлежит проверке на соразмерность критическим общественным рискам причинения вреда, установленным в Статье 219. По сути, правовая идея Статьи 20.4, направлена на легализацию правила прямого применения готовых технических решений из документов по стандартизации, равно как готовых технических решений из федеральных законов или документов органов исполнительной власти, без оценок их соразмерности угрозам причинения вреда защищаемым общественным ценностям, прежде всего критически важным (Статья 219).

б. правовая идея Статьи 219 соответствует положениям части 3 статьи 55 Конституции Российской Федерации, которая установила порядок минимально необходимого уровня защиты критически важных общественных ценностей исключительно положениями соответствующего федерального закона, что соответствует принципу минимально необходимого уровня безопасности (соответствия). В данном случае, таким соответствующим федеральным законом является Федеральный закон «О техническом регулировании». Вместе с этим, разработка дополнительных требований пожарной безопасности, соразмерных рискам причинения вреда и минимально необходимым интересам хозяйствующих субъектов будет соответствовать принципу оптимального уровня безопасности. Принцип максимального уровня безопасности может быть реализован хозяйствующими субъектами по критерию максимальной возможности затрат на меры безопасности. При этом, правовая идея Статьи 20.4 направлена на реализацию принципа максимального уровня затрат на меры пожарной безопасности по критерию 100 тысяч требований в 1700 нормативных документах, что представляется слабоисполнимым не только с финансовой и с материальной точек зрения, но и чисто технической (технологической) точки зрения.

⁸ «Уголовный кодекс Российской Федерации» от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 04.08.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 12.10.2023)

13. Квалификация правонарушения по действующей редакции Статьи 20.4 должна производиться по упрощенной схеме, а именно: без квалификации субъективной стороны правонарушения. В таком случае, принято говорить, что общественный материальный вред заключается в несоблюдении установленного порядка по прямому применению готовых технических решений из документов по стандартизации в качестве обязательных правовых требований соразмерных рискам вреда, для предотвращения которого они предназначены. В таком варианте применения, требуется минимальная квалификация от правоприменителя, заключающаяся в способности запомнить (или прочитать) и сопоставить готовое техническое решение из технического стандарта с натурой, например, ширину двери 0,8 метра из проектной документации или из технического стандарта с шириной реальной двери, измеренной рулеткой. По сути, такой способ квалификации правонарушения означает объективное вменение вины (вменение вины по объекту правонарушения, по нарушенной норме – техническому решению без учета объективной стороны правонарушения – установления причинно-следственной связи между исполненным техническим решением и вредом, который возник или на предотвращение которого данное техническое решение предназначено. Такое регулирование отношений по защите от вреда пожаров трудно признать современным, соответствующим современному уровню знаний, современным технологиям изучения рисков причинения вреда, современной квалификации специалистов (подавляющее большинство которых обладает квалификацией для производства расчетно-сценарного моделирования динамики опасных факторов пожара и мер по защите людей от опасных факторов пожара), а также уровнем развития национальной и региональных экономик, которые позволяют производить такие расчетно-сценарные оценки в каждом конкретном случае применения готовых технических решений или, при необходимости, для разработки индивидуальных. Из этого следует, что такое регулирование не отвечает требованиям статьи 3 Федерального закона «О техническом регулировании» и не может применяться по основанию части 2 статьи 4 Федерального закона «О техническом регулировании».

14. Квалификация по действующей редакции Статьи 219 производится по полной схеме, в том числе, по критерию объективной стороны правонарушения, что требует производства необходимых расчетно-сценарных оценок рисков причинения вреда и применяемых мер по защите от таких рисков, что полностью отвечает принципам технического регу-

лирования, установленным требованиям статьи 3 Федерального закона «О техническом регулировании», что обеспечивает необходимые условия для надлежащего правоприменения.

15. Сохранение действующей редакции Статьи 20.4, в связи с рассинхронизацией со Статьей 219, приведет, а по факту уже приводит, к повышенным организационным рискам органов и организаций по контролю (надзору), должностные лица которых подвергаются объективному вменению вины в не проверке или не надлежащей проверке 100 тысяч технических решений из 1700 технических стандартов.

16. Изучение временных параметров контроля (надзора) 100 тысяч технических решений из 1700 технических стандартов показало, что поиск и идентификация одного технического решения по документу из 1700 технических стандартов занимает по оценкам не менее 10 минут, если пользователь сумел сформировать индивидуальный способ по поиску нужного стандарта, и, не менее 5 минут для идентификации технического решения в техническом стандарте, а также не менее 5 минут для идентификации всех обстоятельств (если такое удастся установить) применения найденного технического решения. Проверка в натуре идентифицированного в норме готового технического решения по оценкам может занять в среднем 2 минуты.

а. формальный условный расчет бюджета времени для проверки технических решений из документов по стандартизации, известных применителю в общем виде, можно представить в следующем виде:

$$(10 + 5 + 5 + 2) * 100000 = 2\ 200\ 000,$$

2,2 миллиона минут равны 36,6 тысяч часам или 4583,3 суткам (с рабочим лимитом 8 часов) или 12,56 годам работы одного должностного лица по государственному контролю (надзору) без выходных и праздничных дней, а также без учета отпуска и времени, потраченного на транспорт и заполнение документов.

б. при уровне заработной платы должностного лица 50 тысяч рублей в месяц, следовательно 600 тысяч рублей в год, проверка 100 тысяч требований обойдется около 7,54 миллиона рублей.

в. показанный расход времени и финансов применим не для одного проверяемого здания (сооружения), а только для некоторой незначительной его части, например, для одного помещения или нескольких типичных помещений.

г. для всего проверяемого здания, указанные лимиты могут быть увеличены минимум на порядок для небольших зданий и сооружений, что полностью лишает какой-либо естественно-научной логики запредельные значения показанных временных и финансовых лимитов для исполнения действующей редакции Статьи 20.4, не говоря о более крупных зданиях и сооружениях, которые, в последнее время, характерны для крупных и крупнейших городов.

17. Общим итоговим выводом основной части исследования стал вывод о том, что действующая редакция Статьи 20.4 не отвечает установленным Федеральным законом «О техническом регулировании», и не может применяться по основанию части 2 статьи 4 Федерального закона «О техническом регулировании». Аналогичный вывод был сделан и в работе [1, Введение], что указывает на стабильный вывод квалифицированных специалистов о необходимости производства работ по совершенствованию действующей редакции Статьи 20.4.

На следующем этапе исследования была произведена корректировка действующей редакции Статьи 20.4 по критериям, установленным Статьей 219 и Федеральным законом «О техническом регулировании». За методическую основу разработки рабочей редакции Статьи 20.4 были использованы положения

научно-исследовательской работы [1, раздел 3]. Итоговим выводом, сформулированным по результатам проведенного исследования, стал вывод о том, что современные условия жизни общества, создают яркий тренд на перераспределение полномочий на производство государственного контроля (надзора) с государственных органов власти на хозяйствующих субъектов, а также вывод о том, что основным необходимым условием современного администрирования хозяйственной деятельности, как со стороны государственных органов, так и со стороны хозяйствующих субъектов, является необходимость производства инженерного расчетно-сценарного моделирования рисков причинения вреда и мер по защите от этих рисков, которое (моделирование) создает необходимый для осторожного и ответственного поведения порядок защиты важных общественных ценностей от вреда пожара.

Следует отметить, что результаты расчетно-сценарного моделирования, а также все этапы установления обязательных требований пожарной безопасности, должны быть основой для производства любых видов экспертиз (оценок, расследований, дознаний), что также отмечено в работе⁹, в качестве объективной основы оценки добросовестности поведения уполномоченных должностных лиц по защите критически важных общественных ценностей, а не сам факт свершившегося пожара.

Список литературы

1. Джуган В. Р., Плешаков В. В. Научно-исследовательская работа «Совершенствование административно-правовой нормы предусмотренной ст. 20.4 КоАП РФ «Нарушение требований пожарной безопасности» Всероссийского конкурса молодежи образовательных учреждений и научных организаций «Моя законодательная инициатива», 2017.

References

1. Dzhugan V. R., Pleshakov V. V. Nauchno-issledovatel'skaya rabota «Sovershenst-

vovaniye administrativno-pravovoy normy predusmotrennoy st. 20.4 KoAP RF «Narusheniye trebovaniy pozharnoy bezopasnosti» Vserossiyskogo konkursa molodezhi obrazovatel'nykh uchrezhdeniy i nauchnykh organizatsiy «Moya zakonodatel'naya initsiativa», 2017 [Research work «Improvement of the administrative and legal norm provided for in Article 20.4 of the Administrative Code of the Russian Federation «Violation of fire safety requirements» of the All-Russian Youth Competition of educational institutions and scientific organizations «My legislative initiative», 2017].

Коробко Вадим Борисович

Академия государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
доктор технических наук, профессор
E-mail: vkorobko@mail.ru

⁹ Методические рекомендации по выявлению, пресечению, документированию административных правонарушений, предусмотренных статьями 8.32 и 20.4 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях, и профилактике правонарушений в области пожарной безопасности среди правообладателей земельных участков, граничащих с лесом (утв. МЧС России)

Korobko Vadim Borisovich
State Fire Academy of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Moscow
doctor of Technical Sciences, professor
E-mail: vkorobko@mail.ru

Кияткина Екатерина Николаевна
Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Ученый секретарь
E-mail: Katusha_kt@mail.ru

Kiiyatkina Ekaterina Nikolaevna
Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk
Academic Secretary
E-mail: Katusha_kt@mail.ru

УДК 004.67

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РИСКАХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

А. Ю. ЛАБИНСКИЙ¹, С. А. НЕФЕДЬЕВ¹, А. А. ТАРАНЦЕВ²

¹ Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России
им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

² Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: labinskyi.a@igps.ru, doktorsan@mail.ru

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций и их последствий играет очень важную роль для лиц, принимающих решения. Это позволяет значительно повысить эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации, учитывая заранее полную информацию о возможных масштабах бедствий, обеспечивает основу для более обоснованных решений, касающихся мер по обеспечению готовности сил и средств спасательных служб, а также перспективного распределения ресурсов в целом.

В статье рассмотрены возможности авторских информационных технологий для поддержки процесса обработки статистических данных в области чрезвычайных ситуаций. Приведены результаты реализации в виде программ для ЭВМ таких методов обработки статистических данных как прогнозирование, регрессионный анализ, классификация.

В качестве метода регрессионного анализа рассмотрен метод нечеткой регрессии, который позволяет использовать в качестве исходных данных неточные и неоднозначные исходные данные, что расширяет область применения нечеткой регрессии.

В качестве методов классификации рассмотрены метод опорных векторов, нечеткая классификация методом k-средних (FCM-алгоритм – Fuzzy Classifier Means) и метод классификации с помощью нейронных сетей Кохонена. Метод опорных векторов может обеспечить классификацию сложных и неочевидных данных. Метод классификация методом k-средних может обеспечить классификацию неточных и неоднозначных данных. Метод классификации с помощью самообучающихся нейронных сетей Кохонена путем настройки нейронной сети позволяет динамически менять количество кластеров.

В качестве методов прогнозирования рассмотрены метод аппроксимации и экстраполяции кубическим сплайном, метод нечеткого прогнозирования и метод прогнозирования с использованием нейронной сети. Метод прогнозирования, основанный на использовании кубического сплайна, можно использовать для краткосрочного прогнозирования в области чрезвычайных ситуаций. Метод нечеткого прогнозирования позволяет получать диапазон возможных значений исследуемого показателя в зависимости от средних значений изучаемых факторов. Метод прогнозирования с использованием нейронной сети наряду с традиционным методом прогнозирования может использовать метод «скользящих окон».

Ключевые слова: метод регрессионного анализа, метод классификации, метод прогнозирования, метод опорных векторов, нечеткая регрессия, нечеткая классификация, нечеткое прогнозирование, нейронная сеть, кубический сплайн, алгоритм.

THE NEW INFORMATION TECHNOLOGIES FOR FORECASTING TO SUPPORT MANAGEMENT IN THE RISKS OF EMERGENCY SITUATIONS

A. Yu. LABINSKIY¹, S. A. NEFEDIEV¹, A. A. TARANTSEV²

¹ Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia
named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinichev
Russian Federation, Saint-Petersburg

² Institute of Transport Problems named after N. S. Solomenko Russian Academy of Sciences
Russian Federation, Saint-Petersburg
E-mail: labinskyi.a@igps.ru, doktorsan@mail.ru

Forecasting emergency situations and their consequences plays a very important role for decision makers. This can significantly improve the efficiency of emergency response, taking into account complete information in advance about the possible scale of disasters, providing the basis for more informed decisions regarding measures to ensure the readiness of rescue forces and assets, as well as the future allocation of resources in general.

The article considers the possibilities of copyright information technologies to support the processing of statistical data in the field of emergency situations. The results of such promising methods of statistical data processing as regression analysis method, classification method and forecasting method are given in the form of computer programs.

As a method of regression analysis the method of fuzzy regression is considered, which allows to use as source data inaccurate and ambiguous source data, which expands the scope of application of fuzzy regression.

The method of classification is considered as the method of support vectors, the fuzzy classification method by c-means (FCM-algorithm - Fuzzy Classifier Means) and the method of classification with the help of Kohonen neural networks. The support vector method can classify complex and non-obvious data. The c-mean method of classification can provide classification of inaccurate and ambiguous data. The method of classification by means of self-learning Kohonen neural networks by configuring the neural network allows dynamically changing the number of clusters.

The method of approximation and extrapolation by cubic spline, method of fuzzy forecasting and method of forecasting using neural network are considered as methods of forecasting. The projection method based on cubic spline can be used for short-term forecasting in the field of emergencies. The fuzzy prediction method allows to obtain a range of possible values of the studied indicator depending on average values of studied factors. The method of forecasting using the neural network along with the traditional method of forecasting can use the method of «sliding windows».

Key words: regression analysis method, classification method, forecasting method, support vector method, fuzzy regression, fuzzy classification, fuzzy forecasting, neural network, cubic spline, algorithm.

Введение

Выявление закономерностей возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС), на основе которых могут быть созданы математические модели и системы прогнозирования ЧС, лежит в основе обеспечения повышения эффективности работы подразделений МЧС, что приводит к снижению возможных природных и техногенных рисков [1].

Прогнозирование в области ЧС основано на выявлении характеристик событий, таких как частота, масштабы, пространственная протяженность и продолжительность надвигающихся событий. Также значительное внимание уделяется предоставлению информации о потенциальных последствиях событий, таких как количество пострадавших людей, ущерб зданиям и инфраструктуре и др. Все это предполагает проведение комплексного анализа, в первую очередь количественной информации, при решении задач прогнозирования. Прогнозирование вероятности ЧС, динамики их количества, возможных последствий являются важнейшими аспектами при управлении в условиях рисков ЧС.

Ожидаемые выгоды от использования прогнозных моделей достаточно многообразны. Они позволяют более точно осуществлять планирование комплекса мероприятий, таких как мониторинг, защитные меры по снижению объемов ущерба или развертывание спаса-

тельных служб, осуществляющих реагирование на ЧС. Карты прогнозируемых воздействий, включая информацию о возможном пострадавшем населении, инфраструктуре и др., улучшают реагирование на кризисные ситуации, например, за счет определения приоритетов планирования эвакуации, обеспечивают анализ затрат и эффекта от применяемых мер при реагировании.

Создание математических моделей прогнозирования основано на обработке статистических данных, полученных в процессе обеспечения безопасности региональных социально-экономических систем в результате возникновения ЧС [2], например, связанных с возникновением пожаров (возгораний различной интенсивности) на различных объектах и пр.

Наиболее распространенным является прогнозирование частоты различных неблагоприятных событий. Обычно разработка прогнозирующих моделей включает в себя несколько этапов. На первом этапе осуществляется создание модели регрессии, которая представляет собой функциональную зависимость исследуемого показателя от изучаемых факторов. На втором этапе происходит проверка адекватности регрессионной модели. В случае положительного заключения проверки на втором этапе, на третьем этапе регрессионная модель используется в процессе прогнозирования.

Процесс обработки статистических данных обычно происходит с использованием информационных технологий, что предполагает создание с помощью интегрированных сред разработки программ для ЭВМ, которые реализуют многомерные статистические методы. Данные методы позволяют обоснованно выбрать среди множества возможных вероятностно-статистических моделей такую модель, которая наилучшим образом соответствует статистическим данным [3].

Сформулируем постановку задачи, результаты решения которой представлены в данной статье. Нужно произвести компьютерное моделирование процесса обработки статистических данных.

В условиях санкций «западных» стран была сформулирована проблема – разработка отечественного софта, и цель данного исследования – создание компьютерных моделей, реализующих метод регрессионного анализа, метод классификации и метод прогнозирования.

В данной статье представлены результаты создания программ для ЭВМ, реализующих три указанных выше метода обработки статистических данных. При разработке приведенных ниже программ использовались визуальные интегрированные среды разработки VisualStudio и Delphi, использующие языки программирования VisualC# и ObjectPascal.

Тема исследования достаточно актуальна, так как необходимость совершенствования программных средств поддержки процесса обработки статистических данных путем разработки программ для ЭВМ в условиях им-

портозамещения программного обеспечения в госсекторе не вызывает сомнений.

Модель нечеткой регрессии

Регрессионный анализ допускает нечетность и неоднозначность используемых данных. Такая неопределенность исходных данных может быть вызвана как случайностью, так и нечеткостью данных. Методы нечеткой регрессии могут использовать в виде исходных данных значения функции принадлежности нечеткой модели, параметры которой являются нечеткими параметрами модели нечеткой регрессии [4].

По сравнению с существующими подходами предлагаемый подход уменьшает количество ненужной или неважной информации, возникающей в результате нечетких наблюдений, и определяет знак параметров в моделях для повышения производительности моделей. Это устраняет недостатки соответствующих подходов, в которых параметры моделей являются нечеткими и должны быть заранее определены в процессах формулирования. Предлагаемый подход превосходит существующие модели с точки зрения расстояния [5], среднего сходства и показателей достоверности, даже когда используются четкие объясняющие переменные.

Данный метод нечеткой регрессии был реализован в виде соответствующего авторского программного средства. К достоинству предложенного программного средства, интерфейс которого представлен на рис. 1, можно отнести возможность проведения вычислительных экспериментов с использованием как четкой, так и нечеткой регрессионной модели [5].

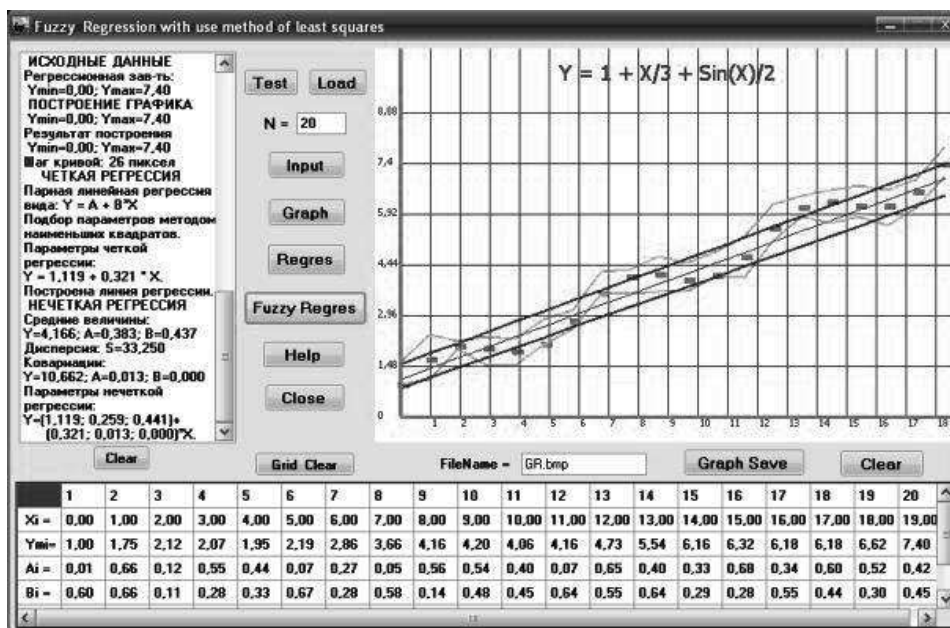


Рис. 1. Программа для ЭВМ, реализующая модель нечеткой регрессии

Модели классификации

В качестве методов классификации статистических данных далее будут рассмотрены метод опорных векторов (МОВ), нечеткая классификация методом k-средних (FCM-алгоритм – FuzzyClassifierMeans) и метод классификации с помощью нейронных сетей Кохонена.

МОВ способен хорошо обучаться и обобщать в больших входных пространствах, превосходит многие существующие методы на контрольных наборах данных. Имеет значительный потенциал для применения в динамических системах и контексте решения задач управления. Метод хорошо себя зарекомендовал как для решения задач классификации, так и нелинейной регрессии [6], причем позволяет обеспечить классификацию сложных и неочевидных данных. Сегодня МОВ показывает очень часто лучшие результаты, чем даже нейронные сети и другие статистические модели (или сравнимые с ними результаты) в решении многих задач.

Модели на основе МОВ – это так называемые «непараметрические» модели. «Непараметрический» не означает, что модели МОВ вообще не имеют параметров. Напротив, решающим вопросом здесь является их «обучение» (отбор, идентификация, оценка, обучение или настройка). Однако, в отличие от классического статистического вывода, параметры не определены заранее, и их количество зависит от используемых обучающих данных. Другими словами, параметры, определяющие емкость модели, управляются данными таким образом, чтобы согласовать емкость модели со сложностью данных.

МОВ реализует бинарную классификацию путем использования метода машинного обучения в целях разделения множества входных данных на два кластера.

Рассмотрим этапы построения модели МОВ [7]:

1. В многомерное пространство отображаются обучающие данные.
2. В многомерном пространстве данных описывается поверхность, называемая гиперплоскостью.
3. Создается пространство большей размерности, в которое отображаются исходные данные.
4. В пространстве большей размерности находится такая гиперплоскость, которая позволяет разделить исходные данные на два кластера данных.

Разработанная программа для ЭВМ [5], реализующая метод опорных векторов, обладает интерфейсом, который представлен на рис. 2 (а).

Особенностью алгоритма нечеткой классификации методом k-средних (FCM-алгоритм – FuzzyClassifierMeans) [8] является допущение того, что всем кластерам принадлежат объекты с определенной функцией принадлежности. Достоинством применения FCM-алгоритма является то, что в отличие от классического алгоритма k-средних он хорошо работает с разбросанными или перекрывающимися кластерами, что дает возможность учитывать непрерывный и сложный характер данных. Особенностью компьютерной модели кластеризации с помощью FCM-алгоритма является использование в качестве системы нечеткого вывода нечеткой модели Мамдани-Заде [9].

Система нечеткого вывода Мамдани-Заде использует базу нечетких продукционных правил, в которой применяются нечеткие высказывания-термы, особенностью которых является то, что они поставлены в соответствие функции принадлежности. Это позволяет, в случае группировки объектов в два кластера иметь нечеткие высказывания-термы, которые могут иметь следующий вид:

Если $X_2 = \text{«низкий»}$ И $X_1 = \text{«низкий»}$, то «кластер 1»;

Если $X_2 = \text{«высокий»}$ И $X_1 = \text{«высокий»}$, то «кластер 2».

Разработанная программа для ЭВМ [10], реализующая компьютерную модель нечеткой классификации, обладает интерфейсом, который представлен на рис. 2 (б).

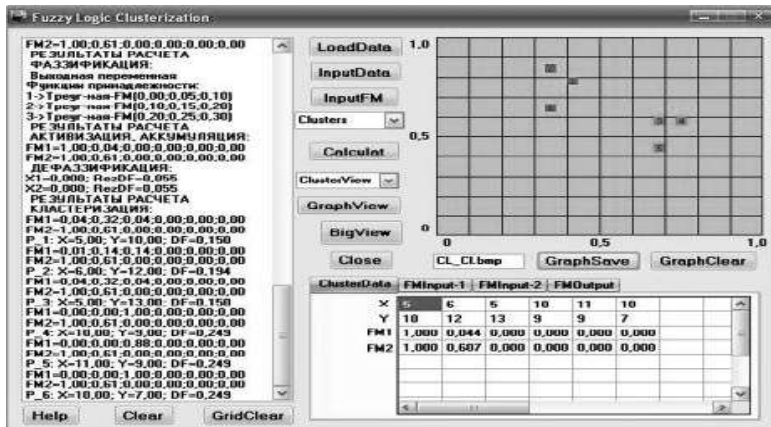
Хорошо известной проблемой кластеризации методом k-средних является определение количества кластеров в наборе данных. Компьютерная модель искусственной самообучающейся нейронной сети Кохонена была разработана в целях решения задачи классификации с помощью нейронных сетей. Особенностью данной компьютерной модели является то, что число выходов сети равно числу кластеров.

Особенностью разработанной сети Кохонена является то, что для сравнения степени близости сравниваемых объектов используется Евклидово расстояние. Использование Евклидова расстояния позволяет производить сравнение степени близости сравниваемых объектов. Это дает возможность обеспечивать совпадение центра тяжести сравниваемых объектов с центром кластера и минимизировать сумму мер близости для объектов этого кластера.

Другой особенностью разработанной сети Кохонена является то, что каждый нейрон запоминает один центр кластера и по величине расстояния от объекта до центра кластера регулировать величину сигнала на выходе нейрона.



а)



б)

Рис. 2. Программа для ЭВМ, реализующая решение задачи классификации:
а) модель метода опорных векторов
б) модель нечеткой классификации

Кроме того, общее число нейронов в скрытом слое нейронной сети совпадает с количеством кластеров. Это позволяет путем изменения количества нейронов скрытого слоя динамически менять количество кластеров.

Метод кластеризации на основе сетей Кохонена эффективен для решения задач классификации в нормальных рабочих условиях и может быть применен для обнаружения выбросов. Кроме того, данный метод обладает отличными возможностями для прогнозирования, которые можно использовать для прогнозирования будущих значений отклонения с хорошей точностью и среднеквадратической ошибкой. Разработанная программа для ЭВМ [10], реализующая компьютерную модель классификации с помощью нейронной сети Кохонена, обладает интерфейсом, который представлен на рис. 3.

Прогнозирование является важной составляющей во многих областях управления при рисках ЧС. Задача анализа данных о ЧС и прогнозирования этих данных решалась использованием методов регрессии. В качестве методов прогнозирования далее рассмотрены метод аппроксимации и экстраполяции кубиче-

ским сплайном, метод нечеткого прогнозирования и метод прогнозирования с использованием нейронной сети.

В случае, когда функция $Y(X)$ на данном промежутке не является достаточно гладкой и промежутки аппроксимации велики, то при полиномиальной аппроксимации нет смысла повышать степень многочлена. В этом случае больший эффект дает использование кусочно-полиномиальной аппроксимации с помощью сплайн-функций [11].

Аппроксимация и интерполяция с помощью сплайн-функций – кусочно-полиномиальная аппроксимация хорошо приспособлена для краткосрочного прогнозирования (экстраполяции) [12]. Для демонстрации возможностей применения предлагаемых методов в качестве входных данных рассматривался временной ряд данных по количеству пожаров, представленный на рис. 4 (линия Y_i).

Результаты краткосрочного прогнозирования в графическом виде с использованием авторской программы для ЭВМ, реализующей компьютерную модель аппроксимации и экстраполяции кубическим сплайном, представлены на рис. 4 (линия Y_p). На основе про-

верки адекватности разработанной модели получено, что средняя относительная ошибка составила 8,2 %.

Модели прогнозирования

Рассмотрим метод нечеткого прогнозирования. Особенность системы нечеткого вывода, используемой в целях прогнозирования, заключается в том, что получение нечетких заключений об исследуемом объекте производится на основе предпосылок (нечетких условий), представляющих собой информацию о состоянии объекта [10]. С помощью оценки влияния рассматриваемых факторов на исследуемый показатель производилась проверка адекватности разработанной модели поставленной задаче.

Модель нечеткого прогнозирования обеспечивала получение диапазона возможных значений исследуемого показателя в зависимости от средних значений изучаемых факторов, для которых был задан интервал возможных значений (интервал неопределенности).

Разработанная авторская программа для ЭВМ [10], реализующая компьютерную модель системы нечеткого вывода, обладает интерфейсом, который представлен на рис. 5.

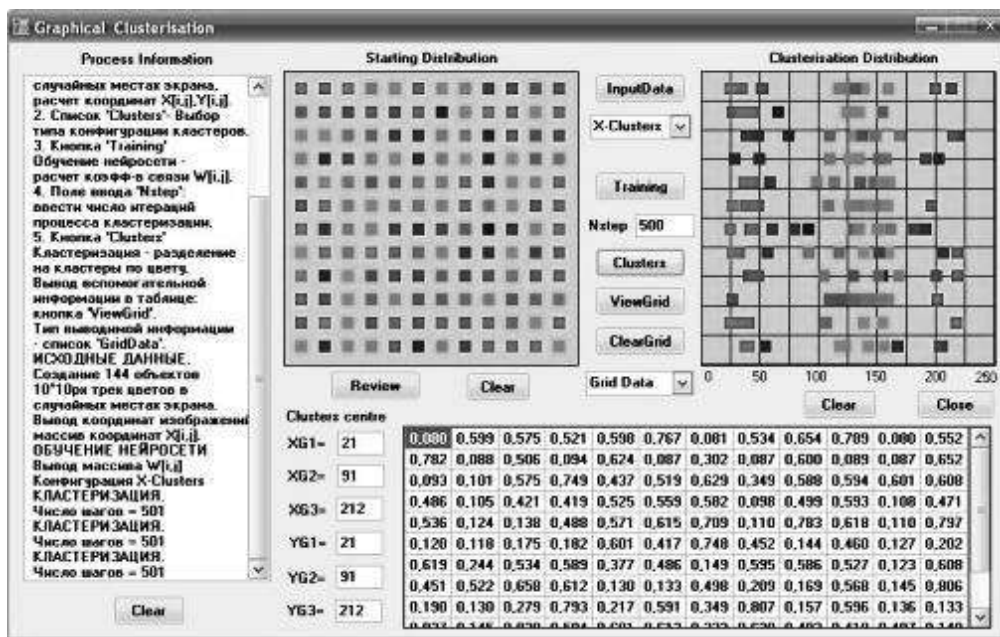


Рис. 3. Программа для ЭВМ, реализующая модель классификации с помощью нейронной сети

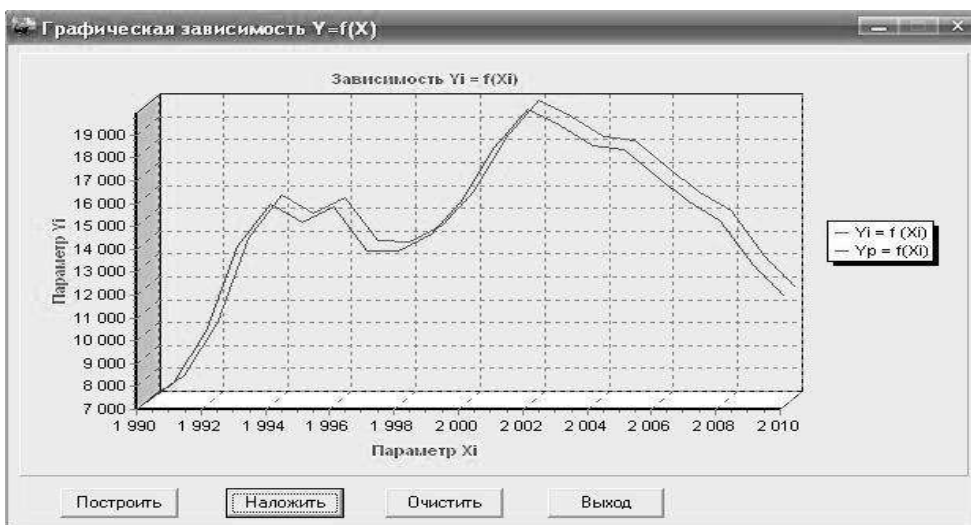


Рис. 4. Результаты прогнозирования на 1 год вперед

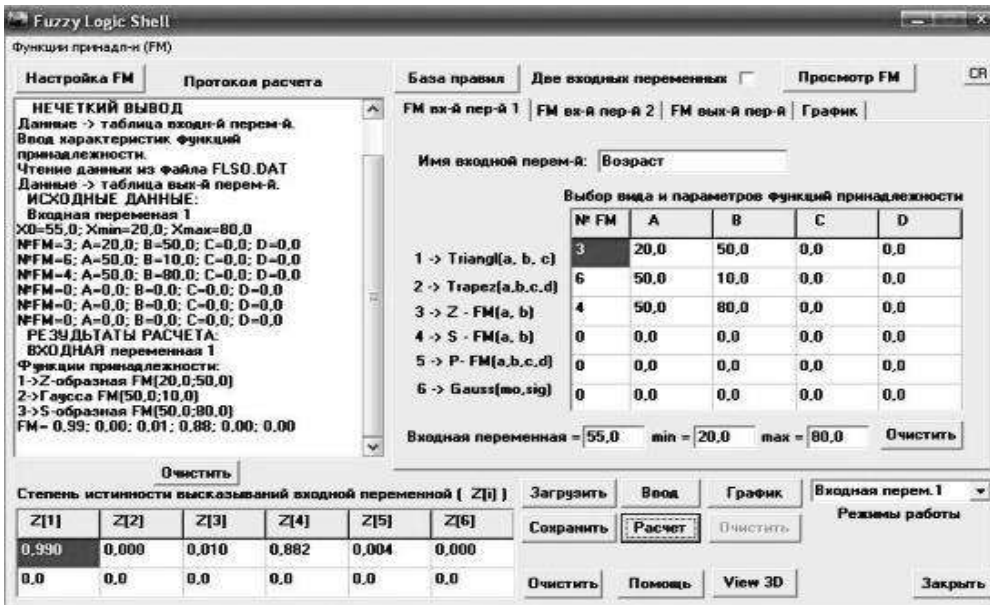


Рис. 5. Программа для ЭВМ, реализующая модель нечеткого вывода

Искусственным нейронным сетям в последнее время уделяется много внимания, и во многих статьях сообщается об успешных экспериментах и практических испытаниях с ними. Тем не менее, некоторые авторы по-прежнему настроены скептически и считают, что преимущества использования нейронных сетей в прогнозировании еще не систематически доказаны. Нейронные сети могут аппроксимировать любые непрерывные функции с заданной точностью [10].

В данной работе прогнозирование с помощью нейронных сетей осуществлялось двумя методами: традиционным методом и

методом «скользящие окна» (windowing). В качестве входных данных рассматривался тот же временной ряд, что и при аппроксимации и интерполяции с помощью сплайн-функций (см. рис. 4).

Разработанная авторская программа для ЭВМ [10], реализующая компьютерную модель прогнозирования с помощью нейронной сети, обладает интерфейсом, который представлен на рисунке 6. Для данной модели средняя относительная ошибка прогнозных значений составила 6,7 %, что говорит о повышении адекватности результатов прогнозирования.

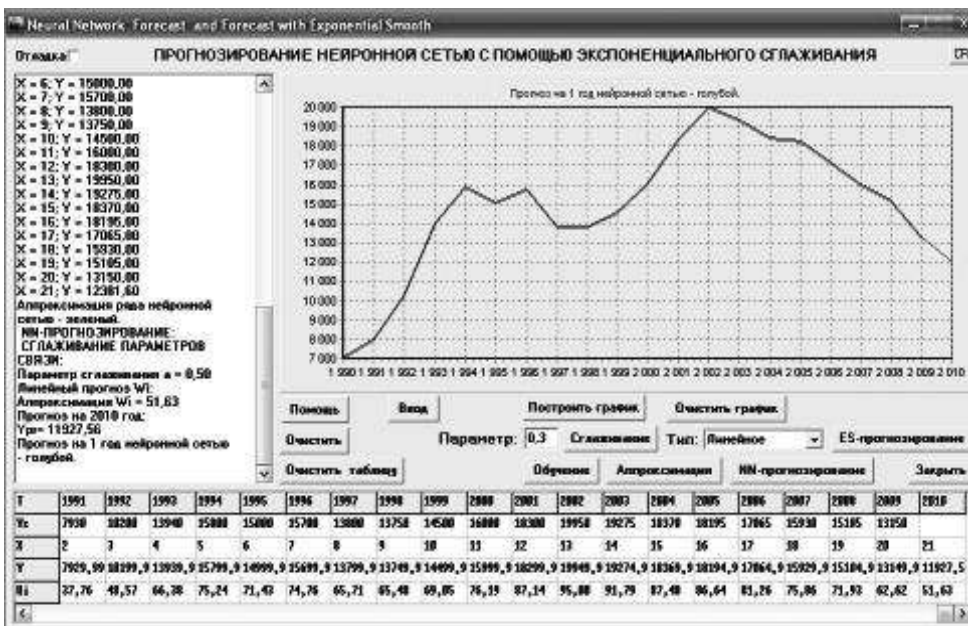


Рис. 6. Программа для ЭВМ, реализующая модель прогнозирования с помощью нейронной сети

Вывод

Создание математических моделей прогнозирования ЧС основано на обработке статистических данных, полученных в процессе анализа различных региональных социально-экономических систем.

Поддержка процесса обработки статистических данных с помощью информационных технологий может быть успешно решена путем создания программ для ЭВМ, реализующих многомерные статистические методы, в том числе методы регрессионного анализа, классификации и прогнозирования. Нечеткая логика в виде системы нечеткого вывода может быть использована в составе моделей регрессии, классификации и прогнозирования, а нейронные сети могут быть использованы в составе моделей классификации и прогнозирования.

Для лиц, принимающих решения, прогнозирование ЧС и их последствий играет очень важную роль. Это позволяет значительно

улучшить эффективность реагирования на ЧС, учитывая заранее полную информацию о возможных масштабах бедствий, обеспечивает основу для более обоснованных решений, касающихся эвакуации и мер по обеспечению готовности сил и средств спасательных служб, а также перспективного распределения ресурсов в целом. Прогнозирование рисков наступления ЧС и их последствий открывает возможности для управления ЧС и снижения риска бедствий, поскольку оно предоставляет более полную информацию для лиц, принимающих решения.

Предложенные в статье информационные технологии могут с успехом быть применены в практической деятельности в подразделениях МЧС России для прогнозирования ЧС, когда требуется спрогнозировать динамику показателей, связанных с ЧС или пожарами для стратегического или тактического планирования деятельности подразделений МЧС, определение режимов несения службы и др.

Список литературы

1. Надежность технических систем и техногенный риск: учебник / В. С. Артамонов, Ю. Г. Баскин, В. А. Гадышев [и др.] СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС РФ, 2007. 157 с.

2. Богданова Е. М., Максимов А. В., Матвеев А. В. Информационная система прогнозирования чрезвычайных ситуаций при использовании адаптивных моделей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2019. № 2. С. 65–70. EDN: PHLEMI.

3. Матвеев А. В. Методы моделирования и прогнозирования. СПб: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, 2022. 230 с. EDN: IMLKWS.

4. Лабинский А. Ю. Нечетко-множественный подход к построению регрессионной модели // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2019. № 3(51). С. 36-41. EDN: AAQZPO.

5. Лабинский А. Ю. Классификация с помощью метода опорных векторов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 2 (50). С. 79–84. EDN: OUALMG.

6. Baldi P. The inner and outer approaches to the design of recursive neural architectures. *Data mining and knowledge discovery*, 2018, vol. 32, issue 1, pp. 218–230.

7. Pisner D. A., Schnyer D. M. Support vector machine. *Machine learning*. AcademicPress, 2020, pp. 101–121.

8. Пастухов А. А., Прокофьев А. А. Применение самоорганизующихся карт Кохонена для формирования выборки при обучении перцептрона // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. 2016. № 2 (242). С. 95–107. DOI: 10.5862/JPM.242.11. EDN: WAEDIN.

9. Mamdani E. H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *Proceedings of the institution of electrical engineers*. IET DigitalLibrary, 1974, vol. 121, issue 12, pp. 1585–1588.

10. Лабинский А. Ю. Перспективные направления компьютерного моделирования сложных процессов и систем. Монография. СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2017. 260 с. EDN: VWFIOM.

11. Бутырский Е. Ю., Матвеев А. В. Математическое моделирование систем и процессов. СПб: Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего», 2022. 733 с. DOI: 10.37468/book_011222. EDN: CCRIRT.

12. Быков Н. Ю. О моделировании процесса образования кластеров при расширении водяного пара // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-

математические науки. 2018. Т. 11, № 1. С. 86–101. DOI: 10.18721/JPM.11109. EDN: YWTUXZ.

References

1. Nadezhnost' texnicheskix sistem i texnogennyj risk: uchebnyj [Reliability of technical systems and man-made risk: textbook] / V. S. Artamonov, Yu. G. Baskin, V. A. Gadyshchik [et al.]. SPb: Sankt-Peterburgskij universitet GPS MChS RF, 2007. 157 p.

2. Bogdanova E. M., Maksimov A. V., Matveev A. V. Informacionnaya sistema prognozirovaniya chrezvychnykh situacij pri ispol'zovanii adaptivnykh modelej [Information system for forecasting emergency situations using adaptive models] *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii»*, 2019, issue 2, pp. 65–70. EDN: PHLEMI.

3. Matveev A. V. Metody modelirovaniya i prognozirovaniya [Modeling and forecasting methods]. SPb: Sankt-Peterburgskij universitet Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychnym situacijam i likvidacii posledstvij stixijnykh bedstvij imeni Geroya Rossijskoj Federacii generala armii E. N. Zinicheva, 2022. 230 p. EDN: IMLKWS.

4. Labinskij A. Yu. Nechetko-mnozhestvennyj podhod k postroeniyu regressionnoj modeli [Fuzzy set approach to constructing a regression model]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii»*, 2019, vol. 3 (51), pp. 36–41. EDN: AAQZPO.

5. Labinskij A. Yu. Klassifikaciya s pomoshch'yu metoda opornykh vektorov [Classification using support vector machines]. *Problemy upravleniya riskami v texnosfere*, 2019, vol. 2 (50), pp. 79–84. EDN: OUALMG.

6. Baldi P. The inner and outer approaches to the design of recursive neural archi-

tures. *Data mining and knowledge discovery*, 2018, vol. 32, issue 1, pp. 218–230.

7. Pisner D. A., Schnyer D. M. Support vector machine. *Machine learning*. AcademicPress, 2020, pp. 101–121.

8. Pastuhov A. A., Prokof'ev A. A. Primenenie samoorganizuyushhixsya kart Koxonena dlya formirovaniya vyborki pri obuchenii perseptrona [Application of self-organizing Kohonen maps for sampling when training a perceptron]. *Nauchno-texnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politexnicheskogo universiteta. Fiziko-matematicheskie nauki*, 2016, vol. 2 (242), pp. 95–107. DOI: 10.5862/JPM.242.11. EDN: WAEDIH.

9. Mamdani E. H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *Proceedings of the institution of electrical engineers. IET DigitalLibrary*, 1974, vol. 121, issue 12, pp. 1585–1588.

10. Labinskij A. Yu. Perspektivnye napravleniya komp'yuternogo modelirovaniya slozhnykh processov i sistem [Promising directions for computer modeling of complex processes and systems]. SPb: Sankt-Peterburgskij universitet GPS MChS Rossii, 2017. 260 p. EDN: VWFIOM.

11. Butyrskij E. Yu., Matveev A. V. Matematicheskoe modelirovanie sistem i processov [Mathematical modeling of systems and processes]. SPb: Informacionnyj izdatel'skij uchebno-nauchnyj centr «Strategiya budushhego», 2022. 733 p. DOI: 10.37468/book_011222. EDN: CCRIRT.

12. Bykov N. Yu. O modelirovanii processa obrazovaniya klasterov pri rasshirenii vodyanogo para [On modeling the process of cluster formation during the expansion of water vapor]. *Nauchno-texnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politexnicheskogo universiteta. Fiziko-matematicheskie nauki*, 2018, vol. 11, issue 1, pp. 86–101. DOI: 10.18721/JPM.11109. EDN: YWTUXZ.

Лабинский Александр Юрьевич

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

кандидат технических наук, доцент

E-mail: labinskyi.a@igps.ru

Labinskiy Alexandr Yurievich

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinichev

Russian Federation, Saint-Petersburg

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

E-mail: labinskyi.a@igps.ru

Нефедьев Сергей Аркадьевич

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России
им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

Доктор военных наук, профессор

E-mail: doktorsan@mail.ru

Nefediev Sergey Arkadievich

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinichev

Russian Federation, Saint-Petersburg

Doctor of Military Sciences, Professor

E-mail: doktorsan@mail.ru

Таранцев Александр Алексеевич

Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

Доктор технических наук, профессор

E-mail: t__54@mail.ru

Tarantsev Aleksandr Alekseevich

Institute of Transport Problems named after. N. S. Solomenko Russian Academy of Sciences

Russian Federation, Saint-Petersburg

Doctor of Technical Sciences, Professor

E-mail: t__54@mail.ru

УДК 614.841.123.24

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВОПРОСЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ ПРИБЫТИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Р. В. МИРОНЕНКО, М. В. СИБИРЯКОВ, А. И. СОКОВНИН

Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

E-mail: fds-smv@yandex.ru, sibiryakov.m@bk.ru, sokovninartem88@yandex.ru

В настоящее время отсутствует единый подход к прогнозированию скорости движения пожарного автомобиля следующего к месту вызова в условиях различной загруженности дорожной сети, поэтому данный параметр приобретает вероятностную характеристику, которая зависит от множества внешних факторов (например, дорожный трафик, погодные условия, время суток и т.п.), и как следствие массив данных скорости движения пожарного автомобиля имеет большую дисперсность, что затрудняет выбор метода математической обработки.

Одним из возможных решений при прогнозировании скорости движения пожарного автомобиля в данной постановке вопроса можно решить при помощи машинного обучения, что позволит при обработке больших массивов данных, повысить точность прогнозирования данного параметра.

В статье под машинным обучением принимается метод анализа статистических данных о фактических показателях следования пожарного автомобиля к месту вызова, который автоматизирует построение аналитических моделей.

Для построения модели машинного обучения первого приближения были проанализированы данные по следованию пожарных автомобилей территориального пожарно-спасательного гарнизона города Москвы к месту вызова.

Анализ позволил определить степень влияния загруженности дорожной сети на изменение скорости движения пожарного автомобиля. Загруженность дорожной сети в свою очередь зависит от многих параметров, основным из которых является маятниковая миграция населения Москвы и Московской области. На примере имеющегося массива данных, была определена средняя скорость движения пожарного автомобиля для территории пожарно-спасательного гарнизона г. Москвы, которая составила 34,3 км/ч.

Ключевые слова: следование пожарного автомобиля, машинное обучение, бустинг, прогнозирование скорости пожарного автомобиля, время прибытия.

THE USE OF MACHINE LEARNING IN PREDICTING THE ARRIVAL TIME OF FIRE AND RESCUE UNITS

R. V. MIRONENKO, M. V. SIBIRYAKOV, A. I. SOKOVNIN

Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Moscow

E-mail: fds-smv@yandex.ru, sibiryakov.m@bk.ru, sokovninartem88@yandex.ru

Currently, there is no unified approach to predicting the speed of a fire truck following to the place of call in conditions of different traffic congestion, therefore, this parameter acquires a probabilistic characteristic that depends on many external factors (for example, traffic, weather conditions, time of day, etc.), and as a result, an array of data on the speed of a fire truck it has a large dispersion, which makes it difficult to choose a method of mathematical processing.

One of the possible solutions for predicting the speed of a fire truck in this formulation of the question can be solved using machine learning, which will allow, when processing large data arrays, to increase the accuracy of forecasting this parameter.

In the article, under machine learning, a method is adopted for analyzing statistical data on the actual indicators of the fire truck following to the place of the call, which automates the construction of analytical models.

To build a machine learning model of the first approximation, data on the following of fire trucks of the territorial fire and rescue garrison of the city of Moscow to the place of the call were analyzed.

The analysis allowed us to determine the degree of influence of traffic congestion on the change in the speed of a fire truck. The congestion of the road network, in turn, depends on many parameters, the main one of which is the pendulum migration of the population of Moscow and the Moscow region. Using the example of the available data array, the average speed of a fire truck for the territory of the fire and rescue garrison of Moscow was determined, which was 34.3 km/h.

Key words: fire truck tracking, machine learning, boosting, fire truck speed prediction, arrival time.

Введение

Одним из условий обеспечения пожарной безопасности населённых пунктов является время прибытия первых пожарно-спасательных подразделений (далее – ПСП). Согласно статьи 76 Федерального закона от 22.07.2008 № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – ФЗ-123) время прибытия первых ПСП в городских населённых пунктах не должно превышать 10 минут, а для сельских населённых пунктов 20 минут.

В подтверждении важности сокращения времени реагирования на пожар в ряде исследований [1–3] на основе статистических данных была подтверждена зависимость последствий пожара от времени прибытия первых ПСП, чем меньше время следования ПСП, тем меньше социальный и экономический ущерб. Таким образом, исследования, направленные на повышение точности прогнозирования времени следования ПСП, являются важным элементом в области управления пожарной безопасностью на обслуживаемой территории ПСП и в сокращении времени реагирования в частности.

Время следования ПСП зависит от таких параметров как, расстояния от места дислокации ПСП до объекта защиты (далее – расстояние) и скорости пожарного автомобиля (далее – ПА) ПСП:

$$t = \frac{L}{V}$$

где: L – расстояние, км; V – скорость ПА, км/ч.

В данном исследовании не рассматриваются параметры, оказывающие влияние на протяжённость маршрута следования, ввиду чего параметр «расстояние» для конкретного объекта принимается константой. Параметр скорости зависит от множества факторов, таких как состояние дорожного полотна, загруженности дорожной сети, погодных условий, технических характеристик ПА и т.п. [4-11]. Загруженность дорог зависит от месяца, дня недели, времени суток. Ярким примером загру-

женности дорог населённого пункта являются Москва и Московская область – с понедельника по пятницу до 10 ч дороги загружены в направлении Москвы, после 18 ч в направлении Московской области. Утром люди едут на работу, вечером с работы.

Анализ литературных источников показал, что при прогнозировании скорости ПА используется несколько подходов, в большинстве из которых скорость ПА зависит от типа дорожного покрытия. Согласно своду правил 232.1311500.2015 «Пожарная охрана предприятий. Общие требования» (далее – СП 232.1311500.2015) скорость ПА принимает следующие значения:

- 50 км/ч для твердого покрытия;
- 40 км/ч для щебеночно-гравийного покрытия;
- 40 км/ч при наличии на маршруте следования нескольких типов покрытия дорог;
- 30 км/ч для грунтового покрытия.

В работе [12] разработана методика для расчета скорости ПА, которая учитывает скорость движения транспортного потока, а также коэффициент преимущества ПА, зависящий в том числе от степени влияния внешних факторов, таких как день недели, время суток и тип ПА. В [13] представлена методика расчета скорости ПА в зависимости от состояния дорог и теплового режима двигателя пожарного автомобиля, а также дан диапазон скорости ПА в городских поселениях, который составляет от 25 до 45 км/ч.

Как видно из представленного анализа на сегодняшний день не выработан единый подход к прогнозированию скорости ПА, а т.к. данный параметр имеет вероятностный характер и зависит от множества внешних факторов, решением задачи определения наиболее точного метода прогнозирования может выступить машинное обучение.

Машинное обучение крепко вошло в такие сферы деятельности как:

- прогнозирование отказа оборудования;
- анализ платежеспособности кредитора;
- рекомендательные системы по приобретению тех или иных товаров;
- медицинская диагностика и т.д.

Целью исследования является разработка модели машинного обучения, позволяющей прогнозировать скорость движения ПА в зависимости от различных факторов.

Эксперименты

Разведочный анализ данных

Для построения модели машинного обучения первого приближения были проанализированы данные следования ПА к месту вызова территориального пожарно-спасательного гарнизона города Москвы за период с 15 июля по 15 декабря 2016 года. Общий массив данных составил 1434 GPX треков. Каждый GPX трек, записанный во время вызова, представляет собой отдельный файл текстового формата GPX, содержащий в себе набор геопозиций (координат) и времени [4, 12], когда ПА находился в данной точке и идентификатор ПА. Для получения большего объема данных было принято решение разделить каждый GPX трек на отдельные отрезки в рамках совершенного выезда для того, чтобы между всеми записанными геопозициями (соседними точками GPX трека) установить расстояние и время прохождения этого расстояния, с целью определения скорости движения ПА на каждом отрезке пути. Система записи GPX треков создаёт точку в случае изменения динамики следования пожарного автомобиля (остановка, ускорение, торможение). После выше описанных манипуляций объем выборки данных для анализа увеличился до 84589 значений.

Проведя первичную обработку данных было установлено, что в массиве данных содержится информация, где скорость автомобиля, равняется 0 км/ч или превышает максимально возможную скорость движения ПА было решено избавиться от выбросов путем отбрасывания значений, где скорость движения ПА 0 км/ч или превышает максимальную скорость движения ПА. Объем выборки данных при этом сократился до 79239 значений.

Запись GPX треков осуществлялось с помощью абонентского телематического терминала GSM/ГЛОНАСС/GPS Гранит-навигатор-6.18 АСН, который устанавливается на автомобиль для определения координат. Согласно технической документации, точность измерения составляет до 5,7 м, т.е. при опре-

делении координат возможны «фантомные» движения ПА за счет ошибки позиционирования автомобиля. Было решено исключить значения из выборки данных, где перемещение между двумя точками составляет менее 5,7 м. Объем выборки данных сократился до 64895 значений.

На рис. 1 представлено распределение целевой переменной «скорость». С помощью критерия Шапиро-Уилка было установлено, что данное распределение не является нормальным.

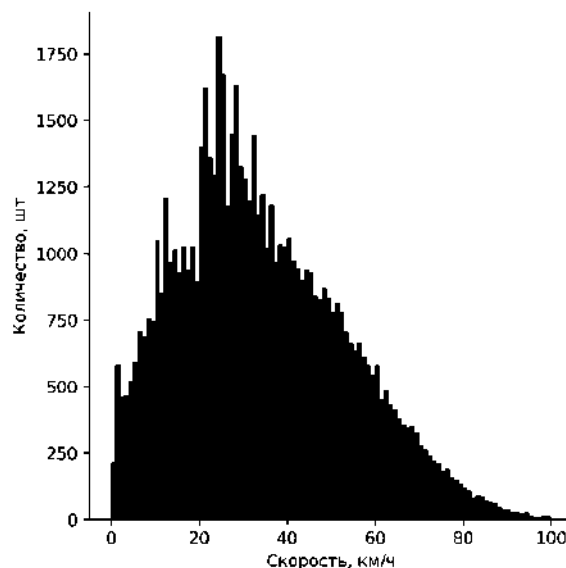


Рис. 1. Распределение целевой переменной «скорость»

На рис. 2–6 представлены диаграммы размаха, как влияют некоторые признаки, описанные выше, на изменение скорости ПА. Как видно из рис. 2–6 на скорость ПА очень сильно влияет фактор маятниковой миграции населения Москвы и Московской области.

Среднее значение скорости после обработки данных составила 34,3 км/ч. Данное значение согласно СП 232.1311500.2015 ближе к значению скорости ПА для грунтовых покрытий, чем к дорогам с твердым покрытием, также данное значение попадает в диапазон, представленный в работе [13].

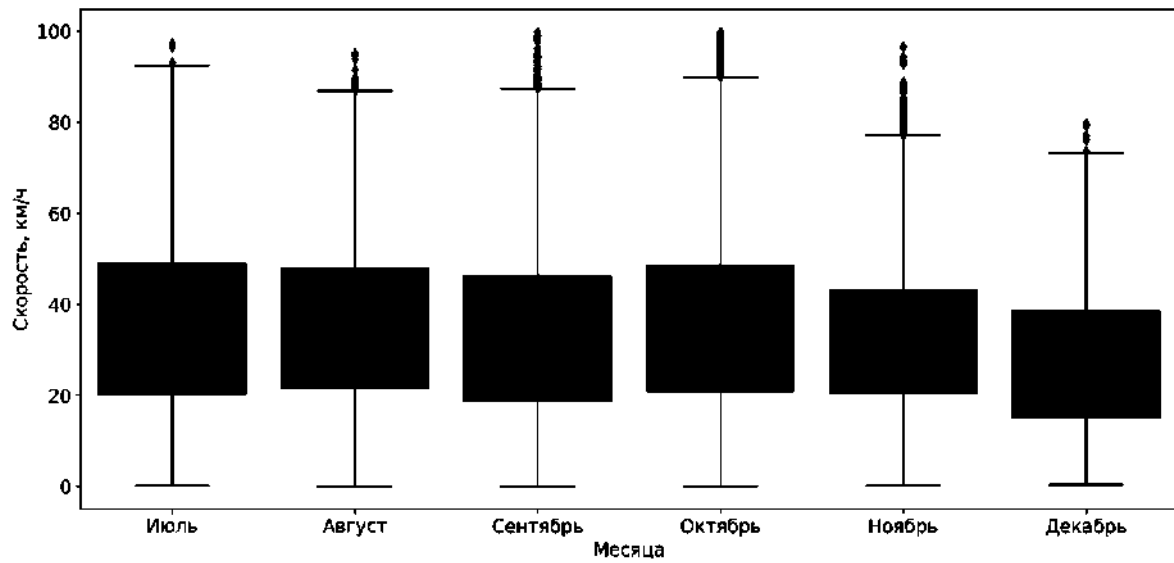


Рис. 2. Влияние месяца на скорость ПА

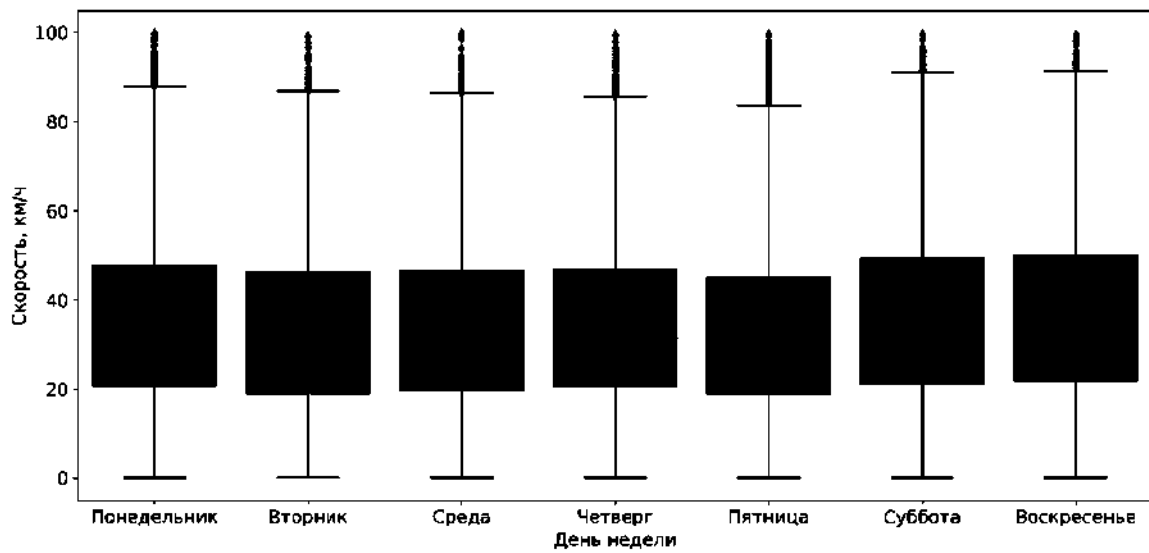


Рис. 3. Влияние дня недели на скорость ПА

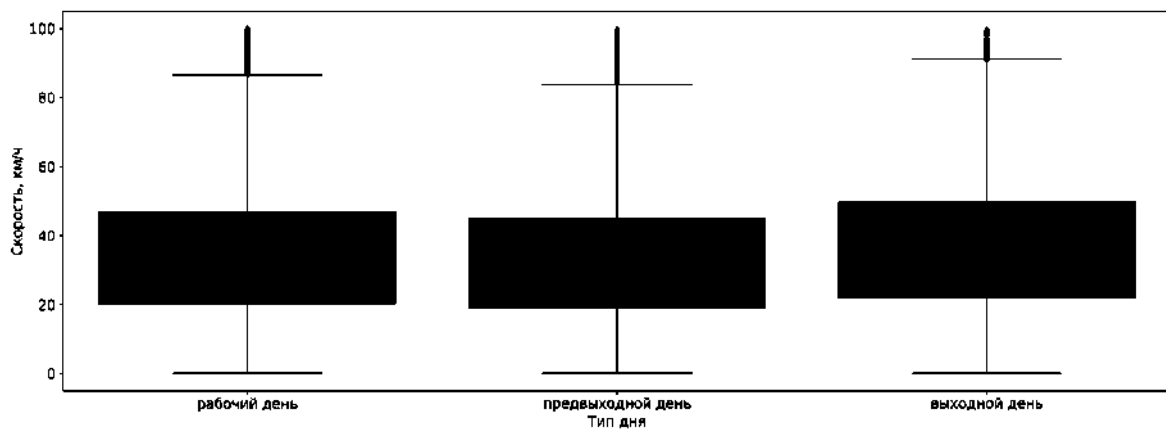


Рис. 4. Влияние типа дня на скорость ПА

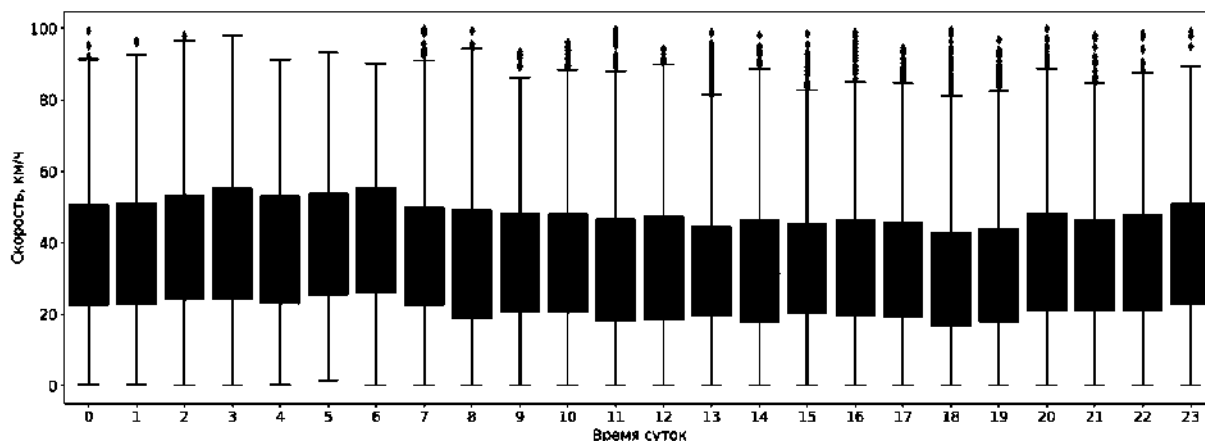


Рис. 5. Влияние времени суток на скорость ПА

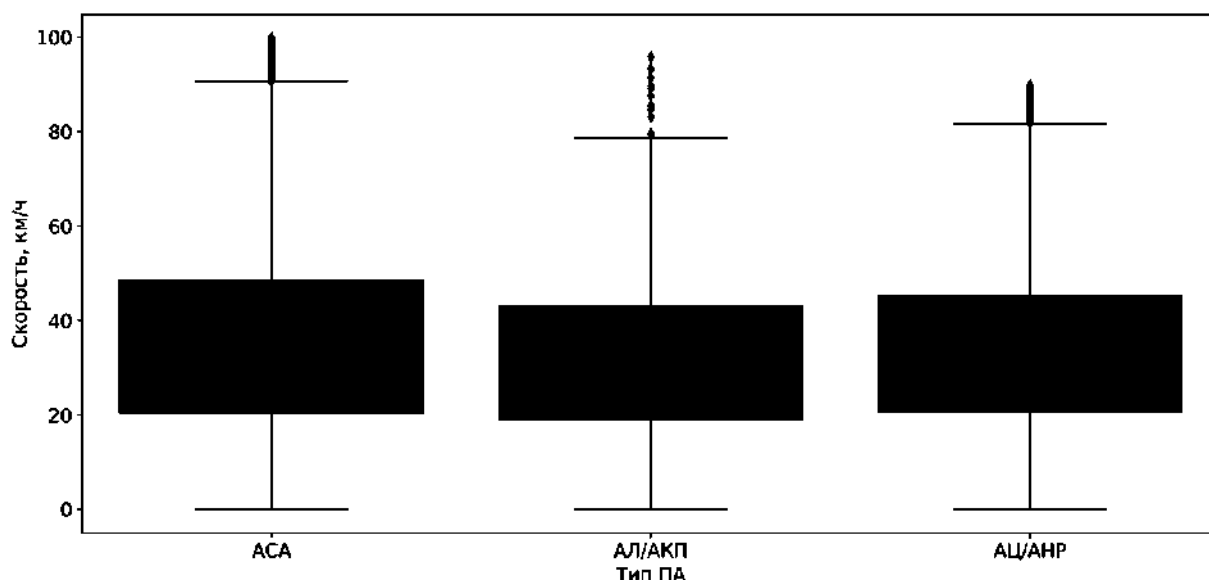


Рис. 6. Влияние типа ПА на скорость ПА

Обучение

Модель машинного обучения обучается предсказывать целевую переменную на признаках. Конкретной целевой переменной для разрабатываемой модели является скорость. К существенным признакам было решено отнести [4, 14] тактико-технические характеристики ПА по их типам (автоцистерна/автомобиль насосно-рукавный (далее – АЦ/АНР), автолестница/автоколенчатый подъёмник (далее – АЛ/АКП), аварийно-спасательный автомобиль (далее – АСА)) день недели, тип дня (рабочий день, предвыходной день, выходной день), время суток.

Наиболее популярным способом обучения в машинном обучении является применение бустинга. Под бустингом понимается процедура последовательного построения композиции алгоритмов машинного обучения,

когда каждый следующий алгоритм стремится компенсировать недостатки композиции всех предыдущих алгоритмов [15]. Наиболее популярными библиотеками, реализующими бустинг являются XGBoost, LightGBM, Catboost. У каждой из этих библиотек есть свои достоинства и недостатки. Подобрать наилучшую реализацию бустинга возможно только с помощью экспериментов.

При обучении модели будет применяться способ обучения с учителем, т.е. целевая переменная в данных, которая подается на обучение известна, в нашем конкретном случае целевой переменной является скорость движения ПА.

Предсказание некоторой непрерывной величины является задачей регрессии.

Необходимо после обучения модели проверить адекватность получаемых значений, так как модель может переобучиться или недоучиться. Для оценки получаемых значений для регрессий используют в основном следующие метрики:

- средняя абсолютная оценка (далее – MAE);
- среднеквадратическая ошибка (далее – MSE);
- средняя квадратическая ошибка (далее – RMSE);
- среднеквадратическая логарифмическая ошибка (далее – RMSLE).

Значения выше приведенных метрик при обучении должно стремиться к нулю. Чем ближе значение метрики к нулю, тем ошибка обучения меньше. Область применения каждой метрики различна, в практике МО (машинного обучения) принято при обучении комплексно обращать внимание на все приведенные метрики, но на основании распределения целевой переменной определяется ведущая метрика. Ведущей метрикой в данном исследовании будет являться RMSLE, т.к. распределение целевой переменной (скорости ПА) не

является нормальным, поэтому необходимо использовать метрику устойчивую к выбросам.

При обучении выборка данных разбивалась на три блока: тренировочные данные (64 % от выборки), валидационные данные (16 % от выборки) и тестовые данные (20 % от выборки). Также использовалась кросс-валидация с 5 блоками данных. На тренировочных данных модель обучалась, на валидационных данных обученная модель решала проблему переобучения, а на тестовых данных определялась точность модели.

Обучение модели производится в два этапа. На первом этапе обучаются модели бустингов реализованных в XGBoost, LightGBM, Catboost без подбора параметров. На втором этапе обучаются модели бустингов реализованных в XGBoost, LightGBM, Catboost с подбором наилучших параметров. Тем самым будет выявлена наиболее обученная модель.

Результаты обучения модели приведены в таблице. Наилучший результат показала модель, обученная с помощью LightGBM с подбором параметров, т.к. значение ведущей метрики и остальных метрик являются минимальными.

Таблица. Результаты обучения модели

№ этапа	Реализация бустинга	MAE	MSE	RMSE	RMSLE
1	XGBoost	15,245	376,776	19,411	0,671
	LightGBM	15,202	377,207	19,422	0,666
	Catboost	15,290	380,110	19,496	0,671
2	XGBoost	15,196	374,243	19,345	0,669
	LightGBM	15,063	368,502	19,196	0,662
	Catboost	15,149	372,223	19,293	0,665

Метод бустинга показал, что он может применяться для дальнейшей обработки получаемых статистических данных для построения более точных прогнозных имитационных моделей, созданной на основе МО, позволяющих с высокой точностью для исследователя предсказывать скорость движения ПА, в зависимости от целого комплекса факторов (день недели, время суток, загруженность дорог и т.п.). Одним из основных преимуществ данного подхода является получение прогнозной средней скорости ПА, которая соответствует постоянно изменяющейся обстановке на территории города. Однако данный результат достижим при создании условий постоянного обновления статистической базы о скорости следования ПА к месту вызова, что вполне реализуемо при интеграции данного метода и современных систем управления пожарно-спасательными подразделениями такими как комплексная информационная система мониторинга и управ-

ления силами и средствами пожарно-спасательных подразделений города Москвы (КИСМиУС).

Вывод

Была разработана модель машинного обучения, позволяющая строить прогноз скорости движения ПА, учитывающий различные факторы, такие как модель автомобиля, день недели, тип дня и время суток.

При обработке имеющегося массива данных движения ПА было установлено, что средняя скорость ПА во время следования к месту вызова в территориальном пожарно-спасательном гарнизоне г. Москвы составляет 34,3 км/ч.

Полученные результаты позволят повысить эффективность закрепления района выезда за ПСП в условиях интенсивного изменения внешней среды.

Список литературы

1. Исследование зависимости риска гибели людей на пожарах от времени прибытия первого пожарного подразделения / А. А. Порошин, В. В. Харин, А. А. Кондашов [и др.] // *Безопасность жизнедеятельности*. 2019. № 9 (225). С. 3–9.
2. Соколов С. В., Костюченко Д. В. Управление рисками гибели людей при пожарах в жилых домах городских поселений // *Пожаровзрывобезопасность/ Fire and Explosion Safety*. 2017. Т. 26, № 1. С. 61–74.
3. Семиков В. Л., Алексеев С. П., Вилисов В. Я. Статистический анализ зависимости показателей ущерба от времени прибытия первого пожарного подразделения на пожар // *Технологии техносферной безопасности*. 2019. № 2 (84). С. 72–83.
4. Сибиряков М. В. Анализ геоинформационных данных о следовании пожарно-спасательных подразделений к местам экстренных вызовов // *Технологии техносферной безопасности*. 2016. № 6. С. 214–221.
5. Влияние загруженности дорог на среднюю скорость следования пожарных автомобилей / В. В. Харин, В. А. Маштаков, Е. В. Бобринев [и др.] // *Вестник НЦБЖД*. 2021. № 3 (49). С. 110–119.
6. Gholamizadeh K. [et al.] Quantitative Analysis on Time Delay Factors Influencing Firefighters' Response Time in the Process Industries Using Fuzzy Sets Theory. *International Journal of Occupational Hygiene*, 2022, vol. 14, issue 1, pp. 1–17.
7. Assessment of traffic congestion scenario at the CBD areas in a developing city: In the context of Khulna City, Bangladesh / M. A. Noor, S. Ashrafi, M. A. Fattah [et al.] *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2021, vol. 11. pp. 1–11.
8. Couture V., Duranton G., Turner M. A. Speed. *Review of Economics and Statistics*, 2018, vol. 100, issue 4, pp. 725–739.
9. Wang W. X., Guo R. J., Yu J. Research on road traffic congestion index based on comprehensive parameters: Taking Dalian city as an example. *Advances in Mechanical Engineering*, 2018, vol. 10, issue 6, pp. 1–8.
10. Aftabuzzaman M. Measuring traffic congestion—a critical review. 30th Australasian transport research forum, London, UK: ETM GROUP, 2007. pp. 1–16.
11. Vaziri M. Development of highway congestion index with fuzzy set models. *Transportation research record*, 2002, vol. 1802, issue 1, pp. 16–22.
12. Соколов С. В., Сибиряков М. В. Определение преимущества движения пожарно-спасательных подразделений в транспорт-

ном потоке // *Технологии техносферной безопасности*. 2017. № 1 (71). С. 244–254.

13. Терехнев В. В., Подгрушный А. В. *Пожарная тактика: Основы тушения пожаров*. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 322 с.

14. Масаев В. Н., Вдовин О. В., Мухомиков Д. В. *Базовые шасси пожарных автомобилей и спасательной техники*. Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. 202 с.

15. Mayr A., Binder H., Gefeller O., Schmid M. The evolution of boosting algorithms – From machine learning to statistical modeling. *Methods in Med*, 2014, vol. 53 (6), pp. 419–427.

References

1. Issledovanie zavisimosti riska gibeli lyudej na pozharah ot vremeni pribytiya pervogo pozhnarogo podrazdeleniya [Investigation of the dependence of the risk of people dying in fires on the time of arrival of the first fire department] / A. A. Poroshin, V. V. Harin, A. A. Kondashov [et al.]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2019, issue 9 (225), pp. 3–9.

2. Sokolov S. V., Kostyuchenko D. V. Upravlenie riskami gibeli lyudej pri pozharah v zhilyh domah gorodskih poselenij [Risk management of deaths in fires in residential buildings of urban settlements]. *Pozharovzryvobezopasnost'/ Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, issue 1, pp. 61–74.

3. Semikov V. L., Alekseev S. P., Vili- sov V. Ya. Statisticheskij analiz zavisimosti pokazatelej ushcherba ot vremeni pribytiya pervogo pozhnarogo podrazdeleniya na pozhar [Statistical analysis of the dependence of damage indicators on the time of arrival of the first fire department to the fire]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2019, vol. 2 (84), pp. 72–83.

4. Sibiryakov M. V. Analiz geoinformacionnyh dannyh o sledovanii pozhnarospasatel'nyh podrazdelenij k mestam ekstremnyh vyzovov [Analysis of geoinformation data on the following of fire and rescue units to the places of emergency calls]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2016, issue 6, pp. 214–221.

5. Vliyanie zagruzhenosti dorog na srednyuyu skorost' sledovaniya pozhnarnykh avtomobilej [The influence of traffic congestion on the average speed of fire trucks] / V. V. Harin, V. A. Mash- takov, E. V. Bobrinev [et al.]. *Vestnik NCBZHD*, 2021, vol. 3 (49), pp. 110–119.

6. Gholamizadeh K. [et al.] Quantitative Analysis on Time Delay Factors Influencing Firefighters' Response Time in the Process Industries Using Fuzzy Sets Theory. *International Journal of Occupational Hygiene*, 2022, vol. 14, issue 1, pp. 1–17.

7. Assessment of traffic congestion scenario at the CBD areas in a developing city: In the context of Khulna City, Bangladesh / M. A. Noor, S. Ashrafi, M. A. Fattah [et al.] *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2021, vol. 11. pp. 1–11.

8. Couture V., Duranton G., Turner M. A. Speed. *Review of Economics and Statistics*, 2018, vol. 100, issue 4, pp. 725–739.

9. Wang W. X., Guo R. J., Yu J. Research on road traffic congestion index based on comprehensive parameters: Taking Dalian city as an example. *Advances in Mechanical Engineering*, 2018, vol. 10, issue 6, pp. 1–8.

10. Aftabuzzaman M. Measuring traffic congestion—a critical review. 30th Australasian transport research forum, London, UK: ETM GROUP, 2007. pp. 1–16

11. Vaziri M. Development of highway congestion index with fuzzy set models. *Transportation research record*, 2002, vol. 1802, issue 1, pp. 16–22.

12. Sokolov S. V., Sibiryakov M. V. Opre-delenie preimushchestva dvizheniya pozharno-spasatel'nyh podrazdelenij v transportnom potoke [Determining the advantages of the movement of fire and rescue units in the traffic flow]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2017, vol. 1 (71), pp. 244–254.

13. Terebnev V. V., Podgrushnyj A. V. *Pozharnaya taktika: Osnovy tusheniya pozharov* [Fire tactics: The basics of extinguishing fires]. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2012. 322 p.

14. Masaev V. N., Vdovin O. V., Muhovikov D. V. *Bazovye shassi pozharnyh avtomobilej i spasatel'noj tekhniki* [Basic chassis of fire trucks and rescue equipment]. Zhelezno-gorsk: Sibirskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2017. 202 p.

15. Mayr A., Binder H., Gefeller O., Schmid M. The evolution of boosting algorithms – From machine learning to statistical modeling // *Methods in Med*, 2014, vol. 53 (6), pp. 419–427

Мироненко Роман Владимирович

Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

кандидат технических наук, доцент кафедры организации деятельности пожарной охраны
(в составе учебно-научного комплекса систем обеспечения пожарной безопасности)

E-mail: fds-smv@yandex.ru

Mironenko Roman Vladimirovich

Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Moscow

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Organization
of Fire Protection Activities (as part of the educational and scientific complex of fire safety systems)

E-mail: fds-smv@yandex.ru

Сибиряков Максим Владимирович

Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

кандидат технических наук, начальник учебно-научного комплекса систем обеспечения
пожарной безопасности

E-mail: sibiryakov.m@bk.ru

Sibiryakov Maksim Vladimirovich

Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Moscow

Candidate of Technical Sciences, Head of the educational and scientific complex of fire safety systems

E-mail: sibiryakov.m@bk.ru

Соковнин Артем Игоревич

Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

кандидат технических наук, доцент кафедры организации деятельности пожарной охраны
(в составе учебно-научного комплекса систем обеспечения пожарной безопасности)

E-mail: sokovninartem88@yandex.ru

Sokovnin Artem Igorevich

Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Moscow

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Organization of Fire Protection
Activities (as part of the educational and scientific complex of fire safety systems)

E-mail: sokovninartem88@yandex.ru

УДК 614.849

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАЗВЕДКИ ПОЖАРА В ЗДАНИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА

К. А. МИХАЙЛОВ¹, А. О. СЕМЕНОВ², Д. В. ТАРАКАНОВ¹

¹ Академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Москва

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: kirillitsami@mail.ru, ao-semenov@mail.ru, den-pgs@yandex.ru

В представленной работе проанализированы средства мониторинга пожара в зданиях. Использование современных систем мониторинга пожаров позволяет эффективно контролировать ситуацию и оперативно принимать решения в процессе тушения, что в свою очередь повышает уровень безопасности личного состава пожарно-спасательных подразделений и снижает возможные потери.

Разработана и предложена математическая модель для организации разведки пожара в зданиях. Показано, что модель основывается на взаимосвязи показателя тактических возможностей группы разведки (пожарного подразделения), производительности группы разведки и вероятности успеха поиска очага пожара группой разведки. Разработана структура информационной системы анализа управленческих решений для организации разведки пожара в зданиях.

Ключевые слова: средства мониторинга, подразделения пожарной охраны, пожар в здании, разведка пожара.

INFORMATION SYSTEM AND MATHEMATICAL MODEL FOR THE ORGANIZATION OF FIRE INVESTIGATION IN BUILDINGS USING MONITORING TOOLS

К. А. MIKHAYLOV¹, А. О. SEMENOV², D. V. TARAKANOV¹

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Vocational Training

«The State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Moscow

² Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: kirillitsami@mail.ru, ao-semenov@mail.ru, den-pgs@yandex.ru

In the presented work, the means of monitoring fire in buildings are analyzed. The use of modern fire monitoring systems makes it possible to effectively control the situation and promptly make decisions during the extinguishing process, which in turn increases the level of safety of fire protection personnel and reduces possible losses.

A mathematical model for the organization of fire investigation in buildings has been developed and proposed. It is shown that the model is based on the relationship between the tactical capabilities of the reconnaissance group (fire department), the performance of the reconnaissance group and the probability of success of the search for a fire by the reconnaissance group. The structure of the information system for the analysis of management decisions for the organization of fire investigation in buildings has been developed.

Key words: monitoring equipment, fire departments, fire in buildings, fire exploration.

Введение

Ежегодное количество пожаров по всему миру остается на высоком уровне. Это связано с увеличением населения, развитием технологий и изменением климата. В связи с этим возрастает актуальность темы управления пожарными подразделениями.

Современные технологии позволяют создавать и использовать различные системы и средства мониторинга, которые предоставляют информацию о состоянии пожарной безопасности здания в режиме реального времени. В свою очередь мониторинг и контроль в процессе тушения пожаров являются неотъемлемой частью работы подразделений пожарной охраны (ПО). В связи с этим, важно понимать, какие системы и средства используются для контроля и мониторинга обстановки во время пожара в зданиях.

В настоящее время существует большое количество различных технических средств мониторинга и обнаружения пожара.

Эти средства делятся на стационарные (т.е. установлены в автоматической системе противопожарной защиты) и мобильные (например, тепловизоры, средства фото- и видеомониторинга на основе коротковолнового инфракрасного диапазона (КИД)). Средства мониторинга КИД в сравнении со средствами мониторинга видимого диапазона обеспечивают качество съемки в условиях дыма, позволяют видеть в условиях низкой освещенности [1-8]. При использовании средств мониторинга КИД в условиях задымления подразделения ПО могут своевременно обнаружить, локализовать и ликвидировать пожар. Эмпирически, в работах [9, 10], доказана эффективность применения мобильных средств мониторинга – тепловизоров и камер КИД.

На основе анализа источника литературы [1111] построена схема применения средств мониторинга подразделениями ПО при выполнении боевых задач на пожаре в зданиях (рис. 1).

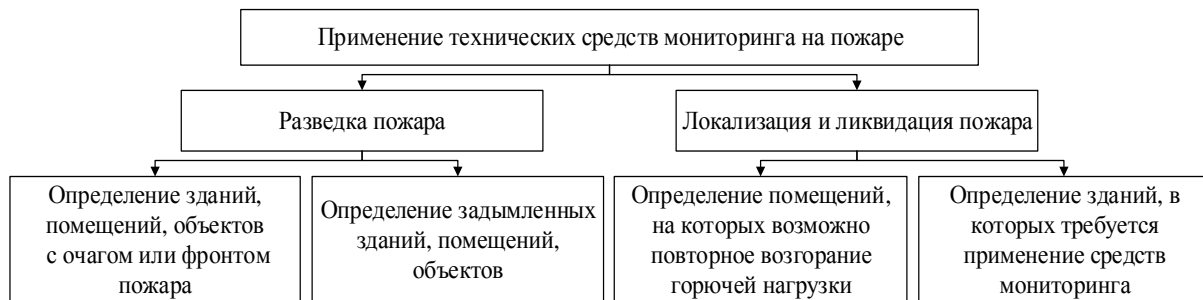


Рис.1. Схема применения средств мониторинга на пожаре

В концепции управления подразделениями ПО в процессе тушения пожаров в зданиях под мониторингом пожара понимается процесс непрерывного или интервального сбора данных о развитии пожара, включая их обработку, анализ, а также представление (визуализацию, аудиализацию) информации с целью обеспечения системы управления действиями по тушению пожара и других пользователей, получающих информацию о ходе и прогнозах развития пожара. Пользователями такой информации являются руководящие должностные лица и органы, которые непосредственно используют результаты мониторинга для принятия решений о локализации и ликвидации пожара в зданиях. В основном практика тушения пожаров в зданиях показывает, что потребителями результатов мониторинга являются руководитель тушения пожара (РТП), должностные лица нештатной структуры управления действиями на пожаре (оперативный штаб на месте пожара), должностные

лица центров управления в кризисных ситуациях Главных управлений МЧС России, а также другие организационные структуры, заинтересованные в получении результатов мониторинга пожара на объекте защиты [12].

Совершенствование управленческой деятельности путем внедрения в процесс принятия решений систем поддержки управления (СПУ) определяет повышение эффективности работы должностных лиц системы управления на пожаре. В практике применения СПУ на пожаре приобрели важное значение методы, формы и процедуры принятия решений. Эти элементы представляют собой комплексный инструментарий, одновременно составляя отдельную категорию управления подразделениями ПО. Разнообразие задач управления, которые решаются руководящими лицами в системе управления на пожаре, обуславливает многообразие методов поддержки принятия решений. Поэтому возникает необходимость поиска новых механизмов и методов поддерж-

ки принятия решений на базе информации от технических средств наблюдения за параметрами развития и тушения пожаров – мобильных средств мониторинга и их совокупности, автоматизированных систем мониторинга динамики параметров пожара [14–16]. Применение мобильных средств мониторинга на основе инфракрасного диапазона при организации разведки пожара в задымленном здании осуществляется под руководством РТП [командира звена газодымозащитной службы (ГДЗС)].

Основная часть

Рассмотрим модель разведки пожара в зданиях на основе трех составляющих: 1 – показатель тактических возможностей звеньев ГДЗС при проведении разведки пожара в здании m ; 2 – общий объем работы по разведке пожара в здании; 3 – вероятностная оценка успеха при выполнении объема работы.

Первая составляющая модели представляет собой расчетную площадь поиска S_p , которую способно обследовать подразделение ПО в составе m звеньев газодымозащитной службы. Данный показатель характеризуется кортежем:

$$S_p = \langle F; R; D; d; L_{(+)}; L_{(-)}; V_{(+)}; V_{(-)}; m; \tau \rangle, \tag{1}$$

где F – фронт разведки очага пожара, м;
 D – дальность видимости звена ГДЗС, м;
 d – эффективное расстояние между звеньями в группе разведки, м;
 $L_{(+)}$ – путь движения звена ГДЗС по выбранному направлению (R) к очагу, м;
 $L_{(-)}$ – обратный путь движения звена ГДЗС в непредвиденном случае, м;
 $V_{(+)}$ – скорость движения звена ГДЗС в направлении (R) к очагу, м·мин⁻¹;

$V_{(-)}$ – скорость движения звена ГДЗС в обратном направлении, м·мин⁻¹;
 m – количество звеньев ГДЗС;
 τ – время проведения разведки пожара, мин.

Рассмотрим взаимосвязи параметров модели тактических возможностей звена ГДЗС при разведке очага пожара в зданиях на примере рис. 2.

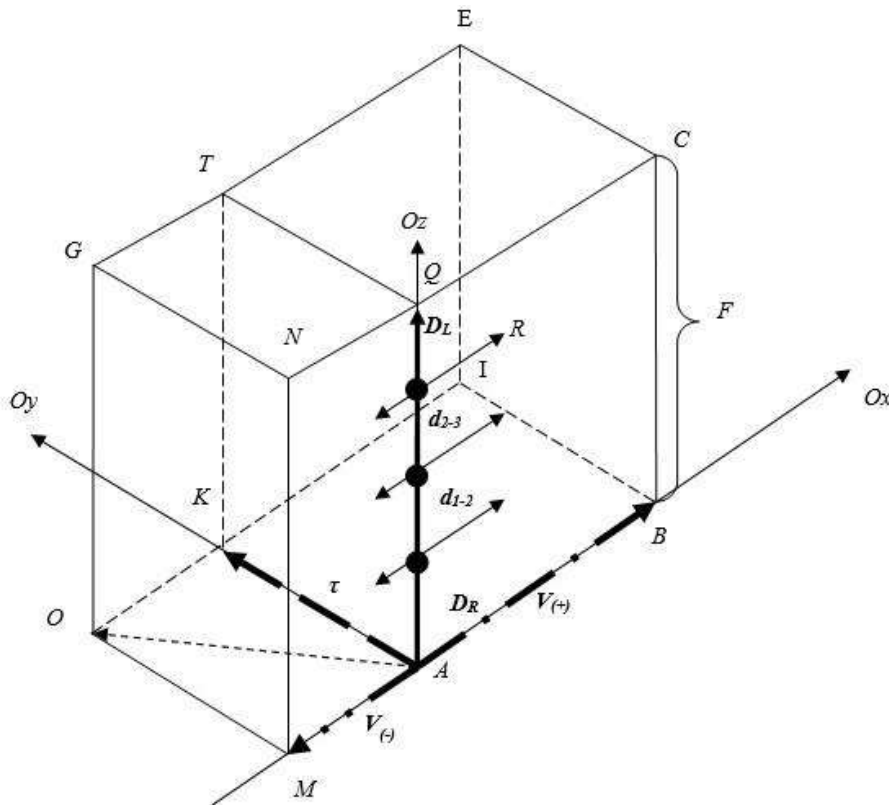


Рис. 2. Геометрическая интерпретация показателя тактических возможностей звеньев ГДЗС при разведке очага пожара в зданиях

Фронт разведки очага пожара F определяется в зависимости от количества звеньев (m), эффективного расстояния между звеньями ГДЗС (d) и дальности видимости каждого из звеньев (D). В общем случае стоит отделять видимость с каждой из сторон группы разведки в отдельности, тогда дополнительно рассмотрим (D_R) и (D_L), дальность видимости слева (L - left) и дальность видимости справа (R - right). Тогда фронт разведки очага пожара будем определять по формуле:

$$F = (m-1)d + D_L + D_R, \quad (2)$$

где D_R и D_L – видимость слева и справа относительно центра группы разведки в направлении R , м.

Так на рис. 2 фронт разведки очага пожара представляет собой отрезок (AQ) и его направление соответствует оси аппликат (Oz).

Производительность поиска группой в составе m звеньев ГДЗС при разведке очага пожара ($U_{(+)}$) представляет собой произведение фронта разведки (F) и произведение скорости движения группы разведки в выбранном направлении (R) к очагу пожара ($V_{(+)}$), то есть определяется по формуле:

$$U_{(+)} = ((m-1)d + D_L + D_R)V_{(+)}. \quad (3)$$

Аналогично рассчитывается производительность разведки в обратном направлении:

$$U_{(-)} = ((m-1)d + D_L + D_R)V_{(-)}. \quad (4)$$

На рис. 2 производительность разведки в направлении R это фигура ($ABCQ$), в обратном направлении – фигура ($AMNQ$).

Тогда путь группы при разведке очага пожара в здании ($L_{(+)}$) будет представлять собой произведение скорости движения группы разведки в выбранном направлении (R) к очагу пожара ($V_{(+)}$) и времени проведения разведки (τ) по формулам:

$$L_{(+)} = V_{(+)} \cdot \tau \quad (5) \quad \text{и} \quad L_{(-)} = V_{(-)} \cdot \tau \quad (6).$$

Соответственно на рис. 2 это фигуры ($AKIB$) и ($AKOM$). Тогда площадь, пройденная группой разведки в направлении R за время (τ), представляет собой произведение производительности разведки ($U_{(+)}$) на время (τ) или, что эквивалентно произведению пути, пройденного группой разведки ($L_{(+)}$), на фронт разведки (F).

Таким образом, вероятностная модель разведки очага пожара звеньями ГДЗС представляет собой систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} S \frac{dq}{d\tau} = -U_{(+)}q + U_{(-)}p \\ S \frac{dp}{d\tau} = -U_{(-)}p + U_{(+)}q \end{cases} \quad (7)$$

где p – вероятность успеха при разведке очага пожара; q – вероятность неудачи при разведке очага пожара; $U_{(+)}$; $U_{(-)}$ – производительность поиска группы разведки в составе m звеньев ГДЗС в заданном и обратном направлении, $\text{м}^2 \cdot \text{мин}^{-1}$; S – расчетная площадь разведки очага пожара, м^2 .

Решение системы уравнений (7) проведем при начальных условиях $\tau=0 \rightarrow p(0)=p_0=1$; $q(0)=q_0=0$ с учетом дополнительного соотношения:

$$p = 1 - q. \quad (8)$$

Введем обозначение пороговой вероятности неудачи при разведке очага пожара:

$$q^* = \frac{U_{(-)}}{U_{(+)} + U_{(-)}} = \frac{V_{(-)}}{V_{(+)} + V_{(-)}} = \frac{K}{K+1}. \quad (9)$$

В соотношении (9) коэффициент K характеризует отношение общей работы, проведенной звеном ГДЗС, в заданном и обратном направлении:

$$K = \frac{U_{(-)}}{U_{(+)}} = \frac{V_{(-)}}{V_{(+)}}. \quad (10)$$

Физический смысл введенного коэффициента K раскрывает специфику организации разведки. Так, если $K=0$, то разведка организована наилучшим образом, если $K<1$ – разведка организована рационально и затраты времени на разведку очага пожара в заданном направлении превышает затраты времени на работу звеньев ГДЗС в обратном направлении, в противном случае $K>0$.

С учетом формулы (9) запишем окончательное решение системы уравнений относительно q :

$$q = \frac{K}{1+K} + \left(1 - \frac{K}{1+K}\right) \exp\left(-\frac{U_{(+)}\tau}{S}(1+K)\right). \quad (11)$$

Учитывая начальные и конечные условия интегрирования, которые сводятся к группе равенств:

$$q = 1 - p \quad (12), \quad q^* = 1 - p^* \quad (13), \quad q_0 = 1 - p_0 \quad (14),$$

получим аналитическое решение системы уравнений относительно вероятности успеха разведки очага пожара (p), которое будет записываться следующим образом:

$$p = \frac{1}{1+K} + \left(0 - \frac{1}{1+K}\right) \exp\left(-\frac{U_{(+)}\tau}{S}(1+K)\right). \quad (15)$$

При анализе значений времени обнаружения пожара, проведем функциональный анализ вероятности успеха при разведке очага пожара. Введем обозначения:

$$p^* = \frac{1}{1+K} \quad (16) \quad \text{и} \quad p_{(+)} = \frac{U_{(+)}}{S} \quad (17),$$

тогда получим:

$$p = p^* - p^* \exp\left(-\frac{p_{(+)}\tau}{p^*}\right). \quad (18)$$

Выполнив математические преобразования, получим функцию для оценки времени обнаружения очага пожара на расчетной площади поиска S группой разведки в составе m звеньев ГДЗС:

$$\tau = \frac{p^*}{p_{(+)}} \ln\left(\frac{p^*}{p^* - p}\right). \quad (19)$$

Рассмотрим частный случай, когда разведка пожара организована наилучшим образом, т.е. коэффициент $K=0$ и соответственно $p^*=1$. Подставив известные данные в выражение (15), получим следующую формулу для оценки времени обнаружения очага пожара:

$$\tau = \frac{S}{U_{(+)}} \ln\left(\frac{1}{1-p}\right), \quad (20)$$

После преобразования (20) выражения для вероятностей p и q будут:

$$p = 1 - \exp\left(-\frac{U_{(+)}\tau}{S}\right) \quad (21),$$

$$q = \exp\left(-\frac{U_{(+)}\tau}{S}\right) \quad (22).$$

Полученное математическое представление вероятности успеха поиска очага пожара согласуется с предложенной ранее моделью в [17].

Таким образом, модель визуальной разведки очага пожара основывается на взаимосвязи показателя тактических возможностей группы разведки (подразделения ПО), производительности U группы разведки и вероятности p успеха поиска очага пожара группой разведки.

В соответствии с разработанной в [14] иерархической функциональной структурой системы поддержки управления подразделениями ПО при тушении пожаров в зданиях на основе средств мониторинга произведена алгоритмизация и программная реализация процедур поддержки при выполнении задачи по поиску очага пожара в здании [13].

Для процесса поиска очага пожара в здании разработана система многокритериального анализа управленческих решений. В данной системе количество сравнений зависит от числа альтернатив управленческих решений при поиске очага пожара в здании и соответствующих им векторных оценок. На основе проведенного анализа выявлено, что целесообразно реализовать процедуру анализа в виде формальной структуры, представленной на рис.3.

Структура системы многокритериального анализа управленческих решений в процессе поиска очага пожара в здании при наличии задымления представлена в виде набора отдельных блоков, в каждом из которых реализуются алгоритмы. Каждый блок системы выполняет конкретную задачу в многокритериальном анализе. Так для примера приведем алгоритм работы блоков AI, AI-I и AII, блок-схема представлена на рис.4. В блоке AI производится поиск точки максимума многопараметрической функции на множестве векторных оценок. В блоке AI-I рассчитываются значения весовых коэффициентов важности для модификации векторного критерия. В блоке AII вводятся весовые коэффициенты в векторный критерий для реализации способов модификации при решении конусной задачи векторной оптимизации.

В табл. приведем основные операторы и функции для работы алгоритма.

После обработки всех данных, расчета необходимых сил и средств подразделений ПО с использованием программного обеспечения [11], организуется разведка очага пожара с применением мобильных средств мониторинга на основе инфракрасного диапазона. После обнаружения очага пожара в зданиях проводятся действия по тушению пожара.

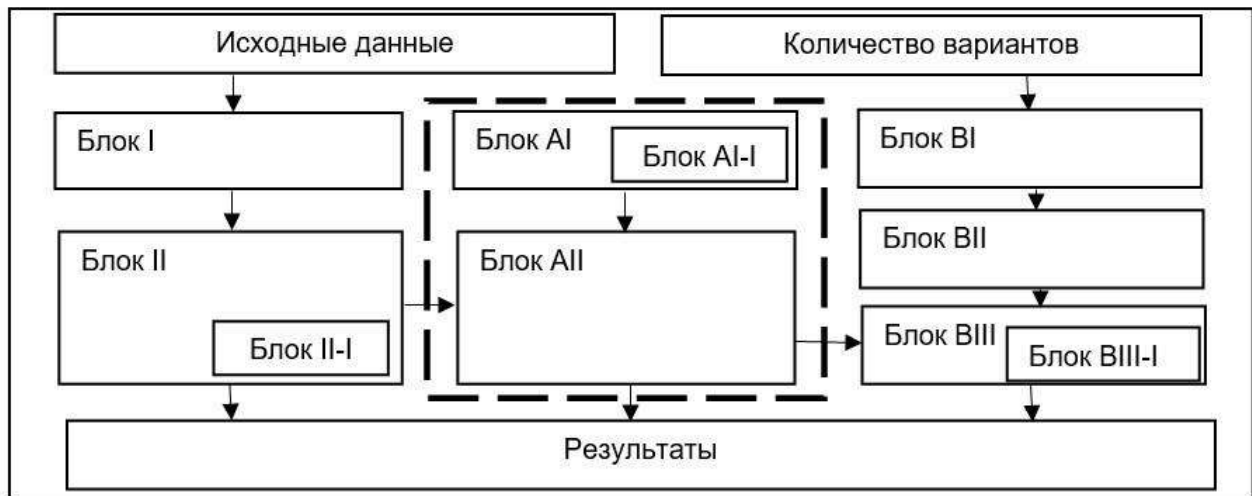


Рис. 3. Укрупненная структура подсистемы анализа управленческих решений

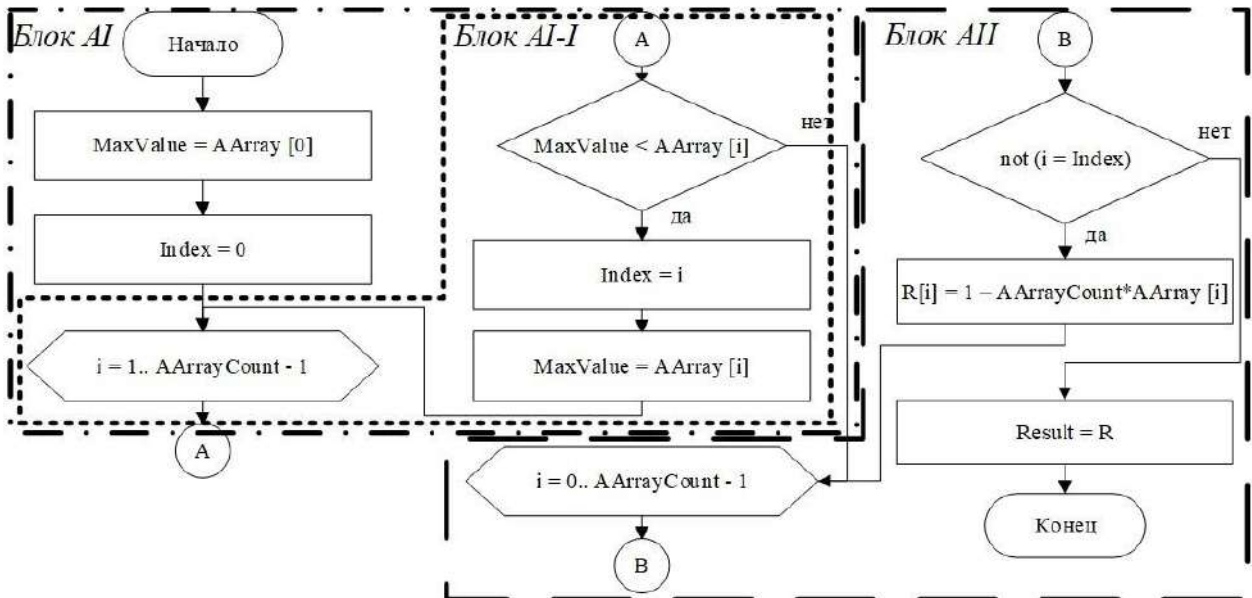


Рис. 4. Блок-схема алгоритма для оценки времени поиска очага пожара в здании

Таблица. Операторы и функции, необходимые для реализации алгоритма

Операторы	Выполняемые функции
AArray	Оператор задания множества весовых коэффициентов важности компонент векторного критерия
MaxValue	Оператор поиска максимального элемента
Index = 0	Оператор пустого множества номеров и компонент векторного критерия
i = 1..AArrayCount - 1	Оператор номеров весовых коэффициентов важности компонент векторного критерия
MaxValue < AArray [i]	Функция поиска максимального элемента во множестве весовых коэффициентов важности компонент векторного критерия
Index = i	Оператор проверки номера анализируемых вариантов

Операторы	Выполняемые функции
MaxValue = AArray [i]	Функция завершения поиска максимального варианта во множестве весовых коэффициентов
i = 0..AArrayCount - 1	Оператор детерминации номеров весовых коэффициентов важности
not (i = Index)	Оператор поиска ошибок в номерах анализируемых вариантов
R[i] = 1 – AArrayCount*AArray [i]	Оператор модификации векторного критерия
Result = R	Оператор детерминации результатов анализа по алгоритму

Заключение

Системы и средства мониторинга пожаров являются важными инструментами для пожарных и спасательных подразделений. Основными достоинствами систем мониторинга пожаров являются – оперативность получения информации о пожаре; возможность отслеживания динамики развития пожара; повышение эффективности работы подразделений ПО; снижение риска для жизни и здоровья людей; экономия ресурсов и времени.

Использование современных технических средств и систем мониторинга пожаров позволяет эффективно контролировать ситуацию и принимать правильные управленческие

решения в процессе тушения, что в свою очередь повышает уровень безопасности и снижает возможные потери.

В рамках исследования была разработана и предложена модель визуальной разведки пожара, которая позволила описать процесс обнаружения пожара звеньями ГДЗС. Предложена структура системы многокритериального анализа управленческих решений в процессе поиска очага пожара в здании. Однако, для достижения еще более точных результатов, необходимо продолжать исследования и разработку новых методов и алгоритмов, а также улучшать существующие модели.

Список литературы

1. Детекторы коротковолнового ИК-диапазона на основе InGaAs (обзор) / И. Д. Бурлаков, Л. Я. Гринченко, А. И. Дирочка [и др.] // Успехи прикладной физики, 2014. Т. 2. № 2. С 131–162.

2. Оптико-электронная система для улучшения видимости при задымлении / А. В. Суриков, Н. С. Лешенюк, Б. Ф. Кунцевич, [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. 2014. № 2 (20). С. 4–12.

3. Суриков А. В., Петухов В. О., Горобец В. А. Основные методы и устройства, применяемые и перспективные для улучшения видимости при чрезвычайных ситуациях // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2011. № 1 (29). С. 121–129.

4. In-Scene-Based Atmospheric Correction Of Uncalibrated Visible-SWIR (VIS-SWIR) Hyper- And Multi-Spectral Imagery / L. S. Bernstein, S. M. Adler-Golden, R. L. Sundberg [et al.]. Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XIII, 2008, pp. 706–710. DOI: 10.1117 / 12.808193.

5. Sensor Assisted Fire Fighting / A. Cowlard, W. Jahn, C. Abecassis-Empis [et al.]. Fire Technology, 2010, vol. 46, issue 3, pp. 719–741. DOI: 10.1007/s10694-008-0069-1.

6. Hansen M. P., Malchow D. S. Overview of SWIR detectors, cameras and applica-

tions. Proc. SPIE, 2008, vol. 6939, pp. 69390I-1–69390I-11.

7. Rogalski A. Infrared Detectors. A2nd ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, 2010. 898 p.

8. High uniformity, stability, and reliability large-format InGaAs APD arrays / X. Wu, Y. Gu, F. Yan [et al.]. Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO). Baltimore, Maryland, May 6, 2007. p. CMII2. DOI: 10.1109/cleo.2007.4452558.

9. Результаты испытаний измерительных средств инфракрасного диапазона по обнаружению очага возгорания / М. В. Алешков, С. В. Попов, Н. Г. Топольский [et al.]. Технологии техносферной безопасности. 2021. Вып. 3 (93). С. 19–28. DOI:10.25257/TTS.2021.3.93.19-28.

10. Анализ результатов испытаний средств визуализации различных диапазонов спектра для обнаружения очага возгорания и человека в огневом тренажерном комплексе ПТС «Уголек» / М. В. Алешков, Н. Г. Топольский, К. А. Михайлов [и др.] // Успехи прикладной физики. 2022. Т. 10. № 1. С. 63–70. DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-1-63-70.

11. Повзик Я. С. Пожарная тактика: учебное пособие. М.: Спецтехника, 2004. 416 с.

12. Руководство по повышению эффективности действий подразделений пожарной охраны при ликвидации пожаров на

начальных этапах развития в зданиях с использованием информации от мониторинговых систем поддержки управления. А. О. Семенов, Д. В. Тараканов, М. О. Баканов [и др.]. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2017. 35 с.

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU2022664738 Российская Федерация. Программный модуль для оценки вероятности тушения пожара в здании первым прибывшим подразделением пожарной охраны / К. А. Михайлов, Д. В. Тараканов. заявл. 14.07.2022; опубл. 04.08.2022, Бюл. № 8. EDN SJOKCY.

14. Модели поддержки управления пожарными подразделениями на основе информации от систем и средств мониторинга: монография / Д. В. Тараканов, А. В. Мокшанцев, К. А. Михайлов [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. 182 с.

15. Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Михайлов К. А. Теоретические основы поддержки управления пожарными подразделениями на основе мониторинга динамики пожара в здании: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. 320 с.

16. Инфо-аналитические технологии в работе пожарно-спасательных формирований с использованием инфракрасных технологий. / Т. Х. Нгуен, Н. Г. Топольский, Д. В. Тараканов, [и др.]. Журнал структурной пожарной инженерии. 2020. Т. 11. № 4. С. 461–479. DOI: 10.1108/JSFE-03-2020-0010.

17. Совершенствование информационного обеспечения групп разведки пожара при его мониторинге в здании с использованием инфракрасных технологий / Н. Г. Топольский, Д. В. Тараканов, К. А. Михайлов [и др.]. // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2019. Т. 28, № 3. С. 89–97. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.03.89-97.

References

1. Detektory korotkovolnovogo IR-diapazona na osnove InGaAs (obzor) [Short wavelength infrared InGaAs detectors] / I. D. Burlakov, L. Ya. Grinchenko, A. I. Dirochka [et al.]. *Uspekhi prikladnoi fiziki*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 131–162.

2. Optiko-elektronnaya sistema dlya uluchsheniya vidimosti pri zadymlenii [Optoelectronic system to increase visibility in a smoky environment] / A. V. Surikov, N. S. Leshenyuk, B. F. Kuncevich [et al.]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo institute MChS Respubliki Belarus'*, 2014, vol. 2 (20), pp. 4–12.

3. Surikov A. V., Petuhov V. O., Gorobets V. A. Osnovnye metody I ustrojstva,

primenyaemye i perspektivnye dlya uluchsheniya vidimosti pri chrezvychajnyh situatsiyah [Current and prospective basic methods and devices to improve visibility in emergency situations]. *Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya*, 2011, vol. 1 (29), pp. 121–129.

4. In-Scene-Based Atmospheric Correction Of Uncalibrated Visible-SWIR (VIS-SWIR) Hyper- And Multi-Spectral Imagery / L. S. Bernstein, S. M. Adler-Golden, R. L. Sundberg [et al.]. *Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XIII*, 2008, pp. 706–710. DOI: 10.1117/12.808193.

5. Sensor Assisted Fire Fighting / A. Cowlard, W. Jahn, C. Abecassis-Empis [et al.]. *Fire Technology*, 2010, vol. 46, issue 3, pp. 719–741. DOI: 10.1007/s10694-008-0069-1.

6. Hansen M. P., Malchow D. S. Overview of SWIR detectors, cameras and applications. *Proc. SPIE*, 2008, vol. 6939, pp. 69390I-1–69390I-11.

7. Rogalski A. *Infrared Detectors*. A2nd ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, 2010. 898 p.

8. High uniformity, stability, and reliability large-format InGaAs APD arrays / X. Wu, Y. Gu, F. Yan [et al.]. *Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)*. Baltimore, Maryland, May 6, 2007. p. CM12. DOI: 10.1109/cleo.2007.4452558.

9. Rezul'taty ispytaniy izmeritel'nyh sredstv infrakrasnogo diapazona po obnaruzheniyu ochaga vozgoraniya [Results of tests for the detection of a fire source using infrared measuring instruments] / M. V. Aleshkov, S. V. Popov, N. G. Topolskiy [et al.]. *Texnologii texnosfernoj bezopasnosti*, 2021, vol. 3 (93), pp. 19–28. DOI: 10.25257/TTS.2021.3.93.19-28.

10. Analiz rezul'tatov ispytaniy sredstv vizualizatsii razlichnyh diapazonov spectra dlya obnaruzheniya ochaga vozgoraniya I cheloveka v ognevom trenazhernom komplekse PTS «Ugolek» [Analysis of the test results of visualization means of various spectrum ranges for the detection of a fire source and a person in the fire training complex PTS «Ugolyok»] / M. V. Aleshkov, S. V. Popov, N. G. Topolskiy [et al.]. *Uspekhi prikladnoi fiziki*, 2022, vol. 10, issue 1, pp. 63–70. DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-1-63-70.

11. Povzik Ya. S. *Pozharnayataktika: uchebnoe posobie* [Fire Tactics: textbook]. Moscow: Spectekhnika, 2004. 416 p.

12. *Rukovodstvo po povysheniyu effektivnosti dejstvij podrazdelenij pozharnej ohrany pri likvidatsii pozharov na nachal'nyh etapah razvitiya v zdaniyah s ispol'zovaniem informatsii ot monitoringovyh sistem podderzhki upravleniya* [Guidelines for improving the effectiveness of fire protection units in the elimination of fires at the initial stages of development in buildings using infor-

mation from monitoring management support systems] / A. O. Semenov, D. V. Tarakanov, M. O. Bakanov [et al.]. Ivanovo: IPSA GPS MCHS Rossii, 2017, 35 p.

13. Tarakanov D. V., Mikhaylov K. A. Svidetel'stvo Rospatenta o gosudarstvennoi registratsii programmy dlia EVM RU2022663557 Programmnyj modul' dlya ocenki veroyatnosti tusheniya pozhara v zdanii pervym pribyvshim podrazdeleniem pozharnoj ohrany [A software module for assessing the probability of extinguishing a fire in a building by the first arriving fire department], byulleten № 8 EDN SJOKCY.

14. Modeli podderzhki upravleniya pozharnymi podrazdeleniyami na osnove informacii ot system I sredstv monitoringa: monografiya [Models of fire department managements up portbased on information from monitoring systems and tools: monograph] / D. V. Tarakanov, A. V. Mokshantsev, K. A. Mikhaylov [et al.]. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2023. 182 p.

15. Topolskiy N. G., Tarakanov D. V., Mikhaylov K. A. Teoreticheskie osnovy podderzhki upravleniya pozharnym ipodrazdeleniyami na osnove monitoring dinamiki pozhara v zdanii: mono-

grafiya [Theoretical foundations of fire department management support based on monitoring the dynamics of a fire in a building: monograph]. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2019. 320 p.

16. Info-analiticheskie tekhnologii v rabote pozharno-spasatel'nyh formirovanij s ispol'zovaniem infrakrasnyh tekhnologij [Info-analytical technologies in the work of fire and rescue units using infrared technologies] / T. H. Nguen, N. G. Topol'skij, D. V. Tarakanov [et al.]. *Zhurnal strukturnoj pozharnoj inzhenerii*, 2020, vol. 11, issue 4, pp. 461-479. DOI: 10.1108/JSFE-03-2020-0010.

17. Sovershenstvovaniye informatsionnogo obespecheniya grupp razvedki pozhara pri yego monitoringe v zdanii s ispol'zovaniyem infrakrasnykh tekhnologiy [Improvement of information support fire intelligence groups at fire building monitoring using infrared technology] / N. G. Topolskiy, D. V. Tarakanov, K. A. Mikhaylov [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*, 2019; vol. 28, issue 3, pp. 89–97. DOI: 10.18322/PVB.2019.28. 03.89-97.

Михайлов Кирилл Андреевич

Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
Старший преподаватель кафедры
E-mail: kirillitsami@mail.ru

Mikhailov Kirill Andreevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Vocational Training «The State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Moscow
senior lecturer
E-mail: kirillitsami@mail.ru

Семенов Алексей Олегович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: ao-semenov@mail.ru

Semenov Alexey Olegovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ao-semenov@mail.ru

Тараканов Денис Вячеславович

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

доктор технических наук, профессор кафедры

E-mail: den-pgs@yandex.ru

Tarakanov Denis Vyacheslavovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Vocational Training «The State Fire Academy
of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences
of Natural Disasters»,

Russian Federation, Moscow

doctor of technical sciences, professor of the department

E-mail: den-pgs@yandex.ru

УДК 351.78

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ВЛАСТИ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Р. В. НИЗОВ¹, Л. Ю. ПУШИНА²

¹ Главное управление МЧС России по Нижегородской области
Российская Федерация, г. Нижний Новгород

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: Bas2808@yandex.ru, nizoff2705@mail.ru

Действующая система показателей эффективности деятельности органов государственной власти субъектов Российской Федерации рассматривается в аспекте достижения в регионе основных индикаторов качества жизни населения, которые, в свою очередь, связываются с обеспечением различных параметров безопасности (экологической, демографической, социальной и пр.). Констатируется отсутствие в этой системе показателей, позволяющих оценить, в какой мере в регионе обеспечивается безопасность жизнедеятельности населения, а также показателей эффективности деятельности органов власти в сфере профилактики чрезвычайных ситуаций и формирования у населения культуры безопасности жизнедеятельности, следствием чего является недостаточное внимание властных структур и должностных лиц к соответствующим направлениям своей работы.

Обосновывается тезис о необходимости дополнения существующей системы показателей оценки деятельности органов государственной власти субъектов РФ комплексным показателем «Обеспечение безопасности жизнедеятельности», который включал бы в себя пять компонентов (индикаторов), соответствующих основным направлениям данной работы, – защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; гражданская оборона; обеспечение пожарной безопасности; обеспечение безопасности на водных объектах; снижение показателей гибели людей в чрезвычайных ситуациях, на пожарах и на водных объектах. Обозначаются параметры, которые должны быть учтены при расчете каждого из этих индикаторов; особое внимание обращается на то, что в число этих параметров должны быть включены показатели деятельности органов власти в сфере профилактики чрезвычайных ситуаций и формирования у граждан культуры безопасности жизнедеятельности. Разработка критериев эффективности управленческой деятельности в сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности обуславливает научную новизну и практическую значимость работы.

Высказывается идея о том, что на основе достигнутых в субъектах РФ значений комплексного показателя «Обеспечение безопасности жизнедеятельности» может составляться рейтинг регионов России, что будет стимулировать региональные органы власти уделять вопросам обеспечения безопасности жизнедеятельности населения больше внимания, а также позволит им самостоятельно оценивать эффективность своей работы в этой сфере с целью ее корректировки и совершенствования.

Ключевые слова: органы власти, оценка эффективности деятельности, показатели, безопасность жизнедеятельности.

ON IMPROVING THE SYSTEM OF INDICATORS FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE ACTIVITIES OF THE AUTHORITIES OF THE SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION

R. V. NIZOV¹, L. YU. PUSHINA²

¹ The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Nizhny Novgorod region
Russian Federation, Nizhny Novgorod

² Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: Bas2808@yandex.ru, nizoff2705@mail.ru

The current system of performance indicators of public authorities of the subjects of the Russian Federation is considered in the aspect of achieving the main indicators of the quality of life of the population in the region, which, in turn, are associated with ensuring various safety parameters (environmental, demographic, social, etc.). It is stated that there are no indicators in this system to assess the extent to which the safety of the population's life is ensured in the region, as well as indicators of the effectiveness of the activities of authorities in the field of emergency prevention and the formation of a culture of life safety among the population, which results in insufficient attention of government structures and officials to the relevant areas of their work.

The thesis on the need to supplement the existing system of indicators for assessing the activities of public authorities of the subjects of the Russian Federation with a comprehensive indicator "Ensuring the safety of life", which would include five components (indicators) corresponding to the main areas of relevant work – protection of the population and territories from natural and man-made emergencies; civil defense; fire safety; ensuring safety at water facilities; reduction of death rates in emergency situations, fires and water bodies. The parameters that should be taken into account when calculating each of these indicators are indicated; special attention is paid to the fact that these parameters should include indicators of the activities of authorities in the field of emergency prevention and the formation of a culture of life safety among citizens. The development of criteria for the effectiveness of management activities in the field of life safety determines the scientific novelty and practical significance of the work.

The idea is expressed that on the basis of the values of the integrated indicator "Ensuring the safety of life" achieved in the subjects of the Russian Federation, a rating of the regions of Russia can be compiled, which will encourage regional authorities to pay more attention to the issues of ensuring the safety of life of the population, and also allow them to independently assess the effectiveness of their work in this area in order to adjust and improve it.

Key words: authorities, performance evaluation, indicators, life safety.

Специалистами давно признано, что формирование у населения культуры безопасности жизнедеятельности (КБЖ) является фактором, снижающим индивидуальные, социальные и глобальные риски, минимизирующим угрозы жизни и здоровью людей [1, С. 53]. Не случайно положение о том, что формирование культуры безопасности жизнедеятельности у населения Российской Федерации является важной государственной задачей, закреплено в утвержденных Указом Президента РФ от 11 января 2018 года № 12 «Основах государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года»¹.

Проблема улучшения работы заинтересованных органов государственной власти в сфере формирования КБЖ россиян поднималась специалистами и ранее [Там же]. Как будет показано ниже, она не утратила своей значимости и сегодня. Между тем, в настоящее время в России эффективность деятельности органов власти в сфере профилактики чрезвычайных ситуаций и формирования у населения культуры безопасности жизнедеятельности фактически никак не оценивается. Следствием

этого является недостаточное внимание властных структур и должностных лиц к соответствующим направлениям своей работы.

Целью настоящей работы, в конечном итоге, является совершенствование деятельности органов власти субъектов Российской Федерации в сфере формирования КБЖ населения, что, как мы полагаем, может быть достигнуто благодаря внесению изменений в существующую систему показателей оценки эффективности их деятельности.

Критерии, на базе которых сегодня в Российской Федерации должна оцениваться эффективность деятельности органов государственного управления, нашли отражение в национальном законодательстве. Прежде всего, в Конституции нашей страны, в соответствии со статьей 7 которой, Российская Федерация является социальным государством, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека². Следовательно, оценка эффективности деятельности органов государственной власти в конечном итоге должна определяться тем, в какой мере ими обеспечены (или не обеспечены) для граждан указанные условия.

¹ Основы государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года (утверждены Указом Президента РФ от 11 января 2018 года № 12).

² Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993, с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020).

В настоящее время в Российской Федерации в целом сформирована система нормативных правовых актов по оценке деятельности органов исполнительной власти регионов [2].

Впервые Указ с названием «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации» (№ 825) был подписан Президентом Российской Федерации 28 июня 2007 года³. Впоследствии аналогичные документы увидели свет:

в 2012 году – Указ Президента РФ от 21.08.2012 № 1199 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации»⁴;

в 2017 году – Указ Президента РФ от 14.11.2017 № 548 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации»⁵;

в 2019 году – Указ Президента РФ от 25.04.2019 № 193 «Об оценке эффективности деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации и деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации»⁶;

в 2021 году – Указ Президента РФ от 04.02.2021 № 68 «Об оценке эффективности деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации и деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации»⁷.

Названные Указы Президента РФ дополнялись нормативными правовыми актами, которые содержали разъяснения их отдельных

положений, а также методики расчетов каждого из утвержденных Указами показателей деятельности органов власти. В частности, Постановлением Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2021 года № 542 утверждены методики расчета каждого из ныне действующих показателей (как за отчетный период (за прошедший год), так и на перспективу – на текущий год и на плановый период, составляющий два года, следующие за отчетным периодом, – до 2030 года включительно)⁸.

По мере появления новых Указов предшествующие, разумеется, утрачивали юридическую силу. Как можно видеть, сроки действия двух последних из утративших силу Указов Президента (№ 548 от 14.11.2017 и № 193 от 25.04.2019) составили в среднем 2 года. А в целом с 2007 г. по настоящее время нормативно-правовое обеспечение оценки деятельности органов государственной власти субъектов Российской Федерации подвергалось значительным изменениям, что, по мнению специалистов, свидетельствует, во-первых, о стремлении федерального центра обеспечить комплексность и объективность такой оценки и, во-вторых, – о повышенном внимании к оценке качества жизни в регионах [3, С. 316].

Как известно, понятие «качество жизни» характеризует определенный уровень благосостояния, а также другие содержательные стороны жизни, которые весьма важны для современного человека, и которые трудно описать количественно: стремление к самореализации, возможность обладать свободой выбора, приобретать новый опыт и новые возможности *ради удовольствия*, способность находить равновесие между собственными интересами и интересами общества [4]. Качество жизни исследуется на основе не только количественных показателей, но и субъективных оценок людей, путем выявления уровня их удовлетворенности условиями своей жизнедеятельности, степенью соответствия этих условий потребностям и запросам личности [5, С. 39]. Исследователями признано, что одной из важнейших составляющих качества жизни людей является безопасность [6, С. 7]. Поэтому к числу индикаторов качества жизни отно-

³ Указ Президента Российской Федерации от 28.06.2007 № 825 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации» (утратил силу).

⁴ Указ Президента РФ от 21.08.2012 № 1199 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации» (утратил силу).

⁵ Указ Президента РФ от 14.11.2017 № 548 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации» (утратил силу).

⁶ Указ Президента РФ от 25.04.2019 № 193 «Об оценке эффективности деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации и деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации» (утратил силу).

⁷ Указ Президента Российской Федерации от 4.02.2021 № 68 (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 09.09.2022 № 620).

⁸ Постановление Правительства Российской Федерации от 3.04.2021 № 542 «Об утверждении методик расчета показателей для оценки эффективности деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации и деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, а также о признании утратившими силу отдельных положений постановления Правительства Российской Федерации от 17 июля 2019 г. № 915».

сят безопасность – экологическую, демографическую, общественную (поддержание правопорядка и законности), социальную (сдерживание роста имущественного неравенства, недопущение чрезмерного обострения социальных противоречий), духовную и пр. [7, С. 36].

Нам представляется важным дополнить этот список еще одним индикатором – безопасностью жизнедеятельности.

Как определяет ГОСТ, безопасность жизнедеятельности (БЖД) есть «состояние человека, общества и государства, при котором отсутствуют опасности и угрозы нанесения неприемлемого ущерба их жизненно важным интересам»⁹. При этом неприемлемый ущерб интерпретируется как «ущерб людям или окружающей среде, который: а) угрожает жизни или здоровью людей, или б) является серьезным и практически невозполнимым, или в) является несправедливым по отношению к нынешнему или будущим поколениям, или г) наносится без должного внимания к правам тех, кому он причиняется»¹⁰.

Безопасность жизнедеятельности обычно ассоциируется с профилактикой чрезвычайных ситуаций (ЧС) и с защитой от них. Недаром ГОСТ к целям формирования у населения культуры безопасности жизнедеятельности относит:

- снижение влияния человеческого фактора на риск ЧС;
- минимизацию количества пострадавших в ЧС;
- обеспечение безопасности человека, общества и государства;
- оптимизацию затрат при реализации мероприятий по защите населения и территорий от ЧС¹¹.

С учетом сказанного, безопасность жизнедеятельности, по нашему мнению, должна служить главнейшим индикатором качества жизни, ведь если сама жизнь и здоровье граждан в связи с ЧС находятся под угрозой, достижение других индикаторов качества жизни теряет значение.

Именно представленные выше индикаторы качества жизни (за исключением предлагаемого нами индикатора «безопасность жизнедеятельности») и служат основой, на базе которой формируются сегодня показатели оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и их высших должностных лиц. Так,

действующий перечень показателей, утвержденный Указом Президента РФ от 4 февраля 2021 г. № 68, включает 20 позиций¹², которые позволяют оценить деятельность соответствующих властных структур, реализуемую ими в целях достижения различных индикаторов высокого качества жизни населения (рис. 1).

Как можно видеть из рис. 1, в представленном перечне показателей практически отсутствуют такие, которые позволили бы оценить, в какой мере обеспечивается на той или иной территории безопасность жизнедеятельности населения. Надо сказать, что аналогичным образом обстояло дело и в более ранних редакциях системы показателей оценки деятельности органов власти субъектов РФ.

Такая ситуация противоречит духу Конституции Российской Федерации и ряда федеральных законов. В частности, Федерального закона от 21.12.1998 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», в соответствии с пунктом 1 которого, граждане Российской Федерации имеют право на защиту жизни, здоровья и личного имущества в случае возникновения чрезвычайных ситуаций¹³. Как уже отмечалось выше, при всей их несомненной важности, такие показатели, как ожидаемая продолжительность жизни при рождении, уровень бедности, темп роста реальной среднемесячной заработной платы и другие не будут иметь значения, если жизни и здоровью граждан будет угрожать реальная опасность, связанная, в частности, с возникновением на территории их проживания (временного пребывания) чрезвычайных ситуаций.

Между тем, рейтинг губернаторов российских регионов формируется сегодня в соответствии с показателями, зафиксированными в представленных выше нормативных правовых актах, и поэтому в своей работе высшие должностные лица субъектов Российской Федерации ориентируются именно на них. Отсутствие же в данных документах показателей, которые отражали бы эффективность деятельности в сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности, значительно снижает внимание руководителей органов власти к соответствующим вопросам.

⁹ Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 22.3.07-2014 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Культура безопасности жизнедеятельности». Дата введения 2015-04-01.

¹⁰ Там же.

¹¹ Там же.

¹² Указ Президента Российской Федерации от 4.02.2021 № 68 (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 09.09.2022 № 620).

¹³ Федеральный закон от 21.12.1998 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (в ред. от 11.06.2021).



Рис. 1. Индикаторы качества жизни населения, на достижение которых нацелена деятельность органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, в соответствии с показателями оценки этой деятельности

Сказанное не означает, конечно, что состояние вопросов обеспечения безопасности жизнедеятельности в различных регионах страны не изучается и вообще не принимается в расчет при анализе деятельности органов исполнительной власти различных уровней.

Так, согласно Постановлению Правительства РФ от 29 апреля 1995 г. № 444¹⁴,

¹⁴ Постановление Правительства РФ от 29.04.1995 № 444 «О подготовке ежегодного государственного доклада о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изме-

нениями и дополнениями от 24.06.1996, 25.06.2009, 17.08.2019).

МЧС России ежегодно составляется Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (Госдоклад). В соответствии с Госдокладом, основным показателем защиты населения и территорий от ЧС является уровень потенциальных опасностей для жизнедеятельности населения (для определения которого формируются количественные показатели). В свою очередь, показателем защиты

нениями и дополнениями от 24.06.1996, 25.06.2009, 17.08.2019).

населения от потенциальных угроз является величина индивидуального риска, значение которой для субъектов Российской Федерации определяется отношением количества погибших при возникновении потенциальных опасностей к численности населения субъектов¹⁵.

Национальным стандартом¹⁶ для субъектов Российской Федерации определены значения допустимого индивидуального риска ЧС природного, техногенного (включая пожары) и биолого-социального характера.

На основе ежегодно предоставляемых субъектами Российской Федерации данных о числе погибших при ЧС, пожарах и происшествиях на водных объектах, определяются фактические значения величин индивидуального риска для жизнедеятельности населения, что позволяет сопоставлять уровни потенциальных опасностей и, следовательно, осуществлять сравнительный анализ состояния защиты населения в различных субъектах Российской Федерации. Сравнительная оценка уровней потенциальных опасностей в субъектах Российской Федерации осуществляется путем соотнесения соответствующих фактических значений индивидуального риска техногенных, природных и биолого-социальных ЧС и пожаров с допустимым индивидуальным риском¹⁷.

Однако, по нашему мнению, величина индивидуального риска не может служить тем показателем, который позволит дать объективную оценку деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти)

субъектов Российской Федерации и деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Для обоснования своей позиции рассмотрим данные о работе, реализуемой на территории Нижегородской области в сфере обеспечения безопасности людей на водных объектах (таблица).

В Нижегородской области насчитывается 51 муниципальное образование, и протекают две крупные водные артерии – реки Волга и Ока, что указывает на значимость для региона наличия оборудованных пляжей. Как явствует из данных, представленных в таблице, заметное увеличение в 2021 г. по сравнению с 2020 г. количества пляжей не снизило числа погибших на воде людей. Напротив, число погибших существенно возросло; при этом собственно на пляжах гибели людей зафиксировано не было. То есть количество оборудованных и безопасных мест для купания увеличилось, но жители региона все равно продолжали купаться в необорудованных местах. Количество административных протоколов, составленных по поводу купания в неположенных местах, в 2021 г. по сравнению с 2020 г. также значительно выросло, но, как видим, позитивно на динамике гибели людей это не сказалось.

В 2022 году пляжей в регионе стало больше всего на 1, но при этом показатели гибели людей на воде снизились.

Таблица. Показатели деятельности органов власти Нижегородской области в сфере обеспечения безопасности людей на водных объектах (2020-2022 гг.)

Показатель	2020	2021	2022
Происшествия	84	110	114
Гибель на воде	78	97	90
Количество пляжей	22	36	37
Гибель на пляжах	1	0	2
Количество должностных лиц, уполномоченных составлять протоколы за нарушение Правил охраны жизни людей на водных объектах	200	244	244
Количество составленных протоколов	20	108	13

¹⁵ Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году». – М.: МЧС России. ФГБВОУ «АГЗ МЧС России», 2022.

¹⁶ Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 22.10.02-2016 «Безопасность в ЧС. Менеджмент риска чрезвычайных ситуаций. Допустимый риск ЧС» (утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.06.2016 № 724-ст).

¹⁷ Методические рекомендации по подготовке материалов в «Обобщенный анализ защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций в 2021 году» (утв. МЧС России 30.11.2021).

Таким образом, прямой зависимости между предпринимаемыми органами власти мерами организационного и контрольно-надзорного характера и показателями гибели людей на воде (и, соответственно, фактическими значениями величины индивидуального риска гибели на водных объектах) не прослеживается. Очевидно, что это обусловлено «человеческим фактором» – купанием в нетрезвом виде, несоблюдением мер безопасности при ловле рыбы с плавательных средств и пр. А это означает, что для изменения такого положения необходимо усилить работу по профилактике гибели людей на воде и пропаганде безопасности нахождения вблизи водных объектов и на водных объектах.

Аналогичным образом обстоит дело и с гибелью людей при пожарах.

По данным статистики¹⁸, в нашей стране показатели гибели и травмирования людей при пожарах в последние годы существенно не снижаются. Большая часть пожаров, сопровождающихся гибелью людей, фиксируется в жилом секторе (рис. 2). Чаще всего жертвами пожаров становятся неработающие граждане (прежде всего, пенсионеры и безработные, а также инвалиды и люди без определенного места жительства) (рис. 3); они же зачастую являются и виновниками пожаров [8, 9, 10, 11]. К числу основных причин пожаров относятся неосторожное обращение с огнем и нарушение требований пожарной безопасности (рис. 4).

Итак, неосторожное обращение с огнем, которое приводит к возникновению пожаров, к гибели и травмированию людей, допускают чаще всего неработающие граждане. Причина такой ситуации – в их недостаточной подготовленности в вопросах пожарной безопасности, что, в свою очередь обусловлено недостатками в организации обучения именно неработающего населения мерам пожарной безопасности [8]. Все это говорит о недостаточном внимании органов власти к профилактическим мероприятиям и в сфере обеспечения пожарной безопасности.

Должное внимание представителей органов власти к профилактической работе, по нашему мнению, может быть обеспечено в том случае, если ее показатели будут учитываться при оценке эффективности их деятельности.

Между тем, как было показано выше, в настоящее время эффективность реализации государственной политики в области обеспечения безопасности населения определяется показателями снижения (увеличения) количества чрезвычайных ситуаций, погибших при этом людей и ущерба от них для населения и экономики. Данный подход, конечно, позволяет дать общую оценку *результатов* деятельности по обеспечению БЖД, но он не дает возможности оценить саму эту деятельность, точнее, оценить эффективность *мероприятий*, проводимых органами власти в сфере обеспечения БЖД и, в частности, мероприятий по профилактике чрезвычайных ситуаций и формированию у населения культуры безопасности жизнедеятельности.

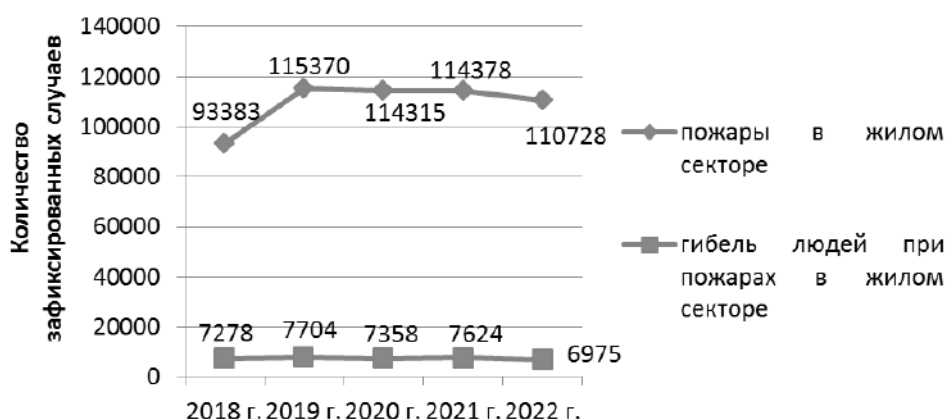


Рис. 2. Статистические данные¹⁹ о пожарах, произошедших в жилом секторе в 2018-2022 гг.

¹⁸ Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.

¹⁹ Там же.

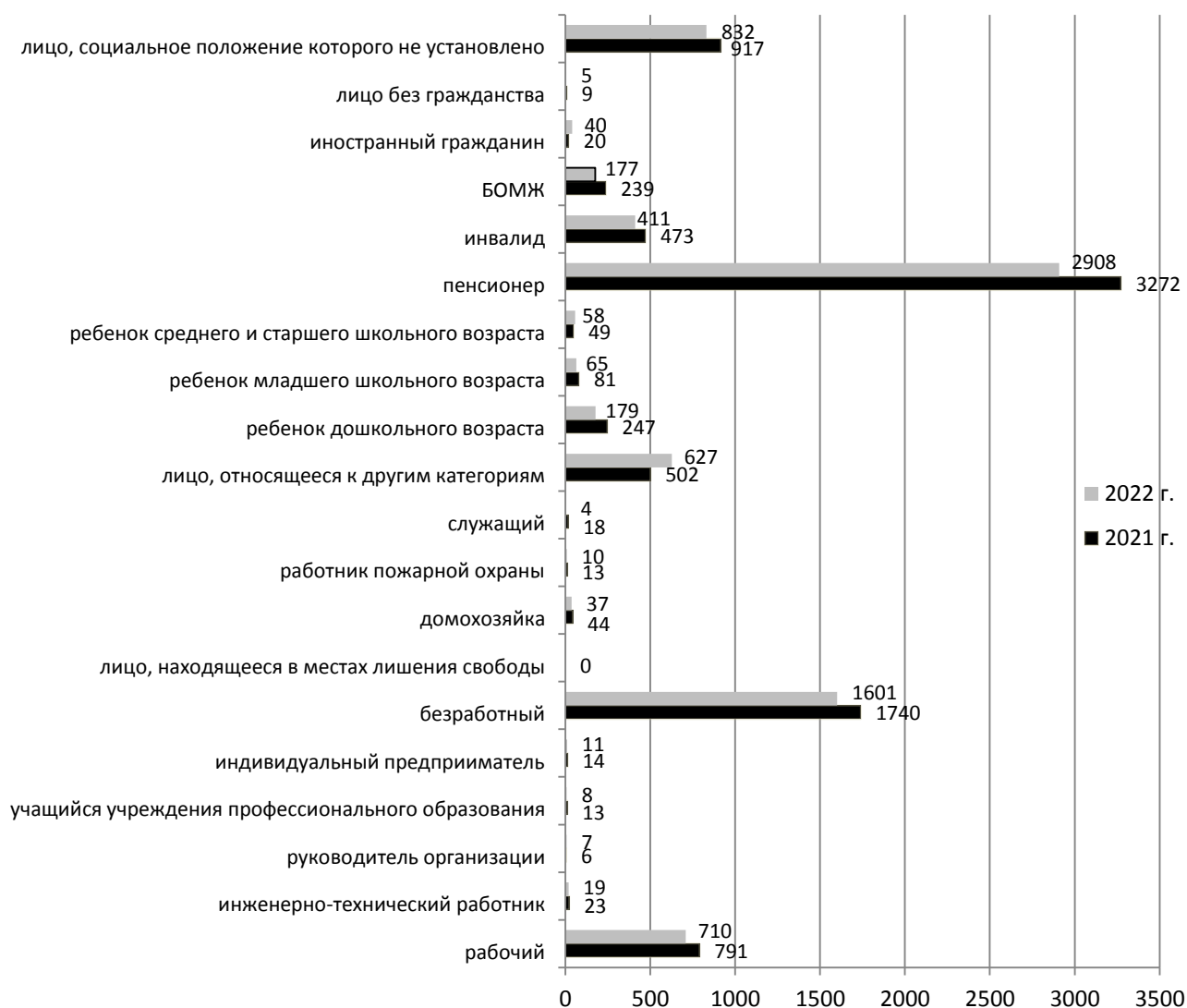


Рис. 3. Статистические данные²⁰ о социальном положении людей, погибших при пожарах в 2021–2022 гг.

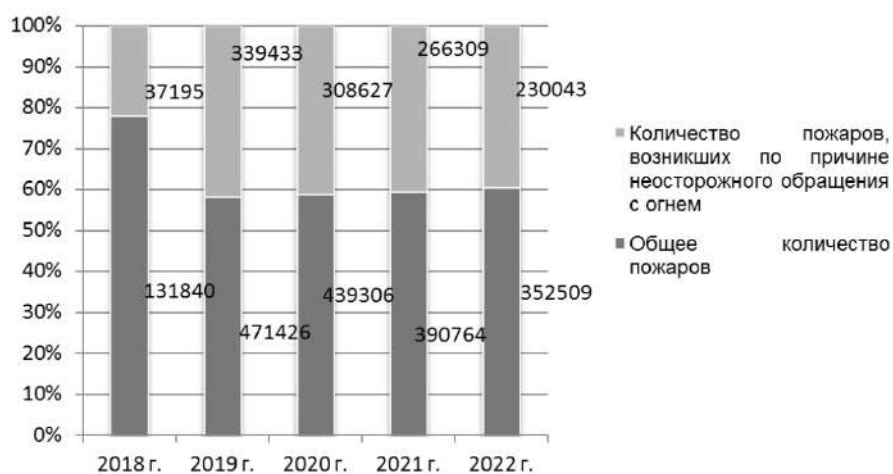


Рис. 4. Статистические данные²¹ о доле пожаров, произошедших по причине неосторожного обращения с огнем, в общем количестве пожаров (2018-2022 гг.)

²⁰ Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2022 г. // МЧС России: Департамент надзорной деятельности и профилактической работы. М., 2023.

²¹ Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023 – 80 с.

В связи с этим мы считаем целесообразным внести изменения в систему показателей оценки эффективности деятельности органов государственной власти, дополнив ее показателями эффективности обеспечения безопасности жизнедеятельности. Важно, что показатели, о необходимости разработки которых ведется речь, должны определяться с учетом того, как реализуются на той или иной территории профилактические мероприятия в сфере предотвращения ЧС, пожарной безопасности, безопасности людей на водных объектах и работа по формированию культуры безопасности жизнедеятельности населения в целом.

Итак, мы предлагаем дополнить существующую систему оценки деятельности органов государственной власти субъектов РФ показателем «Обеспечение безопасности жизнедеятельности». Расчет показателя будет строиться по пяти основным направлениям соответствующей деятельности:

- защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- гражданская оборона;
- обеспечение пожарной безопасности;
- обеспечение безопасности на водных объектах;
- снижение показателей гибели людей в чрезвычайных ситуациях, на пожарах и на водных объектах (рис. 5).

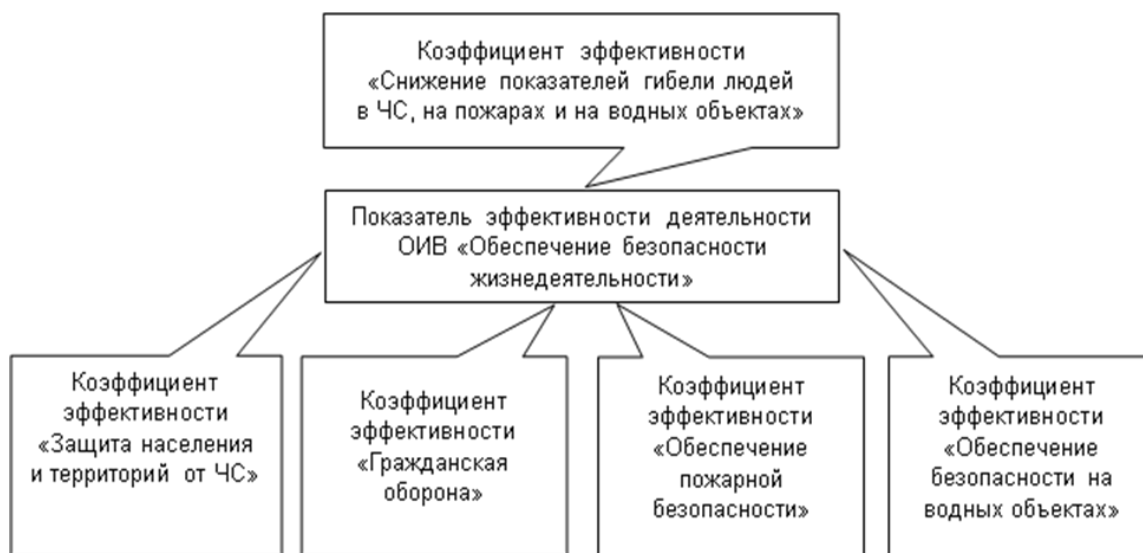


Рис. 5. Составляющие показателя эффективности деятельности органов власти субъектов РФ «Обеспечение безопасности жизнедеятельности»

Основными параметрами, на основе которых будет рассчитываться коэффициент эффективности деятельности органов власти «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», будут являться:

а) степень разработанности нормативно-правовой базы в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

б) наличие основных планирующих документов в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

в) обучение членов комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (КЧСиПБ) субъекта Российской Федерации в области защиты населения и территорий от

чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

г) первоочередное жизнеобеспечение населения, пострадавшего в чрезвычайных ситуациях;

д) резерв материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций;

е) эффективность работы по ликвидации бесхозных гидротехнических сооружений.

Базовыми показателями при расчете коэффициента эффективности «Гражданская оборона» станут:

а) степень разработанности нормативно-правовой базы в области гражданской обороны;

б) наличие основных планирующих документов в области гражданской обороны;

в) обучение членов эвакуационной комиссии, комиссии по вопросам повышения устойчивости функционирования объектов экономики субъекта Российской Федерации;

г) готовность систем оповещения населения;

д) готовность к эвакуационным мероприятиям;

е) предоставление населению средств индивидуальной защиты;

ж) предоставление населению средств коллективной защиты;

д) реализация мероприятий по подготовке населения в области гражданской обороны.

Коэффициент эффективности «Обеспечение пожарной безопасности» будет рассчитываться на основе параметров:

а) прикрытие территории подразделениями пожарной охраны;

б) обеспечение пожарной безопасности социально-значимых объектов;

в) обеспечение пожарной безопасности торговых и культурных развлекательных комплексов;

г) обеспечение пожарной безопасности мест размещения многодетных семей, семей, находящихся в трудной жизненной ситуации, в социально опасном положении;

д) защита населенных пунктов от лесных пожаров;

е) пожарная профилактика.

Для расчета коэффициента эффективности «Обеспечение безопасности на водных объектах» будут использоваться параметры:

а) обеспечение безопасности традиционных мест купания населения.

б) реализация профилактических мероприятий в области обеспечения безопасности на водных объектах.

При расчете коэффициента эффективности «Снижение показателей гибели людей в чрезвычайных ситуациях» необходимо учитывать среднегодовое количество погибших в ЧС, на пожарах и на водных объектах в субъекте Российской Федерации и общую численность населения субъекта Российской Федерации.

Формулы для расчета представленных выше коэффициентов будут разработаны в рамках наших следующих работ.

На основе комплексной оценки показателя «Обеспечение безопасности жизнедеятельности» должны составляться рейтинги регионов РФ (с учетом того, как изменилась позиция региона по сравнению с предыдущим отчетным периодом), которые необходимо включать в Государственные доклады о состоянии защиты населения и территории Россий-

ской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Итак, действующая система показателей, на основании которых сегодня оценивается эффективность деятельности органов государственной власти субъектов РФ, закреплена нормативными правовыми актами, изданными Президентом и Правительством Российской Федерации. По своему содержанию эти показатели являются отражением достигнутого в регионе качества жизни населения, индикатором чего, в конечном итоге, выступает имеющийся уровень безопасности – экологической, демографической, общественной, социальной, духовной, экономической и политической. При этом в системе показателей отсутствуют показатели оценки обеспечения безопасности жизнедеятельности населения (что представляется в корне неправильным: если безопасность жизнедеятельности не обеспечивается и, следовательно, высок риск возникновения ЧС, существует непосредственная опасность для жизни и здоровья людей, то остальные показатели качества жизни теряют всякий смысл).

Тем более в рассматриваемой системе показателей отсутствуют такие, которые позволили бы оценить эффективность деятельности органов власти в сфере профилактики чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате несоблюдения людьми норм безопасности жизнедеятельности. Другими словами, в действующем перечне показателей, на основе которых оценивается сегодня эффективность деятельности органов государственной власти, отсутствуют показатели их деятельности по формированию у населения культуры безопасности жизнедеятельности. Следствием такой ситуации является недостаточное внимание властных структур и должностных лиц к соответствующим направлениям своей работы.

В связи с изложенным, мы предлагаем усовершенствовать существующую систему оценки деятельности органов государственной власти субъектов РФ, дополнив ее показателем, предназначенным для определения эффективности работы по обеспечению безопасности жизнедеятельности населения региона. Этот показатель является интегральным, и его расчет, методику которого планируется разработать в дальнейшем, предполагает предварительную оценку основных составляющих деятельности по обеспечению БЖД (расчет основных индикаторов), к числу которых относятся защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, гражданская оборона, обеспечение пожарной безопасности, обеспечение безопасности на водных объектах, снижение показателей гибели людей в чрезвычайных ситуа-

циях, на пожарах и на водных объектах. При расчете данных индикаторов, помимо прочего, предлагается учитывать показатели деятельности органов власти субъектов РФ в сфере профилактики ЧС и формирования у граждан культуры безопасности жизнедеятельности.

Целостная методика расчета показателя эффективности деятельности органов власти субъектов РФ «Обеспечение безопасности жизнедеятельности», которую мы планируем разработать, может использоваться для составления рейтинга регионов России по качеству обеспечения БЖД населения (рейтинг будет строиться по убыванию рассчитанных показателей от 1 до 0). Такая методика позво-

Список литературы

1. Твердохлебов Н. В. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: проблемы и деятельность МЧС России в этой сфере // Технологии гражданской безопасности. 2015. Т. 12. № 1 (43). С. 52–56.

2. Коварда В. В. Анализ динамики нормативного регулирования оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации // Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11. № 4. URL: <https://esj.today/PDF/02ECVN419.pdf> (дата обращения: 20.08.2023).

3. Каган Е. С., Медянцева С. Г., Рыжих К. Э. Оценка эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2022. Т. 7. № 3 (25). С. 315–325.

4. Иноземцев В. Возвращение Европы. В авангарде прогресса: социальная политика в ЕС // Мировая экономика и международные отношения. 2002. № 6. С. 62–66.

5. Аргунова В. Н., Панкратова Е. В. Качество жизни населения региона: социологический анализ. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2010. 196 с.

6. Крянев Ю. В. Безопасность – составляющая качества жизни // «Философское образование»: Вестник МЦ по русской философии и культуре. 2017. №1 (35). С. 5–9.

7. Пушина Л. Ю., Закинчак А. И. Социально-экономическое развитие: смысл понятия и его применение в контексте исследования проблем обеспечения безопасности // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 4 (37). С. 33–42.

8. Березин А. С., Пушина Л. Ю. О необходимости совершенствования законодательства в области обучения населения Российской Федерации мерам пожарной безопас-

лит высшим должностным лицам (руководителям высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации и органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации, во-первых, самостоятельно оценивать эффективность своей работы в этой сфере, видеть провалы и перспективные направления ее развития, а во-вторых, определять место региона, за который они несут ответственность, в общем списке субъектов Российской Федерации, что будет стимулировать «отстающих» уделять вопросам обеспечения безопасности жизнедеятельности населения больше внимания.

ности // Электронный научный журнал «Век качества». 2022. № 2. С. 182–198.

9. Причины высокой гибели людей на пожарах в Российской Федерации в сравнении с другими странами мира / В. И. Сибирко, Т. А. Четчина, В. С. Гончаренко [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXII Международной научно-практической конференции. М.: ВНИИПО, 2020. С. 176–180.

10. Влияние уровня занятости в экономике и возраста населения на обстановку с пожарами в жилом секторе / В. И. Сибирко, Н. Г. Чабан, М. В. Загуменнова [и др.] // Пожарная безопасность. 2017. № 1. С. 149–153.

11. Ледайкина И. И., Поспелов А. А. О поведении социально уязвимых групп населения с точки зрения пожарной безопасности // Актуальные вопросы организации управления в РСЧС: сборник научных трудов. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. Вып. 5. С. 38–43.

References

1. Tverdohlebov N. V. Formirovanie kul'tury bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: problemy i deyatel'nost' MCHS Rossii v etoj sfere [Formation of a culture of life safety: problems and activities of the Ministry of Emergency Situations of Russia in this area]. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*, 2015, vol. 12, issue 1 (43), pp. 52–56.

2. Kovarda V. V. Analiz dinamiki normativnogo regulirovaniya ocenki effektivnosti deyatel'nosti organov ispolnitel'noj vlasti sub"ektov Rossijskoj Federacii [Analysis of the dynamics of regulatory evaluation of the effectiveness of the Executive authorities of the Russian Federation]. *Vestnik Evrazijskoj nauki*, 2019, vol. 4, issue 11. Available at: <https://esj.today/PDF/02ECVN419.pdf> (in Russian).

3. Kagan E. S., Medyancheva S. G., Ryzhih K. E. Ocenka effektivnosti deyatelnosti organov ispolnitel'noj vlasti sub"ektov Rossijskoj Federacii [Evaluation of the effectiveness of the executive authorities of the constituent entities of the Russian Federation]. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politicheskie, sociologicheskie i ekonomicheskie nauki*, 2022, issue 7, vol. 3 (25), pp. 315–325.

4. Inozemcev V. Vozvrashhenie Evropy. V avangarde progressa: social'naya politika v ES [The Return Of Europe. At the forefront of progress: social policy in the EU]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodny'e otnosheniya*, 2002, issue 6, pp. 62–66.

5. Argunova V. N., Pankratova E. V. Kachestvo zhizni naseleniya regiona: sociologicheskij analiz [Quality of life of the region's population: a sociological analysis], Ivanovo: Ivan. gos. un-t, 2010, 196 p.

6. Kryanev Yu. V. Bezopasnost' – sostavlyayushhaya kachestva zhizni [Safety is a component of quality of life]. «Filosofskoe obrazovanie»: Vestnik MCz po russoj filosofii i kul'ture, 2017, vol. 1 (35), pp. 5–9.

7. Pushina L. Yu., Zakinchak A. I. Social'no-ekonomicheskoe razvitiye: smysl ponyatiya i ego primenenie v kontekste issledovaniya problem obespecheniya bezopasnosti [Socio-economic development: the meaning of the concept and its application in the context of researching security problems]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2020, vol. 4 (37), pp. 33–42.

8. Berezin A. S., Pushina L. Yu. O neobhodimosti sovershenstvovaniya zakonodatel'stva

v oblasti obucheniya naseleniya Rossijskoj Federacii meram pozharnoj bezopasnosti [On the need to improve legislation in the field of education of the population of the Russian Federation on fire safety measures]. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal Vek kachestva*, 2022, issue 2, pp. 182–198.

9. Sibirko V. I., Chechetina T. A., Goncharenko V. S. Prichiny vysokoj gibeli lyudej na pozharah v Rossijskoj Federacii v sravnenii s drugimi stranami mira [The reasons for the high death rate in fires in the Russian Federation in comparison with other countries of the world]. *Aktual'nyye problemy pozharnoj bezopasnosti: materialy XXXII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Moscow: VNIPO, 2020, pp. 176–180.

10. Sibirko V. I., Chaban N. G., Zagumenova M. V. Vliyanie urovnya zanyatosti v ekonomike i vozrasta naseleniya na obstanovku s pozharami v zhilom sektore [The impact of the level of employment in the economy and the age of the population on the situation with fires in the residential sector]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2017, issue 1, pp. 149–153.

11. Ledyajkina I. I., Pospelov A. A. O povedenii social'no uязvimykh grupp naseleniya s točki zreniya pozharnoj bezopasnosti [About the behavior of socially vulnerable groups of the population from the point of view of fire safety]. *Aktual'nyye voprosy organizatsii upravleniya v RSCHS: sbornik nauchnykh trudov, Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharo-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii*, 2020, vol. 5, pp. 38–43.

Пушина Лада Юрьевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат социологических наук, доцент кафедры основ экономики функционирования РСЧС
E-mail: Bas2808@yandex.ru

Pushina Lada Yur'yevna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of social sciences, associate professor at the department of fundamentals of economics of functioning prevention and response system

E-mail: Bas2808@yandex.ru

Низов Роман Викторович

Главное управление МЧС России по Нижегородской области
Российская Федерация, г. Нижний Новгород

заместитель начальника Главного управления (по гражданской обороне и защите населения)
E-mail: nizoff2705@mail.ru

Nizov Roman Viktorovich

The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Nizhny Novgorod region
Russian Federation, Nizhny Novgorod

Deputy Head of the Main Directorate (for Civil Defense and Protection of the Population)

E-mail: nizoff2705@mail.ru

УДК 614.842/847

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ЗАТЯЖНЫХ ПОЖАРАХ

Д. Н. ШАЛЯВИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: sharap1897@rambler.ru

В статье предложена проблемно-ориентированная модель управления подготовкой газодымозащитника для выполнения длительных работ на затяжных пожарах. Проведено экспериментальное исследование на соответствие (несоответствие) субъективных перцептивных оценок и объективных показателей интенсивности нагрузки на тренировочных занятиях у газодымозащитников. Для практического применения результатов исследования разработан макет системы дистанционного мониторинга состояния газодымозащитника.

Ключевые слова: уровень психофизической нагрузки, газодымозащитник, проблемно-ориентированная модель управления, затяжные пожары, тренировочные занятия, перцептивные реакции.

PROBLEM-ORIENTED CONTROL MODEL OF PREPARATION OF GAS AND SMOKE PROTECTORS FOR PERFORMING LONG-TERM WORKS ON PROLONGED FIRES

D. N. SHALYAVIN

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: sharap1897@rambler.ru

The article proposes a problem-oriented model for managing the preparation of a gas and smoke protector for performing long-term work on protracted fires. An experimental study was conducted to determine the correspondence (inconsistency) of subjective perceptual assessments and objective indicators of load intensity during training sessions for gas and smoke protection workers. For the practical application of the research results, a model of a system for remote monitoring of the condition of the gas and smoke protection system has been developed.

Key words: level of psychophysical stress, gas and smoke protection, problem-oriented control model, prolonged fires, training sessions, perceptual reactions.

Введение

Под затяжным пожаром в работе понимается пожар продолжительность тушения, которого выше расчётной, принятой для городов 3 (ч), для сельской местности и обособленных объектов промышленности 4 (ч) [1]. Для таких пожаров активная фаза тушения – как интервал времени от момента локализации пожара до его ликвидации составляет не менее 30 % от общей продолжительности тушения пожара, то есть 60 минут для города и 80 минут для сельской местности и обособленных объектов промышленности. В такой ситуации

времени защитного действия современных аппаратов со сжатым воздухом будет недостаточно, что требует повторных включений и, как следствие, особого мониторинга условий труда и отдыха на пожаре. В этой связи условия труда и отдыха являются определяющим фактором управления действиями по тушению пожара.

При работе по тушению крупных и затяжных пожаров современные пожарные подвергаются воздействию высоких температур окружающей среды и высокого уровня воздействия тепловых потоков, что приводит к повышению температуры тела и усталости. Для защиты пожарных от агрессивной среды и

увеличения рабочего времени, используется боевая одежда пожарного (БОП) и дыхательные аппараты со сжатым воздухом (ДАСВ), использование данного защитного снаряжения способствует снижению воздействия на пожарного тепловых потоков, но повышает риск преждевременного появления симптомов усталости. К этой нагрузке добавляется то, что пожарным, работающим в сложных условиях, часто приходится повторно выходить на место тушения пожара с минимальным временем восстановления. Длительная рабочая деятельность без должного физического восстановления подвергает пожарных риску возникновения различных симптомов из-за накопления усталости, таких как задержка реакции на раздражитель, снижение двигательной функции и нарушения в вегетативной нервной системе. Появление таких симптомов на месте тушения пожара может привести к серьезным последствиям, возникающим в результате ошибок в индивидуальном восприятии уровней возникающих опасностей.

Оценку перцептивных реакций на предлагаемые нагрузки в своем исследовании использовал А. Уолкер с соавторами. Исследование данных авторов заключалось в следующем: семьдесят семь пожарных выполнили два поисково-спасательных задания длительностью 20 минут в теплокамере с 10 минутным периодом отдыха для восстановления. В это время оценивались: скорость воспринимаемой нагрузки, тепловые ощущения, когнитивные изменения между подходами. Результаты исследования выявили очевидное несоответствие между восприятием своего самочувствия пожарными и уровнем выполняемой нагрузки. По мнению авторов, это может означать серьезные проблемы с текущей безопасностью пожарных, поскольку диспетчеры аварийно-спасательных служб обычно полагаются на индивидуальное восприятие самочувствия до их возвращения на место пожара [2].

Хашимото с соавторами говорят о важности перерывов на отдых и замены пожарных даже после того, как небольшие пожары были взяты под условный контроль. Потому что это может помочь избежать несчастных случаев или смертей в результате переутомления и предотвратить снижение работоспособности из-за мышечной усталости. Однако пожарные склонны оптимистично оценивать свою собственную физическую форму и статус из-за их предыдущего опыта выполнения задач в суровых условиях, а также сильного чувства самоотверженности [3].

Сообщалось, что стресс связан с человеческими ошибками и ухудшением произво-

дительности, и в то же время гормоны стресса, такие как кортизол, подавляют когнитивные функции человека и функции внимания [4, 5].

Для исключения ошибок в индивидуальном восприятии уровней возникающих опасностей была модифицирована общеизвестная модель управления безопасностью газодымозащитников в непригодной для дыхания среде [6], которая в свою очередь обеспечивает мониторинг фактических и плановых значений риска наступления деструктивного события, связанного с недостатком дыхательных ресурсов, а также неудовлетворительного физического состояния газодымозащитника.

Предложенная в работе [6] модель управления рассматривает процесс управления газодымозащитниками без учёта восприятия ими психофизической нагрузки, что при оценке возможности использования модели управления на затяжных пожарах является существенным препятствием ее эффективного применения. В работе [7] предполагалось, что существует возможность построить корреляционную зависимость между субъективным и объективным восприятием повышенной психофизической нагрузки на основе шкалы Борга [8, 9]. Поэтому в работе было предложено модифицировать модель управления, добавив в нее перцептивные оценки восприятия психофизической нагрузки пожарным. Общая структура модифицированной модели, представленная в виде совокупности вычислительных модулей, изображена на рис. 1.

В проблемно-ориентированной модели управления безопасностью газодымозащитников при оценке риска реализации деструктивных событий Q_i для каждой работы R_i предложено учитывать интервалы времени восстановления работоспособности газодымозащитников $\langle \bar{T}_{pi}, D_{pi} \rangle$.

Однако помимо самооценки психофизической нагрузки от пожарных требуется быстро оценивать и реагировать на изменения в аварийной обстановке во время выполнения оперативных задач. Таким образом, для участия в тушении пожара для газодымозащитников крайне важно сохранять ситуационную осведомленность и когнитивные функции, поэтому пожарные не всегда могут адекватно оценить самостоятельно свое самочувствие. Это связано с рядом психических факторов, обусловленных спецификой самоотверженной работы при тушении пожаров и спасении людей, которые поддаются развитию в процессе профессиональной подготовки [10, 11, 12].

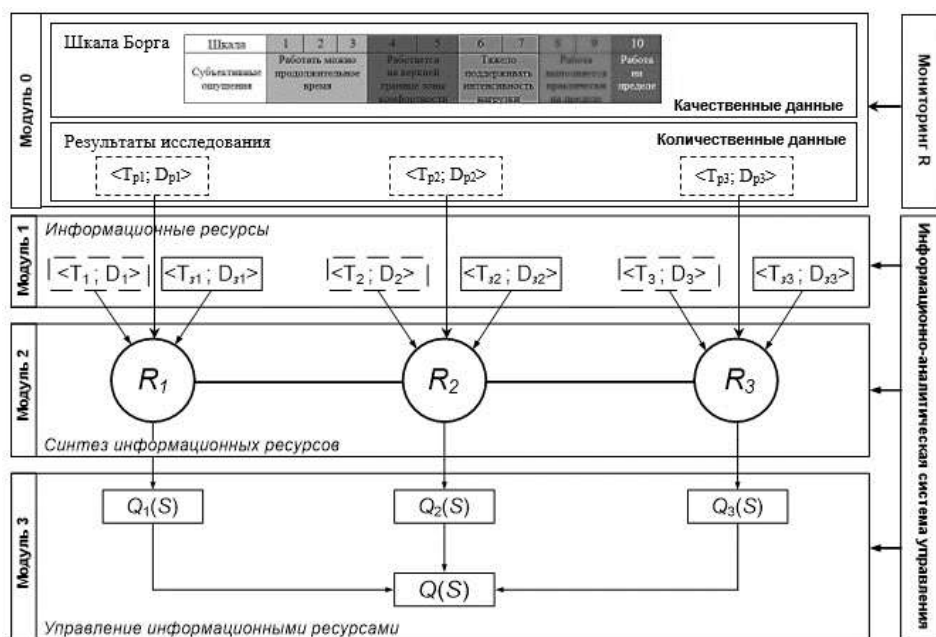


Рис. 1. Структура проблемно-ориентированной модели управления риском

В связи с этим **целью** нашей работы является разработка проблемно-ориентированной модели управления подготовкой газодымозащитников при выполнении длительных работ. Достижение поставленной цели позволит пожарным адекватно оценивать уровень психофизической нагрузки при выполнении действий при тушении крупных и затяжных пожаров.

Теоретическая значимость исследования заключается в адаптации существующей модели управления газодымозащитниками к условиям ее применения при тушении затяжных пожаров путём внедрения процедур мониторинга уровня физической работоспособности.

Гипотеза исследования – при выполнении работ на сложных и затяжных пожарах пожарные в состоянии стресса и усталости не могут адекватно оценить свои психофизические способности.

В исследовании использованы методы теории вероятностей и математической статистики, тестирование, эксперимент. Для определения перцептивных реакций на интенсивность нагрузки в условиях эксперимента была использована модифицированная шкала Борга. Полученные эмпирические данные осмысливались и обрабатывались с помощью качественных и количественных методов анализа.

Экспериментальная часть исследования

С учетом результатов проведенного информационно-литературного обзора исследований и для подтверждения предложенной нами гипотезы было проведено экспериментальное тестирование (эксперимент). Цель

эксперимента – выявить соответствие (несоответствие) субъективных перцептивных оценок и объективных показателей интенсивности нагрузки.

Исследование проводилось на кафедре пожарно-строевой, физической подготовки и ГДЗС Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России во время проведения практических занятий по дисциплине «Подготовка газодымозащитника». В исследовании приняло участие 30 обучающихся в возрасте 20–23 лет, со всех получено добровольное согласие на участие в эксперименте.

База исследования: лаборатория функциональной диагностики кафедры пожарно-строевой, физической подготовки и ГДЗС Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

В ходе тестирования применялось следующее оборудование: секундомер Casio HS-80TW-1E, пульсометр Polar H10, беговая дорожка DFC T635, ноутбук DELL, боевая одежда пожарного тип У, дыхательный аппарат со сжатым воздухом АП «Омега»-1-АТ68.

Участники тестирования должны были выполнить тестовые задания (табл. 1) в боевой одежде пожарного с использованием ДАСВ на тренажере «Беговая дорожка». Данные тестовые задания предложены в методических рекомендациях¹ и выполнение их было предусмотрено программой дисциплины «Подготовка газодымозащитника».

Во время выполнения заданий с помощью нагрудного датчика пульса показатели ЧСС фиксировались и дистанционно передавались на планшет экспериментатора. Непрерывный мониторинг ЧСС был необходим для

объективной оценки тяжести переносимой испытуемым нагрузки в ходе выполнения нагрузки. Объективная оценка тяжести перенесенной нагрузки оценивалась с помощью интервалов

показателей ЧСС постоянных психофункциональных нагрузок в виде пульсовых зон (рис.2.) [7].

Таблица 1. Условия и продолжительность выполнения упражнения

Этап подготовки	Продолжительность, с	Скорость, км/ч	Угол подъема, %
Разминка	240	6,5	0
Разминка	300	7,2	0
Выполнение работы средней тяжести	240	9,0	0
Выполнение работы высокой тяжести	180	11,5	10

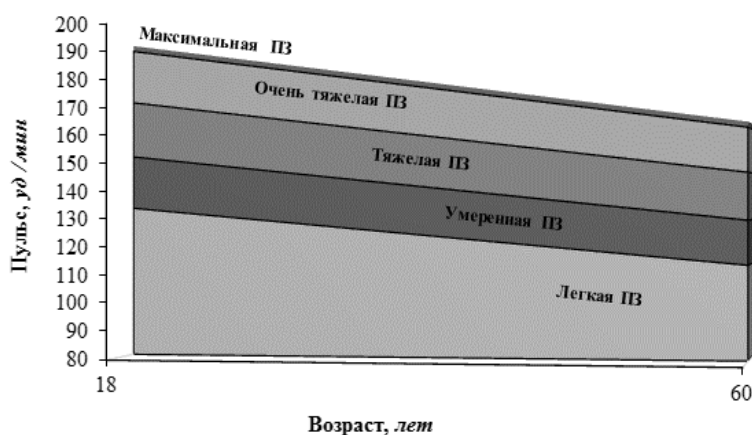


Рис. 2. Связь между показателями ЧСС в ПЗ и возрастом газодымозащитников

В ходе проведения тестирования нами были использованы ограничения в виде показателей ЧСС не более 170 уд/мин, т.к. данные значения пульса считаются критерием предельной физической нагрузки. Если у испытуемого пульс переходил граничные значения данного показателя, он немедленно прекращал выполнение задания и переходил с бега на медленный шаг.

После выполнения упражнения тестируемому, для определения перцептивных реакций на тяжесть нагрузки, предлагалось заполнить бланк, содержащий опросник в форме таблицы в соответствии с модифицированной шкалой Борга [8, 9] (табл. 3). В таблице были предложены зоны с указанием тяжести нагрузки¹. Оригинальная шкала Борга задает интервалы нагрузки от 0 до 20 баллов [8, 9], для нашего исследования применялась десятибалльная модифицированная шкала. Испытуемый должен был оценить собственное

ощущение тяжести нагрузки по шкале от 1 до 10. При этом баллу «1» соответствовала отсутствие тяжести нагрузки, а баллу «10» — предельная нагрузка

В ходе экспериментального исследования проведена оценка соответствия субъективных ощущений на тяжесть нагрузки и объективных показателей интенсивности нагрузки.

В ходе исследования установлено:

1. Как субъективно оценивают тестируемые тяжесть полученной нагрузки в ходе выполнения тестового задания рис. 3.

2. Какую тяжесть нагрузки объективно выполнили тестируемые в ходе эксперимента. Данная тяжесть установлена с помощью показателей ЧСС, полученных от тестируемых по завершению выполнения упражнения рис. 4.

Полученные результаты показывают, что при выполнении работ высокой интенсивности при показателях ЧСС в верхних границах предельных значений (около 170 уд/мин), тестируемые субъективно оценивали полученную нагрузку как среднюю, аналогичной той, при которой значения пульса не превышает 130–140 уд/мин (рис. 3).

¹ Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы (ГДЗС) федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России. Утверждены Главным военным экспертом МЧС России, генерал-полковником Платом П.В. 30 июня 2008, за номером 2-4-60-14-18, г. Москва.

Таблица 2. Модифицированная шкала БОРГА

Шкала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Субъективные ощущения	Работать можно продолжительное время			Работается на верхней границе зоны комфорта		Тяжело поддерживать интенсивность нагрузки		Работа выполняется практически на пределе		Работа на пределе

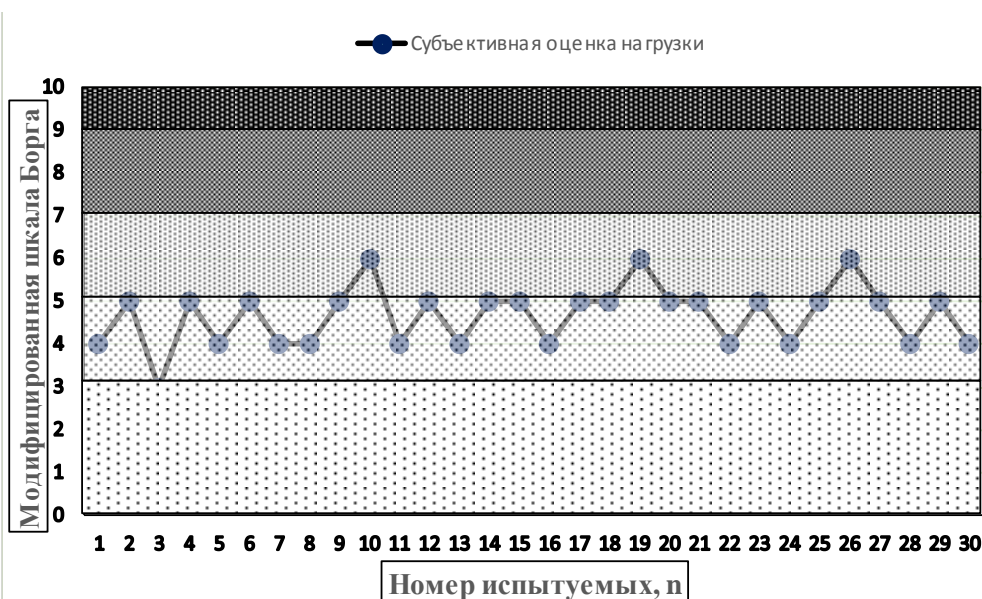


Рис. 3. Результаты тестирования перцептивных реакций

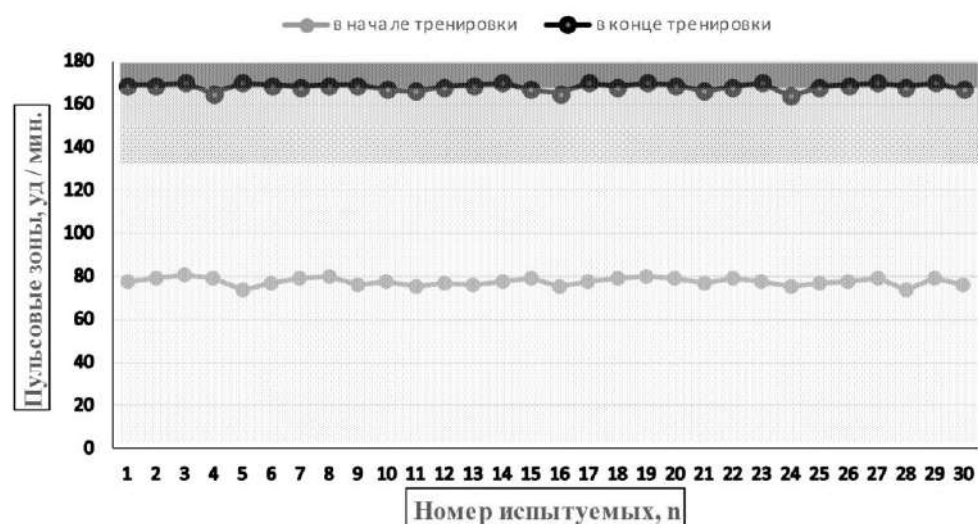


Рис. 4. Результаты объективной оценки получаемой нагрузки

Таким образом, проведенное исследование показывает, что тестируемые не объективно оценивали свое состояние при выполнении работ высокой интенсивности. В связи с этим может возникнуть проблема неоправданных рисков в неправильных действиях газодымозащитников при тушении пожаров или спасению людей. Это может быть связано с тем, что на фоне усталости происходит задержка

реакции на раздражитель, снижение двигательной функции и нарушения в вегетативной нервной системе. Появление таких симптомов на месте тушения пожара может привести к серьезным последствиям, возникающим в результате ошибок, как на индивидуальном восприятии уровней возникающих опасностей, так и на групповом (в составе звена ГДЗС).

Рекомендации по практическому применению результатов исследования

Для успешного практического применения модифицированной модели управления подготовкой газодымозащитников и в учебно-тренировочной деятельности разработан макет системы мониторинга безопасности участников тушения пожара, сущность которого поясняет схема, приведенная на рис. 5.

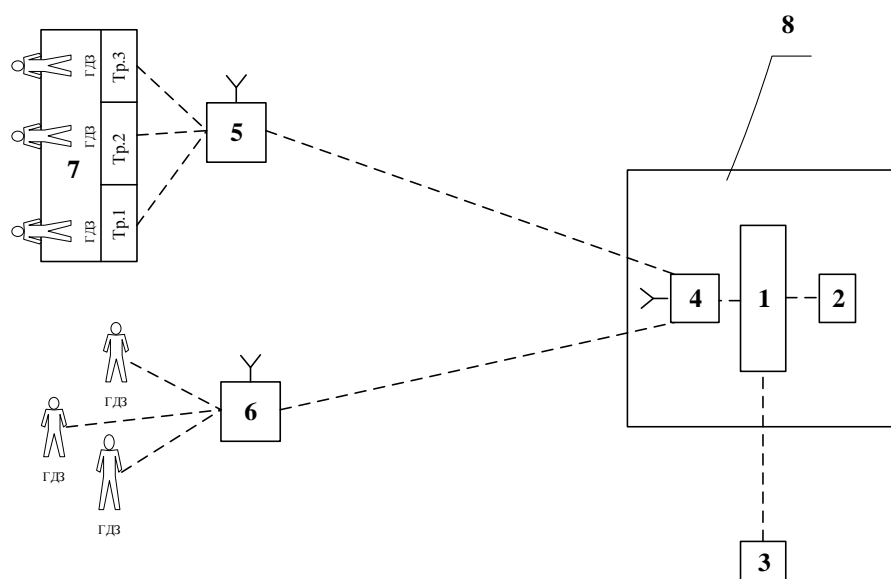


Рис. 5. Схема системы мониторинга состояния газодымозащитников.

Работа системы осуществляется следующим образом: газодымозащитник использует дыхательные аппараты со сжатым воздухом с функцией съема и дистанционной передачи данных о состоянии безопасности газодымозащитника (запасы воздуха в баллоне, значение пульса, состояние неподвижности и позиционирования газодымозащитника). Во время учебно-тренировочных занятий сигналы от дыхательных аппаратов и тренажеров общего назначения поступают в процессор контроля, управления и приема данных (процессор) по каналам беспроводной связи через приемопередатчик УКВ диапазона. Полученная информация о состоянии газодымозащитника обрабатывается и сохраняется в процессоре. В процессоре с помощью персонализированной математической модели [11] определения уровня риска пользователя в режиме реального времени рассчитывают значения контролируемых параметров безопасности: текущее значение давления оставшегося воздуха в баллоне дыхательного аппарата, атм.;

На рисунке введены следующие обозначения: 1 – процессор контроля, управления и приема данных с интегрированной персональной математической моделью определения уровня риска; 2 – интерфейс наблюдателя; 3 – блок питания (аккумулятор); 4, 5, 6 – приемопередатчики УКВ диапазона, в комплекте с датчиками пульса, времени работы и энергозатрат; 7 – тренажеры общего назначения (велотренажеры, беговые дорожки); 8 – блок управления системой мониторинга

прогнозное значение интервала времени до подачи команды «на выход из непригодной для дыхания среды», мин; уровень риска, отн. ед., значение пульса, уд/мин., и выводятся на экран информационного устройства руководителю занятия. На основе полученных данных параметров руководитель занятия принимает решение на всех этапах тренировочного занятия, а также для оценки потенциальной возможности выполнить условную задачу, поставленную для выполнения в процессе тренировки. Контроль текущего значения давления оставшегося воздуха в баллоне дыхательного аппарата, значение пульса позволяет руководителю занятия корректировать действия каждого газодымозащитника и звеньев газодымозащитной службы с учетом специфики потребления дыхательной смеси и значения пульса, тем самым повышая уровень безопасности газодымозащитника при учебно-тренировочных занятиях. Контроль изменения прогнозного значения интервала времени оставшегося до подачи команды «на выход из не-

пригодной для дыхания среды» и физического состояния (контроль значения пульса) обеспечивает возможность определения объема работ, который способен выполнить каждый газодымозащитник, при решении поставленных условных задач на учебно-тренировочных занятиях. Значения уровня приемлемого и критического риска определяют в зависимости от сложности тренировочного занятия, исследований по специфике потребления дыхательной смеси и физического состояния каждого газодымозащитника. Контроль уровня риска позволяет руководителю занятий индивидуально дозировать физическую нагрузку и корректировать действия звеньев газодымозащитной службы по выполнению условной задачи, поставленной на тренировочном занятии.

Заключение

На основе проведенного исследования установлено, что измеренные перцептивные реакции пожарных на уровень восприятия нагрузки пожарными при сложных условиях работы, не адекватны к получаемой нагрузке. Из этого следует, что есть вероятность возникновения рисков переоценки пожарными своих

физических возможностей при тушении пожаров и проведения АСР, что может привести к негативным последствиям. Для решения этой проблемы разработанная и представленная модель управления была модифицирована. Для успешного применения данной модифицированной модели в практической и учебно-тренировочной деятельности пожарных разработан макет системы управления дистанционного мониторинга безопасности газодымозащитников. Применение данной системы позволит повысить уровень безопасности пожарных как при тушении пожаров, так и при проведении учебно-тренировочных занятий. Это будет достигнуто путем дистанционного контроля за наличием дыхательных ресурсов в баллоне дыхательного аппарата, а также за психофизическим состоянием газодымозащитника. Таким образом, будет исключен вариант неверной самооценки своего физического состояния, это позволит уменьшить количество неверных действий газодымозащитников при работе в дыхательных аппаратах на сжатом воздухе и тем самым повысить уровень безопасности.

Список литературы

1. Родионов Е. Г. Решение комплекса задач организации пожаротушения в населенных пунктах: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10, 05.26.03. М., 2001. 272 с. EDN QDMYNV
2. Repeat work bouts increase thermal strain for Australian firefighters working in the heat / A. Walker, C. Argus, M. Driller [et al.]. *Int J Occup Environ Health*, 2015, vol. 21 (4), 285-93. DOI: 10.1179/2049396715Y.0000000006.
3. Hashimoto Y., Moriya K., Ohtsuka Y., The firefighter's workload of actual firefighting activity in a cold environment. *Japanese J. Biometeorol*, 2008, vol. 45 (4), pp. 109–119 (in Japanese).
4. Stress hormones and human memory function across the lifespan / S. J. Lupien, A. Fiocco, N. Wan [et al.]. *Psychoneuroendocrinology*, 2005, vol. 30 (3), 225–242
5. The effects of social stress and cortisol responses on the preconscious selective attention to social threat / K. Roelofs, P. Bakvis, E. J. Hermans [et al.]. *Biol. Psychol.*, 2007, vol. 75 (1), pp. 1–7.
6. Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Модель управления безопасностью при работах на пожарах в непригодной для дыхания среде // *Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety*. 2018. Т. 27. № 6. С. 45–51. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.06.45-51. EDN: XYXVFJ.
7. Методика формирования безопасных режимов работы газодымозащитников с

учетом мониторинга пульсовых зон / Д. Н. Шалявин, Е. А. Шмелева, Д. В. Тараканов [и др.] // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 4. С. 251–272. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-4-251-272. EDN: MGIFTU.

8. Borg G., Hassmen P., Lagerstrom M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur. J. Appl. Physiol*, 1987, vol. 56, issue 6, pp. 679–685.

9. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign. IL: Human Kinetics, 1998, 110 p.

10. Экспериментальная модель восстановления газодымозащитников с учётом уровня работоспособности и повторности тренировочных нагрузок / Д. Н. Шалявин, Е. А. Шмелева, А. Д. Ищенко [и др.] // *Технологии техно-сферной безопасности*. 2022. № 4 (98). С. 79–95. DOI: 10.25257/TTS.2022.4.98.79-95. EDN: NPUXJF.

11. Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Автоматизированная система управления безопасностью при работах на пожарах в непригодной для дыхания среде // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. 2018. № 4. С. 32–36.

12. Шалявин Д. Н., Тараканов Д. В., Гринченко Б. Б. Алгоритмы информационной поддержки управления безопасностью участников тушения пожара в непригодной для ды-

хания среде на объектах энергетики // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 3 (36). С. 53–61.

References

1. Rodionov E. G. Resheniye kompleksa zadach organizatsii pozharotusheniya v naselennykh punktakh. Diss. kand. tekhn. nauk [Solving complex problems of organizing fire extinguishing in populated areas: specialty. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2001. 272 p. EDN: KDMINV.

2. Repeat work bouts increase thermal strain for Australian firefighters working in the heat / A. Walker, C. Argus, M. Driller [et al.]. *Int J Occup Environ Health*, 2015, vol. 21 (4), 285-93. DOI: 10.1179/2049396715Y.0000000006.

3. Hashimoto Y., Moriya K., Ohtsuka Y., The firefighter's workload of actual firefighting activity in a cold environment. *Japanese J. Biometeorol*, 2008, vol. 45 (4), pp. 109–119 (in Japanese).

4. Stress hormones and human memory function across the lifespan / S. J. Lupien, A. Fiocco, N. Wan [et al.]. *Psychoneuroendocrinology*, 2005, vol. 30 (3), 225–242

5. The effects of social stress and cortisol responses on the preconscious selective attention to social threat / K. Roelofs, P. Bakvis, E. J. Hermans [et al.]. *Biol. Psychol.*, 2007, vol. 75 (1), pp. 1–7.

6. Grinchenko B. B., Tarakanov D. V. Model' upravleniya bezopasnost'yu pri rabotakh na pozharakh v neprigodnoy dlya dykhaniya sredet [Model of safety management when working on fires in an unsuitable for breathing environment]. *Pozharovzryvobezopasnost'/Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, issue 6, pp. 45–51. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.06.45-51. EDN: XYXVFJ.

7. Metodika formirovaniya bezopasnykh rezhimov raboty gazodymozashchitnikov s uchetom monitoringa pul'sovykh zon [Methodology for developing safe operating modes for gas

and smoke protectors taking into account monitoring of pulse zones] / D. N. Shalyavin, E. A. Shmeleva, D. V. Tarakanov [et al.]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, issue 4, pp. 251–272. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-4-251-272. EDN: MGIFTU.

8. Borg G., Hassmen P., Lagerstrom M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur. J. Appl. Physiol*, 1987, vol. 56, issue 6, pp. 679–685.

9. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign. IL: Human Kinetics, 1998, 110 p.

10. Eksperimental'naya model' vostanovleniya gazodymozashchitnikov s uchetom urovnya rabotosposobnosti i povtornosti trenirovochnykh nagruzok [Experimental model for the restoration of gas and smoke protectors taking into account the level of performance and repetition of training loads] / D. N. Shalyavin, E. A. Shmeleva, A. D. Ishchenko [et al.]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2022, vol. 4(98). pp. 79–95. DOI: 10.25257/TTS.2022.4.98.79-95. EDN: NPUXJF.

11. Grinchenko B. B., Tarakanov D. V. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya bezopasnost'yu pri rabotakh na pozharakh v neprigodnoy dlya dykhaniya srede [Automated safety management system when working on fires in an unbreathable environment]. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya*, 2018, issue 4, pp. 32–36.

12. Shalyavin D. N., Tarakanov D. V., Grinchenko B. B. Algoritmy informatsionnoy podderzhki upravleniya bezopasnost'yu uchastnikov tusheniya pozhara v neprigodnoy dlya dykhaniya srede na ob"yektakh energetiki [Algorithms for information support for managing the safety of participants in extinguishing a fire in an unbreathable environment at energy facilities]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2020, vol. 3 (36). pp. 53–61.

Шалывин Денис Николаевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
преподаватель

E-mail: sharap1897@rambler.ru

Shalyavin Denis Nikolaevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

lecturer

E-mail: sharap1897@rambler.ru

**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
FIRE SAFETY (TECHNICAL)**

УДК 355.4

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ
ОБРАЗНО-ЗНАКОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОБСТАНОВКИ
ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
СПАСАТЕЛЬНЫМИ ВОИНСКИМИ ФОРМИРОВАНИЯМИ МЧС РОССИИ**

А. В. БОБАРИКО¹, А. П. ЛЕЩЕНКО¹, Д. И. НОВОСЕЛОВ¹, Е. В. БРАГИНА², Б. А. ФИСИЧ²

¹ ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»,

Российская Федерация, г. Химки

² ФГБУ «27 ЦНИИ» Минобороны России,

Российская Федерация, г. Москва

E-mail: a.bobariko@amchs.ru, a.leshhenko@amchs.ru, d.novoselov@amchs.ru,
alenabragina@mail.ru, fba7121978@mail.ru

Широкое внедрение вычислительной техники в деятельность органов управления внесли определенные особенности в представление тех или иных данных оперативной обстановки, в документационное обеспечение управления. Отображение обстановки на графических документах должно быть актуальным и постоянно обновляться. Динамически изменяющаяся графика на электронных средствах предоставляет дополнительные возможности для формирования необходимых данных при оценке обстановки в районах предстоящих действий спасательных воинских формирований МЧС России (далее – СВФ).

Представление данных обстановки в графических документах, применяющихся при решении задач СВФ уже не отвечает современным требованиям к управлению данными подразделениями (формированиями), таким как оперативность и непрерывность.

В статье рассмотрены перспективы применения геоинформационных систем в работе органов управления СВФ. Предлагается применять для моделирования оперативной обстановки при решении задач СВФ МЧС России определенные подходы, суть которых сводится к формированию образно-знаковой модели обстановки. Излагаются требования к системе условных знаков, применяемых в образно-знаковой модели обстановки.

Ключевые слова: органы управления, спасательные воинские формирования, модель обстановки, элементы обстановки, геоинформационная система, пространственные данные, цифровые видеоизображения.

**SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL PERSPECTIVES OF FIGURATIVE
AND SYMBOLIC MODELING OPERATIONAL SITUATION
DURING EMERGENCY RESPONSE RESCUE MILITARY FORMATIONS
OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA**

A. V. BOBARIKO¹, A. P. LESHCHENKO¹, D. I. NOVOSELOV¹, E. V. BRAGINA², B. A. FISICH²

¹ FGBVOU HE «Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia»

Russian Federation, Khimki

² FSBI «27 Central Research Institute» of the Ministry of Defense of Russia,

Russian Federation, Moscow

E-mail: a.bobariko@amchs.ru, a.leshhenko@amchs.ru, d.novoselov@amchs.ru,
alenabragina@mail.ru, fba7121978@mail.ru

The widespread introduction of computer technology into the activities of management bodies has introduced certain features in the presentation of certain operational situation data, in the documentation support of management. The display of the situation on graphic documents should be up-to-date and constantly updated. Dynamically changing graphics on electronic means provide additional opportunities for the formation of the necessary data when assessing the situation in the areas of upcoming actions of rescue military units of the Ministry of Emergency Situations of Russia (hereinafter – SVF).

The presentation of the situation data in graphic documents used in solving the tasks of the SVF no longer meet modern requirements for the management of these units (formations), such as efficiency and continuity.

The article discusses the prospects for the use of geoinformation systems in the work of the SVF management bodies. It is proposed to apply certain approaches to modeling the operational situation when solving the tasks of the Russian Emergencies Ministry, the essence of which boils down to the formation of a figurative and iconic model of the situation. The requirements for the system of conventional signs used in the figurative-symbolic model of the situation are set out.

Key words: control bodies, rescue military formations, model of the situation, elements of the situation, geoinformation system, spatial data, digital video images.

Введение

Картография – научная дисциплина, в рамках которой исследуются вопросы графического отображения пространственных данных (далее – ПД). Исторически основным объектом исследования картографии является карта – изображение земной поверхности или ее участка на определенной математической основе (система координат, проекция и ее параметры и т. д.), в установленной системе условных знаков [1].

Активное внедрение цифровых технологий привело к прогрессу в обработке ПД. В том числе, графической визуализации информации на средствах отображения. Так, например, в настоящее время средства графического представления информации обеспечивают формирование изображения с разрешением 4K (на подходе – 8K) с частотой до 100 кадров в секунду^{1,2}. На рис. 1 представлено визуальное сравнение Full HD и 4K UHD³.

Так как изображение формируется средствами программного обеспечения, которое поддается изменению и настройке в гораздо большей степени, нежели аппаратура, достигается практически безграничная гибкость в настройке алгоритмов формирования изображения.

Основным преимуществом статического изображения местности на бумаге была и остается возможность его применения без каких-либо дополнительных технических средств. Наряду с возможностью динамического формирования графических изображений высокого качества, компьютерную систему отличает способность накапливать ПД в практически неограниченных количествах. Действительно, современные системы хранения данных отличает простота масштабирования, незначительная удельная стоимость хранения данных, высокая надежность и ремонтпригодность систем хранения. Карта на бумаге наоборот сильно ограничена в объемах содержащихся в ней пространственных данных требованиями читабельности в условиях ограниченных возможностей используемых полиграфических технологий.



Рис. 1. Визуальное сравнение Full HD и 4K UHD

Накопление пространственных данных и картографирование не является самоцелью. Наборы пространственных данных, как в цифровой, так и в бумажной форме создаются в интересах решения задач СВФ при ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) и проведении аварийно-спасательных работ (далее – АСР).

¹ Что такое 4K и каким он бывает. URL: <https://www.iphones.ru/iNotes/604148> (дата обращения 10.10.2023).

² 8K против 4K в тестировании под эгидой Warner Bros. URL: <https://stereo.ru/p/o2fqt-8k-protiv-4k-v-testirovanii-pod-egidoy-warner-bros-perevod> (дата обращения 10.10.2023).

³ В чем разница между Full HD, Ultra HD и 4K UHD? URL: https://sysadmin-note.ru/fast/v_chem_raznitsa_mejdu_full_hd_ultra_hd_i_4k_uhd/ (дата обращения 10.10.2023).

Результаты исследования

Для решения задач ликвидации ЧС подразделениями (формированиями) СВФ традиционно используются различные графические документы (топографические карты, схемы, специальные карты, фотодокументы и т.п.) [2]. На рис. 2 представлена рабочая карта командира спасательной роты спасательного центра МЧС России (далее – СЦ) [3]. При этом, оперативное динамическое изменение обстановки сложно отобразить на таком графическом документе в силу фактора времени необходимого для принятия решения (выработки замысла).

В интересах решения данной задачи необходимо иметь объединенные в геоинформационные ресурсы пространственные данные

о форме Земли и используемой системе координат (топографическая основа), а также о форме, внешнем виде и положении элементов местности и перемещающихся на местности подвижных объектах, имеющих значение для решения поставленной задачи. Также необходимы средства обработки таких пространственных данных, под которыми в случае автоматизированной обработки данных подразумевается комплекс средств автоматизации и программное обеспечение. Таким образом, формируется геоинформационная система (далее – ГИС), представляющая собой специфический тип информационных систем, адаптированных для работы с пространственными данными.



Рис. 2. Рабочая карта командира спасательной роты

Геоинформационные ресурсы, входящие в состав ГИС, в обязательном порядке содержат ПД, необходимые для решения задач при ликвидации ЧС и проведении аварийно-спасательных работ АСР и актуальные на текущий момент времени. Так как обстановка на изучаемом участке местности в общем случае достаточно быстро изменяется, актуальность хранимых ПД снижается с течением времени, и в какой-то момент результаты обработки хранимых данных перестают обеспечивать решение задачи. Соответственно, в состав ГИС должна включаться подсистема

оперативного обновления хранимых данных, включающая средства получения исходных ПД, средства обработки исходных ПД, их верификации и контроля, средства обновления геоинформационных ресурсов ГИС [4].

Может быть применено два разных подхода к обновлению ПД в геоинформационных ресурсах ГИС: либо устаревшие ПД стираются, либо устаревшие данные отмечаются как устаревшие с указанием срока их актуальности. Второй подход предпочтительнее, так как предоставляет возможность применения математического аппарата анализа временных

рядов для отслеживания тенденций изменения обстановки и прогнозирования [5, 6].

Наиболее традиционным для формирования образно-знаковой модели обстановки является подход, предполагающий моделирование реальных пространственных объектов в виде векторных картографических объектов – точечных, линейных и площадных [7]. В современных картографических сервисах, доступных через Интернет, именно векторное отображение пространственных объектов и называется картой. Для формирования векторных изображений необходима база условных знаков, содержащая данные о порядке отображения объектов местности и обстановки.

Система условных знаков, применяемая в образно-знаковой модели обстановки конкретной предметной области, должна включать:

- набор точечных условных знаков для объектов, формой и размерами которых в ходе моделирования можно пренебречь или невозможно отобразить в установленном масштабе;

- набор линейных условных знаков для объектов, которые невозможно отобразить в масштабе в одном из измерений;

- набор площадных условных знаков для объектов, форма и размеры которых отображаются в масштабе;

- правила отображения матричных пространственных данных, отражающих регулярные свойства участка местности;

- правила отражения степени актуальности, нечеткости и метрологической точности отображаемого метрического или атрибутивного показателя.

Развитие средств дистанционного зондирования Земли из космоса и с борта воздушных судов привело к широкому распространению растрового отображения местности в виде аэрокосмических снимков в оптическом и радиолокационном диапазонах. Возможность использования высококачественных ортофотоизображений значительно упрощает чтение данных пользователем, но не все необходи-

мые объекты одинаково хорошо распознаются на материалах дистанционного зондирования Земли (зависит от качества снимков). Кроме того, конечному пользователю для ориентирования потребуется отображение подписей элементов местности на фоне снимка, а также специальной дополнительной информации – положение и направление движения мобильных объектов, состояние элементов местности и т. д. Если пользователь сам находится в районе решения задачи, то необходимо отображать и его положение в ГИС.

Более экзотический, но получающий все большее распространение, подход заключается в отображении потокового видео, формируемого системой камер видеонаблюдения как на беспилотных летательных аппаратах и пилотируемых воздушных судах, космических аппаратах, так и на наземных подвижных средствах. На видео отображается весь район выполнения задачи или его важный участок. Видеоизображение объединяется с картографическими условными знаками и подписями с использованием технологий дополненной реальности.

Конечные технические решения для обозначенного круга предстоящих задач подразделений (формирований) в конкретных условиях будут содержать в себе смешение всех трёх указанных подходов, при этом акцент будет делаться на наиболее удобный для достижения результатов.

Заключение

Таким образом, образно-знаковое моделирование обстановки представляет собой в настоящее время перспективное направление в прикладной геоинформатике. Начиная с разработки технологий отображения карт на экране монитора, в настоящее время образно-знаковое моделирование является важным инструментом проблемно-ориентированной динамической визуализации ПД в интересах решения широкого круга задач СВФ в различных условиях оперативной обстановки.

Список литературы

1. Бугаевский Л. М. Математическая картография. Учебник для вузов. М.: Златоуст, 1998. 400 с.

2. Псарев А. А. Рабочая карта командира. Учебное пособие для офицеров, слушателей и курсантов военно-учебных заведений. М.: Воениздат, 2008. 240 с.

3. Тактика действий спасательной роты при организации и проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Учебное пособие / А. П. Лещенко, Д. И. Новоселов, А. Ю. Малеван [и др.]. Химки: АГЗ МЧС России, 2022. 145 с.

4. О факторах, связанных с информационными технологиями, при управлении структурными подразделениями спасательного центра МЧС России / А. В. Бобарико, Д. И. Новоселов, Р. Р. Фатыхов [и др.] // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской

обороны в Год 90-летия со дня образования Академии ГПС МЧС России. Часть 1. М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. С. 76–80.

5. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 755 с.

6. Кизбикенов К. О. Прогнозирование и временные ряды. Учебное пособие. Барнаул: АлтГПУ, 2017. 113 с.

7. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. Учебник. М.: КДУ, 2008. 424 с.

References

1. Bugaevskij L. M. *Matematicheskaya kartografiya. Uchebnyk dlya vuzov* [Mathematical cartography. Textbook for universities]. Moscow: Zlatoust, 1998. 400 p.

2. Psarev A. A. *Rabochaya karta komandira. Uchebnoe posobie dlya oficerov, slushatelej i kursantov voenno-uchebnyh zavedenij*. [Commander's Work Card. A textbook for officers, students and cadets of military educational institutions]. Moscow: Voenizdat, 2008. 240 p.

3. *Taktika dejstvij spasatel'noj rotы pri organizacii i provedenii avarijno-spasatel'nyh i drugih neotlozhnyh rabot. Uchebnoe posobie*. [Tactics of the rescue company during the organization and performance of emergency

rescue and other urgent operations. Tutorial]. A. P. Leshchenko, D. I. Novoselov, A. Yu. Malevan [et al.]. Khimki: AGZ MChS Rossii, 2022. 145 p.

4. О факторах, связанных с информационными технологиями, при управлении структурными подразделениями спасательного центра МЧС России [On factors related to information technology in the management of structural units of the rescue center of the EMERCOM of Russia]. A. V. Bobariko, D. I. Novoselov, R. R. Fatykhov [et al.]. *Grazhdanskaya oborona na strazhe mira i bezopasnosti: materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Vsemirnomu dnyu grazhdanskoj oborony v God 90-letiya so dnya obrazovaniya Akademii GPS MChS Rossii*. Vol. 1. Moscow: Akademiya GPS MChS Rossii, 2023, pp. 76–80.

5. Anderson T. *Statisticheskij analiz vremennyh ryadov* [Statistical analysis of time series]. Moscow: Mir, 1976. 755 p.

6. Kizbikenov K. O. *Prognozirovaniye i vremennye ryady. Uchebnoe posobie* [Forecasting and Time Series. Tutorial]. Barnaul: AltGPU, 2017. 113 p.

7. Lur'e I. K. *Geoinformacionnoe kartografirovaniye. Metody geoinformatiki i cifrovoj obrabotki kosmicheskikh snimkov. Uchebnyk* [Geoinformation mapping. Methods of geoinformatics and digital processing of space images. Textbook.]. Moscow: KDU, 2008. 424 p.

Бобарико Александр Викентьевич

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»,
Российская Федерация, Московская обл., г.о. Химки, г. Химки, мкр. Новогорск
кандидат военных наук, доцент, профессор кафедры тактики и общевойенных дисциплин
E-mail: a.bobariko@amchs.ru

Bobariko Aleksandr Vikent'evich

The Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Moscow region, Khimki, Khimki, mkr. Novogorsk
Ph.D Sc. (Military), Associate Professor, Professor of the Department of Tactics
and General Military Disciplines
E-mail: a.bobariko@amchs.ru

Лещенко Александр Петрович

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»,
Российская Федерация, Московская обл., г.о. Химки, г. Химки, мкр. Новогорск
кандидат военных наук, доцент, доцент кафедры тактики и общевойенных дисциплин
E-mail: a.leshhenko@amchs.ru

Leshchenko Alexander Petrovich

The Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Moscow region, Khimki, Khimki, mkr. Novogorsk
Ph.D. Sc. (Military), Associate Professor, Associate Professor of Tactics and General Military Disciplines
E-mail: a.leshhenko@amchs.ru

Новоселов Дмитрий Игоревич

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»,
Российская Федерация, Московская обл., г.о. Химки, г. Химки, мкр. Новогорск
кандидат технических наук, доцент кафедры тактики и общевоенных дисциплин
E-mail: d.novoselov@amchs.ru

Novoselov Dmitry Igorevich

The Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Moscow region, Khimki, Khimki, mkr. Novogorsk
Ph.D Sc. (Technical), Associate Professor of Tactics and General Military Disciplines
E-mail: d.novoselov@amchs.ru

Брагина Елена Викторовна

ФГБУ «27 ЦНИИ» Минобороны России,
Российская Федерация, г. Москва
кандидат технических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра
(топогеодезического и навигационного обеспечения)
E-mail: alenabragina@mail.ru

Bragina Elena Viktorovna

27th Central Military Institute of Sciences,
Russian Federation, Moscow
Ph.D Sc. (Technical), Senior Research Associate of the Scientific Center
(Topographic and Navigation Support)
E-mail: alenabragina@mail.ru

Фисич Борис Алексеевич

ФГБУ «27 ЦНИИ» Минобороны России,
Российская Федерация, г. Москва
кандидат технических наук, заместитель начальника научно-исследовательского центра
(топогеодезического и навигационного обеспечения) по научной работе
E-mail: fba7121978@mail.ru

Fisich Boris Alekseevich

27th Central Military Institute of Sciences,
Russian Federation, Moscow
Ph.D Sc. (Technical), Deputy Chief for Scientific Work of the Scientific Center
(Topographic and Navigation Support)
E-mail: fba7121978@mail.ru

УДК 614.843.27

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДОВ ДЛЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АРКТИКИ

В. Б. БУБНОВ, Д. С. РЕПИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: kafppv@mail.ru

Проанализированы основные проблемные вопросы и задачи, возникающие на стадиях проектирования и эксплуатации трубопроводных систем транспортировки воды на пожаротушение в условиях низких температур.

Представлены некоторые результаты исследований, проводимых с использованием математической модели, учитывающей основные факторы, влияющие на изучаемые процессы: внутренние источники тепла от электродообогревательных элементов, фазовые переходы, изменение свойств материала.

Рассмотрено влияние состояния тепловой изоляции на остывание воды по длине трубопровода и глубину ее промерзания, влияние скорости движения жидкости в трубопроводе на ее остывание и промерзание изоляции. Исследован процесс остывания и замерзания жидкости в обогреваемом сечении. Установлено, что наиболее эффективным является локализация обогрева у поверхности трубы. Выявлена тепловая мощность обогрева, обеспечивающая отсутствие замерзания.

Изучено влияние конструктивных и режимных факторов на исследуемые процессы. Установлено, что изменение скорости жидкости при одинаковом расходе и геометрически подобной изоляции практически не влияет на кривую охлаждения жидкости. Установлено, что фронт замерзания жидкости продвигается к оси трубопровода значительно быстрее в случае смещения обогревательных элементов к периферии, что является негативным фактором при эксплуатации трубопроводов. Определен предпочтительный вариант локализации тепловыделения. Определены оптимальные значения диаметров трубопроводов, работающих при низких отрицательных температурах воздуха.

На основе анализа результатов исследований разработаны рекомендации по эксплуатации и проектированию противопожарных водопроводов для природно-климатических условий Арктики.

Ключевые слова: противопожарный водопровод, тепловая изоляция, проектирование, эксплуатация, теплопроводность, электрообогрев, тепловые потери, гидравлические сопротивления, промерзание.

DEVELOPMENT OF SCIENTIFICALLY-BASED RECOMMENDATIONS FOR THE OPERATION AND DESIGN OF FIRE-FIGHTING WATER PIPES FOR THE NATURAL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE ARCTIC

V. B. BUBNOV, D. S. REPIN

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: kafppv@mail.ru

The main problematic issues and tasks arising at the stages of design and operation of pipeline systems for water transportation for fire fighting at low temperatures are analyzed.

Some results of studies conducted using a mathematical model that takes into account the main factors affecting the processes under study: internal heat sources from electric heating elements, phase transitions, changes in material properties are presented.

The influence of the state of thermal insulation on the cooling of water along the length of the pipeline and the depth of its freezing, the influence of the velocity of fluid movement in the pipeline on its cooling and freezing of insulation is considered. The process of cooling and freezing of the liquid in the heated sec-

tion is investigated. It is established that the most effective is the localization of heating at the pipe surface. The thermal power of heating is revealed, ensuring the absence of freezing.

The influence of constructive and regime factors on the studied processes has been studied. It is established that the change in the velocity of the liquid at the same flow rate and geometrically similar insulation practically does not affect the cooling curve of the liquid. It is established that the freezing front of the liquid moves to the pipeline axis much faster in the case of displacement of heating elements to the periphery, which is a negative factor in the operation of pipelines. The preferred option of localization of heat release is determined. The optimal values of the diameters of pipelines operating at low negative air temperatures have been determined.

Based on the analysis of the research results, recommendations have been developed for the operation and design of fire-fighting water pipes for the natural and climatic conditions of the Arctic.

Key words: fire-fighting water supply, thermal insulation, design, operation, thermal conductivity, electric heating, heat losses, hydraulic resistance, freezing.

Актуальность настоящей работы заключается в осуществлении мер по реализации Указа Президента Российской Федерации от 05.03.2020 № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года»¹.

«Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» являются документом стратегического планирования в сфере обеспечения национальной безопасности России и разработаны в целях защиты национальных интересов страны.

В числе основных направлений реализации государственной политики Российской Федерации в Арктике – социальное и экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации, а также развитие ее инфраструктуры; развитие науки и технологий в интересах освоения Арктики; обеспечение защиты населения и территорий Арктической зоны Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Одной из основных задач в сфере обеспечения защиты населения и территорий Арктической зоны Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является осуществление научно-технического, нормативно-правового и методического сопровождения деятельности по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечению пожарной безопасности и безопасности на водных объектах в арктических условиях.

Решать данную задачу необходимо с учетом особых природно-климатических условий Арктики. При принятии оптимальных проектных решений и выборе режимов эксплуата-

ции для систем транспортировки воды в наружном противопожарном водоснабжении следует учитывать, к примеру, промерзание слоя теплоизоляции, надземную прокладку, возможное замерзание жидкости при возникновении аварийных ситуаций.

Актуальной задачей является повышение технико-экономических показателей на стадиях проектирования и эксплуатации трубопроводных систем, эксплуатируемых в условиях низких температур окружающей среды.

Целью исследования является разработка научно-обоснованных рекомендаций по эксплуатации и проектированию противопожарных водопроводов для природно-климатических условий Арктики.

Для достижения цели в работе решались следующие задачи: проведение анализа современного состояния и проблем трубопроводного транспорта при низких отрицательных температурах окружающего воздуха; выявление основных проблемных вопросов и задач, возникающих на стадиях проектирования и эксплуатации исследуемых систем; исследование влияния режимных, а также конструктивных факторов на исследуемый процесс; рассмотрение подходов к выбору оптимальных параметров для систем транспортировки жидкости в условиях низких температур.

В силу особых климатических условий Арктических территорий и значительной протяженности водопроводных сетей задачи энергосбережения при транспортировке жидкости особенно актуальны. Следует отметить важнейшую роль тепловой изоляции в обеспечении низких тепловых потерь противопожарными водопроводами. Основная причина роста тепловых потерь [1] обусловлена эксплуатацией трубопроводов с влагонасыщенной теплоизоляцией.

Вода оказывает существенное влияние на важный показатель эффективности теплоизоляционных материалов – теплопроводность. Так, например, в случае попадания воды в ма-

¹ Указ Президента Российской Федерации «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» от 05.03.2020 № 164.

териал из минеральной ваты или пенополиуретана теплопроводность теплоизоляции увеличивается в разы. Кроме этого, снижается срок службы как изоляции, так и самих трубопроводов. При монтаже технической теплоизоляции одним из главных требований является достижение герметичности её конструкции, так как в противном случае увеличиваются местные потери тепла, а проникновение влаги к поверхности трубы может привести к коррозии её поверхности и сокращению срока службы. Особенно важно обеспечить полную герметичность теплоизоляционной конструкции на так называемых участках местных сопротивлений (повороты, запорно-регулирующие устройства и т.д.).

Следовательно, главными задачами являются: на стадии проектирования – выбор конструкции тепловой изоляции, оптимальных теплотерь; на стадии эксплуатации – поддержание в течение продолжительного времени теплозащитных свойств тепловой изоляции (обеспечение контроля за её состоянием).

Вопрос энергосбережения особенно важное значение имеет для небольших объектов, которые удалены на значительное расстояние от насосных установок. Поскольку по таким водопроводным сетям подается небольшое количество воды на дальние расстояния, эффективность их работы невелика, тепловая нагрузка таких объектов небольшая. Любые мероприятия по энергосбережению при транспортировке воды позволяют снизить рост тарифов и повысить эффективность их работы.

Если температура окружающей среды низкая, то наружный слой тепловой изоляции может частично промерзнуть. Это приведет к снижению её термического сопротивления.

Важная проблема, которая имеет место при эксплуатации трубопроводных линий – их отключения при возникновении аварийной ситуации. В этом случае нельзя допустить замерзания воды во время ликвидации аварии. В отключенном при аварии участке трубопровода (при отсутствии подачи воды) и сама вода, и слой тепловой изоляции быстро остывают. Тепловая изоляция частично промерзает. Частичное замерзание воды иногда происходит при большом перерыве в эксплуатации. Следует отметить, что допустимым считается замерзание не более 25 % воды, содержащейся в отключенном участке [2].

По завершении ремонтных работ, при пуске трубопровода, прогревается вся система (жидкость, трубопровод, тепловая изоляция). При этом в жидкости и тепловой изоляции происходят фазовые переходы (лед-вода). Существенное возрастание гидравлического сопротивления трубопровода потоку жидкости в этом случае может быть вызвано слоем льда

на его внутренней поверхности, потребуются дополнительные энергозатраты на привод насосного оборудования.

Применяемый в последнее время электрообогрев способен уменьшить отрицательные последствия процессов, сопровождающих аварии на теплоизолированных трубопроводах [3].

Тепловая изоляция, применяемая с целью утепления трубопровода, замедляет процесс его замерзания, но не предотвращает от него. К примеру, трубопровод 3/4 дюйма (при тепловой изоляции 25 мм) при температуре окружающего воздуха -10°C полностью промерзнет за 13 часов.

Кабельные системы обогрева имеют ряд преимуществ по сравнению с паровыми и водяными. Их проще монтировать, в том числе можно использовать на сложных, разветвленных водопроводных сетях, они не боятся разморозки и не подвержены коррозионным воздействиям, имеют незначительную материалоемкость, питаются от общей электроснабжающей системы объекта. Кроме того, они оснащаются АСУ, поддерживают выбранный режим точно, по установленному алгоритму и с АСУ верхнего уровня легко интегрируются.

Основным способом промышленного электрообогрева трубопроводов значительной протяженности является СКИН-система электрообогрева на базе индукционно-резистивной системы нагрева. Низкотемпературный вариант такой системы защищает трубопроводы от замерзания, при этом поддерживается температура в пределах $3-5^{\circ}\text{C}$.

Большая толщина тепловой изоляции и ее меньшая теплопроводность обеспечивает меньшие тепловые потери. При этом требуется меньшая мощность электрообогревательной системы.

При проведении исследований в работе использовалась разработанная тепловая математическая модель, учитывающая все основные факторы, влияющие на исследуемые процессы: внутренние источники тепла от электрообогревательных элементов, фазовые переходы «вода-лед», изменение свойств материала [4].

На рис. 1–3 показаны некоторые результаты моделирования теплового процесса в трубопроводе длиной 15 км при постоянной температуре окружающей среды -20°C . Считается, что трубопровод и жидкость выходят на воздух из теплого помещения с равномерно распределенной температурой $+20^{\circ}\text{C}$.

На рис.1 показана эволюция распределения температуры по радиусу изоляции при различных ее теплофизических состояниях: влажная незамерзающая, влажная замерзшая и влажная замерзающая.

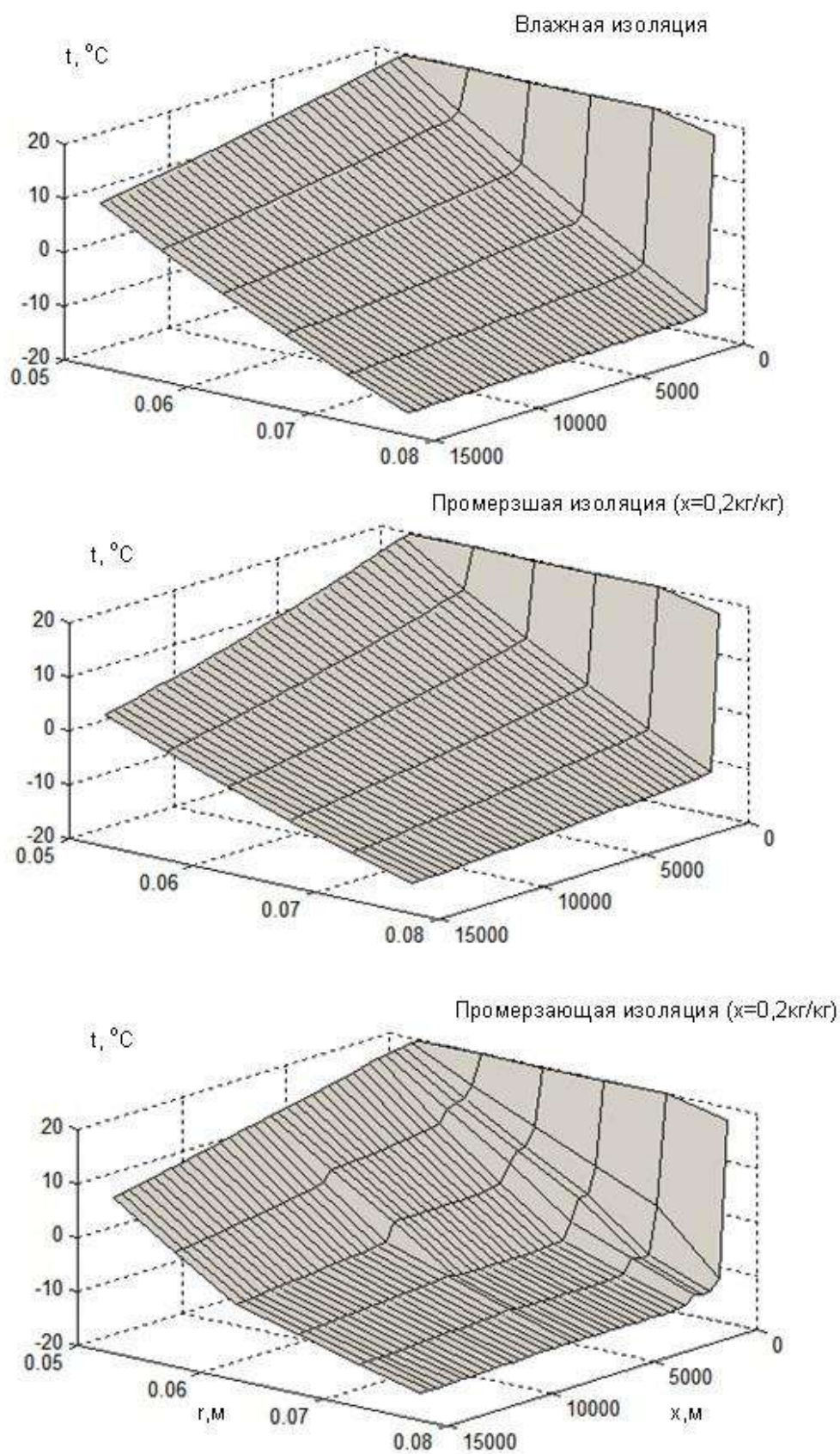


Рис. 1. Влияние состояния тепловой изоляции на распределение температуры по ее радиусу вдоль водопровода

Во всех случаях температура на внутреннем радиусе изоляции (внешнем радиусе жидкости) не опускается до нуля, то есть о замерзании жидкости речь не идет (нет критической точки). Как и ранее, остывание по длине трубы при влажной незамерзающей изоляции идет медленнее, чем при полностью замерзшей, а при промерзающей изоляции процесс остывания затягивается из-за фазового перехода в изоляции.

Те же данные представлены на рис. 2 в виде графиков остывания жидкости для всех упомянутых выше случаев, а также графика

продвижения фронта промерзания изоляции для третьего случая.

Из этого графика видно, что изоляция промерзает не полностью: 20 % ее толщины, примыкающей к трубе, содержит капельную влагу, то есть на удалении от входа изоляция состоит из двух колец постоянного размера – внешнего промерзшего и внутреннего с капельной влагой.

Рис. 3 иллюстрирует влияние скорости движения жидкости в трубопроводе одинакового размера на ее остывание и промерзание изоляции.

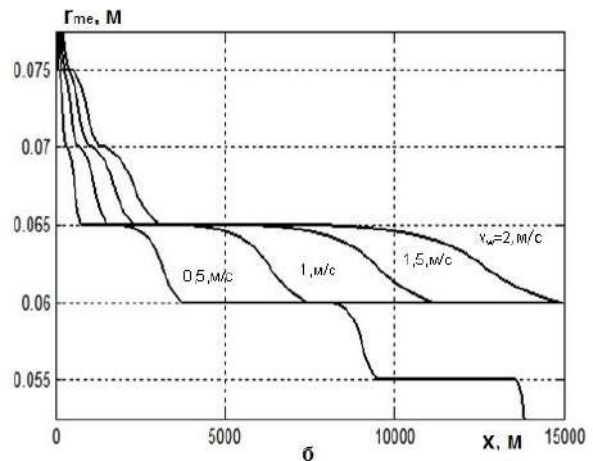
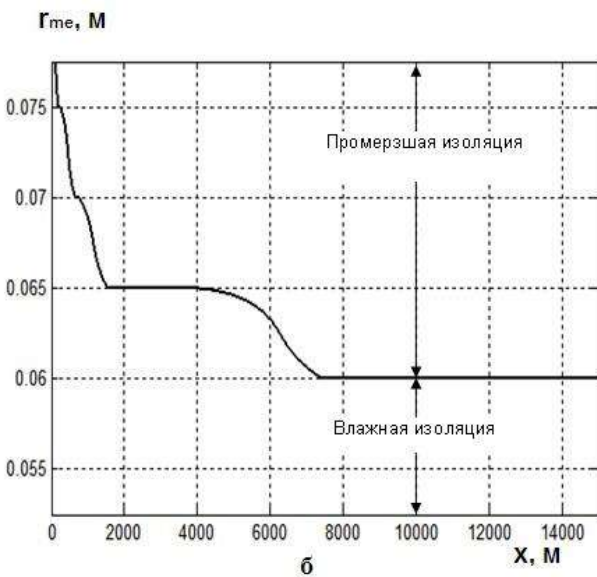
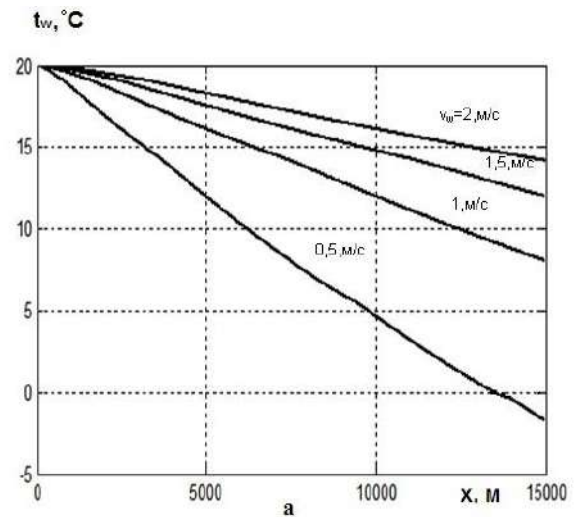
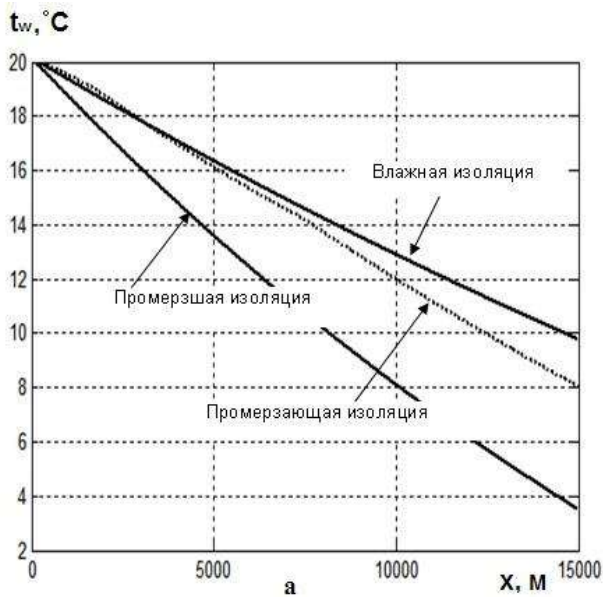


Рис. 2. Влияние состояния тепловой изоляции на остывание воды по длине трубопровода (а) и глубину ее промерзания (б)

Рис. 3. Влияние скорости движения жидкости на ее охлаждение по длине трубопровода (а) и глубину промерзания тепловой изоляции (б)

Чем меньше скорость жидкости, тем быстрее ее остывание. При 0,5 м/с на расстоянии от входа около 11 км изоляция промерзает полностью и начинается замерзание жидкости (в ней достигается нулевая температура). При больших скоростях полного промерзания изоляции не происходит и опасность замерзания жидкости отсутствует.

С ростом скорости пропорционально растет расход жидкости. Естественно, что с изменением скорости и диаметра меняется гидравлическое сопротивление трубопровода и мощность на прокачку жидкости, соответственно. Поэтому на выбор рациональной (оптимальной) скорости могут влиять причины не теплового характера.

Модель позволяет определить ресурс времени в случае различной толщины изоляции. Расчетами установлено, что процессы промерзания, охлаждения тепловой изоляции вносят в тепловой баланс процесса значительный вклад, поскольку при понижении температуры окружающего воздуха влияние снижения теплопроводности теплоизоляции при промерзании доминирует над влиянием замедления остывания жидкости за счет теплоты фазового перехода. Точность расчетов тепловых процессов исследуемых систем повышается благодаря учету их кинетики.

Исследованы процессы замерзания жидкости в трубопроводе при остановке прокачки воды по трубопроводной линии. Кинетику процесса необходимо знать для определения времени, располагаемого для проведения ремонтных работ.

Скорости процесса для случаев с сухой изоляцией и изоляцией с замерзшей влагой различны. Это объясняется тем, что значение теплопроводности изоляции с замерзшей влагой выше, чем сухой изоляции. Замерзание воды в трубопроводе при сухой изоляции, полностью промерзшей и промерзающей начинается с разного времени, а линии продвижения фронта промерзания аналогичные, но с временным запаздыванием, обусловленным продолжительностью замерзания влаги в тепловой изоляции.

Исследования процесса в электрообогреваемом сечении трубопровода показали, что влияние обогрева на тепловую изоляцию становится заметным, начиная с мощности 40 Вт/м. При 80 Вт/м тепловая изоляция до конца вообще не промерзает и жидкость остается жидкостью неограниченно долгий период

времени.

В случае рассмотрения совместного влияния обогрева и изменения температуры окружающей среды, а именно ее повышения, установлено, что до мощности 40 Вт/м продвижение фронта внутрь трубопровода просто затягивается. При 40 Вт/м происходит стабилизация фронта, устанавливается равновесие. При 60 Вт/м после скачка температуры жидкость начинает оттаивать как с внутренней, так и с внешней стороны. При 9,3 ч. жидкость оттаивает полностью. Тепловая изоляция при 80 Вт/м полностью не промерзает, а после скачка окружающей температуры фронт оттаивания начинает продвижение к периферии. Модель позволяет работать с любым временным графиком изменения окружающей температуры.

Влияние некоторых факторов конструктивной реализации теплоизоляции показывают рис. 4 и 5. Проанализируем влияние того, как расположены элементы тепловыделения в разных местах тепловой изоляции (рис. 4).

Процесс заметно ухудшается при смещении обогревательных элементов к периферии, т.к. фронт замерзания жидкости при этом продвигается к оси трубопровода значительно быстрее.

На рис. 5 проиллюстрировано, какое влияние оказывает распределение тепловыделяющих ячеек по толщине слоя тепловой изоляции (суммарной мощности тепловыделяющих ячеек одинакова).

Здесь влияние так называемого «размазывания» тепловыделения по изоляционному слою значительно меньше по сравнению с влиянием смещения ее к периферии.

Предпочтительным вариантом представляется локализация выделения тепла около поверхности трубопровода, в том числе и за счет удобства указанной конструктивной реализации элементов тепловыделения.

Так как положение «критической точки» (место достижения данной температуры) зависит от температуры окружающего воздуха, можно предложить варианты конструктивного оформления обогрева. Вести обогрев трубопровода рационально посредством независимых секций (продольных) и с независимым регулированием тепловой мощности. Энергетически целесообразен обогрев между «критической точкой» без обогрева и конечным участком трубопровода.

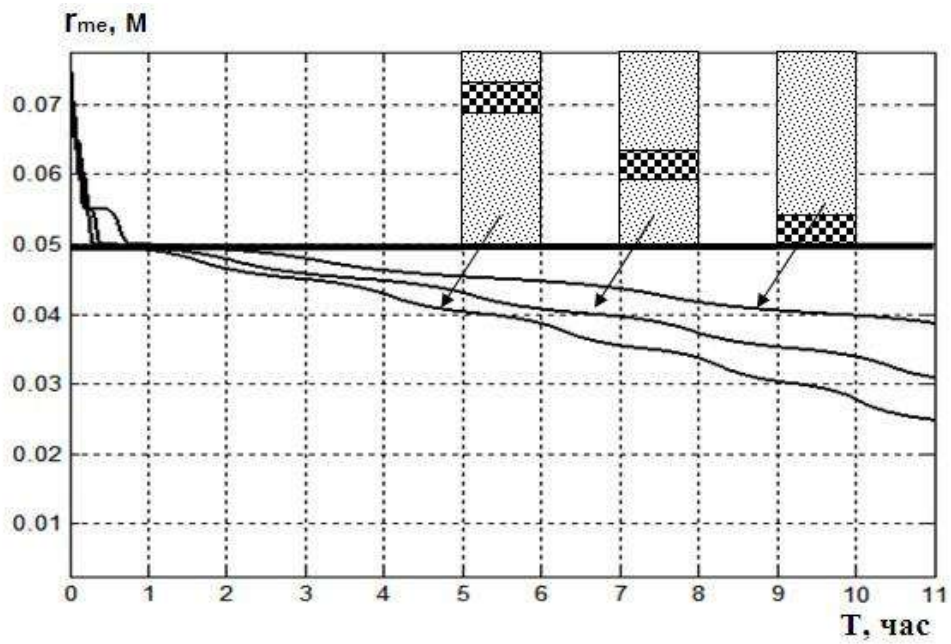


Рис. 4. Промерзание при разных положениях обогревательного элемента над поверхностью трубы ($\Delta Q_e=40$ Вт/м; температурный скачок окружающего воздуха от 0 до -30 °С)

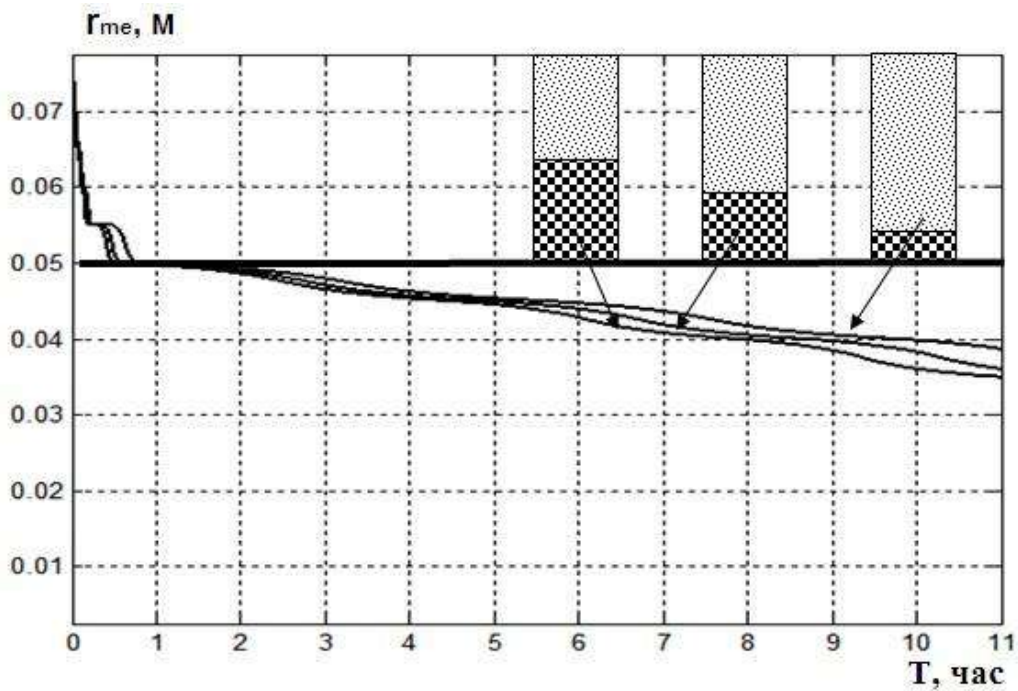


Рис. 5. Промерзание при распределенной одинаковой полной мощности нагревателя (по радиусу) ($\Delta Q_e=40$ Вт/м; температура окружающего воздуха -30 °С)

Эффективность использования теплоизоляции определяют такие факторы, как ее естественный износ, стоимость энергии в том или ином регионе, капитальные затраты на монтаж конструкции для тепловой изоляции, конструктивные особенности. При рассмотрении исследуемых процессов следует учитывать данные факторы.

Капитальные затраты зависят от затрат на транспорт и монтаж, объема и стоимости труб и теплоизоляционного материала. В свою очередь, объем теплоизоляционного материала зависит от диаметра и длины трубопровода, от тепловых потерь.

Рассмотрим водопровод длиной 11,45 км (диаметр 219×8 мм, толщина слоя изоляции 0,07 м). Теплоизоляция из пенополиуретана. Подается 30,5 т/час воды.

Расчет, проведенный для существующего режима (расход воды 30,5 т/час), и для

режима оптимальной скорости потока (расход воды 151 т/час) показал, что при увеличении расхода воды уменьшается падение ее температуры по трассе трубопровода. При этом удельные тепловые потери не изменяются, а при окружающей температуре -37 °С они в обоих случаях составляют примерно 19,5 Вт/м.

При различных диаметрах трубопроводов можно обеспечить распределение температуры и удельные потери тепла, соответствующие существующему режиму.

В случае замены трубопровода на трубопровод меньшего диаметра затраты на строительство трубопровода и нанесение на него теплоизоляции уменьшаются, однако при этом увеличиваются затраты на прокачку по нему воды. В таблице приведены результаты расчетов для четырех вариантов.

Таблица. Результаты расчетов параметров работы исследуемого водопровода при различных диаметрах

Диаметр водопровода (мм)	Толщина теплоизоляции (мм)	Скорость воды (м/с)	Потери давления (МПа)	Мощность на прокачку (кВт)	Удельная мощность на прокачку (Вт/м)	Объем теплоизоляции (м ³ /м)	Суммарная мощность на прокачку и тепловые потери (Вт/м)
87х5	27	1,79	7,6	79,19	6,89	0,097	26,39
114х6	35	1,02	1,76	18,33	1,59	0,016	21,09
159х8	50	0,52	0,31	3,20	0,28	0,033	19,78
219х8	70	0,26	0,051	0,511	0,04	0,064	19,54

Анализ расчетов показал, что затраты энергии на прокачку жидкости сопоставимы с тепловыми потерями лишь при диаметрах трубопровода не более 114 мм. Минимум используемого критерия оптимальности соответствует диаметру трубопровода 98 мм. Таким образом, лучше всего подходит трубопровод диаметром 114х6 мм, у которого внутренний диаметр составляет 102 мм. Скорость потока воды в нем попадает в рекомендуемый интервал оптимальных скоростей.

Проведенные численные исследования и анализ результатов исследований позволили предложить практические рекомендации по проектированию, эксплуатации систем транс-

портировки воды для наружного противопожарного водоснабжения в условиях Арктического региона.

Научно-обоснованные рекомендации составят основу актуализированной научно-методической базы, включающей в себя современные расчетные методики и практические рекомендации, позволяющие применять методы математического моделирования и повысить точность расчета исследуемых процессов, а также экспертных и проектных работ в области обеспечения пожарной безопасности, будут способствовать совершенствованию учебной и научно-методической деятельности образовательных организаций МЧС России.

Список литературы

1. Алифанов О. М. Обратные задачи теплообмена. М: Машиностроение, 1988. 280 с.
2. Тепловая изоляция: справочник / под ред. Г. Ф. Кузнецова. 3-е изд. М.: Стройиздат, 1985. 440 с.

3. Струпинский М. Л., Хренков Н. Н., Кувалдин А. Б. Проектирование и эксплуатация систем электрического обогрева в нефтегазовой области: справочная книга. М: Инфра – Инженерия, 2015. 272 с.

4. Использование электрообогрева для повышения надёжности эксплуатации противопожарных водопроводов в районах Крайнего

Севера / Н. Н. Елин, В. Б. Бубнов, В. А. Комельков [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2019. Вып. 2 (84). С. 108-118. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.108-118.

References

1. Alifanov O. M. *Obratnye zadachi teploobmena* [Inverse heat transfer problems]. Moscow: Mashinostroenie, 1988. 280 p.

2. *Teplovaya izolyatsiya: spravochnik* [Thermal insulation: handbook]. pod red. G. F. Kuznetsova. Moscow: Stroyizdat, 1985. 440 p.

3. Strupinskij M. L., Hrenkov N. N., Kuvaldin A. B. *Proektirovanie i ekspluatatsiya sistem*

elektricheskogo obogreva v neftegazovoj oblasti [Design and operation of electric heating systems in the oil and gas industry]. Spravochnaya kniga. Moscow: Infra – Inzheneriya, 2015. 272 p.

4. Ispol'zovaniye elektroobogreva dlya povysheniya nadozhnosti ekspluatatsii protivopozharnykh vodoprovodov v rayonakh Kraynego Severa [Use of electric heating to increase the reliability of operation of fire-fighting water pipelines in the Far North] / N. N. Yelin, V. B. Bubnov, V. A. Komel'kov [et al.]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2019, vol. 2 (84), pp. 108–118. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.108-118.

Бубнов Владимир Борисович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: kafppv@mail.ru

Bubnov Vladimir Borisovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of Technical Sciences, associate Professor

E-mail: kafppv@mail.ru

Репин Денис Сергеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: denisrep@mail.ru

Repin Denis Sergeevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

lecturer

E-mail: denisrep@mail.ru

УДК 614.841.3

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЕРЦИОННЫХ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

С. А. ВЕДЕРНИКОВ, Е. В. РОМАНЮК, Д. Н. РАССАДНИКОВ

Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

E-mail: vedernikov.serj2014@yandex.ru, scercso@mail.ru, firefighter_112@mail.ru

В статье обосновывается применение инерционных пылеуловителей для очистки пылегазовых потоков от горючей пыли на производствах пищевой, химической, текстильной, деревообрабатывающей и других отраслей. Рассматриваются новые конструкции пылеуловителей инерционного типа и их преимущества по сравнению с традиционными пылесадительными камерами и циклонами. Принцип работы инерционных пылеуловителей связан с высокой вероятностью образования взрывоопасных концентраций в производственных системах аспирации, поэтому авторами предлагается новая конструкция инерционного пылеуловителя – многоступенчатый трубчатый пылесадитель – позволяющий снизить пожарную опасность процесса и значительно повысить его эффективность. В пылеуловителе реализован принцип поэтапной очистки от пыли разной дисперсности. Кроме этого, в новой конструкции учтены особенности аэродинамики потока, что позволяет снизить аэродинамическое сопротивление в устройстве. Описаны экспериментальные исследования новой конструкции, позволяющие подтвердить эффективность применения устройства (95 % для пыли 10 мкм и 62 % для пыли менее 10 мкм). Получены данные по оптимальным параметрам разрабатываемого пылеулавливающего устройства. Внедрение новых инерционных пылеуловителей в производственные процессы позволит значительно снизить пожарную опасность на производстве, а также повысить эффективность очистки пылегазовых потоков.

Ключевые слова: пылеуловитель, производственная аспирационная система, пыль, горючая пыль, пожарная опасность, взрывопожарная опасность.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF INERTIAL DUST COLLECTORS FOR EXPLOSIVE AND FIRE-HAZARDOUS INDUSTRIES

S. V. VEDERNIKOV, E. V. ROMANYUK, D. N. RASSADNIKOV

¹Academy of the state service of EMERCOM of Russia
Russian Federation, Moscow

E-mail: vedernikov.serj2014@yandex.ru, scercso@mail.ru, firefighter_112@mail.ru

The article substantiates the use of inertial dust collectors for cleaning dust and gas flows from combustible dust in the food, chemical, textile, woodworking and other industries. New designs of inertial type dust collectors and their advantages in comparison with traditional dust-settling chambers and cyclones are considered. The principle of operation of inertial dust collectors is associated with a high probability of formation of explosive concentrations in industrial aspiration systems, therefore, the authors propose a new design of an inertial dust collector – a multi-stage tubular dust collector - which allows to reduce the fire hazard of the process and significantly increase its efficiency. The dust collector implements the principle of step-by-step cleaning of dust of different dispersion. In addition, the new design takes into account the features of the flow aerodynamics, which reduces the aerodynamic drag in the device. Experimental studies of the new design are described to confirm the effectiveness of the device (95 % for dust of 10 microns and 62 % for dust less than 10 microns). Data on the optimal parameters of the developed dust collecting device were obtained. The introduction of new inertial dust collectors into production processes will significantly reduce the fire hazard in production, as well as increase the efficiency of cleaning dust and gas flows.

Key words: dust collector, industrial aspiration system, dust, combustible dust, fire hazard, explosion hazard.

Горючая производственная пыль представляет собой одну из наиболее распространенных причин возникновения пожаров на промышленных предприятиях. По данным сайта Dust Safety Science¹ в 2021 году в мире произошло 57 «пылевых» пожаров и 30 взрывов, жертвами которых стали 64 человека. Высокой взрывопожароопасностью, связанной с обращением горючей пыли, характеризуются химическое, полимерное, лакокрасочное, деревообрабатывающее, текстильное производство. На разработку мероприятий по предупреждению пылевых пожаров и взрывов на таких производствах направлены требования 48-ой статьи Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Техническим средством реализации данных требований является разработка и использование производственных аспирационных систем. В данных системах создаются условия для накопления пыли и обращения ее в виде пылевоздушной среды, поэтому особое внимание следует уделить вопросам их проектирования и эксплуатации.

Необходимым компонентом производственной аспирационной системы является устройство очистки от пыли, т.к. выброс неочищенных аспирационных потоков в атмосферу запрещен. Сегодня существует большой ассортимент пылеуловителей, отличающихся принципом работы, эффективностью и ресурсоемкостью. Выбор типа пылеулавливающего устройства зависит от физико-химических характеристик потока, в том числе взрывопожароопасных характеристик пыли. При проектировании систем аспирации руководствуются в том числе принципами экономичности, поэтому устройство должно быть простым по конструкции и обладать низкой ресурсоемкостью.

Одними из самых простых в изготовлении и эксплуатации являются инерционные пылеуловители (циклоны, пылеосадительные и вихревые камеры), использующие принцип отделения частиц пыли от потока под действием сил инерции. В таких пылеуловителях газовый поток с пылью вводится в устройство и турбулизируется за счет создания искусственных преград или центробежной силы.

Эффективность инерционных пылеуловителей зависит от нескольких факторов, таких как скорость газового потока, размер и плотность частиц, а также характеристики устройства. В целом диапазон улавливаемых

частиц – диаметром от 10 и более микрон.

Инерционные пылеуловители широко используются в различных отраслях промышленности чаще всего в качестве первой ступени систем очистки от пыли, обладают преимуществами, такими как отсутствие движущихся частей (что уменьшает износ и требования к обслуживанию) и высокая эффективность в отношении крупных частиц.

Инерционное пылеулавливание оптимально с точки зрения энергосбережения, однако следует увеличить его эффективность и понизить пожарную опасность. Это возможно путем увеличения количества преград в конструкции устройства. Примерами могут быть лабиринтовый пылеуловитель или циклон-сепаратор, трубчатый пылеосадитель — рис. 1 [6]. Инерционные пылеуловители нового поколения представляют собой инновационное решение, способное существенно снизить риск пожаров и взрывов на производстве путем дополнительного осаждения пыли различной дисперсности [3–5].

Усложнение конструкции в этих пылеуловителях приводит к повышению гидравлического сопротивления, поэтому важно сбалансировать устройство по эффективности и общему перепаду давлений на нем.

С учетом всех преимуществ и недостатков инерционных пылеуловителей был разработан многоступенчатый трубчатый пылеуловитель (МТП) – рис. 2 [7], состоящий из цилиндрикоконического корпуса 2, соосно соединенных с ним входным (1) и выходным (15) патрубками, перегородок перфорированных отверстиями и соединенных трубками попарно. Каждая пара образует отдельную кассету.

Первая по ходу пылегазового потока кассета имеет трубки наибольшего диаметра и в ней улавливается низкодисперсная пыль, вторая – трубки меньшего диаметра для улавливания пыли средней дисперсности и третья – трубки наименьшего диаметра для улавливания высокодисперсной пыли.

Запыленный газ поступает в корпус устройства 2 через нижний входной патрубок 1, подымается по трубкам 11, 12, 13, 14, закрепленными в перфорированных дисках 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Благодаря расположению трубок, укрепленных в каждой последующей паре перфорированных дисков, запыленный поток изгибается, частицы пыли активно соударяются со стенками трубок и друг с другом, коагулируют и оседают. Очистка от низкодисперсной пыли происходит в трубках, закрепленных в 3-ей и 4-ой перфорированных перегородках, более высокодисперсной – в трубках, закрепленных в 5-ой и 6-ой перфорированных перегородках, еще более высокодисперсной —

¹ GESTIS-DUST-EX Database Combustion and explosion characteristics of dusts. [Электронный ресурс] – URL: <https://gestis-database.dguv.de/data?name=008100> (дата обращения 15.08.2023).

в трубах, закрепленных в 7-ой и 8-ой перфорированных перегородках, самой высокодисперсной – в трубах, закрепленных в 9-ой и

10-ой перфорированных перегородках. После чего очищенный воздух выходит через верхний выходной патрубок 15.

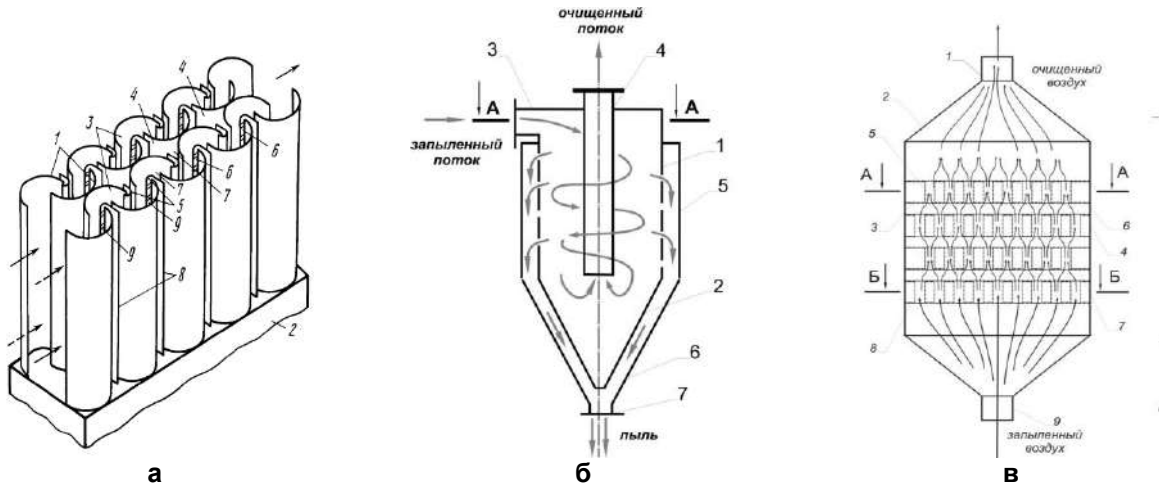


Рис. 1. Инерционные пылеуловители с повышенной эффективностью:

а – лабиринтовый пылеуловитель; **б** – циклон-сепаратор:

1 – продольные щели; 2 – коническое днище; 3 – патрубок ввода запыленного газа;

4 – выхлопная труба; 5 – корпус; 6 – коническое днище циклона;

7 – патрубок для удаления пыли; 8 – зазор.

в – трубчатый пылеосадитель: 1 – патрубок выхода очищенного воздуха;

2 – корпус цилиндрикоконический; 3, 5 – перфорированные перегородки;

4, 6, 7, 8 – трубки; 9 – вход запыленного воздуха.

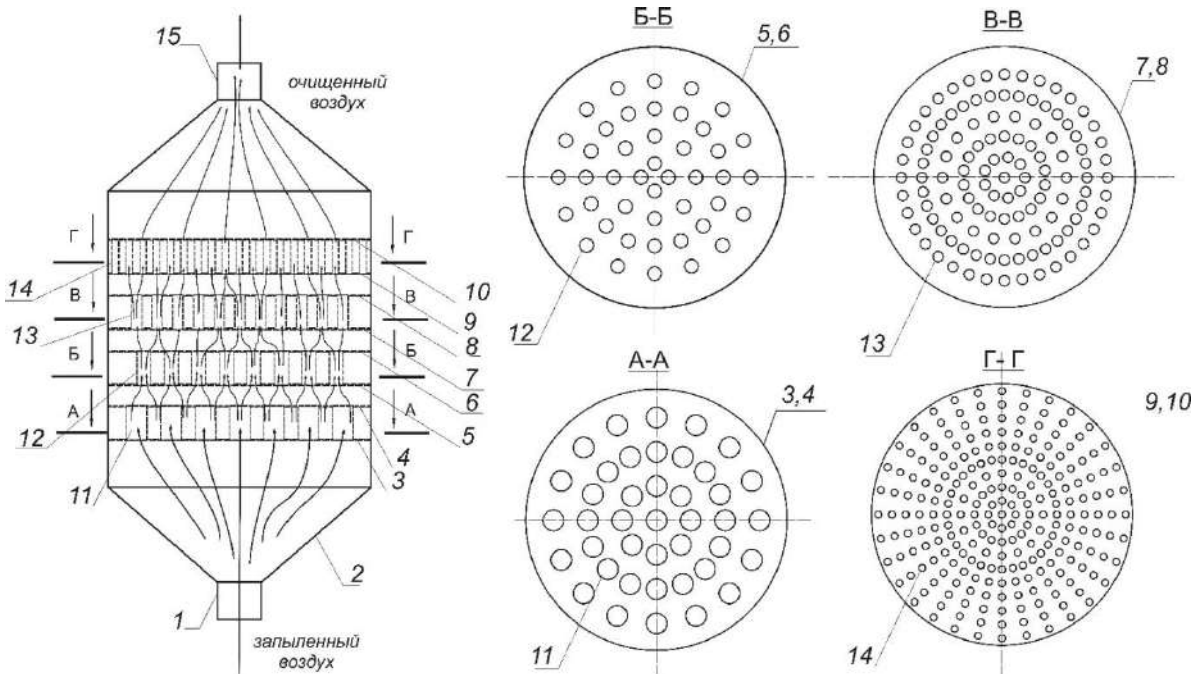


Рис. 2. Многоступенчатый трубчатый пылеуловитель:

1 – патрубок ввода запыленного воздуха; 2 – корпус; 3–10 – перфорированные пластины;

11–14 – трубки, соединяющие перфорированные пластины;

15 – патрубок выхода очищенного воздуха.

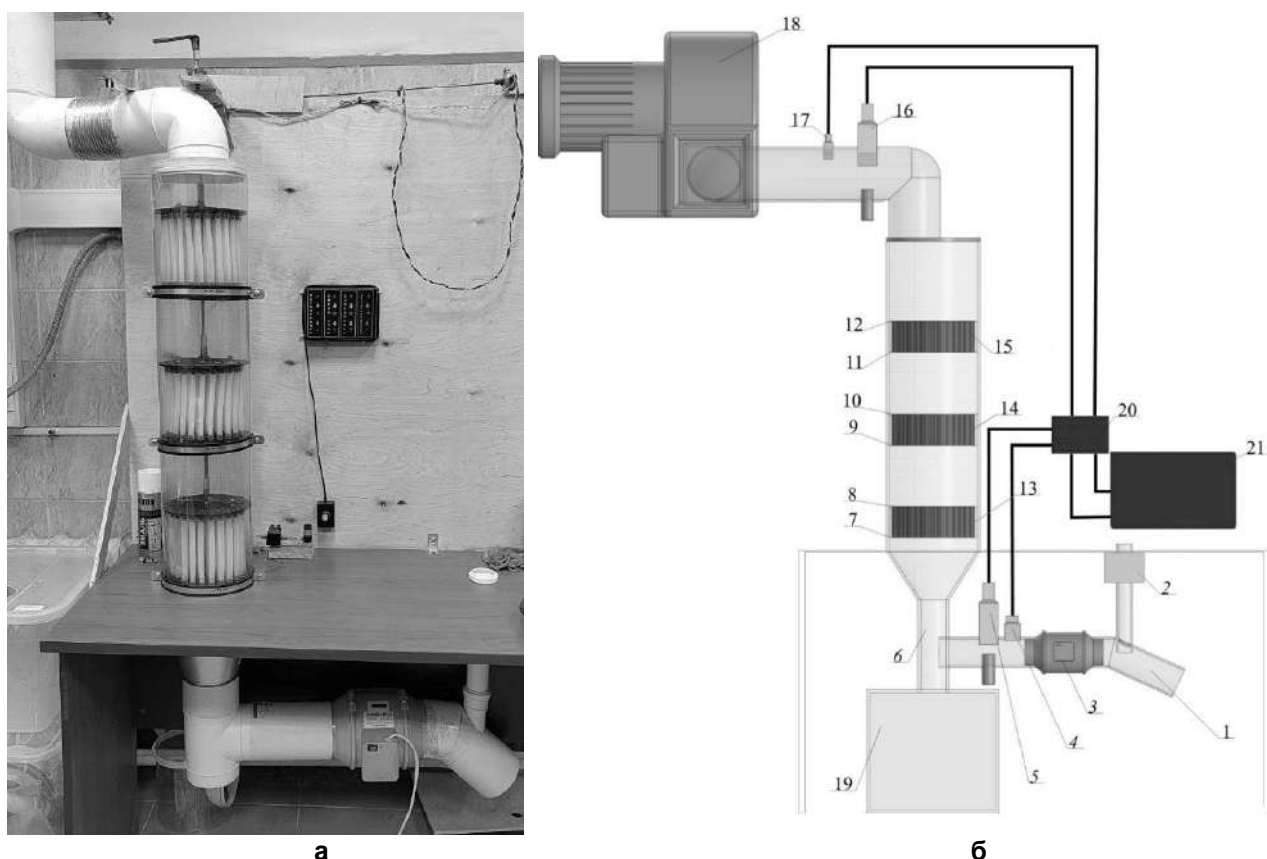


Рис. 3. Экспериментальный стенд для исследования работы трубчатого пылеосадителя:

- а** – общий вид; **б** – схема: 1 – входной патрубок; 2 – пылегенератор; 3 – вентилятор; 4 – датчик концентрации на входе в пылеосадитель; 5 – датчик давления на входе в пылеосадитель; 6 – патрубок удаления осажденной пыли; 7, 8 – перфорированные перегородки первой ступени очистки; 9, 10 – перфорированные перегородки второй ступени; 11, 12 – перфорированные перегородки третьей ступени; 13 – трубки первой ступени; 14 – трубки второй ступени; 15 – трубки третьей ступени; 16 – датчик давления на выходе из пылеосадителя; 17 – датчик концентрации на выходе из пылеосадителя; 18 – вентилятор; 19 – емкость для осажденной пыли; 20 – преобразователь интерфейса системы мониторинга параметров процесса; 21 – ПК

Указанная конструкция позволяет реализовать многоступенчатую очистку в одном аппарате, улучшить аэродинамику потока за счет постепенного сужения каналов трубок и снизить пожарную опасность за счет преобладания осажденной пыли над взвихрившейся.

Для экспериментального исследования работы трубчатого пылеосадителя был разработан лабораторный стенд, общий вид которого приведен на рис. 3а, общая схема – рис. 3б.

Для оценки эффективности работы пылеуловителя использовали датчики концентрации 4, 17, установленные до и после пылеуловителя. Эффективность определяли по формуле $\Theta = (Z_1 - Z_2) / Z_1$, где Z_1, Z_2 — концентрация пыли до и после пылеосадителя. Для измерения концентрации применяли оптические датчики пыли СЖ-3.

Для оценки аэродинамического сопротивления использовали общий перепад давлений, определяемый как разность показаний датчиков давления 5 и 16 до и после МТП. Для измерения давления применяли датчики абсолютного давления 415-ДИВ, установленные до и после МТП. Для экспериментов использовали мучную пыль, дисперсность которой составляет от 0 до 50 мкм. Пылегазовый поток создавали путем подачи муки в воздушный поток через пылегенератор 2. Скорость потока воздуха составляла порядка 10–12 м/с. Концентрация пыли приблизительно составляла 10 г/м³. Данные с датчиков давления и концентрации поступали через преобразователь 20 на компьютер 21, где обрабатывались с помощью специально разработанного программного обеспечения и выводились на экран в таб-

личной форме. Результаты улавливания мучной пыли представлены на рис. 4.

Для выбора оптимальных геометрических параметров пылеосадителя проводили эксперименты с различным диаметром трубок (0,006; 0,007; 0,008 и 0,01 м), а также с различной высотой трубок. Для экспериментов использовали кассеты, в которых на каждой ступени были закреплены 58 трубок.



Рис. 4. Вид кассеты после пропускания пылегазового потока

Для определения параметров кассет на каждой ступени очистки проводили эксперименты с разным диаметром трубок, укрепленных в кассете, а также с разной длиной трубок. Результаты экспериментов приведены на рис. 5 в виде диаграмм зависимостей общего перепада давлений от диаметра трубок и эффективности от диаметра трубок.

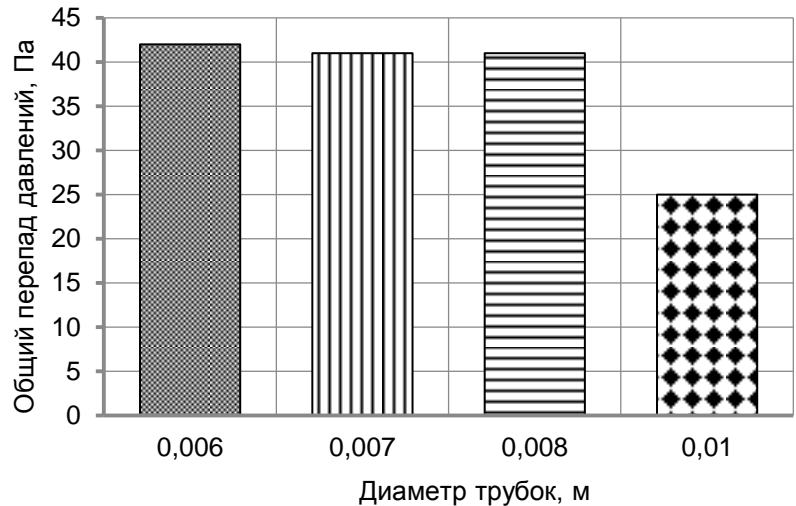


Рис. 5. Диаграммы зависимостей общего перепада давлений и эффективности от диаметра трубок.

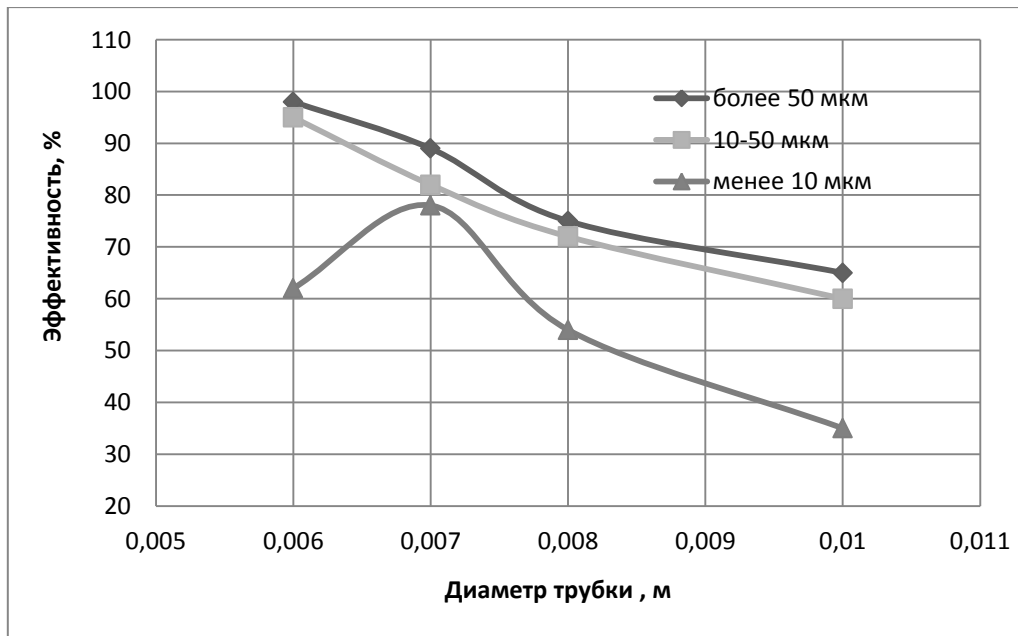


Рис. 6. Зависимость эффективности от диаметра трубок для частиц дисперсностью более 50 мкм, в интервале от 10 до 50 мкм и менее 10 мкм.

При анализе эффективности различных конфигураций кассет в пылеосадителе с использованием диаметра трубок с размером 0,01 м было установлено, что данная конфигурация проявила достаточную эффективность в улавливании частиц с дисперсностью более 50 мкм, создавая при этом небольшое по сравнению с остальными диаметрами трубок сопротивление. Это является оптимальным соотношением для первой ступени очистки многоступенчатого трубчатого пылеосадителя. С уменьшением диаметра эффективность очистки от пыли меньшей дисперсности растет по сравнению с диаметром 0,01 м. Это говорит о том, что применение трубок меньшего диаметра даст эффект ступенчатой очистки от пыли более мелких фракций, при этом резкий рост общего перепада давления будет сглажен в МТП, так как крупные частицы будут уловлены в первой по ходу кассете (с диаметром трубок 0,01 м.)

Экстремум на графике зависимости эффективности от диаметра на рис. 6 свидетельствует об отсутствии необходимости дальнейшего уменьшения диаметра, т.к. для трубок диаметром менее 0,007 м происходит быстрое забивание с последующим опадением осадка (снижение эффективности). В многоступенчатом пылеуловителе такой эффект приведет к быстрому забиванию первых двух ступеней (кассеты с диаметром 0,01 и менее вплоть до рассматриваемой). Данный эффект позволяет спроектировать МТП с вы-

сокой инженерной точностью, так как становится очевидным, когда уменьшение диаметра трубок не дает необходимый эффект повышения эффективности.

Представленные результаты подтверждают возможность реализации принципа многоступенчатой очистки пылегазового потока в разработанном пылеуловителе, где очистка от пыли дисперсностью более 10 мкм будет происходить в первой кассете с диаметром трубок 0,01 м, очистка от пыли в интервале от 10 до 50 мкм – в кассете диаметром 0,008 м и очистка от пыли менее 10 мкм – в последней кассете с диаметром трубок 0,006 м. Дополнительно пылеосаждающий эффект создается за счет силы тяжести, действующей на укрупненные частицы в камерах между кассетами.

Интенсивное соударение и укрупнение приводит к переводу пыли из состояния аэрозвеси в состояние аэрогеля, что снижает пожарную опасность процесса очистки. Конструкция также способствует увеличению ресурса работы трубчатого пылеуловителя за счет реализации поэтапной очистки воздуха в трубках разного диаметра снизу вверх: пылеосадитель не забивается и легко регенерируется.

Таким образом, многоступенчатый трубчатый пылеуловитель может быть эффективным, экономически выгодным и безопасным решением вопроса очистки потока от пыли на предприятиях, на которых образуется и обрабатывается горючая пыль.

Список литературы

1. Патент 2226128 Российская Федерация МПК7 В 04 С 5/08, В 04 С 5/10. Циклон-сепаратор / Е. В. Асмолова, А. П. Зотов, Ю. В. Красовицкий [и др.]; опубл. 27.03.04, Бюл. № 17.
2. Патент на изобретение 2042395 Российская Федерация МПК В 01D 45/08. Лабиринтовый пылеуловитель / Е. М. Пузырев, С. М. Кисляк; опубл.: 27.08.1995.
3. Романюк Е. В., Каргашилов Д. В., Федоров А. В. Совершенствование конструкции циклонов для повышения эффективности пылеулавливания // Экологические проблемы промышленных городов: сборник научных трудов по материалам 9-й Международной научно-практической конференции, Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., 2019. С. 404–406.
4. Калиев О. С., Романюк Е. В. Регулируемый трубчатый пылеосадитель // Системы безопасности: материалы международной научно-технической конференции. М.: ФГБОУ

ВО Академия ГПС МЧС России, 2022. С. 461–463.

5. Калиев О. С., Романюк Е. В. Регулируемый трубчатый пылеосадитель // Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической конференции, в рамках IV Всероссийского научно-общественного форума «Экологический форум-сайт». Саратов, Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2022. С. 96–98.

6. Ведерников С. А., Романюк Е. В. Инерционные пылеуловители с пониженной пожарной // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов X всероссийской научно-практической конференции. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 107–109.

References

1. Asmolova E. V., Zotov A. P., Krasovitsky Yu. V. [et al.]. Tsiklon-separator [Cyclone separator], Patent 2226128 Rossiyskaya Federatsiya IPC 7 B 04 C 5/08, B 04 C5/10, opubl. 27.03.04, Byul. № 17.

2. Puzyrev E. M., Kislyak S. M. Labirintovyy pyleulovitel' [Labyrinth dust collector], Patent na izobreteniyе 2042395 Rossiyskaya Federatsiya IPC B 01D 45/08, opubl. 27.08.1995.

3. Romanyuk E. V., Kargashilov D. V., Fedorov A. V. Sovershenstvovaniye konstruktssii tsiklonov dlya povysheniya effektivnosti pyleulavlivaniya [Improving the design of cyclones to increase the efficiency of dust collection]. *Ekologicheskie problemy promyshlennyyh gorodov: sbornik nauchnyh trudov po materialam 9-j Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii*, Saratov, Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet imeni Gagarina Yu. A. 2019, pp. 404–406.

4. Kaliev O. S., Romanyuk E. V. [Adjustable tubular dust collector]. Sistemy bezopasnosti: materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy

konferencii, Moscow, FGBOU VO Akademiya GPS MCHS Rossii, 2022. Pp. 461–463.

5. Kaliev O. S., Romanyuk E. V. Reguliruyemyy trubchatyy pyleosaditel' [Adjustable tubular dust collector]. *Ekologicheskij monitoring opasnyh promyshlennyyh ob"ektov: sovremennyye dostizheniya, perspektivy i obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti naseleniya: sbornik nauchnyh trudov IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii, v ramkah IV Vserossiyskogo nauchno-obshchestvennogo foruma «Ekologicheskij forsajt»*. Saratov, Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Amirit», 2022. Pp. 96–98.

6. Vedernikov S. A., Romanyuk E. V. Inertsionnyye pyleuloviteli s ponizhennoy pozharnoy opasnost'yu [Inertial dust collectors with reduced fire hazard]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernyh sistem obespecheniya pozharnoy bezopasnosti ob"ektov: sbornik materialov X vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2023. Pp. 107–109.

Ведерников Сергей Алексеевич

Академия ГПС МЧС России

Российская Федерация, Москва

адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров

E-mail: vedernikov.serj2014@yandex.ru

Vedernikov Sergey Alekseevich

Academy of the state service of EMERCOM of Russia

Russian Federation, Moscow

Adjunct of the Faculty of training of scientific and pedagogical personnel

E-mail: vedernikov.serj2014@yandex.ru

Романюк Елена Васильевна

Академия ГПС МЧС России

Российская Федерация, Москва

доктор технических наук, доцент

доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов

E-mail: scercso@mail.ru

Romanyuk Elena Vasilyevna

Academy of the state service of EMERCOM of Russia

Russian Federation, Moscow

Doctor of Technical Sciences, associate professor

Associate Professor of the Department of Fire Safety of Technological Processes

E-mail: scercso@mail.ru

Рассадников Дмитрий Николаевич

Академия ГПС МЧС России

Российская Федерация, Москва

адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров

E-mail: firefighter_112@mail.ru

Rassadnikov Dmitry Nikolaevich

Academy of the state service of EMERCOM of Russia

Russian Federation, Moscow

Adjunct of the Faculty of training of scientific and pedagogical personnel

E-mail: firefighter_112@mail.ru

УДК 614.842.42

РОЛЬ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ В ВОПРОСЕ МИНИМИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА

О. В. КОЧНОВ

Группа компаний «ESCORT»,
Российская Федерация, г. Москва
E-mail: ok@escortpro.ru

В статье показана актуальность и значимость системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) в системе противопожарной защиты (СПЗ) здания и сооружения. Указано на некорректность и субъективность применения коэффициента соответствия СПЗ требованиям нормативной документации (НД) в новой методике расчета индивидуального пожарного риска (ИПР). Предложен альтернативный способ учета коэффициента соответствия (в виде вероятности эффективного срабатывания) СПЗ требованиям НД. Проведен (сравнительный анализ) расчет ИПР, при использовании различных коэффициентов соответствия СПЗ; предельных значениях основных параметров обработанных статистических данных от ВНИИПО.

Ключевые слова: система оповещения, вероятность эвакуации, оптимизация структурного построения системы противопожарной защиты (СПЗ), минимизация величины индивидуального пожарного риска, расчет коэффициента соответствия СПЗ, вероятность эффективного срабатывания СОУЭ.

ROLE OF ALERT AND EVACUATION MANAGEMENT SYSTEMS IN THE EVENT OF FIRE, THE ISSUE OF MINIMIZATION INDIVIDUAL FIRE RISK

O. V. KOCHNOV

Group of companies «ESCORT»,
Russian Federation, Moscow
E-mail: ok@escortpro.ru

The article shows the relevance and significance of the fire warning and evacuation control system (SOUE) in the fire protection system (FPS) of a building and structure. The incorrectness and subjectivity of the application of the coefficient of compliance of the SPZ with the requirements of regulatory documentation (ND) in the new methodology for calculating individual fire risk (IFR) is pointed out. An alternative method is proposed to take into account the coefficient of compliance (in the form of the probability of effective operation) of the SDR with the requirements of the RD. A (comparative analysis) calculation of the IPR was carried out using various SDR compliance coefficients; limit values of the main parameters of processed statistical data from VNIPO.

Key words: warning system, probability of evacuation, optimization of the structural design of the fire protection system (FPS), minimization of the magnitude of individual fire risk, calculation of the coefficient of compliance of the SPZ, probability of effective operation of the fire protection system.

Роль СОУЭ при расчете величины индивидуального пожарного риска в свете новых и готовящихся нормативных требований

Пожарная безопасность зданий и сооружений обеспечивается комплексом пассивных, активных и организационных мероприятий¹. Активную защиту осуществляют системы противопожарной защиты (СПЗ), роль которых (сегодня) выполняют системы пожарной автоматики (СПА, далее СПЗ)². Наиболее значимыми СПЗ являются: системы пожаротушения (СПТ); системы пожарной сигнализации (СПС); системы дымоудаления (ПДЗ); системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре СОУЭ. Все эти системы активно применяются для защиты зданий и сооружений практически всех классов функциональной опасности, и именно эти системы применяются в качестве мероприятий, минимизирующих величину индивидуального пожарного риска (ИПР).

Сегодня, при активной смене (трансформации) нормативных требований ни в коем случае нельзя забывать об основаниях, согласно которым СОУЭ была и остается системой, предназначенной для обеспечения беспрепятственной эвакуации людей³. Текущие преобразования, вплоть до смены парадигмы в области проектирования и способов применения СПС не могли не затронуть и СОУЭ. В 2021 году выпущен и в 2022 году стал обязательным к применению стандарт ГОСТ Р 59639-2021⁴, в котором добавлен ряд требований, касающихся не только монтажа и обслуживания, но и проектирования СОУЭ. Стандарт, в частности, указывает на необходимость *разработки и обоснования* алгоритма работы (оповещения), необходимого для эффективного управления эвакуацией людей. В сентябре 2023 года вступила в действие новая методика расчета ИПР⁵, в которой задержки

эвакуации официально вносятся в расчет времени и вероятности эвакуации людей, что требует уже не формального отношения к разработке алгоритма оповещения.

Задача реализации алгоритма (в рамках обеспечения своевременности оповещения и эвакуации) проецируется на объект защиты целостным комплексом мероприятий и требований, в том числе, готовящимся к выходу СП 3.13130-2020, в котором обращено особое внимание на интеграцию СПС и СОУЭ.

Согласно действующему своду правил: СПС, при обнаружении опасных факторов пожара (ОФП) по алгоритму С" активирует СОУЭ высоких типов, которая, в свою очередь выполняет заранее разработанный и заложенный алгоритм работы (оповещения). При этом, количество алгоритмов оповещения должно быть не меньше числа зон оповещения. Готовящийся свод правил усиливает (по сути, ужесточает) существующие требования:

4.8: ...Следующие линии связи должны быть резервированы (выполнены дублированными ИЛИ кольцевыми):

- линии связи, предназначенные для передачи сигналов активации СОУЭ от СПС или АУПТ(между ППУ СОУЭ и ППКП СПС или АУПТ);

- линии связи между компонентами блочно-модульных приборов управления пожарных (ППКП и управления пожарных) СОУЭ;

- линии связи между отдельными техническими средствами, входящими в состав СОУЭ, если единичная неисправность данных линий связи приведет к потере работоспособности (отказу) СОУЭ на площади более чем 2000 м² в пределах одного этажа и не более чем в одной зоне оповещения.

Кроме того, готовящийся СП еще раз подчеркивает взаимосвязь с новой методикой расчетов величины ИПР, указывая:

5.12... Интервал времени от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону, с учетом интервала времени, затрачиваемого на передачу СОУЭ в автоматическом режиме первой речевой информации, не должен превышать необходимого времени эвакуации людей при пожаре...

При акцентировании внимания на способах сопряжения СПС и СОУЭ нельзя оставить незамеченными следующие вопросы. Если в вышеизложенном требовании речь идет о необходимости дублирования управляющих сигналов, то это каким-то образом должно учитываться при расчете ИПР, однако этого не наблюдается, так как в новой методике дис-

строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

¹ Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

² Свод правил СП 484.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.

³ Свод правил СП 3.13130.2009 Требования пожарной безопасности к звуковому и речевому оповещению и управлению эвакуацией людей.

⁴ Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 59639-2021 Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность.

⁵ Приказ МЧС России от 14.11.2022 № 1142 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и

кретные (малоэффективные, безусловные) коэффициенты сохраняются в прежнем, по сравнению с методикой⁶ виде. Таким образом, актуальной была и остается задача разработки аналитических методов расчета коэффициентов, а лучше – вероятности эффективного срабатывания применяемых технических решений.

Согласно новой методике, величина ИПР для зданий различных классов функциональной пожарной опасности определяется частотой реализации ОФП, вероятностью при-

сутствия защищаемого контингента (людей), вероятностью их эвакуации, коэффициентами соответствия СПЗ и систем пожаротушения (СПТ), требованиями нормативной документации (НД). Пассивные мероприятия определяют время блокировки ОФП, активные СПЗ – инерционность технических средств (ТС) и время задержки эвакуации – параметры, каждый из которых определяют вероятность эвакуации и величину ИПР. Все перечисленные мероприятия как раз и участвуют в минимизации величины ИПР, рис. 1:



Рис. 1. Основные мероприятия, способствующие минимизации величины ИПР

В новую методику внесены существенные изменения заслуживающие особого внимания [1], однако нас будут интересовать основания, в частности способы учета коэффициента соответствия СПЗ, важность которого сопоставима с важностью расчета вероятности эвакуации. На некорректность способов учета данных коэффициентов для реальных (а не гипотетических) объектов защиты обращалось неоднократное внимание.

В статье [2] был подвержен объективной критики способ расчета вероятностей эффективного срабатывания ТС, используемый в методике⁷ и аналогичный рассматриваемому нами. После утверждения в 2009 г. методики расчета рисков был опубликован ряд статей, например [3], в которых указывалось на некор-

ректность замены (условной) вероятности эффективного срабатывания ТС, безусловными (статическими) коэффициентами, принимающими только два значения (0 % или 80 %).

Заметим следующее. Возможность использования безусловных статических коэффициентов в качестве замены вероятностей в теории надежности вполне оправдана. Из теории надежности известно, что когда на каждую из систем оказывает влияние большое количество явных и неявных воздействий, то статистические коэффициенты соответствия вполне (иногда единственно возможно) могут быть применены и интерпретированы, в надежном смысле как (несмещенные) оценки, вероятности выполнения системой своих функций.

В подтверждении сказанного, заметим, что коэффициенты, применяемые в методике ($K_{обн}=K_{пдз}=K_{соуэ}=0,8$), вполне согласуются с официально опубликованными данными⁸. На рис. 2 приведены результаты их обработки.

⁶ Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

⁷ Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

⁸ Министерство РФ по делам ГО и ЧС, ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ «Пожары и пожарная опасность», статистические сборники за 2012–2021 гг.

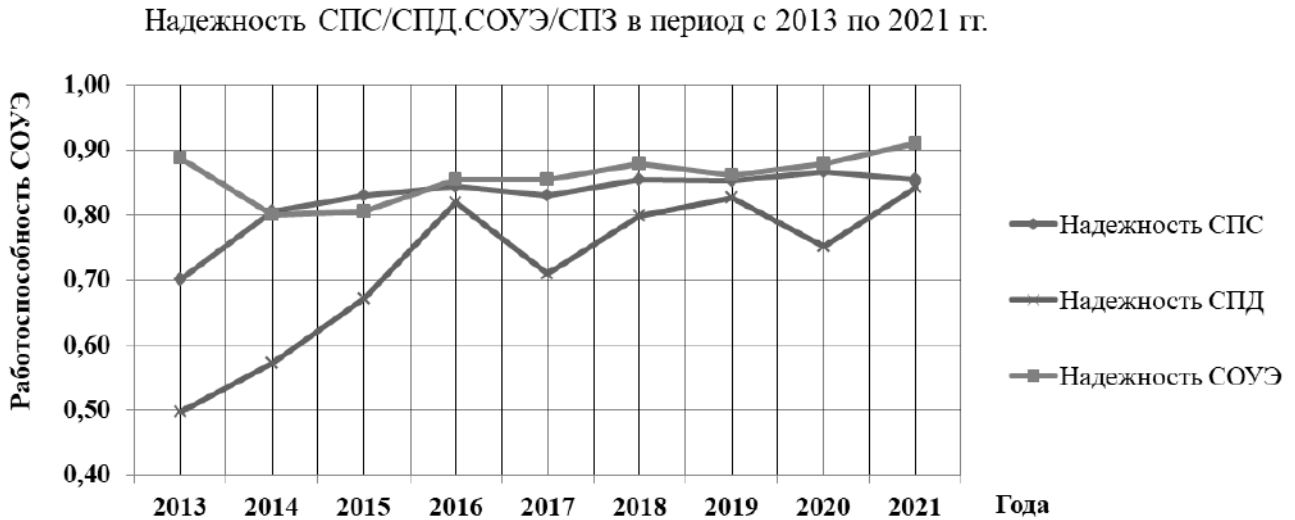


Рис. 2. Надежность СПС/СПД/СОУЭ согласно статистическим данным ВНИИПО в период с 2013 по 2021 год

Однако, проблема остается и связана она с тем, что в статистическом сборнике 2022 года данные по эффективности СПЗ (увы) уже не приводятся, из чего следует либо необходимость сбора и обработки собственных статистических данных (что весьма затруднительно), либо возможность использования (более) точных и аналитических методов учета и расчета, пусть даже коэффициентов.

Примечание: Очевидно, что факт наличия у системы (технического средства) пожарного сертификата не может служить доказательством ее работоспособности. Обратимся к новой методике и заметим следующее. Уже при беглом взгляде на предоставленные формулы эффективности СПЗ видны явные трудности. Для пояснения, сформулируем следующую задачу: необходимо оценить и, при возможности, минимизировать величину индивидуального пожарного риска (ИПР) объекта защиты, как функцию от коэффициента соответствия СПЗ, при фиксации отдельных параметров, в том числе вероятности эвакуации ($P_{Э}=1-Q_{Э}$).

Согласно методике, величина ИПР определяется как максимальное значение риска – функции от отдельных параметров, при реализации i -го сценария в j -й зоне оповещения:

$$R_i = \max(Q_{Пi}, P_{ПРi}, P_{Эij}, K_{АПi}, P_{ПЗi}). \quad (1)$$

где $Q_{П}$ – частота возникновения пожара в здании; $P_{ПРi}$ – вероятность присутствия людей в рассматриваемой части здания; $P_{Эij}$ – вероятность эвакуации j -той группы людей;

$K_{АПi}, P_{ПЗi}$ — коэффициенты соответствия СПТ и СПЗ требованиям НД.

Примечание: Далее для наглядности (при сохранении смысла), индексы i, j опустим.

Риск, как функция от вероятности эффективной работы СПЗ может, либо обеспечить, либо не обеспечить ИПР. Рассмотрим формулу для расчета коэффициента соответствия СПЗ, $K_{ПЗ}$, предлагаемую как предшествующей, так и действующей методиками:

$$P_{ПЗ} = 1 - [(1 - P_{ОБН} \cdot P_{СОУЭ}) \cdot (1 - P_{ОБН} \cdot P_{ПДЗ})], \quad (2)$$

Из (2) видно, что при равнонадежности СПС, СПД, СОУЭ: $P_{СПС}=P_{ПДЗ}=P_{СОУЭ}=80\%$, результирующая надежность СПЗ составит: $P_{СПЗ}=87\%$, что возможно только при дублировании подсистем, в частности СПС. На рис. 3А изображена элементарная структурная схема СПЗ, соответствующая формуле (2).

Из рис. 3А, видно, система СПС (как бы) продублирована, однако на практике такие варианты включения не встречаются.

Рассчитаем коэффициент соответствия, $K_{ПЗ}$, для наихудшего случая: $Q_{П}=0,04$; $Q_{ПР}=1$ (24 часа в сутки); $P_{Э}=0,999$ (максимальное значение); вероятность присутствия людей (высокая – в течении суток), $P_{ПР}=1$; $K_{АП}=0,9$ (согласно рекомендациям). Составим неравенство:

$$P_{ПЗ} \geq 1 - (10^{-6} / (Q_{П} \cdot P_{ПР} \cdot (1 - P_{Э}) \cdot (1 - K_{АП}))) \quad (3)$$

При подстановке:

$$P_{ПЗ} \geq 1 - \frac{0,000001}{0,04 \cdot 0,75 \cdot (1 - 0,9) \cdot (1 - 0,999)} \geq 0,75.$$

Зафиксируем этот результат.

Более практичной (приближенной к реальности) является структурная схема СПЗ, изображенная на рис. 3Б, в которой все те же три подсистемы включены последовательно-параллельно, с надежностью:

$$P_{ПЗ} = P_{СПС} \cdot [1 - (1 - P_{СОУЭ}) \cdot (1 - P_{ПДЗ})]. \quad (4)$$

Воспользуемся формулами (2), (3), подставив в них статистические данные, рис.4.

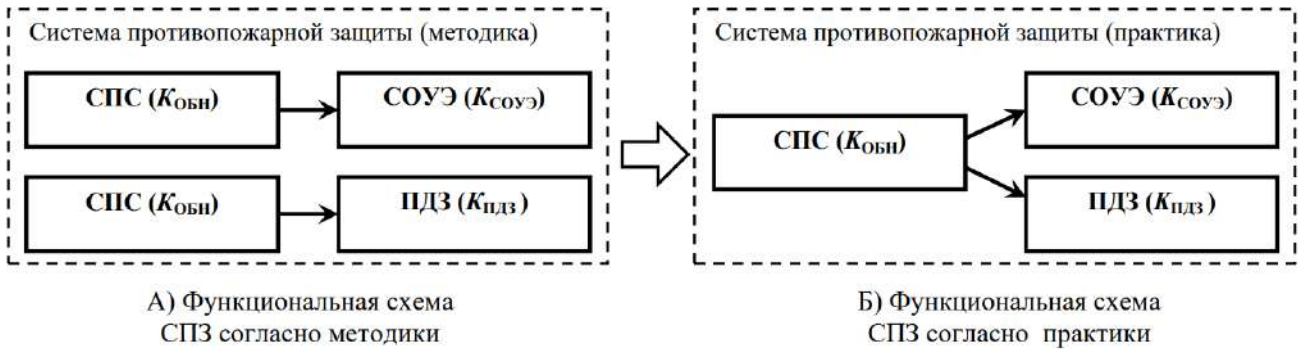


Рис. 3. Элементарные структурные схемы систем противопожарной защиты: А) согласно методики; Б) согласно практики



Рис. 4. Надежность СПЗ для различных структурных схем, построенная по статистическим данным ВНИИПО в период с 2013 по 2021 год.

Используя полученный результат, рассчитаем величину ИПР (см. формулу 4 новой методики) как функцию от эффективности СПЗ для двух значений вероятности эвакуации – максимальной $P_{э}=0,999$ и реальной $P_{э} \sim 0,998$ при вышеозначенных параметрах, рис. 5.

Из графика видно, что по сравнению с 2013 годом, значение ИПР снизилось, однако, следует заметить следующее.

1) Полнота и объективность используемых данных может быть подвергнута сомнению. Из графика, рис.5, видно, что риск с 2013 по 2021 гг. снижается, однако, согласно той же статистике, число погибших при пожарах в городах остается на прежнем уровне и превышает норматив (одну миллионную) не в два (как на рисунке), а в четыре раза.

2) При построении зависимостей, рис. 5, использовалась слишком оптимистичная вероятность эвакуации (особенно если учесть реальные задержки начала эвакуации, которые могут достигать 10-ти минут), при этом, даже при такой высокой вероятности эвакуации, ИПР при применении не гипотетических, а реальных структурных построений – предельный.

3) Нижеследующие выкладки могут оказаться весьма полезными при составлении ТЗ на проектирование СОУЭ. Если структурное построение СПЗ заранее не известно, то согласно формуле (2), рис.3А, надежность СОУЭ как компенсирующего мероприятия можно оценить по следующему критерию:

$$P_{\text{СОУЭ1}} \geq \frac{\left[1 - \frac{1 - P_{\text{СПЗ}}}{(1 - P_{\text{СПС}} \cdot P_{\text{ПДЗ}})} \right]}{P_{\text{СПС}}}, \quad (5)$$

Примечание: ф-ла (5) справедлива при $P_{\text{СПЗ}} \geq 0,75$.

Если структурное построение СПЗ известно, то согласно формуле (3), рис. 3Б, (или

иной формулы, построенной на основе исследования конкретного структурного построения), надежность СОУЭ можно оценить по следующему критерию:

$$P_{\text{СОУЭ2}} \geq 1 - \frac{(1 - P_{\text{ПЗ}}/P_{\text{СПС}})}{(1 - P_{\text{ПДЗ}})}. \quad (6)$$

Таким образом, ф-лы (5), (6) предоставляют возможность при заданных ограничениях управлять (выбрать или корректировать) надежностью СПЗ, рис. 6.

Из рис.6 видно, что выбор того или иного структурного построения весьма критичен. Так, например, для сохранения надежности СПЗ на уровне $P_{\text{СПЗ}}=80\%$, согласно методике, при надежности $P_{\text{СПС}}=80\%$, достаточно иметь всего лишь $P_{\text{СОУЭ}}=60\%$. В то время как для практических схем понадобится максимальная надежность – $P_{\text{СОУЭ}}=99,999\%$. Другими словами, структурная значимость СПС согласно методике – завышена (что, как раз, и было показано).

Оценка ИПР в период с 2013 по 2021 гг.

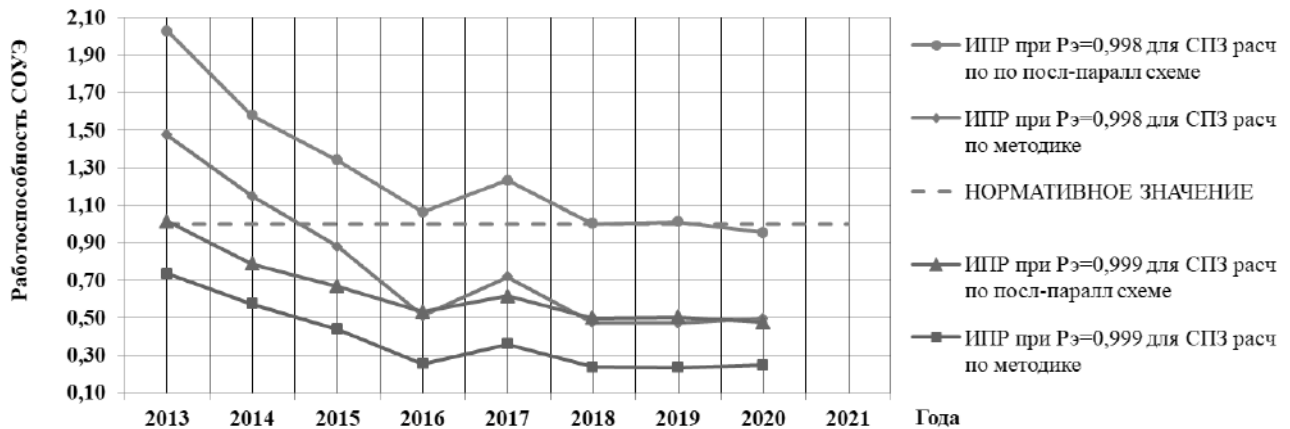


Рис. 5. Величина ИПР в зависимости от эффективности СПЗ согласно статистическим данным в период с 2013 по 2021 гг.

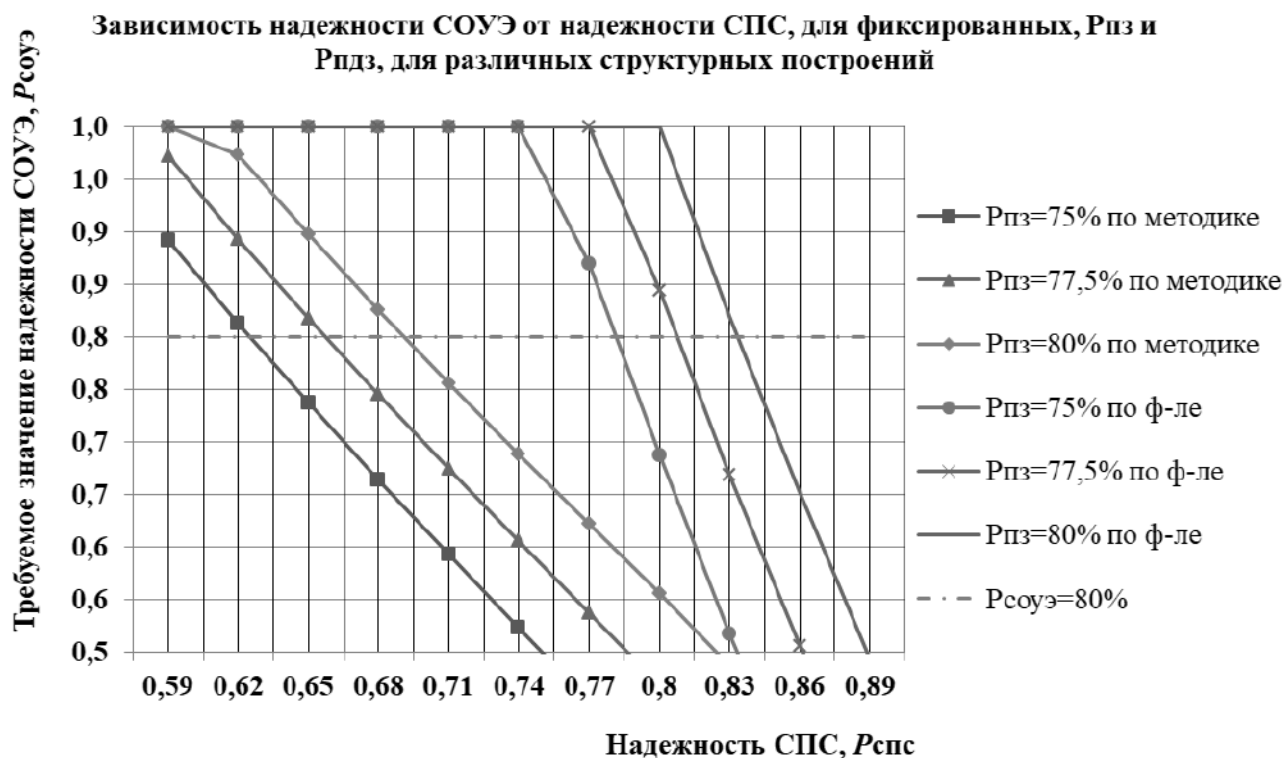


Рис. 6. Зависимость надежности СОУЭ от надежности СПС для различных структурных построений, при $R_{ПДЗ}=80\%$.

Заключение

1) На сегодняшний день не существует единой модели построения СПЗ, при этом очевидно, что при структуре, отличной от схемы, рис.3А, формулу (3) применять нельзя.

2) Построению общих моделей функционирования СПА, позволяющих применять, в том числе, системный подход, будет способствовать построение и изучение моделей применяемых подсистем (той же СОУЭ), для каж-

дой из которых – проводить системный анализ (анализ модели); учитывать специфику и сложность; накапливать статистические данные по отказам и т.д.

3) Сегодня, для сферы пожарной безопасности актуальны любые наработки, касающиеся оценки надежности технических решений; эффективности бизнес-решений; решений относительно структуры системы, конструкции оборудования⁹ [4].

Список литературы

1. Кочнов О. В., Кочегаров А. В., Куприенко П. С. Специфика расчета вероятности эвакуации людей при оценке величины индивидуального пожарного риска // Гражданская оборона и природно-технические системы: сборник статей по материалам XVIII Международной научно-практической конференции. Воронеж, Воронежский государственный технический университет, 2022. С. 356–361.
2. О расчете вероятности эффективной работы технических средств по обеспечению пожарной безопасности при определении величин пожарного риска на производственных объектах / П. И. Зыков, Н. А. Контарь, С. В. Субачев [и др.] // Техносферная безопасность. 2021. № 4. С. 67–71.
3. Неплохов И. Г. Расчет пожарного риска и теория вероятности // Системы безопасности, № 4, 2012. С. 35–42
4. Колбашов М. А., Десницкий А. А., Вдовин О. В. Современное состояние организации оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на объектах защиты // Современные наукоемкие технологии. 2020. Том 62. № 2. С. 109–113.

⁹ ГОСТ 27.002-2015 Межгосударственный стандарт «Надежность в технике. Термины и определения» (Dependability in technics. Terms and definitions), Дата введения 2017-03-01.

References

1. Kochnov O. V., Kochegarov A. V., Kuprienko P. S. Specifica rascheta veroyatnosti evakuacii lyudej pri ocenke velichiny individual'nogo pozharnogo riska [Specifics of calculating the probability of evacuation of people when assessing the magnitude of individual fire risk] // *Grazhdanskaya oborona i prirodno-tehnicheskiye sistemy: sbornik statej po materialam XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Voronezh, Voronezhskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet, 2022, pp. 356–361.*

2. O raschete veroyatnosti effektivnoj raboty tekhnicheskikh sredstv po obespecheniyu pozharnoj bezopasnosti pri opredelenii velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob"ekta [On calculating the probability of effective opera-

tion of technical means to ensure fire safety when determining the magnitude of fire risk at production facilities] / P. I. Zykov, N. A. Kontar, S. V. Subachev [et al.]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2021, issue 4, pp. 67–71.

3. Neplov I. G. Raschet pozharnogo riska i teoriya veroyatnosti [Fire risk calculation and probability theory]. *Sistemy bezopasnosti*, 2012, issue 4, pp. 35–42

4. Kolbashov M. A., Desnickij A. A., Vdovin O. V. Sovremennoe sostoyanie organizacii opoveshcheniya i upravleniya evakuaciej lyudej pri pozhare na ob"ektah zashchity [Current state of organization of warning and management of evacuation of people in case of fire at protection facilities]. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii*, 2020, vol. 62, issue 2, pp. 109–113.

Кочнов Олег Владимирович

Группа компаний «ESCORT»,

Российская Федерация, г. Москва

заместитель генерального директора по научно-производственной работе

E-mail: ok@escortpro.ru

Kochnov Oleg Vladimirovich

ESCORT group of companies,

Russian Federation, Moscow

Deputy Director General for Research and Production

E-mail: ok@escortpro.ru

УДК 614.842.42

АНАЛИЗ И РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ И ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРНЫХ ПОСТРОЕНИЙ

О. В. КОЧНОВ¹, М. А. КОЛБАШОВ², С. А. САВЧЕНКО³, В. Н. КНЯЗЕВ³, М. А. ХАКИМОВ²

¹ Группа компаний «ESCORT»,
Российская Федерация, г. Москва

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

³ Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Владивосток, о. Русский

E-mail: ok@escortpro.ru, kolbashov@mail.ru, savchenko@igps.ru, knyazevobr@mail.ru, kafppv@mail.ru

В статье показан способ расчета вероятности безотказной работы (ВБР) СОУЭ и приведены примеры расчета ВБР различных структурных построений речевых СОУЭ, применяемых на реальных объектах защиты.

Ключевые слова: система оповещения, учет и оптимизация структурного построения системы противопожарной защиты (СПЗ), минимизация величины индивидуального пожарного риска, расчет коэффициента соответствия СПЗ, вероятность эффективного срабатывания, вероятность безотказной работы СОУЭ.

ANALYSIS AND CALCULATION OF THE RELIABILITY OF PEOPLE ALERT AND EVACUATION SYSTEMS IN FIRE FOR VARIOUS STRUCTURAL BUILDINGS

O. V. KOCHNOV¹, M. A. KOLBASHOV², S. A. SAVCHENKO³, V. N. KNYAZEV³, M. A. KHAKIMOV²

¹ Group of companies «ESCORT»,
Russian Federation, Moscow

² Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

³ Far Eastern Fire and Rescue Academy - a branch of St. Petersburg University of the State Fire
Service of the Russian Ministry of Emergency Situations Far Eastern Fire and Rescue Academy,
Russian Federation, Vladivostok, Russky Island

E-mail: ok@escortpro.ru, kolbashov@mail.ru, savchenko@igps.ru, knyazevobr@mail.ru, kafppv@mail.ru

The article shows a method for calculating the probability of failure-free operation (PFO) of a SOUE and provides examples of calculating the PFO of various structural structures of speech SOUE used at real protection objects.

Key words: warning system, accounting and optimization of the structural design of the fire protection system (FPS), minimizing the amount of individual fire risk, calculating the FPS compliance coefficient, probability of effective operation, probability of failure-free operation of the fire protection system.

Введение

При учете надежности системы оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ) следует выделять два ее аспекта – надежность элементов, определяемую на этапе производства, и структурную надежность, определяемую на этапе проектирования. При этом, теоретическая оценка надежности в виде коэффициента оперативной готовности явля-

ется не пригодной для оценки работоспособности, для которой гораздо лучше подойдет, например, коэффициент технической эффективности¹ или коэффициент сохранения эффективности, как степень влияния отказов элементов объекта на эффективность его применения по назначению. В основе каждого из этих коэффициентов лежит надежность технических средств.

© Кочнов О. В., Колбашов М. А., Савченко С. А., Князев В. Н., Хакимов М. А., 2023

¹ ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения.

Опуская технические выкладки, приведем два примера оценки надежности систем оповещения. В первом примере – проанализируем и сравним надежность различных структурных построений (схем), во втором – сравним две различные топологии.

Сравним надежность двух систем, транслирующих речевые сообщения на расстояние от одного до двадцати километров. В качестве анализируемой системы выберем российскую цифроаналоговую проводную систему оповещения ROXTON-8000. В качестве второй – гипотетическую, назовем ее исследуемой – цифровую систему оповещения. Выбор в качестве анализируемой системы ROXTON-8000, обусловлен доступностью информации о

структуре цифровых и цифроаналоговых трактов, предоставленной компанией ООО «Рокстон Системы»². Рассмотрим схему – рис. 1.

Цифроаналоговая система ROXTON 8000 имеет возможность трансляции аналоговой информации по 3-м аудио каналам – от блоков управления PS-8208/AP-8264 (на схеме – контроллер), до 64-х терминальных усилителей RA-8236/RP-8264/PA-8424/PA-8450 (на схеме – усилитель), каждый из которых представляет собой 8-ми зонную систему. Данная система обладает средствами по значительному увеличению максимальной протяженности линий связи, за счет приборов оптического преобразования ROXTON FA-8130 и ROXTON FB8131 (рис. 2).



Рис.1. Упрощенная схема функционирования централизованной системы оповещения ROXTON-8000 (1 км дальности).

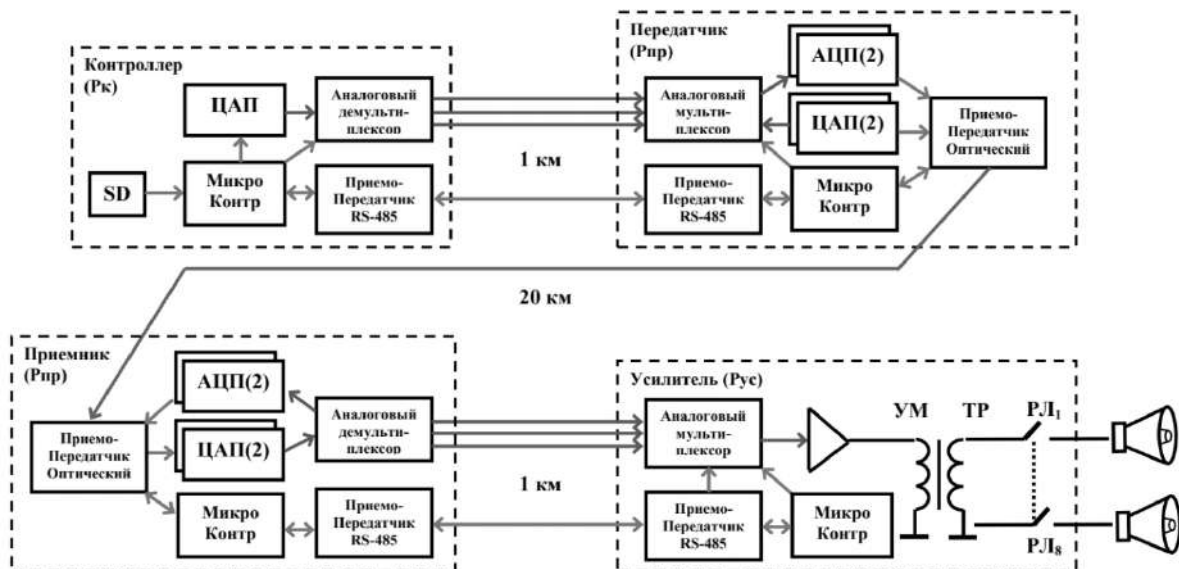


Рис. 2. Упрощенная схема функционирования централизованной системы оповещения ROXTON-8000 с использованием оптических преобразователей (дальность 20 км).²

² ГОСТ Р 59639-2021 Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность

На рис. 3 представлена гипотетическая (возможная) схема функционирования полностью цифровой, распределенной (децентрализованной) системы оповещения (для дальностей 1км / 20км).

Анализ и сравнение данных систем будет проводиться исходя из следующих допущений и ограничений:

- для цифро-аналогового решения максимальная протяженность линии связи – 1000 метров (это максимально допустимая длина линии для единой шины данных интерфейса RS-485 без использования дополнительного оборудования);

- для увеличения максимальной протяженности линии связи до 20 км, доступной для цифроаналоговой системы ROXTON 8000

используется пара оптических преобразователей (FA-8142 / FA-8143);

- для цифровых реализаций, максимально допустимая (в сетях Ethernet) протяженность линии связи (при использовании медных проводов) – 100 метров;

- в цифровой системе, для построения кольцевой линии связи и оповещения, использующей соответствующее количество последовательно подключенных коммутаторов Ethernet, первый и последний из них объединяются линией связи (ЛС) в кольцо. Количество коммутаторов для цифровой схемы (рис. 3) выбирается из расчета: один коммутатор на 100 метров. При объединении в кольцо это число удваивается.



Рис. 3. Упрощенная схема функционирования централизованной системы оповещения ROXTON-8000 (дальность 1км / 20км).

С целью прогнозирования безотказности проведем анализ работоспособности данных систем. Расчет будет проводиться при следующих допущениях и приближениях:

- закон распределения (наработки на отказ) элементов (блоков), из которых строятся (восстанавливаемые) системы – экспоненциальный (при постоянной, устоявшейся интенсивности отказов λ);

- возникновение отказа в любом из блоков системы не оказывает влияния на работу другого блока. При этом, последовательное включение блоков системы означает, что отказ любого из них приводит к отказу системы в целом;

- в качестве исходных данных приняты табличные значения для максимальной нагрузки.

Результаты исследования

Расчет будем вести по формуле:

$$P(t) = K_{\Gamma} \cdot P_{\text{ВБР}}(t) + (1 - K_{\Gamma}) \cdot P_{\text{В}}(t) \cdot P_{\text{ВБР}}(t - t_{\text{ЭКС}}), \quad (1)$$

где K_{Γ} – коэффициент готовности системы; $P_{\text{ВБР}}(t)$ – вероятность безотказной работы (ВБР) системы к моменту времени t ; $P_{\text{ВБР}}(t)$ – вероятность восстановления системы; $P_{\text{ВБР}}(t - t_{\text{ЭКС}})$ – вероятность безотказной работы (ВБР) системы в оставшееся до завершения срока эксплуатации $t_{\text{ЭКС}}$ время при $K_{\Gamma} \rightarrow 1$, $P(t) = P_{\text{ВБР}}(t)$.

Каждый элемент сравниваемых систем будем считать важным, поэтому расчет результирующей надежности осуществляется как для последовательной схемы (за исключением вариантов резервирования и дублирования) в виде произведения вероятностей, P_i и суммы интенсивностей отказов n элементов с интенсивностями отказов λ_j :

$$P(t) = \prod_i (e^{-t \sum_{j=1}^n \lambda_j}). \quad (2)$$

Расчет будем вести по упрощенной модели (как для не обслуживаемых систем, что для задачи сравнения вполне корректно). В качестве входных параметров для сравнительного расчета примем следующие интенсивности отказов (таблица).

Таблица. Интенсивность отказов СОУЭ

Функциональный элемент	Обозначение в расчетах, λ	Максимальная интенсивность отказов, λ , $\times 10^{-6}$ 1/ч
ПЗУ (энерго-независимая память)	λ_1	0,10
Микроконтроллер / Микропроцессор	λ_2	0,23
ЦАП / АЦП / Оптический преобразователь	λ_3	0,43
Приемопередатчики RS-485/ Ethernet	λ_4	0,23
Аналоговые мультиплексоры / демультиплексоры	λ_5	0,28
Транзисторы кремниевые мощные (1 пара)	λ_6	0,40
Трансформатор выходной	λ_7	0,72
Трансформатор питания	λ_8	0,35
Реле электромагнитные общего применения (из расчета на две контактные группы при максимальном токе)	λ_9	0,25
Соединительный зажим (клеммный узел из расчета на одноконтактное соединение под пайку)	λ_{10}	0,062
Провод монтажный (на каждый метр длины)	λ_{11}	0,00127
Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС), из расчета 8,22-12,95 $\times 10^{-6}$ 1/ч (на 1 км длины)	λ_{12}	0,1

Примечание: Часть информации в таблице предоставлена разработчиком³. Указанные параметры соответствуют данным⁴, [1], рассчитанным для максимальных нагрузок. Информация об интенсивности отказов ВОЛС взята из⁵. Надежностью

обвеса: резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности в данной задаче мы пренебрегли, так как речь идет не об абсолютном, а о сравнительном (примерном) порядке надежности.

1) Расчет для первой схемы. Рассмотрим рис. 1 и рассчитаем надежность контроллера:

$$P_K(t) = \text{EXP}(-t(16\lambda_{10} + 1000\lambda_{11})) = \text{EXP}(-t \cdot 1,27 \cdot 10^{-6}).$$

Рассчитаем надежность усилителя:

$$P_{YC}(t) = \text{EXP}(-t(\lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + 8\lambda_9)) = \text{EXP}(-t \cdot 4,41 \cdot 10^{-6}).$$

Тогда результирующая надежность данного решения может составить:

$$P_1(t) = P_K(t) \cdot P_{YC}(t) \cdot P_{ЛС}(t). \quad (3)$$

³ Пожары и пожарная опасность: Статистические сборники. Министерство РФ по делам ГО и ЧС. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ 2012–2021 гг.

⁴ Пожары и пожарная опасность: Статистические сборники. Министерство РФ по делам ГО и ЧС. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ 2012–2021 гг.

⁵ Мухамедзянов М.С. Расчет надежности ВОЛС, г. Екатеринбург, Уральский государственный университет путей сообщения (<https://mydocx.ru/2-106704.html>).

2) Расчет для второй схемы. Рассмотрим рис. 2 и рассчитаем надежность одного оптического приемо-передатчика. При работе с

оптической линией связи используются двойные АЦП/ЦАП преобразователи с $\lambda=2 \times 0,43=0,8$, тогда:

$$P_{\text{ПР}}(t) = \text{EXP}(-t(\lambda_2 + 5\lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5)) = \text{EXP}(-t \cdot 2,89 \cdot 10^{-6}).$$

Рассчитаем надежность ЛС (для контактного разъема, примем, $\lambda=4 \times \lambda_{10}$, см. таблицу):

$$P_{\text{ВОЛС}}(t) = \text{EXP}(-t(4\lambda_{10} + 20\lambda_{12})) = \text{EXP}(-t \cdot 2,248 \cdot 10^{-6}).$$

Тогда результирующую надежность данного решения можно построить, как:

$$P_2(t) = P_K(t) \cdot (P_{\text{ПР}}(t))^2 \cdot P_{\text{УС}}(t) \cdot P_{\text{ВОЛС}}(t) \quad (4)$$

3) Расчет для третьей схемы. Рассмотрим рис.3 и проанализируем его с позиций построения проводной – цифровой ЛС 1 км и оптической ЛС – 20 км.

Рассчитаем надежность блока управления:

$$P_{\text{БУ}}(t) = \text{EXP}(-t(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4)) = \text{EXP}(-t \cdot 0,56 \cdot 10^{-6}).$$

Рассчитаем надежность приемника-усилителя:

$$P_{\text{ПУ}}(t) = \text{EXP}(-t(\lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + 8\lambda_9)) = \text{EXP}(-t \cdot 4,36 \cdot 10^{-6}).$$

Рассчитаем надежность цифровой километровой линии из расчета – один коммута-

тор на каждые 100 м. Для каждого из коммутаторов примем: $\lambda=0,43$:

$$P_{\text{ЦЛС1}}(t) = \text{EXP}(-t \cdot (9 \cdot (8\lambda_{10} + \lambda_3) + 1000\lambda_{11})) = \text{EXP}(-t \cdot 9,6 \cdot 10^{-6}).$$

Рассчитаем надежность оптической линии из расчета пара коммутаторов на 20 км:

$$P_{\text{ВОЛС2}}(t) = \text{EXP}(-t \cdot (6 \cdot 4\lambda_{10} + 2\lambda_3 + 20\lambda_{12})) = \text{EXP}(-t \cdot 3,918 \cdot 10^{-6}).$$

Построим надежности данного решения для 1 км (P_3) и 20 км (P_4):

$$P_3(t) = P_{\text{БУ}}(t) \cdot P_{\text{ПУ}}(t) \cdot P_{\text{ЦЛС1}}(t), \quad (5)$$

$$P_4(t) = P_{\text{БУ}}(t) \cdot P_{\text{ПУ}}(t) \cdot P_{\text{ВОЛС2}}(t). \quad (6)$$

Результаты расчетов приведены на рис. 4 для времени 50 000 ч.

1. Рассчитаем ВБР для $t=1000$ ч рекомендуемую ГОСТ 27.003-2016 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности: $P_1=0,9921$; $P_2=0,9864$; $P_3=0,9856$; $P_4=0,9912$.

Из рассмотрения рис. 4 (в контексте данного исследования) можно сделать первый простой и очевидный вывод. Общая надежность (ВБР) сложной системы, определяемая структурной схемой и надежностью входящих в нее блоков (подсистем), в зависимости от решаемой задачи может существенно отличаться.

Так в частности, из рис. 4 видно, что с $P_{\text{СОВЭ}}=37\%$ (характерной для экспоненциального распределения отказов) системы, транслирующие информацию на 1 км, гарантировано проработают 10 лет, в то время как системы транслирующие информацию на 20 км – 8 лет.

Рассмотрим еще один пример, (косвенно) связанный с новыми требованиями СП 3.13130 (см. выше). На рис. 5 изображены две (упрощенные) схемы функционирования, различающиеся по способу управления.

Проведем элементарный сравнительный анализ надежности (ВБР) каждой из структурных схем при следующих допущениях:

1) каждое из представленных структурных схем представляет собой одно и то же решение, это 5-ти зонная система оповещения. Схема «А» построена по децентрализованному принципу, схема «Б» — по централизованному принципу управления;

2) схемы представлены таким образом, чтобы показать, что в обоих случаях используются примерно одинаковые длины ЛС, по-

этому, в задаче сравнения зависимостями ВБР от длины мы пренебрежем.

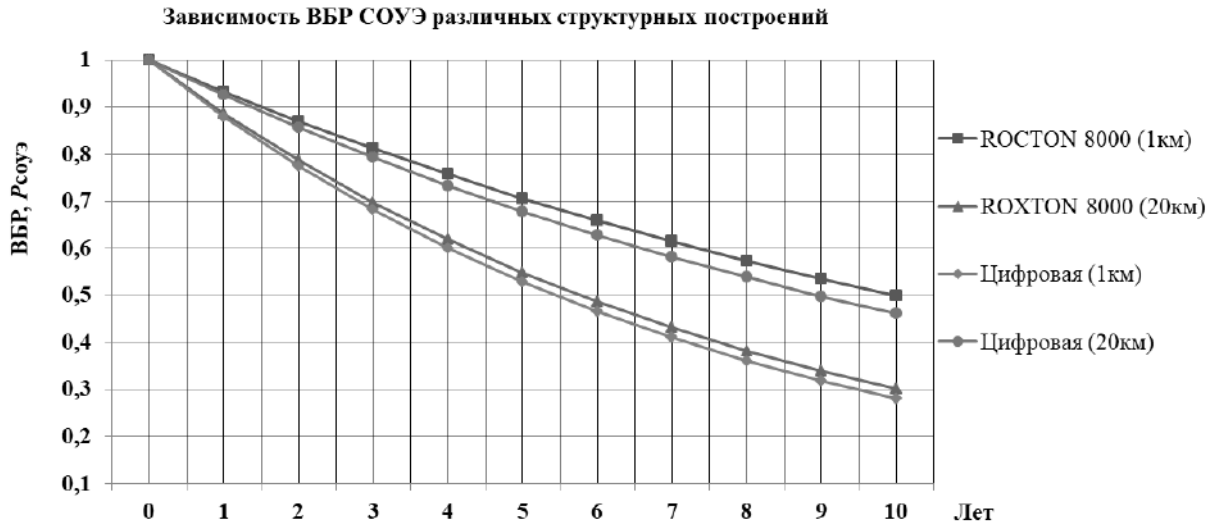


Рис.4. ВБР различных практических решений СОУЭ.

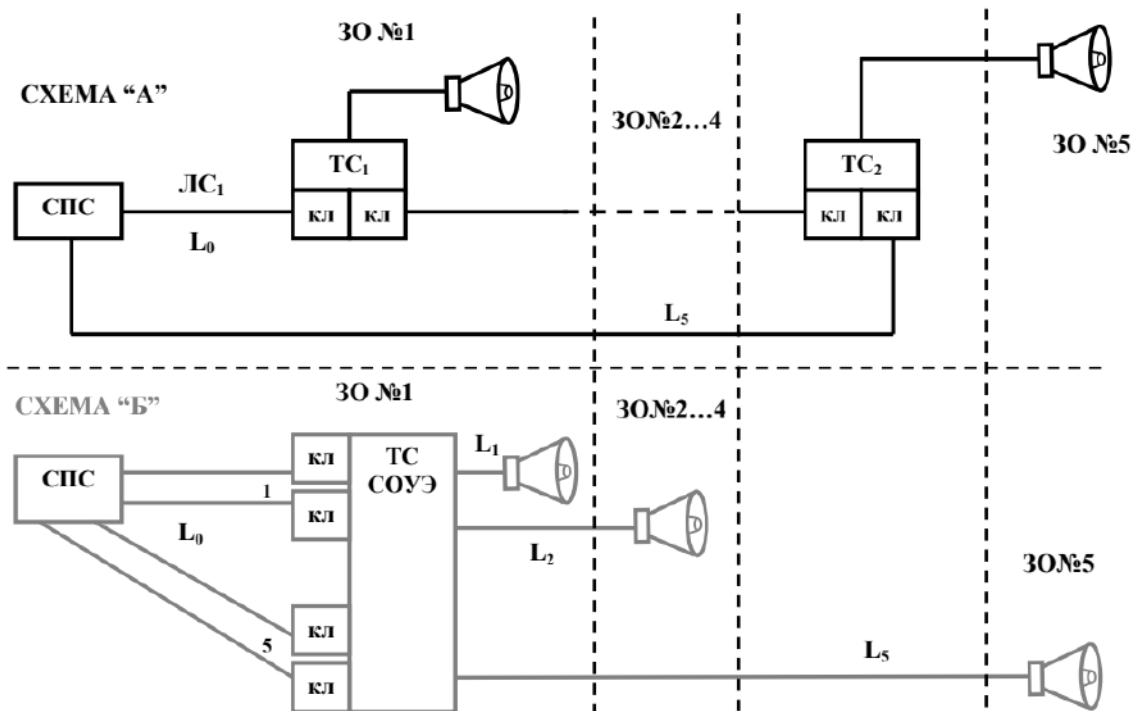


Рис. 5. Упрощенные схемы функционирования: СХЕМА «А» – децентрализованная система; СХЕМА «Б» – централизованная система, на 5 зон оповещения каждая.

Примечание: следует быть осторожным и не считать надежности ЛС неважными. По этой же причине, мы не учитываем ВБР, СПС и РО.

Воспользуемся предыдущими результатами и рассчитаем ВБР схемы «А» для $t=2190$ ч (соответствующему одному кварталу

– времени или сроку периодической проверки работоспособности [2]):

А) ВБР блока для схемы «А» примем в виде произведения надежности контроллера и усилителя:

$$P_{БЛ1}(t) = EXP(-t \cdot 5,68 \cdot 10^{-6}).$$

Рассчитаем надежность одного контактного соединения с подключенной ЛС (из расчета 1м):

$$P_{\text{КЛ1}}(t) = \text{EXP}(-t(\lambda_{10} + \lambda_{11})) = \text{EXP}(-t \cdot 0,063 \cdot 10^{-6}),$$

Тогда результирующая ВБР схемы «А» с учетом кольцевания можно записать:

$$P_A(t) = P_{\text{БЛ1}}^5(t) \cdot (1 - (1 - P_{\text{КЛ1}}^{10}(t))^2). \quad (7)$$

Рассчитаем ВБР схемы «А» при $t=2190$ ч: $P_{\text{БЛ1}}(2190) = 0,98763$; $P_{\text{КЛ1}}(2190) = 0,99986$; $P_A(t) = 0,93710$.

Б) ВБР блока для схемы «Б» примем из расчета пятикратного увеличения мощности усилителя:

$$P_{\text{УС2}}(t) = \text{EXP}(-t(\lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + 5\lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + 8\lambda_9)) = \text{EXP}(-t \cdot 5,96 \cdot 10^{-6}),$$

$$P_{\text{БЛ2}}(t) = \text{EXP}(-t \cdot 7,23 \cdot 10^{-6}) = 0,98429,$$

Результирующая надежность схемы «Б» с учетом дублирования контактов можно записать:

$$P_B(t) = P_{\text{БЛ2}}(t) \cdot (1 - (1 - P_{\text{КЛ1}}^2(t))^5)$$

Рассчитаем надежность схемы «Б» при $t=2190$ ч: $P_{\text{БЛ2}}(2190) = 0,984291$; $P_B(t) = 0,984290$.

Как можно видеть, ВБР схемы «Б» выше, так как определяется надежностью блока и практически не зависит от клеммных соединений.

Из примера видно, что система с централизованным управлением (Схема «А») более надежна, что объясняется применением одного блока против пяти, с приблизительно равной ВБР. Более того, в данной постановке вопроса можно показать, что надежность системы с централизованным управлением

остается более надежной и без дублирования входных контактов:

$$P_{\text{Б2}}(t) = P_{\text{БЛ2}}(t) \cdot P_{\text{КЛ1}}^{10}(t) = 0,98293.$$

Однако, при снижении надежности клеммных соединений общая надежность схемы без дублирования клемм начнет резко снижаться. Если учесть, что согласно [3] ошибки на этапе монтажа могут достигать 85 %, целесообразно показать зависимость ВБР СОУЭ от ВБР контактных соединений для единицы длины ЛС (рис. 6).

Из графика видно, что наиболее надежным является система с централизованным управлением при дублировании входных сигналов. Из данных примеров видно, что надежность технических решений, в виде хотя бы одного из показателей надежности по ГОСТ 27.002-2015 нуждается в тщательном исследовании.



Рис. 6. ВБР СОУЭ для различных структурных построений

Некоторые выводы, касающиеся выбора показателя надежности (надежностной характеристики), соответствующей – вероятности эффективного срабатывания – параметра, используемого при расчете ИПР.

По сути, клише, стал кочующий из статьи в статью способ расчета надежности систем пожарной автоматики, взятый из работы⁶, в которой надежность и эффективность СПА рассматриваются при условии:

- экспоненциального закона распределения вероятности отказов;
- марковской модели (для обслуживаемых систем);
- для стационарного процесса,

на основании чего, строится коэффициент оперативной готовности, который, по сути, является той же константой, правда более высокого порядка, $P_{ог}(t) \rightarrow K_{г}$. Так, например, для речевого оповещателя СОУЭ ($K_{г} \sim 43500/43524 = 0,9994$), готовность практически 100 %-я. Получается, что в выборе актуальной надежностной характеристики мы зажаты с одной стороны коэффициентом соответствия $K_{СОУЭ} = 0,8$, с другой – коэффициентом оперативной готовности, стремящимся к единице. Однако мы видим, что как коэффициент соответствия, так и готовности, не соответствуют практическим данным (наблюдениям) (см. рис. 7).



Рис. 7. Надежность СПЗ для различных структурных схем, построенная по статистическим данным ВНИИПО в период с 2013 по 2021 годы.

Заключение

Таким образом, необходимо рассматривать иные варианты расчета. И в этой связи (в силу вышеизложенного) наиболее логичным видятся два варианта – использование гостовской рекомендации – указывать ВБР для времени $t=1000$ ч, либо (что еще лучше) применять ВБР для времени, соответствующему реальному периоду очередной проверки, а для СОУЭ это квартал, значит для $t=2190$ часов, рекомендуемому в работе [4].

В качестве общего вывода. На начальной стадии проектирования при формировании технического задания, с целью выбора оптимального решения, желательно проводить оценку надежности, в идеале – технической эффективности с проверкой функциональной значимости каждого предлагаемого решения. В любом случае необходим расчет надежности в виде вероятности эффективного срабатывания (вероятности безотказной работы ВБР) всего решения (структурного построения) с учетом ВБР каждой из применяемых подсистем.

⁶ Сайт компании ООО «Рокстон Системы» <https://www.roxton.ru/page/contacts/moscow.htm>

Список литературы

1. Арутюнян Д. М. Новые технологии гарантированного предотвращения пожаров / Под общей редакцией доктора технических наук Ф. И. Шаровара. М.: Специнформатика-СИ, 2014. 230 с.
2. Справочник. Надежность радиоизделий. 2004. 620 с.
3. Боровиков С. М., Цырельчук И. Н., Троян Ф. Д. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств. М.: Минск БГУИР 2010. 68 с.
4. Бубыр Н. Ф., Бабуров В. П., Потапов В. А. Производственная и пожарная автоматика. Москва: Высшая инженерная пожарно-техническая школа МВД СССР, 1986. 208 с.

References

1. Arutyunyan D. M. *Novye tekhnologii garantirovannogo predotvrashcheniya pozharov / pozharov* [New technologies for guaranteed fire prevention] / Pod obshchej redakciej doktora tekhnicheskikh nauk F. I. Sharovara. Moscow: Specinformatika-SI, 2014. 230 s.
2. *Spravochnik. Nadezhnost' radio izdelij* [Reliability of radio products]. 2004. 620 p.
3. Borovikov S. M., Cyrel'chuk I. N., Troyan F. D. *Raschet pokazatelej nadezhnosti radioelektronnyh sredstv* [Calculation of reliability indicators of radio-electronic equipment]. Moscow: Minsk BGUIR, 2010. 68 p.
4. Bubyr' N. F., Baburov V. P., Potapov V. A. *Proizvodstvennaya i pozharnaya avtomatika*. [Industrial and fire automatics]. Moscow: Vysshaya inzhenernaya pozharno-tekhnicheskaya shkola MVD SSSR, 1986. 208 p.

Кочнов Олег Владимирович

Группа компаний «ESCORT»,

Российская Федерация, г. Москва

заместитель генерального директора по научно-производственной работе

E-mail: ok@escortpro.ru

Kochnov Oleg Vladimirovich

ESCORT group of companies,

Russian Federation, Moscow

Deputy Director General for Research and Production

E-mail: ok@escortpro.ru

Колбашов Михаил Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: kolbashov@mail.ru

Kolbashov Mikhail Alexandrovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technicasciences, associate professor

E-mail: kolbashov@mail.ru

Савченко Сергей Александрович

Дальневосточная пожарно-спасательная академия –

филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России Дальневосточная

пожарно-спасательная академия, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский

E-mail: savchenko@igps.ru

Savchenko Sergey Aleksandrovich

Far Eastern Fire and Rescue Academy -

branch of St. Petersburg State Fire Service University of the Russian Ministry of Emergency Situations Far Eastern

Fire and Rescue Academy, Primorski Krai, Vladivostok, Russky Island

E-mail: savchenko@igps.ru

Князев Виктор Николаевич

Дальневосточная пожарно-спасательная академия –
филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России Дальневосточная
пожарно-спасательная академия, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский
E-mail: knyazevobr@mail.ru

Knyazev Victor Nikolaevich

Far Eastern Fire and Rescue Academy -
branch of St. Petersburg State Fire Service University of the Russian Ministry
of Emergency Situations Far Eastern
Fire and Rescue Academy, Primorski Krai, Vladivostok, island. Russian
E-mail: knyazevobr@mail.ru

Хакимов Мансур Аламсултанович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
адъюнкт очной формы обучения
E-mail: kafppv@mail.ru

Khakimov Mansur Alamsultanovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
postgraduate student
E-mail: kafppv@mail.ru

УДК 621.0

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДВУХ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ СИЛ В ЛИНЕЙНУЮ РАСПРЕДЕЛЁННУЮ НАГРУЗКУ В УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПЛОЩАДОК ПОЖАРНЫХ НАРУЖНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ МАРШЕВЫХ ЛЕСТНИЦ

А. А. КРАСНОВ¹, С. Ф. СМОРНОВ^{1,2}, К. В. СЕМЕНОВА^{1,2}, Т. В. ПАШКОВА^{1,3}, А. Н. ПЕТРОВ¹

¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

² Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина,

³ Ивановский государственный университет,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru, smirnovst55@gmail.com, pboz2018@mail.ru,

pashtavi@yandex.ru, petrov_a-n@mail.ru

В работе, в рамках принятых допущений, рассматриваются вопросы статики и геометрии механизма с гибкими звеньями, входящего в преобразователь двух сосредоточенных сил в линейную распределённую нагрузку, содержащего произвольное количество направляющих звеньев. Рассматриваются вопросы существования такого типа механизмов. Результаты работы могут быть использованы при проектировании устройств для испытаний площадок пожарных эвакуационных лестниц.

Ключевые слова: механизм, площадка, лестница, испытания

STUDY OF THE TRANSDUCER OF TWO CONCENTRATED FORCES IN A LINEAR DISTRIBUTED LOAD IN THE DEVICE FOR SOUPS OF THE SITES OF FIRE BRIGADES EXTERNAL STATIONARY MARCHING STAIRS

A. A. KRASNOV¹, S. F. SMIRNOV^{1,2}, K. V. SEMENOVA^{1,2}, T. M. PASHKOVA^{1,3}, A. N. PETROV¹

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

² Ivanovo State Power University named after V. I. Lenin,

³ Ivanovo State University,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru, smirnovst55@gmail.com, pboz2018@mail.ru,

pashtavi@yandex.ru, petrov_a-n@mail.ru

In the work, within the framework of the accepted assumptions, issues of statics and geometry of a mechanism with flexible links included in the converter of two concentrated forces into a linear distributed load, containing an arbitrary number of guide links, are considered. I consider the existence of this type of mechanisms. The results of the work can be used in the design of devices for testing sites of fire escape stairs.

Key words: mechanism, platform, stairs, tests

Проведение экспертизы пожарных эвакуационных лестниц регламентирует ГОСТ Р 53254-2009, который требует при испытании лестничных площадок прикладывать к ней равномерно распределённую нагрузку, величина которой определяется его пунктом 3. Создание предельных распределённых нагрузок на эксплуатируемое изделие представляет

собой нетривиальную задачу, так как решение её предусматривает с необходимостью обеспечение безопасности работников при проведении испытаний: они на весь цикл нагрузки-разгрузки площадки не должны находиться ни на ней, ни под ней, с одной стороны, с другой стороны, физическая нагрузка на работников должна быть разумной и посильной. Эта задача может быть решена с помощью конверторов, устройств, преобразующих сосредоточенные силы в распределённые нагрузки.

Ранее [1], был получен патент на устройство, позволяющее преобразовывать две сосредоточенные силы в линейную равномерно распределённую нагрузку, получены условия существования для нескольких типов такого рода устройств [2, 3, 4], изучалась геометрия и статика таких устройств в частных случаях [5, 6]. Рассмотрим теперь наше устройство более обстоятельно.

Пусть имеется механизм с гибкими звеньями в составе устройства преобразования двух сосредоточенных сил в систему параллельных $2n+1$ сил, равных по модулю, равномерно распределённых вдоль одной линии, направленных вертикально вниз [1]. В этом механизме входными звеньями являются два крайних гибких звена, к которым приложены две активные силы. Выходными звеньями являются толкатели, на которых подвижно закреплены направляющие звенья, которые согласно [1], могут перемещаться относительно центральной стойки, которая сама тоже является выходным звеном. Направляющие звенья образуют с гибкими звеньями пары огибания

[7], воспринимают от них усилия натяжений гибких звеньев, и передают их на толкатели и центральную стойку посредством вращательных кинематических пар. Поскольку толкатели и центральная стойка неподвижны относительно опоры, на которую установлено всё устройство, в первоначальном варианте можно рассматривать статику этого механизма без учёта реактивных моментов, возникающих в центральной стойке при взаимодействии её с толкателями. Мы будем рассматривать статику механизма с гибкими звеньями, пренебрегая массами толкателей, центральной стойки и гибких звеньев, силами трения между звеньями механизма, считая гибкие звенья абсолютно гибкими и нерастяжимыми, а направляющие звенья дисками с неизменными радиусами кривизны. Кроме того, будем считать механизм с гибкими звеньями плоским. В рамках этих допущений кинематическая схема механизма с гибкими звеньями, состоящий из $2n+1$ направляющих звеньев, может быть представлена структурной схемой, показанной на рис. 1.

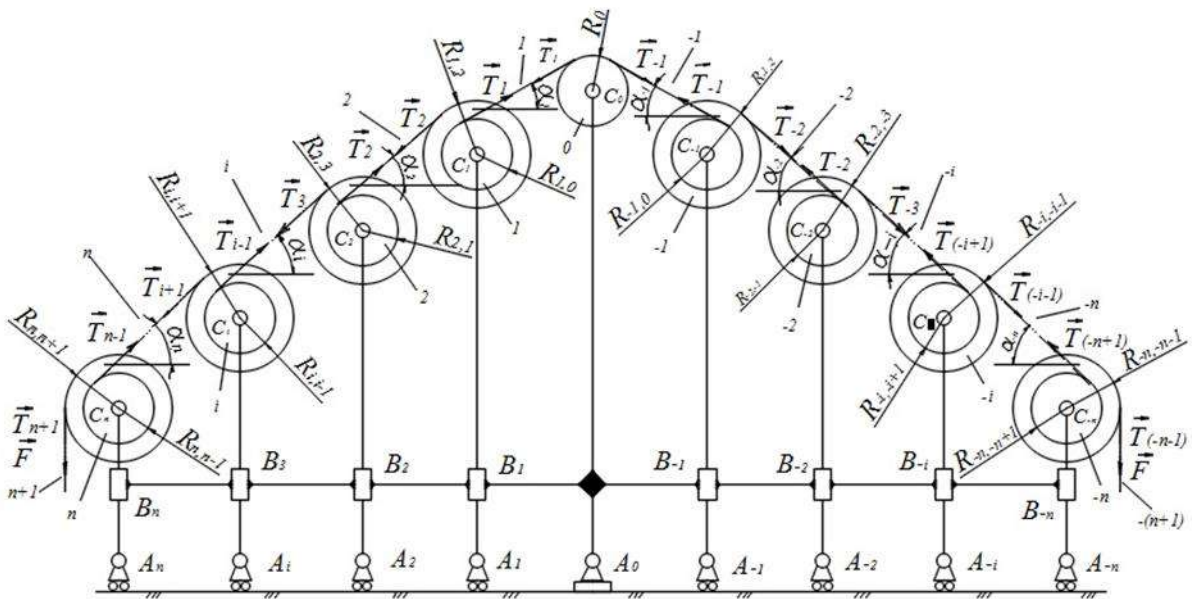


Рис. 1. Структурная схема механизма преобразователя

На рис. 1 приняты следующие обозначения: R_0 – радиус центрального направляющего звена; $R_{i,j}$ – радиусы направляющих звеньев (спаренных блоков); T_i – натяжения гибких звеньев; α_i – углы, которые образуют гибкие звенья с горизонталью.

По условиям задачи, механизм находится в равновесии под действием двух внешних сосредоточенных вертикальных, направленных вниз, сил F , приложенных к входным (крайним) гибким звеньям и реакций опор, ко-

торые образуют систему параллельных сил, равных по модулю, направленных вертикально вверх. Горизонтальные реакции при такой схеме механизма компенсируют друг друга и являются внутренними силами. Натяжения гибких звеньев, образующих пары огибания с направляющими звеньями, также являются внутренними силами.

Поскольку механизм симметричен относительно вертикальной оси, проходящей через геометрический центр центрального

направляющего звена, ему удобно присвоить индекс 0 и пронумеровать направляющие звенья левой части механизма от 1 до n , и точно также направляющим звеньям правой части присвоить значения от -1 до $-n$. Нумерацию гибких звеньев удобно начать с единицы, начиная с гибкого звена, образующего кинематическую пару огибания с центральным (нулевым) направляющим звеном для левой половины механизма, и с -1 для правой части. Кроме того, удобно радиусы направляющих звеньев нумеровать двумя индексами – номером самого направляющего звена и номером того звена, с которым оно связано гибким звеном.

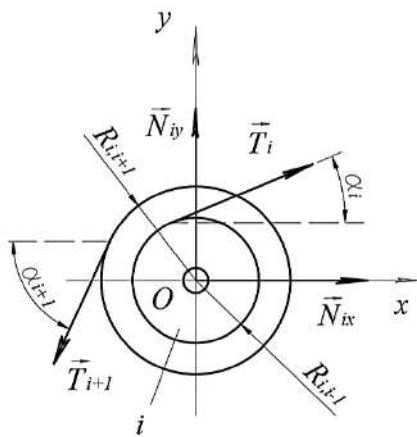


Рис. 2. Расчётная схема для одного произвольного направляющего звена

Тогда, записывая условия равновесия в проекциях на оси Декартовой системы координат XOY (рис. 2), для каждого из направляющих звеньев можно записать условия равновесия механической системы левой части рассматриваемого механизма следующим образом:

$$\begin{cases} N_{ix} - T_{i+1} \cdot \cos(\alpha_{i+1}) + T_i \cdot \cos(\alpha_i) = 0, \\ N_{iy} - T_{i+1} \cdot \sin(\alpha_{i+1}) + T_i \cdot \sin(\alpha_i) = 0, \\ -T_{i+1} \cdot R_{i,i+1} + T_i \cdot R_{i,i-1} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

$i = 0, 1, \dots, n.$
 $T_0 = T_1, \quad \cos(\alpha_0) = \cos(\alpha_1).$

где N_i — реакции в опорах; T_i — натяжения в гибких звеньях, α_i — углы, которые образуют гибкие звенья с положительным направлением оси OX.

Учитывая принятые допущения, перепишем уравнения, входящие в систему (1), в следующем виде:

$$\begin{cases} N_{iy} = N = \text{const}, \quad T_{n+1} = F, \quad T_1 = T_{-1} \Rightarrow \\ N - T_1 \cdot \sin(\alpha_1) - T_1 \cdot \sin(\alpha_1) = 0, \\ N + T_1 \cdot \sin(\alpha_1) - T_2 \cdot \sin(\alpha_2) = 0, \\ N + T_2 \cdot \sin(\alpha_2) - T_3 \cdot \sin(\alpha_3) = 0, \\ N + T_3 \cdot \sin(\alpha_3) - T_4 \cdot \sin(\alpha_4) = 0, \\ \dots \\ N + T_i \cdot \sin(\alpha_i) - T_{i+1} \cdot \sin(\alpha_{i+1}) = 0, \\ \dots \\ N + T_n \cdot \sin(\alpha_n) - F \cdot \sin(\alpha_{n+1}) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} -T_1 \cdot R_{0,1} + T_{-1} \cdot R_{0,-1} = 0, \\ -T_2 \cdot R_{1,2} + T_1 \cdot R_{1,0} = 0, \\ -T_3 \cdot R_{2,3} + T_2 \cdot R_{2,1} = 0, \\ \dots \\ -T_{i+1} \cdot R_{i,i+1} + T_i \cdot R_{i,i-1} = 0, \\ \dots \\ -F \cdot R_{n,n+1} + T_n \cdot R_{n,n-1} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Решая системы (2) и (3) относительно натяжений гибких звеньев, приходим к следующим соотношениям:

$$T_i = (2 \cdot i - 1) \cdot T_1 \cdot \frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_i)}, \quad T_{n+1} = F = (2 \cdot n + 1) \cdot T_1 \cdot \frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_{n+1})}. \quad (4)$$

$$T_i = T_1 \cdot \prod_{j=0}^{i-1} \frac{R_{j,j-1}}{R_{j,j+1}}, \quad T_{n+1} = F = T_1 \cdot \prod_{j=0}^n \frac{R_{j,j-1}}{R_{j,j+1}}. \quad (5)$$

Объединяя (4) и (5), получаем условия, которым должна удовлетворять левая часть

механизма:

$$\prod_{j=0}^{i-1} \frac{R_{j,j-1}}{R_{j,j+1}} = (2 \cdot i - 1) \cdot \frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_i)}, \quad \prod_{j=0}^n \frac{R_{j,j-1}}{R_{j,j+1}} = (2 \cdot n + 1) \cdot \frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_{n+1})}, \quad (6)$$

$i = 1, 2, \dots, n.$

Рассуждая аналогично можно записать для правой части механизма выражения, подобные (6):

$$\prod_{j=0}^{-(i-1)} \frac{R_{j,j-1}}{R_{j,j+1}} = (2 \cdot i - 1) \cdot \frac{\sin(\alpha_{-1})}{\sin(\alpha_{-i})}, \quad \prod_{j=0}^{-n} \frac{R_{j,j-1}}{R_{j,j+1}} = (2 \cdot n + 1) \cdot \frac{\sin(\alpha_{-1})}{\sin(\alpha_{-(n+1)})}, \quad (7)$$

$i = 1, 2, \dots, n.$

Анализ (6), (7) показывает, что геометрия рассматриваемого механизма, обеспечивающая преобразование двух сосредоточенных сил в линейную распределённую вертикальную нагрузку, не зависит от величины преобразуемых сил, но зависит от величины угла, которые они образуют с горизонтом. Это есть внутреннее свойство рассматриваемого механизма, что открывает возможность использования такого типа устройств при преобразовании двух сосредоточенных равных сил любой величины.

Выражения (6) и (7) содержат синусы углов, которые образуют гибкие звенья с горизонталью. Свяжем их с координатами расположения геометрических центров направляющих звеньев. Очевидно, что даже для простейшего механизма с гибкими звеньями, содержащего два направляющих звена, данная задача будет иметь четыре решения. Остав-

ля поиск решения этой задачи в общем виде на будущее, решим её в частном виде для простейшего случая, когда расположение направляющих звеньев и гибкого звена относительно их задано на структурной схеме механизма (рис. 3).

Пусть имеются два направляющих звена радиусами R_1 и R_2 , соответственно (рис. 3), с центрами в точках O_1 и O_2 , причём $R_1 < R_2$. Обозначим расстояние между центрами этих окружностей через Z , проекция этого расстояния на горизонталь через L , проекция этого расстояния на вертикаль через H , а длину гибкого звена через l .

Анализируя рис. 3, можно записать:

$$\sin(\alpha) = \frac{a}{l}. \quad (8)$$

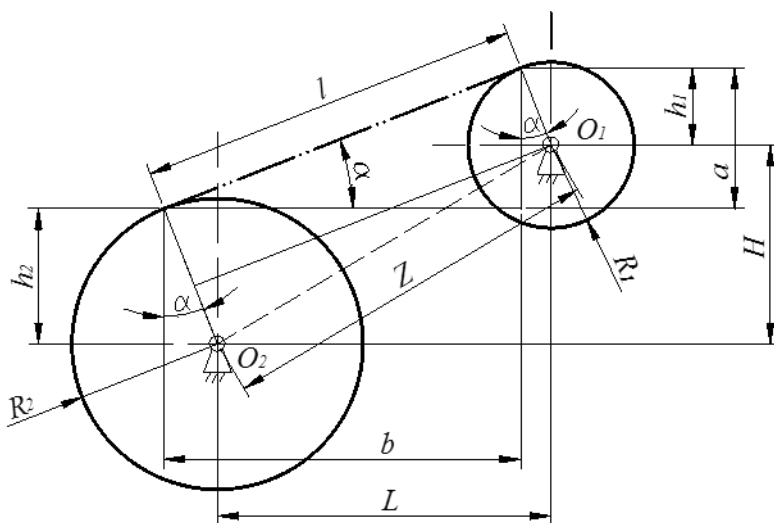


Рис. 3. Схема простейшего механизма с гибким звеном

Кроме того, длину гибкого звена можно выразить через расстояние между центрами окружностей и их радиусы:

$$l = \sqrt{Z^2 - (R_2 - R_1)^2}, \text{ где } Z^2 = H^2 + L^2. \quad (9)$$

Замечая (рис. 2), что

$$a = H - h_2 + h_1, \quad h_2 = R_2 \cdot \cos(\alpha), \quad h_1 = R_1 \cdot \cos(\alpha), \quad (10)$$

получаем:

$$\begin{aligned} a &= H - h_2 + h_1 = H - R_2 \cdot \cos(\alpha) + R_1 \cdot \cos(\alpha) = \\ &= H - (R_2 - R_1) \cdot \cos(\alpha). \Rightarrow a = H - (R_2 - R_1) \cdot \cos(\alpha). \end{aligned} \quad (11)$$

Подставляя (9) и (10) в (8) и преобразовывая полученные выражения, получаем окончательно

$$\sin(\alpha) = \frac{H \cdot \sqrt{H^2 + L^2 - (R_2 - R_1)^2} - (R_2 - R_1) \cdot L}{H^2 + L^2}. \quad (12)$$

Легко показать, что при $R_1 > R_2$ величина синуса угла α будет также определяться формулой (12). При $R_1 = R_2$, или $R_1 = R_2 = 0$ эта формула вырождается в очевидное выражение:

$$\sin(\alpha) = \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}}. \quad (13)$$

Выражение (12) описывает геометрию простейшего механизма с гибким звеном, связывая радиусы направляющих звеньев, расположение их геометрических центров в плоскости механизма самого гибкого звена. Его можно представить в координатной форме, если геометрические центры двух направляющих звеньев будут описываться координатами $O_1(x_1, y_1)$ и $O_2(x_2, y_2)$ соответственно:

$$\sin(\alpha) = \frac{|\Delta y_{21}| \cdot \sqrt{\Delta x_{21}^2 + \Delta y_{21}^2} - |\Delta R_{21}| \cdot |\Delta x_{21}|}{\Delta x_{21}^2 + \Delta y_{21}^2}. \quad (14)$$

где $\Delta R_{21} = R_2 - R_1$; $\Delta y_{21} = y_2 - y_1$; $\Delta x_{21} = x_2 - x_1$.

Проверка достоверности формулы (14) проводилась непосредственно с помощью геометрических построений и расчётов. При этом использовались графическая система Автокад и математическая система Маткад

(рис. 4). Результаты проверки показали практически полное совпадение расчётных данных и графических измерений. Расхождения в них определялись лишь ошибкой округления выводимых численных результатов и результатов графических измерений.

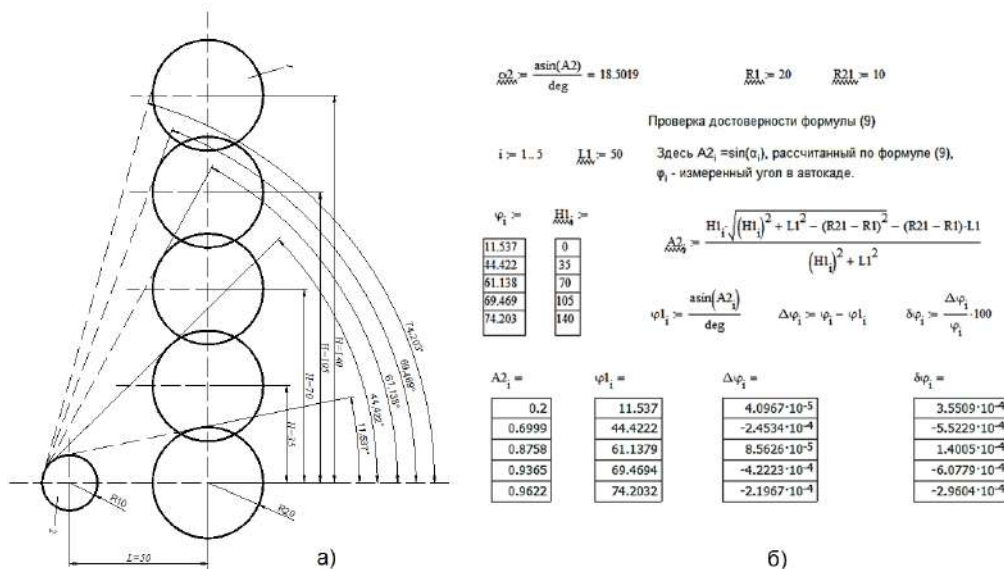
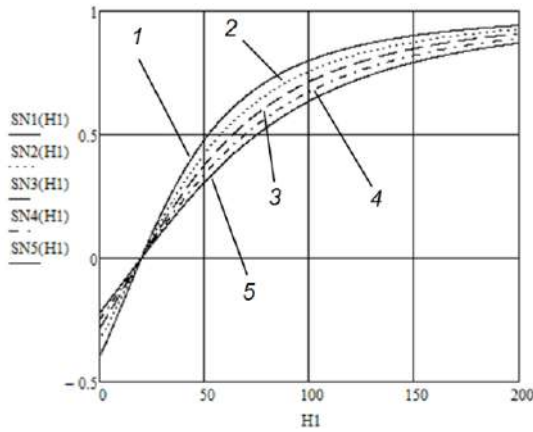


Рис. 4. Проверка достоверности формулы (14): а) иллюстрация графического эксперимента; б) фрагмент листинга программы проверки достоверности формулы (14).

Очевидно, что (14) выражает функциональную зависимость синуса угла α от параметров H , L и ΔR . Вид этой функции при фикс-



сированных радиусах геометрических центров направляющих звеньев показан графически на рис. 5.

Рис. 5. Семейство кривых, описывающих зависимость синуса угла между горизонталью и гибким звеном при: $\Delta R=20$ мм; 1 — SN1(H1) при L=50 мм; 2 — SN2(H1) при L=60 мм; 3 — SN3(H1) при L=70 мм; 4 — SN4(H1) при L=80 мм; 5 — SN3(H1) при L=80 мм.

Записывая (14) для произвольного количества направляющих звеньев в механизме (рис. 1), получим следующие выражения.

$$\sin(\alpha_i) = \frac{|\Delta y_{i,i-1}| \cdot \sqrt{\Delta x_{i,i-1}^2 + \Delta y_{i,i-1}^2 - \Delta R_{i,i-1}^2} - |\Delta R_{i,i-1}| \cdot |\Delta x_{i,i-1}|}{\Delta x_{i,i-1}^2 + \Delta y_{i,i-1}^2},$$

$$\sin(\alpha_{-i}) = \frac{|\Delta y_{-i,-(i-1)}| \cdot \sqrt{\Delta x_{-i,-(i-1)}^2 + \Delta y_{-i,-(i-1)}^2 - \Delta R_{-i,-(i-1)}^2} - |\Delta R_{-i,-(i-1)}| \cdot |\Delta x_{-i,-(i-1)}|}{\Delta x_{-i,-(i-1)}^2 + \Delta y_{-i,-(i-1)}^2}. \quad (15)$$

$i = 1, 2, \dots, n$

Таким образом, механизм преобразования двух сосредоточенных сил в линейную, равномерно распределённую, нагрузку описывается соотношениями (5), (6) (15).

Выводы

1. Получены условия существования механизма с произвольным количеством гибких и направляющих звеньев, преобразующего

две сосредоточенные силы в равномерно распределённую линейную нагрузку.

2. Выявлено свойство этих механизмов, заключающееся в том, что совокупность координат геометрических центров направляющих звеньев и их радиусов, обеспечивающая преобразование двух сосредоточенных сил в линейную равномерно распределённую нагрузку не зависит от величины преобразуемых сосредоточенных сил.

Список литературы

1. Патент 2771345 Российская Федерация МПК G 01 M 5/00 G 01 N 3/02. Устройство для испытания площадок пожарных наружных лестниц / А. А. Краснов, В. И. Караваев, А. Н. Петров [и др.]; опубл: 29.04.2022, Бюл. № 13.

2. Краснов А. А., Караваев В. И. Об эквивалентном преобразовании сосредоточенных сил в почти распределённую нагрузку с помощью простейших механизмов / Инженерные и социальные системы: сборник научных трудов. Иваново: Ивановский государственный

политехнический университет, 2021. Вып. 6. С. 276–280.

3. Об испытаниях площадок пожарных наружных стационарных маршевых лестниц / А. А. Краснов, В. И. Караваев, Ю. А. Фёдоров, [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 4 (41). С. 77–84.

4. О геометрии простейших механизмов с гибкими звеньями в составе механизмов преобразования сосредоточенных сил в распределённые нагрузки / А. А. Краснов, К. В. Семенова, А. Н. Петров [и др.] // Актуальные научные исследования: сборник статей XII Международной научно-практической конфе-

ренции. 2023. Часть 2. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». С. 128–130.

5. О статике конвертора двух сосредоточенных сил в линейную равномерно распределённую нагрузку / А. А. Краснов, К. В. Семенова, А. Н. Петров [и др.] // Инженерные и социальные системы: сборник научных трудов. Иваново: Ивановский государственный политехнический университет, 2023. № 8. С. 191–195.

6. О геометрии простейшего механизма с гибкими звеньями / А. А. Краснов, К. В. Семенова, А. Н. Петров [и др.] // Инженерные и социальные системы: сборник научных трудов. Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. 2023. № 8. С. 185–190.

7. Куровский Ф. М. Теория плоских механизмов с гибкими звеньями. М.: Машгиз. 1963. 204 с.

References

1. Krasnov A. A., Karavaev V. I., Petrov A. N. [et al.]. Ustrojstvo dlya ispytaniya ploshchadok pozharnyh naruzhnyh lestnic [Device for testing outdoor fire staircase platforms]. Patent RU 2771345 C1 G01M 5/00 Opubl. 29.04.2022 Byul. № 13.

2. Krasnov A. A., Karavaev V. I. Ob ekvivalentnom preobrazovanii sosredotochennyh sil v pochti raspredelyonnuyu nagruzku s pomoshch'yu prosteyshih mekhanizmov [On the equivalent transformation of concentrated forces into an almost distributed load using simple mechanisms]. *Inzhenernyye i social'nyye sistemy. sbornik nauchnykh trudov*. Ivanovo: Ivanovskiy gosudarstvennyy politekhnicheskij universitet. 2021, vol. 6, pp. 276–280.

3. Ob ispytaniyah ploshchadok pozharnyh naruzhnyh stacionarnyh marshevyh lestnic [About testing of firefighting platforms of external stationary flight ladders] / A. A. Krasnov V. I. Karavaev, Yu. A. Fyodorov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2021, vol. 4 (41). pp. 77–84.

4. O geometrii prosteyshix mekhanizmov s gibkimi zven'yami v sostave mekhanizmov preobrazovaniya sosredotochennyx sil v raspredelyonnuyu nagruzku [On the geometry of the simplest mechanisms with flexible links as part of mechanisms for converting concentrated forces into distributed loads] / A. A. Krasnov, K. V. Semenova, A. N. Petrov [et al.]. *Aktual'ny'e nauchny'e issledovaniya: sbornik statej XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Penza: MCzNS «Nauka i Prosveshhenie», 2023. Issue 2. Pp. 128–130.

5. O statike konvertora dveh sosredotochennyh sil v linejnuyu ravnomerno raspredelyonnuyu nagruzku [On the statics of a convector of two concentrated forces into a linear uniformly distributed load] / A. A. Krasnov, K. V. Semenova, A. N. Petrov [et al.]. *Inzhenernyye i sotsial'nyye sistemy: sbornik nauchnykh trudov*. Ivanovo: Ivanovskiy gosudarstvennyy politekhnicheskij universitet, 2023. Issue 8. Pp. 191–195.

6. O geometrii prosteyshogo mekhanizma s gibkimi zven'yami [On the geometry of the simplest mechanism with flexible links] / A. A. Krasnov, K. V. Semenova, A. N. Petrov [et al.]. *Inzhenernyye i sotsial'nyye sistemy: sbornik nauchnykh trudov*. Ivanovo: Ivanovskiy gosudarstvennyy politekhnicheskij universitet, 2023. Issue 8. Pp. 185–190.

7. Kurovskij F. M. *Teoriya ploskih mekhanizmov s gibkimi zven'yami* [Theory of flat mechanisms with flexible links]. Moscow: Mashgiz, 1963. 204 p.

Краснов Александр Алексеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры естественнонаучных дисциплин

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru.

Krasnov Aleksandr Alekseevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

Doctor of technical Sciences, associate Professor, Professor of the Department of Natural Sciences

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru.

Смирнов Станислав Фёдорович

Ивановский государственный энергоуниверситет им.В. И. Ленина,
Российская Федерация, г. Иваново

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры теоретической и прикладной механики

E-mail: smirnovst55@gmail.com

Smirnov Stanislav Fjedorovich

Ivanovo State Power University named after V. I. Lenin,
Russian Federation, Ivanovo

Doctor of technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Theoretical
and Applied Mechanics

E-mail: smirnovst55@gmail.com.

Семенова Ксения Васильевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин

E-mail: pboz2018@mail.ru.

Semenova Kseniya Vasil'evna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Natural Sciences

E-mail: pboz2018@mail.ru.

Пашкова Тамара Викторовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат физико-математических наук, профессор кафедры естественнонаучных дисциплин
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»,

Российская Федерация, г. Иваново

Доцент кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий

E-mail: pashtavi@yandex.ru

Pashkova Tamara Viktorovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Natural Sciences
Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State University»

Russian Federation, Ivanovo,

Associate Professor of the Department of Fundamental Physics and Nanotechnology

E-mail: pashtavi@yandex.ru

Петров Александр Николаевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин

E-mail: petrov_a-n@mail.ru

Petrov Aleksandr Nikolaevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Natural Sciences

E-mail: petrov_a-n@mail.ru

УДК 614.843.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ЗАПЕНИВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ПОЖАРНЫХ РУКАВНЫХ РАЗВЕТВЛЕНИЙ

В. П. МАЛЫЙ, С. О. КУРТОВ, А. Ю. ТРОЯК

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск

E-mail: sietmen@yandex.ru, kurtovsergej1983@yandex.ru, troyaksasha@yandex.ru

В статье проведен анализ наиболее уязвимых элементов технических средств подачи воды к месту пожара при воздействии на них экстремально низких температур, выполнен литературный анализ теоретических и справочных сведений по видам и свойствам теплоизолирующих материалов, изготовленных из различных веществ и имеющих различную структуру. На основе результатов этого анализа предложены наиболее рациональные решения сохранения работоспособности рукавных линий и их элементов при проведении боевых действий подразделениями пожарной охраны в условиях отрицательных температур окружающего воздуха. Экспериментально во время межведомственного опытно-исследовательского учения сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации (далее «Безопасная Арктика – 2023») авторами доказана высокая эффективность применения термозащиты пожарного рукавного разветвления, выполненной путем запенивания его поверхности слоем пенополиуретана толщиной порядка 10 мм, в сравнении со стандартным вариантом пожарного разветвления, поставляемого без термоизоляции.

Ключевые слова: пожарные напорные рукава, пожарные рукавные разветвления, низкая и отрицательная температура, теплоизоляция, эффективность термозащиты, пенополиуретан.

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE FOAMING METHOD USED TO CREATE THERMAL PROTECTION OF FIRE HOSE BRANCHES

V. P. MALY, S. O. KURTOV, A. Yu. TROYAK

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«The Siberian Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of the Ministry of Russia Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Zheleznogorsk

E-mail: sietmen@yandex.ru, kurtovsergej1983@yandex.ru, troyaksasha@yandex.ru

The article analyzes the most vulnerable elements of technical means of water supply to the place of fire under the influence of extremely low temperatures on them, the literature analysis of theoretical and reference data on the types and properties of heat-insulating materials made of different substances and having a different structure. Based on the results of this analysis, the most rational solutions for preserving the serviceability of hose lines and their elements during combat operations by firefighting units in sub-zero ambient temperatures were proposed. Experimentally, during the interdepartmental experimental research exercise of forces and means of the unified state system of prevention and elimination of emergency situations in the Arctic zone of the Russian Federation (hereinafter "Safe Arctic – 2023"), the authors proved the high efficiency of thermal protection of fire hose branching, made by sealing its surface with a layer of polyurethane foam thickness of about 10 mm, compared to the standard version of fire branching, supplied without thermal insulation.

Key words: fire pressure hoses, fire hose branches, low and negative temperature, thermal insulation, thermal protection efficiency, polyurethane foam.

Введение

Уже более 200 лет насчитывает история развития технических средств, предназначенных для тушения пожаров в условиях низ-

ких температур [1]. Вопросами эксплуатации пожарных технических средств в данных условиях занимались такие авторы, как М. Д. Безбородько, М. В. Алешков, Ю. Ф. Яковенко, Г. И. Егоров, Г. И. Осипов, О. В. Двоенко и др. [2, 3, 4]. Но и в настоящее время исследования в

этой области считаются актуальными и их интенсивность не снижается.

Авторами в своей работе [5] был проведен анализ наиболее уязвимых технических средств при воздействии на них низких температур, к которым относятся:

– напорные пожарные рукава и другие элементы рукавных систем (пожарные соединительные и переходные головки, рукавные разветвления) – 37,2 % отказов [5];

– пожарные автомобили – 42,6 % отказов [5].

Производителями пожарно-технического вооружения и личным составом действующих подразделений пожарной охраны не прекращаются работы по поиску эффективных способов сохранения работоспособности (при подаче воды и водных растворов) пожарных рукавных линий и их элементов в условиях отрицательных температур окружающего воздуха.

Предлагаемые решения условно можно разделить на «пассивные» (сохраняющие тепло) (рис. 1) и «активные» (увеличивающие температуру огнетушащего вещества) (рис. 2) [6; 7].

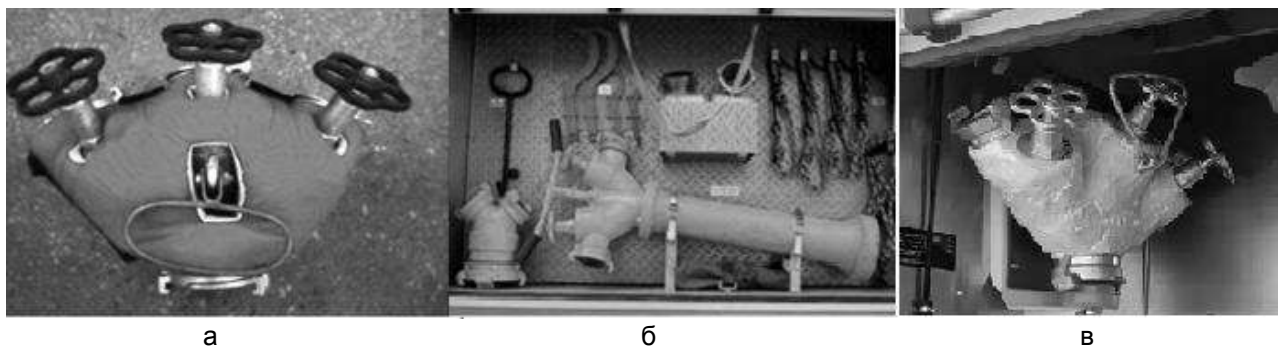


Рис. 1. Вариант «пассивного» утепления пожарного разветвления (а – с помощью поролона и ткани, б – криогенными теплоизолирующими составами, в – путем запенивания поверхности слоем пенополиуретановой монтажной пены толщиной порядка 10 мм)



Рис. 2. Вид разработанного авторами компактного раскладного устройства, позволяющего повысить эффективность работы насосно-рукавных систем в условиях воздействия отрицательных температур окружающей среды [6]

Цель

Целью данного исследования является оценка эффективности термозащиты рукавных разветвлений, выполненной путем нанесения слоя (~10 мм) пенополиуретановой монтажной пены на их поверхность.

Задачи

Для достижения указанной цели потребовалось сформулировать и решить следующие задачи:

- выполнить интернет-поиск по способам и устройствам для тепловой защиты;
- проработать теоретические основы теплозащиты металлических поверхностей и сформулировать соответствующую гипотезу, способную решить поставленную проблему;
- разработать методику проведения исследования эффективности термозащиты пожарного рукавного разветвления, выполненной путем запенивания слоем пенополиуретана;
- во время проведения учений «Безопасная Арктика – 2023» провести эксперимент по оценке темпов охлаждения воды в разветвлении без термозащиты и с термозащитой;
- заполнить разработанные предварительно таблицы и выполнить статистический анализ полученных данных с генерацией аппроксимационных (трендовых) полиномов и (или) экспонент;
- выполнить сравнительный анализ полученных таблично и графически оформленных данных для уточненной оценки темпов охлаждения воды в разветвлении без термозащиты и с термозащитой;
- сформулировать выводы, выявить новизну и показать достоверность результатов, дать обоснованные рекомендации.

Теоретические предпосылки

Необходимость создания все более компактных и эффективных способов и материалов теплоизолирующих воду в элементах насосно-рукавных систем (далее НРС) заставляет искать средства подавления (торможения) теплообменных процессов при остывании в условиях экстремально низких арктических температур. Одним из самых эффективных средств снижения теплоотдачи являются пенно-пористые материалы. Успешное применение пенно-пористых материалов в системах, в которых требуется высокое тепловое сопротивление оболочек тех или иных элементов, оказалось возможным благодаря исследованиям теплогидродинамических характеристик пористых структур, выполненными такими российскими учеными, как Полежаев Ю. В., Леон-

тьев А. И., Зейгарник Ю. А., Иванов Ф. П., Белов С. В., Гольдштик М. А., Андриевский Р. А., Поляков А. Ф., Поляев В. М., Майоров В. А., Субботин В. И., Харитонов В. В., Плакसेв А. А., Селиверстов Е. М., Гортышов Ю. Ф., Попов И. А. и др. Ими разработаны математические модели и методики оценки теплогидравлических характеристик низко- и высокопористой структур, установлены зависимости теплофизических свойств каркаса и теплоносителя в пористой структуре от характеристик пористости, построена математическая модель тепловых процессов в цилиндрическом пористом теле, охлаждаемым от внешнего поглотителя тепла и нагреваемым однофазным теплоносителем, учитывающая изменения температуры боковой поверхности каркаса вдоль оси цилиндра и в радиально-азимутальном сечении; на базе построенных математических моделей геометрической структуры пористости, теплофизических свойств и тепловых процессов разработаны методики исследования теплоотдачи в пористом цилиндре, охлаждаемым однофазным газовым теплоносителем (например, воздухом).

Отметим, что достаточно полная сводка формул для расчета эффективной теплопроводности пористых и пенных материалов была получена, в частности, на основе использования принципа «обобщенной проводимости». Однако углубление в эту (теоретическую) область не является объектом главного внимания авторов данной статьи, а планируется провести в дальнейшем. Частично расчетно-теоретические результаты авторов по исследованию особенностей радиально-азимутальной и по длине термодинамики охлаждения воды (в пожарных рукавах) доложена авторами на Конференции «Енисейская теплофизика» в марте 2023 года [8].

Из анализа результатов расчетно-теоретических работ следует, что в качестве наиболее перспективных материалов для теплоизоляции остывающей поверхности элементов НРС могут быть использованы теплоизоляционные пластмассы из группы «пенопласты». Пенопластами называют ячеистые пластмассы с малой плотностью и наличием не сообщающихся между собой полостей или ячеек, заполненных газами или воздухом. Причем, наибольший интерес применительно к решаемой задаче представляют такие «пенно-каркасные» материалы как пенополистирол, пенополивинилхлорид, пенополиуретан и мипора.

Материалы исследования

После тщательного поиска литературных источников, изучения теоретических и справочных сведений – в качестве материала для исследования выбран пенополиуретан. Отметим, что большим достоинством этого вещества при использовании его в качестве термозащиты разветвления, выполненного из алюминиевого сплава, является прочность, устойчивость к влажной среде, а также безвредность. Благодаря своей пористой структуре, полиуретан является прекрасным теплоизолятором, и выдвинута авторами гипотеза об эффективности использования его для целей термозащиты представлялась вполне обоснованной.

Методы исследования

В ходе настоящего исследования авторы применяли как теоретические (научный анализ, обобщение, сравнение, дедукция...), так и эмпирические (активное наблюдение, расширенный эксперимент и т.д.) методы. Для обработки полученных многочисленных экспериментальных данных использовали стандартные, хорошо и многократно апробированные методы математической статистики.

Основная часть

Для измерения значений температур воды в пожарных разветвлениях использовались: набор точечных датчиков температуры (хромель-алюмелевых термопар) в сопряжении с преобразователями-индикаторами на основе стандартных электротестеров; источ-

ники сетевой воды регулируемой температуры для заполнения полости исследуемых разветвлений; площадка для «промораживания» воды в разветвлениях на открытом пространстве вне закрытого помещения; емкость для слива охлажденной (или замороженной) воды и кабинет для обработки получаемых экспериментальных данных.

Авторами настоящей работы проведены эксперименты по определению теплозащитной эффективности теплоизоляции пожарного трехходового разветвления (далее РТ-80) путём сравнения скорости остывания воды в разветвлении стандартного исполнения и разветвления с теплозащитой (рис. 3), выполненной путем запенивания наружной поверхности пенополиуретановой монтажной пеной. Авторы благодарны сотрудникам дежурного караула ПСЧ-75 (г. Дудинка) Главного управления МЧС России по Красноярскому краю, на вооружении которой находилось РТ-80 с теплозащитой за ценную практическую поддержку и содействие в проведении описываемых экспериментов во время межведомственного опытно-исследовательского учения сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации («Безопасная Арктика – 2023»). Теплозащита указанного трехходового разветвления выполнена заводом изготовителем АЦ (С)-7,0-70 (43118) северного исполнения, а именно фирмой «Юнимод Групп» г. Миасс, Челябинской области.



Рис. 3. Фрагменты проведения экспериментов по определению теплозащитной эффективности пожарного трехходового разветвления РТ-80

При подготовке к эксперименту у каждого пожарного разветвления закрывали патрубок с условным проходом 80 мм штатной пожарной головкой-заглушкой, далее в полость заливали воду с температурой +28 °С (температура воздуха в помещении) и второй патрубок пожарного разветвления с условным проходом 80 мм закрывали еще одной пожарной головкой-заглушкой. Подготовленные к исследованиям пожарные разветвления размещали снаружи на специально построенном стенде с

зафиксированной на тот момент температурой наружного воздуха -18 °С.

В процессе эксперимента каждые 15 минут производили замеры температуры воды в пожарных разветвлениях с использованием в качестве точечных термодетекторов – хромель-алюмелевые термопары. Динамика снижения температуры воды в пожарных разветвлениях видна из таблицы.

Таблица. Динамика снижения температуры воды в пожарных разветвлениях

Время, мин	0	15	30	45	60
Температура воды в стандартном разветвлении (без теплозащитного слоя), °С	28	10	2		
Температура воды в пожарном разветвлении с теплозащитой, выполненной путем запенивания поверхности, °С	28	18	11	6	2
Температура наружного воздуха, °С	-18	-18	-18	-18	-18

Для удобства анализа по табличным данным построили графики зависимости температуры воды внутри разветвлений от времени в процессе остывания (рис. 4) на морозе (-18 °С) с +28 °С до околонулевой температуры.

Из предварительно проведенных авторами теоретических исследований [8, 9] следовало, что радиальное распределение $\Psi(r)$ температуры Ψ остывающей воды в круглоцилиндрической форме описывается частным случаем функций Бесселя – косинусами:

$$\Psi(r) = C_2 \times J_0(kr) + C_3 \times Y_0(kr), \quad (б)$$

C_2 и C_3 – постоянные интегрирования, J_0 и Y_0 – функции Бесселя первого и второго рода нулевого порядка. Показано, что константа C_3 тождественно равна нулю, а при безразмерном времени $F_0 = \frac{a}{R_{г/ст}^2} \times \tau > 0,25$ вместо разложения функции Бесселя первого рода нулевого порядка $J_0(kr)$ можно брать её косинусоидальное собственное число μ_1 , используя табличные значения собственного числа μ_1 для каждого формообразующего безразмерного числа Био $Bi = \frac{\alpha^2 \times R_{г/ст}}{\lambda_{воды}}$ (Bi – «безразмерная теплоотдача» – формирует подобие радиальных распределений температуры $\Psi_{Bi,F}(r,)$ в каждый момент безразмерного времени

$F_0 = \frac{a}{R_{г/ст}^2} \times \tau > 0,25$), где $R_{г/ст}$ – реальный радиус реального гидростолба.

Уравнение динамики падения $\varphi(\tau)$ «косинусоидальной» $\Psi(r)$ формы амплитуды температуры остывающего гидростолба при его охлаждении во времени τ описывается экспонентой вида:

$$\varphi(\tau) = C_1 \times e^{-ak^2\tau}, \quad (а)$$

искажаемой наличием зависимости всех теплофизических параметров от непрерывно изменяющейся (при остывании воды в данном случае) температуры.

Поэтому аппроксимацию полученных экспериментальных данных проводили как экспонентами, так и полиномами, пытаясь найти трендовую функцию с минимальной погрешностью относительно экспериментальных данных. Убедились, что форма динамики остывания воды внутри экспериментального пожарного разветвления РТ-80 действительно похожа на экспоненциальную, но погрешность полиномиальной аппроксимации всё-таки существенно меньше, что подтверждает результаты выполненных ранее [8] расчетно-теоретических исследований, предсказывающих существенное отличие темпа остывания от чисто экспоненциального.

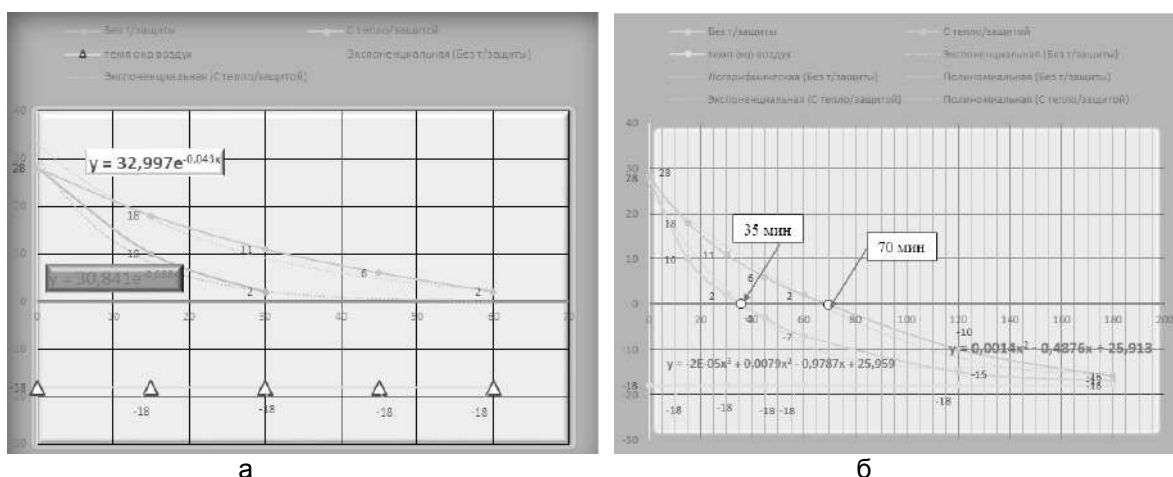


Рис. 4. Экспоненциальная – (а) и полиномиальная – (б) аппроксимации динамики остывания воды

Из представленных графиков следует важнейший новый результат: при одинаковых стартовых температурах воды $+28^{\circ}\text{C}$ и одинаковой температуре охлаждающего воздуха (-18°C) нулевая температура воды (температура замерзания воды) в пожарном разветвлении с теплозащитой, выполненной путем запенивания наружной поверхности пожарного разветвления полиуретаном, достигается за 70 минут, что примерно в два раза больше, чем в стандартном (нетеплоизолированном) пожарном разветвлении (35 мин). Это однозначно подтверждает высокую эффективность предложенного метода и технологии создания тепловой защиты металлических элементов НРС путем нанесения слоя пенополиуретана.

Достоверность и обоснованность результатов исследования (измерения) термодинамических теплозащитных характеристик полиуретановой пены обеспечены удовлетворительным согласием полученных экспериментальных результатов по характеру (форме динамики – «экспоненциально-полиномиальной») остывания и по значению эффективности тепловой защиты (теплоотдаче) – с собственными расчетно-теоретическими исследованиями [8] и с изученными литературными данными.

Список литературы

1. История развития технических средств борьбы с пожарами, приспособленных для работы в условиях низких температур / М. В. Алешков, М. Д. Безбородько, И. А. Ольховский [и др.] // Пожаровзрывобезопасность/ Fire and Explosion Safety. 2016. Т. 25, № 11. С.

Заключение

1. Выполнен анализ различных подходов к решению проблемы сохранения работоспособности пожарных рукавных линий и их элементов в условиях отрицательных температур окружающего воздуха.

2. Установлена высокая эффективность применения теплозащиты пожарного разветвления, выполненной путем запенивания его наружной поверхности слоем полиуретановой монтажной пены толщиной порядка 10 мм, в сравнении со стандартным пожарным разветвлением.

3. Этот простой, доступный и недорогой метод тепловой защиты пожарных разветвлений авторами рекомендуется для широкого использования в подразделениях МЧС, работающих в условиях экстремально низких температур.

4. Авторы планируют в дальнейшем провести расчетно-теоретические и экспериментальные исследования по оценке теплозащитной эффективности и других представленных в настоящей работе решений пассивного и активного типа термозащиты, используемых для исключения случаев отказа (промерзания воды и водных растворов) в работе пожарных рукавных линий и отдельных элементов ее элементов.

77–83. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.77-83. EDN: XCNSUD.

2. Патент на полезную модель 203100 У1 Российская Федерация МПК А 62 С 27/00. Пожарная автоцистерна с системой обеспечения работоспособности насосно-рукавных систем в условиях экстремально низких температур / В. Н. Казаков, Е. А. Емельянов,

И. Н. Смоленский [и др.]; опубл. 22.03.2021, Бюл. № 9. EDN: CRLOTQ.

3. Эволюция технических средств обеспечения работоспособности насосно-рукавных систем пожарных автомобилей при низких температурах / М. В. Алешков, А. В. Рожков, В. М. Климовцов [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2008. № 2. С. 36–40. EDN: SKAVCD.

4. Двоенко О. В. Насосно-рукавные системы пожарных автомобилей, обеспечивающие тушение пожаров и аварийное водоснабжение на объектах энергетики в условиях низких температур: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. М., 2014. 22 с. EDN: ZPNGHX.

5. Факторы, определяющие тактический потенциал подразделений пожарно-спасательного гарнизона в условиях экстремально низких температур / М. В. Алешков, М. Д. Безбородько, Н. П. Копылов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25, № 12. С. 61–68. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.61-68. EDN: XWVMHJ.

6. Куртов С. О., Горшун В. А. Устройство, позволяющее повысить эффективность работы насосно-рукавных систем в условиях воздействия отрицательных температур окружающей среды // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 340–342. EDN: OLTVDN.

7. Авторское свидетельство 1586722 А1 СССР, МПК А 62 С 33/00. Вставка для подогрева воды, подаваемой по рукавной пожарной линии / М. Д. Безбородько, М. В. Алешков. № 4440332; заявл. 13.06.1988; опубл. 23.08.1990; Бюл. № 31. 2 с. EDN: MJENPB.

8. Исследование формирования температурного поля при свободном остывании воды в пожарных рукавах / В. П. Малый, И. Н. Пожаркова, О. С. Малютин [и др.] // Енисейская теплофизика – 2023: тезисы докладов I Всероссийской научной конференции с международным участием. Красноярск: СФУ, 2023. С. 181–183. ISBN 978-5-7638-4846-5. eLIBRARY ID: 54220670.

References

1. Istoriya razvitiya tekhnicheskikh sredstv bor'by s pozharemi, prisposoblennykh dlya raboty v usloviyakh nizkikh temperatur [History of development of technical means of fire fighting adapted for operation in low temperature conditions]. M. V.

Aleshkov, M. D. Bezborod'ko, I. A. Ol'hovskij, [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*/Fire and Explosion Safety, 2016, vol. 25, issue 11, pp. 77–83. DOI: 10.18322/PVB.2016. 25.11.77-83. EDN: XCNSUD.

2. V. N. Kazakov, E. A. Emel'yanov, I. N. Smolenskij [et al.]. *Pozharnaya avtotsisterna s sistemoy obespecheniya rabotosposobnosti nasosno-rukavnyh sistem v usloviyakh ekstremal'no nizkikh temperature* [fire tanker truck with a system for ensuring the operability of pumping and hose systems at extremely low temperatures], Patent na poleznuyu model' 203100 U1 Rossijskaya Federaciya, IPC A 62 C 27/00. opubl. 22.03.2021, Byul. № 9. EDN: CRLOTQ.

3. Evolyuciya tekhnicheskikh sredstv obespecheniya rabotosposobnosti nasosno-rukavnyh sistem pozharnyh avtomobilej pri nizkikh temperaturah [Evolution of technical means to ensure serviceability of pump-hose systems of fire trucks at low temperatures] / M. V. Aleshkov, A. V. Rozhkov, V. M. Klimovcov [et al.]. *Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya*, 2008, issue 2, pp. 36–40. EDN: SKAVCD.

4. Dvoenko O. V. Nasosno-rukavnye sistemy pozharnyh avtomobilej, obespechivayushchie tushenie pozharov i avarijnoe vodosnabzhenie na ob"ektah energetiki v usloviyakh nizkikh temperatur: avtoreferat diss. ... kand. tekhn. nauk [Pump and hose systems of fire-fighting vehicles, providing fire extinguishing and emergency water supply at power facilities in low temperature conditions. Cand. of techn. sci. author's abstract of the diss.]. Moscow, 2014. 22 p. EDN: ZPNGHX.

5. Faktory, opredelyayushchie takticheskij potencial podrazdelenij pozharno-spasatel'nogo garnizona v usloviyakh ekstremal'no nizkikh temperatur [Factors determining the tactical potential of fire and rescue garrison units in conditions of extremely low temperatures] / M. V. Aleshkov, M. D. Bezborod'ko, N. P. Kopylov [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2016, vol. 25, issue 12, pp. 61–68. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.61-68. EDN: XWVMHJ.

6. Kurtov S. O., Gorshunov V. A. Ustrojstvo, pozvolyayushchee povysit' effektivnost' raboty nasosno-rukavnyh sistem v usloviyakh vozdejstviya otricatel'nyh temperatur okruzhayushchej sredy [A device to improve the efficiency of pumping hose systems in conditions of exposure to negative ambient temperatures]. *Molodye uchenye v reshenii aktual'nyh problem bezopasnosti: sbornik materialov III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Zheleznogorsk: Sibirskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GПС MCHS Rossii, 2023. pp. 340–342. EDN: OLTVDN.

7. Bezborod'ko M. D., Aleshkov M. V. Avtorskoe svidetel'stvo 1586722 А1 СССР, МПК

A 62 C 33/00. Vstavka dlya podogreva vody, podavaemoj po rukavnoj pozharnoj linii [Insert for heating water supplied by the fire hose line], № 4440332, byulleten № 31, 2 p. EDN: MJEHPB.

8. Issledovanie formirovaniya temperaturnogo polya pri svobodnom ostyvanii vody v pozharnyh rukavah [Investigation of temperature

field formation at free cooling of water in fire hoses]. V. P. Malyj, I. N. Pozharkova, O. S. Malyutin, [et al.]. *Enisejskaya teplofizika – 2023: tezisы dokladov I Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Krasnoyarsk: SFU, 2023, 560 p. ISBN 978-5-7638-4846-5. eLIBRARY ID: 54220670.

Малый Виталий Петрович

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железнодорожск

доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики,
математики и информационных технологий

E-mail: sietmen@yandex.ru

Maly Vitaly Petrovich

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk

Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Physico-mathematical Sciences,
Professor of the Department of Physics, Mathematics and Information Technologies

E-mail: sietmen@yandex.ru

Куртов Сергей Олегович

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железнодорожск

преподаватель кафедры пожарной тактики и аварийно-спасательных работ

E-mail: kurtovsergej1983@yandex.ru

Kurtov Sergey Olegovich

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk

Lecturer of the Department of Fire Tactics and Rescue Operations

E-mail: kurtovsergej1983@yandex.ru

Трояк Александр Юрьевич

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железнодорожск

кандидат педагогических наук, заместитель начальника кафедры пожарной тактики
и аварийно-спасательных работ

E-mail: troyaksasha@yandex.ru

Troyak Alexander Yurievich

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk

Ph.D. of Pedagogic Sciences, Deputy Head of the Department of Fire Tactics and Rescue Operations

E-mail: troyaksasha@yandex.ru

УДК [614.841.332:620.197.6]:519.242

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ВСПУЧИВАЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

В. В. МАМАЕВ, А. Ф. ДОЛЖЕНКОВ, В. В. ЛЕБЕДЕВА

Федеральное государственное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт «Респиратор» Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»
Донецкая Народная Республика, г. Донецк
E-mail: vika.lebedeva.6363@mail.ru

Приведены результаты исследования по влиянию трехкомпонентной вспучивающей добавки на свойства огнезащитного покрытия для деревянных и металлических конструкций. Проведено симплекс-решетчатое планирование эксперимента, в соответствии с которым разработаны модельные композиции с различным сочетанием целевых добавок: полифосфата аммония – источника фосфорной кислоты, терморасширяющегося графита – интумесцентного компонента и бората цинка – вспенивающего агента. Получены аналитические выражения полиномов неполного третьего порядка, устанавливающие зависимость изменения массы и кратности вспучивания покрытия от массового содержания компонентов вспучивающей добавки, входящей в состав покрытия на основе хлорсодержащего связующего пленкообразующего вещества. Выполнены проверка и оценка однородности дисперсий воспроизводимости параметров оптимизации по критерию Кохрена, оценка значимости коэффициентов моделей – по критерию Стьюдента, проверка адекватности полиномиальных моделей – по критерию Фишера. Результаты исследования послужили основой для построения аналитических зависимостей исследуемых параметров. Показано, что симплекс-решетчатое планирование эксперимента способствует проведению значительного объема вычислений за короткий промежуток времени и получению рациональной рецептурной смеси с использованием различных функциональных добавок. Полученные результаты позволяют рекомендовать исследуемую вспучивающую добавку для получения эффективных огнестойких покрытий для огнезащиты деревянных и металлических конструкций.

Ключевые слова: борат цинка; вспучивающая добавка; кратность вспучивания; огнестойкая композиция; оптимизация свойств; полином неполного третьего порядка; полифосфат аммония; изменение массы; терморасширяющийся графит.

EFFECT OF INTUMESCENT ADDITIVE COMPOSITION ON PROPERTIES OF FLAME-RETARDANT COATING FOR WOODEN AND METAL CONSTRUCTIONS

V. V. MAMAYEV, A. F. DOLZHENKOV, V. V. LEBEDEVA

Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator»
of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
The Donetsk People's Republic, Donetsk,
E-mail: vika.lebedeva.6363@mail.ru

These are presented results of investigation of the three-component intumescent additive effect on the properties of the flame-retardant coating for wooden and metal constructions. The simplex-lattice planning of the experiment was conducted, according to it there were developed the model compositions consisted of different combinations of target additives, i.e. ammonium polyphosphate as a source of phosphoric acid, intumescent graphite as an intumescent component and zinc borate as an expanding agent. The analytical expressions of the polynomials of noncomplete third order have been derived; they establish the dependence of change in mass loss and coating intumescence ratio on mass content of the intumescent additive components contained in the composition based on the chlorine-containing binding filming agent. The check and assessment of homogeneity dispersions of the optimization parameters reproducibility have been completed according to the Cochran criterion, assessment of the coefficient models significance according to the Student criterion, the polynomial models adequacy verification according to the Fisher criterion. The investigation results laid a foundation for plotting the analytical dependences of the parameters under study. It has been demonstrated that the simplex-lattice planning of the experiment facilitates the conduction of signif-

ificant amount of calculations in a short time and the production of the recipe mixture using the various functional additives. The obtained results allow the intumescent additive under study to be recommended for production of the effective flame-retardant coatings for wooden and metal constructions.

Key words: zinc borate; intumescent additive; intumescence ratio; flame-retardant composition; optimization of properties; polynomials of the noncomplete third order; ammonium polyphosphate; change in mass; intumescent graphite.

Введение

Огнестойкие покрытия представляют собой сложные многокомпонентные системы. Их рецептуры требуют оптимизации для достижения рациональных сочетаний таких основных параметров покрытий, как изменение массы и кратность вспучивания. Технология производства огнестойких покрытий позволяет использовать разнообразные виды сырья в качестве функциональных добавок: связующих пленкообразующих веществ, вспучивающих компонентов, антипиренов, наполнителей, стабилизаторов, разбавителей и др. Несмотря на довольно широкий ассортимент огнезащитных составов, потребность в создании новых специальных покрытий с улучшенными свойствами остается актуальной. Создание рецептур многокомпонентных огнестойких покрытий с использованием традиционных математических методов представляет довольно сложный и продолжительный по времени процесс. Перспективным направлением в решении данной проблемы служит использование методов метаматематического моделирования, в частности метода симплекс-решетчатого планирования эксперимента. С использованием этого метода, изменяя соотношения исходных компонентов, возможно варьировать необходимые свойства покрытий, в дальнейшем – выбрать наиболее рациональные соотношения целевых добавок в соответствии с основными показателями эффективности покрытия и сделать вывод о зависимости влияния определенных компонентов на эксплуатационные параметры покрытия, что способствует созданию более эффективных средств огнезащиты.

Оптимизация свойств многокомпонентных средств огнезащиты давно является объектом научных исследований [1, 2]. Разработаны научно-практические предпосылки создания многокомпонентных покрытий с желательными качественными характеристиками и свойствами [3]. С помощью математических методов проведено моделирование многокомпонентного продукта по выбранным параметрам адекватности и качества в зависимости от сырья [4]. Исследователями особенное внима-

ние уделено аналитической оптимизации антипиреновых добавок рецептурной смеси, при этом критерием расчета является количественное содержание и соотношение азот- и фосфорсодержащих компонентов [5]. При изучении влияния состава вспучивающей добавки на свойства огнезащитного покрытия для деревянных и металлических конструкций в настоящей работе основными количественными критериями считали изменение массы и кратность вспучивания покрытия [6].

Целью настоящего исследования является изучение влияния состава вспучивающей добавки на свойства покрытия на основе негорючего хлоропренового каучука, предназначенного для огнезащиты деревянных и металлических конструкций.

Материалы и методы исследования

Экспериментальным путем показано, что наиболее эффективными с точки зрения объемного расширения являются составы на основе хлоропренового каучука с полифосфатом аммония (ПФА), терморасширяющимся графитом (ТРГ) и боратом цинка (БЦ) [7]. Экспериментальным путем установлено, что содержание ПФА в смеси ограничено диапазоном концентрации 60–68 масс. %, область значений для ТРГ – 30–38 масс. % и БЦ – 2–10 масс. % от общего количества смеси [7]. Часть треугольника, ограниченная указанными составами, использована при планировании эксперимента как координатная система. Для исследования влияния состава вспучивающей добавки на изменение массы и кратность вспучивания покрытия применен метод симплексных решеток, дающий возможность при небольшом числе экспериментов получить приближение поверхности отклика с полиномами различных степеней. Нужное приближение принято после проверки полиномиальной модели на адекватность.

В настоящей работе аналитические зависимости интерполированы приведенным полиномом неполного третьего порядка следующего вида [3]:

$$\hat{Y} = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3, \quad (1)$$

где \hat{Y} – среднее значение отклика по двум параллельным измерениям; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – коэффициенты уравнения полинома; X_1, X_2, X_3 – коли-

чество компонента (БЦ, ПФА, ТРГ соответственно) в смеси, доля единицы.

Коэффициенты полиномов, которые отображают зависимость изменения массы образцов покрытия Δm и кратность вспучивания $K_{всп}$ от соотношения компонентов X_i , рассчитаны по экспериментальным данным. Потеря массы образцов покрытия на деревянных брусках стандартных размеров определена на установке «Керамическая труба», изменение массы покрытия Δm вычислено по формуле

$$\Delta m = \frac{m_1 - m_2}{m_1}, \quad (2)$$

где m_1 – масса образца покрытия до испытания, г; m_2 – масса образца покрытия после испытания, г.

Кратность вспучивания $K_{всп}$ покрытия на стальных пластинах размером 600 x 600 x 5 мм определена с использованием стандартной методики, описанной в ГОСТ Р 59637-2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля» и рассчитана по формуле

$$K_{всп} = \frac{h_2}{h_1}, \quad (3)$$

где h_2 – толщина вспученного слоя покрытия после испытания, мм; h_1 – исходная толщина покрытия, мм.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании результатов предыдущих экспериментов установлено, что огнестойкость покрытия для деревянных и металлических конструкций главным образом определяют изменение массы покрытия и кратность вспучивания образующегося кокса, зависящие от следующих факторов:

– концентрации бората цинка. Введенный в состав огнезащитного покрытия борат цинка выполняет функцию дымоподавляющей, огнегасящей и антикоррозионной добавки, дополнительно структурирующей вспененный кокс при высоких температурах;

– концентрации полифосфата аммония, выполняющего функцию вспучивающего агента в составе огнезащитного покрытия, температура разложения которого обеспечивает наличие оптимальных условий реакции вспучивания;

– концентрации терморасширяющегося графита, добавка которого в качестве дополнительного вспучивающего агента способствует получению вспененного кокса с низкой теплопроводностью и усилению эффекта вспучивания.

Оптимальные свойства покрытия можно установить с помощью ряда пассивных экспериментов, когда в каждой серии исследования происходит изменение только одного параметра. Однако такой подход требует значительных затрат времени. Поэтому в настоящей работе проведен плановый эксперимент, который позволил одновременно изменять все параметры. С целью уменьшения количества экспериментов выбраны следующие факторы планового эксперимента:

- массовая концентрация БЦ, % (X_1);
- массовая концентрация ПФА, % (X_2);
- массовая концентрация ТРГ, % (X_3).

Для получения материала с высокими огнезащитными и эксплуатационными свойствами необходимо было найти рациональное соотношение факторов X_1 , X_2 , X_3 в составе покрытия. Матрица планирования неполного третьего порядка в координатах симплекса и состав вспучивающей добавки в реальных переменных в этих же точках представлены в табл. 1.

Таблица 1. Матрица планирования и результаты эксперимента

Но- мер опы- та	Кодированные значения факторов			Натуральные значения факторов				
				массовая концентрация, %			изменение массы покрытия Δm	кратность вспучивания покрытия $K_{всп}$
	БЦ X_1	ПФА X_2	ТРГ X_3	БЦ	ПФА	ТРГ		
1	1	0	0	10,0	60,0	30,0	0,07	11
2	0	1	0	2,0	68,0	30,0	0,06	15
3	0	0	1	2,0	60,0	38,0	0,04	28
4	0,5	0,5	0	6,0	64,0	30,0	0,05	14
5	0,5	0	0,5	6,0	60,0	34,0	0,03	21
6	0	0,5	0,5	2,0	64,0	34,0	0,02	30
7	0,333	0,333	0,333	4,6	62,7	32,7	0,04	25
8	0,600	0,300	0,100	6,8	62,4	30,8	0,02	14

В результате статистической обработки результатов эксперимента (табл. 1) получены зависимости в виде полиномов неполного третьего порядка, характеризующие изменение массы (4) и кратность вспучивания покрытия

$$Y_{\Delta m} = 0,07X_1 + 0,06X_2 + 0,04X_3 - 0,06X_1 \cdot X_2 - 0,1X_1 \cdot X_3 - 0,12X_2 \cdot X_3 + 0,39X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (4)$$

– для зависимости «состав – кратность вспучивания»

$$Y_{\text{Квсп}} = 11X_1 + 15X_2 + 28X_3 - 4X_1X_2 - 6X_1X_3 - 34X_2X_3 + 57X_1X_2X_3. \quad (5)$$

Проверка однородности дисперсий воспроизводимости параметров оптимизации проведена по критерию Кохрена (С-критерию). Для определения расчетного значения С-критерия C_p найдено отношение наибольшей из оценок дисперсий воспроизводимости $S_i^2 \text{ max}$ к сумме всех оценок дисперсий воспроизводимости S_i^2 по формуле

$$C_p = \frac{S_i^2 \text{ max}}{\sum_{i=1}^N S_i^2}. \quad (6)$$

Расчетное значение С-критерия для параметра оптимизации «изменение массы» составило 0,467, для «кратности вспучивания» – 0,295. Табличное значение критерия Кохрена $C_{\text{табл}} = 0,727$ найдено с учетом доверительной вероятности $P = 0,95$, числа серии экспериментов $N = 7$, числа повторных измерений в серии $m = 2$ и числа степеней свободы $f = N(m - 1) = 7$. Поскольку условие $C_p < C_{\text{табл}}$ выполнено, можно сделать вывод о том, что различия между дисперсиями параметров оптимизации незначимые и все измерения обеспечивают одинаковую воспроизводимость результатов, следовательно, гипотеза об однородности дисперсий групп наблюдений принимается.

Оценка значимости коэффициентов моделей (4) и (5) выполнена по критерию Стьюдента (t -критерию) при выполнении условия неравенства:

$$|\beta_i| \geq tS(\beta_i), \quad (7)$$

где $|\beta_i|$ – модуль значения коэффициента регрессии; t – табличное значение критерия Стьюдента; $S(\beta_i)$ – квадратическая ошибка коэффициента регрессии.

(5) от состава трехкомпонентной вспучивающей добавки:

– для зависимости «состав – изменение массы»

Квадратическая ошибка каждого коэффициента регрессии $S(\beta_i)$ рассчитана по формуле

$$S(\beta_i) = \frac{2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}{N\sqrt{N}}, \quad (8)$$

где Y_i – значение параметра в конкретном опыте; \bar{Y}_i – среднее значение параметра из серии повторных опытов i -й точки плана; N – число серии экспериментов.

Табличное значение критерия Стьюдента $t_{\text{ст}}$ для числа степеней свободы $f = 7$ и доверительной вероятности $P = 0,95$ составило 2,365. Абсолютные значения всех коэффициентов уравнений (4) и (5) удовлетворяют неравенству (7) (табл. 2), что подтверждает их значимость в модели.

Таблица 2. Оценка значимости коэффициентов модели

Значение коэффициента	Результат проверки ($tS(\beta_i)$)
Модель зависимости «состав – изменение массы» (4)	
$\beta_1 = 0,07$	$0,201 \cdot 10^{-5}$
$\beta_2 = 0,06$	$0,007 \cdot 10^{-5}$
$\beta_3 = 0,04$	$0,105 \cdot 10^{-5}$
$\beta_{12} = 0,06$	$0,021 \cdot 10^{-5}$
$\beta_{13} = 0,10$	$0,017 \cdot 10^{-5}$
$\beta_{23} = 0,12$	$0,007 \cdot 10^{-5}$
$\beta_{123} = 0,39$	$0,004 \cdot 10^{-5}$
Модель зависимости «состав – кратность вспучивания» (5)	
$\beta_1 = 11$	0,014
$\beta_2 = 15$	0,005
$\beta_3 = 28$	0,005
$\beta_{12} = 4$	0,011
$\beta_{13} = 6$	0,002
$\beta_{23} = 34$	0,004
$\beta_{123} = 57$	0,005

Оценка адекватности моделей (4) и (5) проведена в проверочной точке 8 (табл. 1) по критерию Фишера (F -критерию) путем сравнения его расчетного значения с табличным. Доверительная вероятность P , определяющая ошибку предсказываемого отклика, равна 0,95. Расчетное значение F -критерия определено по формуле:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_i^2}, \quad (9)$$

где $S_{ад}^2$ – дисперсия адекватности; S_i^2 – дисперсия воспроизводимости.

Дисперсия адекватности вычислена по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{m}{N-k-1} \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i^p - \bar{Y}_i)^2, \quad (10)$$

где k – число факторов; Y_i^p – значение параметра в i -той точке плана, рассчитанное по уравнению регрессии.

Расчетное значение F -критерия для модели (4) составило 3,7, для модели (5) – 3,2.

Табличное значение критерия Фишера при доверительной вероятности $P = 0,95$, числе степеней свободы $f_1 = 3$ (при определении дисперсии адекватности $S_{ад}^2$) и $f_2 = 7$ (при определении дисперсии воспроизводимости) составило 4,4. Так как расчетные значения F -критерия меньше табличного, гипотеза о неадекватности моделей (4) и (5) отвергается.

Полученные модели позволяют прогнозировать огнезащитные свойства покрытия, основываясь на результатах измерений кратности вспучивания и значений изменения массы при оптимальном количестве добавки. Обработку экспериментальных данных и результатов, полученных с помощью метода симплекс-решетчатого планирования эксперимента, а также расчеты моделей выполняли в MS Excel.

На основании данных расчета с использованием модели (4) и результатов эксперимента построена треугольная диаграмма, на которой представлены линии равных значений изменения массы (рис. 1).

Результаты расчета с использованием модели (5) и экспериментальные данные позволили построить треугольную диаграмму и получить линии равных значений кратности вспучивания (рис. 2).

Из представленных результатов (рис. 1 и рис. 2) следует вывод о том, что рост кратности вспучивания от 11 до 44 единиц при одновременном снижении изменения массы с 0,07 до 0,01 связан с увеличением количества интумесцентной составляющей (ТРГ), а также с уменьшением содержания ПФА и БЦ. Дальнейшее увеличение содержания ТРГ в составе

покрытия нерационально, так как приводит к образованию кокса рыхлой структуры и снижению его механической и когезионной прочности. Таким образом, огнестойкость покрытия коррелирует с повышением плотности, прочности вспененного кокса и снижением изменения массы при высоких температурах.

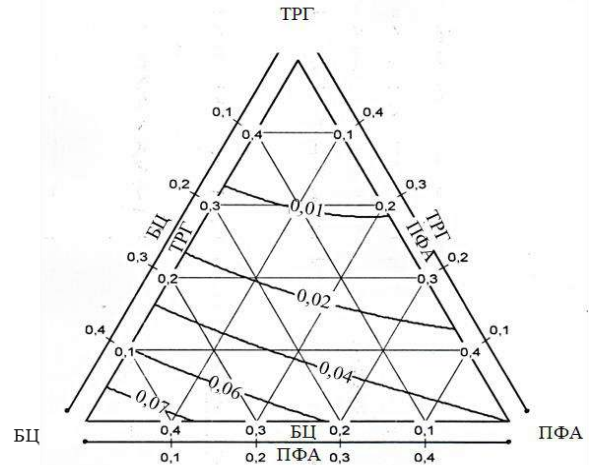


Рис. 1. Линии равных значений изменения массы

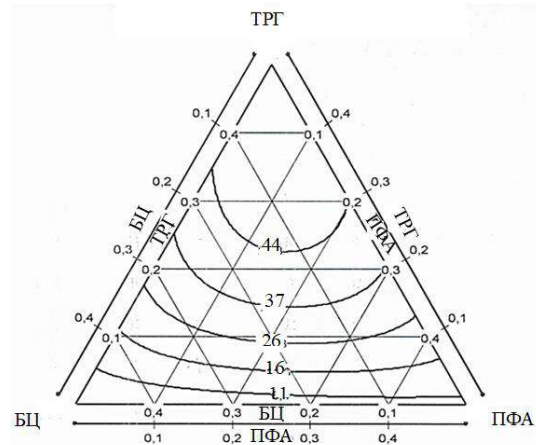


Рис. 2. Линии равных значений кратности вспучивания

Выводы

Изучено влияние состава вспучивающей добавки на свойства покрытия на основе негорючего хлоропренового каучука, предназначенного для огнезащиты деревянных и металлических конструкций. Установлены аналитические зависимости изменения массы и кратности вспучивания покрытия от содержания компонентов вспучивающей добавки – бора цинка, полифосфата аммония и терморасширяющего графита. Показано, что наибольший вклад в повышение огнестойкости покрытия вносит тройная система «борат цинка – полифосфат аммония – терморасширяющийся графит» за счет увеличения кратности вспучивания и уменьшения изменения массы.

Список литературы

1. Павлович А. В., Дринберг А. С., Машляковский Л. Н. Огнезащитные вспучивающиеся лакокрасочные. М.: ЛКМ-пресс, 2018. 488 с.
2. Бардин А. В., Сударь О. Ю. Огнестойкость металлоконструкций на примере метода численного моделирования // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 8 (35). С. 36–47.
3. Бондарь А. Г., Статюха Г. А., Потяженко И. А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры). Киев: Вища школа. 1980. 264 с.
4. Polymer composites with high energy density and charge-discharge efficiency at high temperature using aluminum oxide particles / Z. Fan, Y. Zhang, Y. Jiang [et al.]. Journal of Materials Research and Technology, 2022, vol. 18, pp. 4367–4374.
5. Nurkulov E. N., Beknazarov K. H. S., Jalilov A. T. Synthesis and study of the properties of the metal-containing oligomer antypirene obtained based on local raw materials. Scientific Bulletin of Namangan State University, 2020, vol. 2. issue 3, pp.100–103.
6. Лебедева В. В. Количественные параметры вспучивания огнезащитного покрытия на основе хлоропренового каучука // Научный вестник НИИ «Респиратор». 2023. № 1(60). С. 90–97.
7. Лебедева В. В., Непочатых И. Н. Оптимизация состава огнезащитного покрытия методом симплекс-решетчатого планирования // Научный вестник НИИ «Респиратор». 2022. № 4 (59). С. 60–65.

References

1. Pavlovich A. V., Drinberg A. S., Mashlyakovskiy L. N. *Ognezaschitnyie vspuchivayush-*

chiesya lakokrasochnyie pokryitiya [Intumescent flame-retardant paint and varnish coatings]. Moscow: LKM-press Publ., 2018, 488 p.

2. Bardin, A. V., Sudar, O. Yu. Ognestoykost metallokonstruktsiy na primere metoda chislennogo modelirovaniya [Flame-retardant metal constructions exemplified by method of computational modeling]. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy*, 2015, vol. 8 (35), pp. 36-47.

3. Bondar A. G., Statyukha G. A., Potyazhenko I. A. *Planirovanie eksperimenta pri optimizatsii protsessov khimicheskoy tekhnologii (algoritmy i primeryi)* [Planning of experiment in conditions of chemical technology processes optimization (algorithms and examples)]. Kiev: Vyischa shkola Publ., 1980, 264 p.

4. Polymer composites with high energy density and charge-discharge efficiency at high temperature using aluminum oxide particles / Z. Fan, Y. Zhang, Y. Jiang [et al.]. Journal of Materials Research and Technology, 2022, vol. 18, pp. 4367–4374.

5. Nurkulov E. N., Beknazarov K. H. S., Jalilov A. T. Synthesis and study of the properties of the metal-containing oligomer antypirene obtained based on local raw materials. Scientific Bulletin of Namangan State University, 2020, vol. 2. issue 3, pp.100–103.

6. Lebedeva, V. V. Kolichestvennyie parametryi vspuchivaniya ognezashchitnogo pokryitiya na osnove khloroprenovogo kauchuka [Quantitative parameters of intumescence of chloroprene rubber-based flame-retardant coating]. *Nauchnyy vestnik NII «Respirator»*, 2023, vol. 1 (60), pp. 90–97.

7. Lebedeva V. V., Nepochatykh I. N. Optimizatsiya sostava ognezashchitnogo pokryitiya metodom simpleks-reshetchatogo planirovaniya [Optimization of flame-retardant coating composition by simplex-lattice planning method]. *Nauchnyy vestnik NII «Respirator»*, 2022, vol. 4 (59), pp. 60–65.

Мамаев Валерий Владимирович

Федеральное государственное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт «Респиратор» Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Донецкая Народная Республика, г. Донецк

доктор технических наук, старший научный сотрудник, заместитель начальника (по научной работе)

E-mail: respirator@mail.dnmchs.ru

Mamayev Valery Vladimirovich

Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator» of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

The Donetsk People's Republic, Donetsk

Doctor of Technical Science, senior scientific associate, deputy director (on science)

E-mail: respirator@mail.dnmchs.ru

Долженков Анатолий Филиппович

Федеральное государственное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт «Респиратор» Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Донецкая Народная Республика, г. Донецк

доктор технических наук, старший научный сотрудник, заместитель начальника (по научной работе)

E-mail: dolzhenkov_52@mail.ru

Dolzhenkov Anatoly Filippovich

Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator» of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

The Donetsk People's Republic, Donetsk

Doctor of Technical Science, senior scientific associate, deputy director (on science)

E-mail: dolzhenkov_52@mail.ru

Лебедева Виктория Валентиновна

Федеральное государственное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт «Респиратор» Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Донецкая Народная Республика, г. Донецк

аспирант, старший научный сотрудник

E-mail: vika.lebedeva.6363@mail.ru

Lebedeva Viktoria Valentinovna

Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator» of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

The Donetsk People's Republic, Donetsk

post-graduate student, senior scientific associate

E-mail: vika.lebedeva.6363@mail.ru

УДК 614.841., 621.311.61

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

О. И. ОРЛОВ, В. А. КОМЕЛЬКОВ, Д. В. СОРОКИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: orlov.iigps@gmail.com, komelkov@rambler.ru, element_37@mail.ru

Для определения направлений по разработке новых способов и средств тушения литий-ионных аккумуляторных батарей авторами обобщены сведения о конструктивных особенностях строения современных литий-ионных аккумуляторов. Исследованы возможные причины воспламенения и пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов. Проведен анализ общедоступных случаев пожаров по причине воспламенения литий-ионных аккумуляторных батарей на автотранспорте.

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор, литий-ионная аккумуляторная батарея, пожарная опасность.

FIRE HAZARD OF LITHIUM-ION CELL

O. I. ORLOV, V. A. KOMELKOV, D. V. SOROKIN

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: orlov.iigps@gmail.com, komelkov@rambler.ru, element_37@mail.ru

In order to determine the directions for the development of new methods and techniques for extinguishing lithium-ion batteries, the authors have generalized information about the structural features of the structure of modern lithium-ion cells. Possible causes of ignition and fire hazard of lithium-ion batteries were investigated. The analysis of public fires due to the ignition of lithium-ion batteries on vehicles was carried out.

Key words: secondary lithium-ion cell, lithium-ion battery, fire hazard.

В настоящее время Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России совместно с ООО «Техно» группы компаний «ЭПОТОС» проводит исследования по разработке новых способов тушения литий-ионных аккумуляторных батарей. Для определения приоритетных направлений в разработке необходимо исследовать наиболее распространенные виды и пожарную опасность отдельных литий-ионных аккумуляторов (далее – ЛИА) и батарей на их основе.

В настоящее время в научной периодике этой теме уделяется большое внимание, вследствие широкого распространения в промышленности, транспорте и товарах народного потребления литий-ионных аккумуляторов. Однако, вопросы по способам и средствам для их тушения до сих пор не имеют однозначного ответа.

Например, по мнению авторов работы [1] наиболее эффективное огнетушащее средство для литий-ионных аккумуляторных батарей (далее – ЛИАБ) должно обладать следующими свойствами:

- высокой теплоемкостью для охлаждения батарей и быстрого тушения пламени;
- низкой электропроводностью для предотвращения короткого замыкания батареи во время тушения пожара;
- низкой вязкостью для облегчения проникновения огнетушащего средства в компактный аккумуляторный блок, что может предотвратить повторное воспламенение и распространение;
- быть легкодоступным и экологически чистым;
- быстро уменьшать количество дыма.

В этой же работе отмечено, что углекислый газ CO_2 мало эффективен для снижения температуры ЛИАБ вследствие собственной низкой теплоемкости.

Огнетушащий порошок ABC подходит для тушения пожара ЛИА (одного элемента), но не подходит для батареи в целом.

Аэрозоль при тушении рассматриваемых пожаров может производить побочные продукты с высокой температурой из-за экзотермической реакции, протекающей при его генерации, что может увеличить риск повторного воспламенения ЛИАБ.

Огнетушащие средства на водной основе имеют лучшие характеристики при тушении пожара ЛИАБ [1,2], особенно вследствие эффективности снижения температуры батареи и низкой стоимости. Тем не менее, электропроводность является одной из проблем для огнетушащих средств на водной основе, используемых для тушения пожара ЛИАБ.

Для поиска решений по разработке наиболее эффективного средства и способа тушения ЛИАБ на первоначальном этапе настоящей работы авторами поставлены следующие задачи:

- провести анализ имеющихся сведений об особенностях конструкции современных ЛИА;
- исследовать наиболее вероятные причины возникновения пожара ЛИА;
- исследовать особенности возникновения пожаров на основе известных случаев, произошедших вследствие воспламенения ЛИАБ на транспорте.

Конструктивные особенности строения литий-ионных аккумуляторов, причины воспламенения

ЛИА состоят из электродов (катода и анода), которые разделены сепаратором, пропитанным электролитом. Электроды располагаются в герметичном корпусе, который может быть оснащен предохранительным клапаном, сбрасывающим внутреннее давление при аварийных режимах работы. ЛИА различаются по типу используемого материала положительного электрода.

Переносчиком заряда в ЛИА является положительно заряженный ион лития, который имеет способность внедряться (интеркалировать) в кристаллическую решётку других материалов с образованием химической связи.

Анод

Данный электрод литий-ионного элемента состоит из соединения с интеркалированным литием, покрывающим тонким слоем

металл (в основном медная фольга). Наиболее распространенным анодным материалом является какая-либо форма углерода, обычно графит, в порошковой форме, в сочетании со связующим материалом. Свойства углерода могут значительно варьироваться в зависимости от происхождения графита (естественный или синтетический), от чистоты и размера частиц, от распределения размера и формы частиц, кристаллической фазы углерода и т.д.

Также в мировой практике изготавливались и испытывались материалы анода, состоящие из кремния, германия и титаната ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), но в настоящее время они применяются редко.

Катод

В зависимости от химического состава и устройства катода литий-ионные аккумуляторы разделяются на типы LMO, LCO, NCA, NMC, LFP, LTO и др.

Наиболее распространенный материал данного электрода в литий-ионных элементах – это оксид лития-кобальта LiCoO_2 [3,4]

Однако используются различные другие материалы, такие как литий-железо-фосфат (LiFePO_4 , LFP), литий-марганцевая шпинель (LiMn_2O_4 , Li-Mn) или смешанные оксиды металлов, которые включают кобальт (Co), никель (Ni), алюминий (Al) и оксиды марганца, такие как никель-кобальт-алюминий (NCA-материал) ($\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$) и никель-марганец-кобальт (NMC-материал) ($\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$).

Наибольший интерес для авторов настоящей статьи представляют LFP-аккумуляторы и аккумуляторы типа NMC, которые применяются для изготовления силовых установок транспортных средств.

Электролит

ЛИА имеют существенный внутренний недостаток – легковоспламеняющийся электролит на органической основе. Аккумуляторы в составе батареи могут подвергаться тепловому разгону, что приводит к значительному тепловыделению, взрывной разгерметизации внешней металлической оболочки аккумулятора и возникновению флэма пламени, температура которого по некоторым оценкам может превышать 1000 °C [5].

Основные виды и пожароопасные свойства компонентов электролитов приведены в табл. 1 [6].

Таблица 1. Основные виды и пожароопасные свойства компонентов электролитов литий-ионных аккумуляторов

Компонент электролита	Молекулярная формула	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С	Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Теплота сгорания, кДж/мл
Пропиленкарбонат (PC)	C ₄ H ₆ O ₃	-49	242	135	455	-20,1
Этиленкарбонат (EC)	C ₃ H ₄ O ₃	36	248	145	465	-17,2
Диметилкарбонат (DMC)	C ₃ H ₆ O ₃	2	91	18	458	-15,9
Диэтилкарбонат (DEC)	C ₅ H ₁₀ O ₃	-43	126	25	445	-20,9
Этил метил карбонат (EMC)	C ₄ H ₈ O ₃	-14	107	25	440	-

Причины воспламенения и пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов

Основные причины и схема развития пожароопасной ситуации очень подробно изложены в работе [7]. Обобщение причин возгорания ЛИА представлено на рисунке 1.

Дефекты производства и внешние механические повреждения, а также образование дендритов (ионы лития, осаждаемые на аноде и образующие древовидные структуры) и перезаряд могут привести к внутреннему корот-

кому замыканию. Это, наряду с внешним коротким замыканием, может привести к саморазогреву аккумулятора с последующим возгоранием.

В результате перезаряда или внешнего нагрева также может происходить тепловой разгон аккумулятора. Эти факторы как в совокупности, так и в отдельности могут привести к разгерметизации аккумулятора, его воспламенению или взрыву.



Рис. 1. Схема возможных причин возгорания ЛИА

Процесс теплового разгона ЛИА в общем случае включает следующие последовательные стадии [7]:

- нагрев электролита с увеличением зарядного тока (60-80 °С);
- разрушение анода (90 °С);
- образование горючих газов в корпусе (110 °С);
- короткое замыкание между электродами (135 °С);
- рост давления, вскрытие корпуса, воспламенение (200 °С).

Ряд исследований [8, 9], основанных на измерениях тепловой стабильности катодных материалов с электролитом в условиях полного напряжения заряда показал, что катодные материалы начинают вступать в экзотермическую реакцию с электролитом при температурах от 130 до 250 °С. Однако, анод начинает реагировать экзотермически при более низких температурах, кроме этого существует большая вероятность возникновения короткого замыкания в элементе из-за его строения и внутренних производственных дефектов.

Легковоспламеняющиеся компоненты литий-ионных аккумуляторов

Наиболее легковоспламеняющимся компонентом литий-ионного элемента является электролит на основе углеводородов. При этом даже полностью разряженные литий-ионные элементы содержат ощутимую химическую энергию, которая может высвободиться в результате сгорания электролита [6]. Разгерметизация литий-ионных элементов высвобождает легковоспламеняющиеся пары и приводит к высвобождению легковоспламеняющегося электролита, что увеличивает общее тепловыделение пожара.

Другие горючие компоненты литий-ионного элемента включают полимерный се-

паратор, а также различные связующие вещества, используемые в электродах, и графит анода. Некоторые из этих компонентов разлагаются, если элемент подвергается термическому разгону и из него выделяются легковоспламеняющиеся газы.

Важно для разработки средств пожаротушения понимать, что современные ЛИА не содержат металлического лития в каком-либо значительном количестве. В литий-ионных элементах ионы Li^+ функционируют только как носители электрического заряда.

Состав газовой смеси при разгерметизации аккумуляторов

В работе [10] описан состав выбросов газа из литий-ионного элемента, подлежащего нагреву со скоростью 1 °С/мин до температуры 200 °С. Испытанные элементы имели на катоде $NiCo_2O_4$ (NCO), смешанный графитовый анод и электролит смешанного этиленкарбоната EC с диэтилкарбонатом DEC. Авторы обнаружили, что в число выбросов газа входят водород, окись углерода, диоксид углерода, метан, этилен, этан, пропилен и C_4 , C_5 углеводороды. Значительная часть выбросов газа приходится на углекислый газ.

В работе [11] опубликовано более обширное исследование выбросов газов из литий-ионных элементов. Авторы отбирали пробы газов, образовавшихся в экспериментальных образцах: газов, образовавшихся в аккумуляторах до их разгерметизации, и газов, высвободившихся из этих элементов во время выброса. Кроме этого во время экспериментов зафиксировано образование этилфторида (C_2H_5F) при определенных условиях. В этой же работе опубликованы объемы выбросов газа и относительная доля компонентов выбросов (табл. 2–3).

Таблица 2. Состав газов механически поврежденных литий-ионных аккумуляторов

Тип литий-ионного аккумулятора	Новые литий-ионные аккумуляторы со степенью заряда 100%	Старые литий-ионные аккумуляторы со степенью заряда 100%
Максимальная температура образца	25 °С	45 °С
Вид газа	Объемный процент	
H ₂	8,2 %	0,3 %
Ar	44,0 %	27,8 %
N ₂	6,2 %	9,6 %

Тип литий-ионного аккумулятора	Новые литий-ионные аккумуляторы со степенью заряда 100%	Старые литий-ионные аккумуляторы со степенью заряда 100%*
O ₂	0,1 %	1,7 %
CO	4,2 %	11,3 %
CO ₂	12,6 %	26,3 %
CH ₄	13,5 %	11,5 %
C ₂ H ₄	3,1 %	Не обнаружен
C ₂ H ₆	Не обнаружен	Не обнаружен
Этил фторид C ₂ H ₅ F	Не обнаружен	Не обнаружен
Пропилен C ₃ H ₆	Не обнаружен	Не обнаружен
Пропан C ₃ H ₈	Не обнаружен	0,06
Электролитный растворитель (смесь этиленкарбоната ЕС/ этилметилкарбоната EMC)	11,2 %	11,5 %

*Литий-ионные элементы были состарены путем их выдержки при 45 °С и 80 % степенью заряда в течение 8 недель.

Таблица 3. Нормализованный состав газа (без азота, кислорода и аргона)

Тип литий-ионного элемента	Заряд 100 % новый выброс при 130 °С	Заряд 100 % новый выброс при 130 °С	Заряд 100 % старый предв. прокол	Заряд 100 % старый заряд 60 % выброс при 130 °С	Заряд 100 % старый заряд 60 % выброс при 130 °С
Максимальная температура образца	130 °С	160 °С	160 °С	160 °С	160 °С
Вид газа	Объемный процент, %				
H ₂	5,1	5,9	6,5	5,0	7,3
CO	15,1	6,4	8,4	6,5	9,1
CO ₂	61,4	75,8	68,0	66,0	58,4
CH ₄	7,4	1,9	1,2	2,0	2,4
C ₂ H ₄	8,7	8,8	15,5	19,0	15,7
C ₂ H ₆	1,9	1,1	0,3	1,5	1,4
Этил фторид C ₂ H ₅ F	-	-	-	-	5,6

Тип литий-ионного элемента	Заряд 100 % новый выброс при 130 °С	Заряд 100 % новый выброс при 130 °С	Заряд 100 % старый предв. прокол	Заряд 100 % старый заряд 60 % выброс при 130 °С	Заряд 100 % старый заряд 60 % выброс при 130 °С
Пропилен C ₃ H ₆	0,3	0,1	0,00	0,00	0,00
Пропан C ₃ H ₈	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Сведения о пожарах, произошедших в 2019–2023 гг. вследствие воспламенения ЛИАБ

Целью настоящего исследования являлось установление случаев пожаров на транспорте по причине воспламенения ЛИАБ и определение характерных особенностей таких

пожаров. Вследствие отсутствия официальной статистики по указанным пожарам сведения взяты из открытых источников в сети Интернет и периодической научной печати.

В табл. 4 перечислены несколько случаев взрывов и возгорания ЛИАБ за последние годы.

Таблица 4. Случаи взрывов и возгораний литий-ионных аккумуляторных батарей на транспорте

Вид транспорта	Дата	Страна	Краткое описание	Ссылка
Электромобиль	08.2019	Россия	После столкновения с машиной «ГАЗель» электрокар Tesla взорвался.	https://lenta.ru/news/2021/08/05/models/
	08.2021	США	Автомобиль Tesla загорелся во время ночной зарядки аккумулятора. После возгорания автомобиля Model S огонь перекинулся на вторую такую же машину, а затем загорелся весь дом. В отчете пожарных говорится, что причиной возгорания могла стать неисправность системы терморегулирования или электрооборудования. Отмечается, что автомобиль был выпущен в 2013 году.	
	06.2021	США	Автомобиль Tesla Model S Plaid загорелся во время движения. Водитель попытался покинуть салон, однако электронная система управления заблокировала двери. Мужчине пришлось выбить дверь, чтобы спастись.	

Вид транспорта	Дата	Страна	Краткое описание	Ссылка
Электромобиль	06.2019	Бельгия	Электромобиль Tesla Model S полностью сгорел в процессе зарядки. Владелец авто рассказал, что он приехал к станции Supercharger и, включив зарядку, отошёл на несколько минут. Вернувшись на место, он обнаружил, что его электромобиль полыхает вместе с зарядной станцией. Пожарные потушили очаги открытого пламени, а затем переместили весь автомобиль в огромную ёмкость с водой, где он и находился всю ночь.	https://3dnews.ru/988523/elektrokar-tesla-model-s-zagorelsya-vo-vremya-zaryadki
Электромобиль	01.2021	Китай	Владелец привез Chery Arrizo E на зарядку, но в какой-то момент машина задымилась. Внутри автомобиля был человек. Когда он вышел, электромобиль загорелся.	https://www.autonews.ru/news/60166ceb9a79475cd054de4b
Электромобиль	07.2021	Китай	В Китае провели независимый краш-тест электромобилей Arcfox αS и BYD Han с фронтальным смещением на скорости 64 км/ч. Автомобиль Han через двое суток после испытаний загорелся. BYD Han оснащается аккумуляторной батареей Blade на основе аккумуляторов LFP. Повреждённый электромобиль внезапно загорелся, аккумулятор начал надуваться и белый дым заполнил помещение полигона.	https://rg.ru/2021/07/30/kitajskij-elektrokar-zagorelsia-spustia-dvoe-sutok-posle-krash-testa.html
Электромобиль	08.2021	Нидерланды	Владелица отключила свой Volkswagen ID.3 от зарядной станции, когда заметила, что электромобиль начал дымиться. Вскоре он был полностью охвачен огнём. Спасатели оперативно прибыли на место, но спасти хэтчбек не удалось. Восстановлению он не подлежит.	https://devby.io/news/v-niderlandah-na-zaryadke-zagorelsya-elektrokar-volkswagen-sgorel-dotla
Электромобиль	11.2021	США	Стоявший на зарядке электромобиль Tesla Model 3 начал возгораться с задней части, был слышен взрыв предположительно из аккумуляторного блока.	https://gt-news.ru/news/video-vo-vremya-zaryadki-sgorela-ocherednaya-tesla/

Вид транспорта	Дата	Страна	Краткое описание	Ссылка
Электромобиль	08.2022	США	Во Флориде сгорел электрокроссовер Jaguar I-Pace. По заявлению его владельца, автомобиль загорелся, когда стоял в гараже без движения и при этом не был подключён к зарядной станции. Jaguar I-Pace комплектуется теми же батареями компании LG, что и электромобили Chevrolet Bolt – некоторое время назад было зафиксировано несколько случаев их самовозгорания.	https://auto.ru/mag/article/elektrokar-jaguar-ipace-sgorelvo-vremyastoyanki/?utm_referrer=www.google.com
Электромобиль	02.2023	Китай	Во время зарядки самопроизвольно загорелся электрокар Neta S. По словам очевидцев от появления дыма до сильного возгорания прошло всего около минуты. Еще ранее подобное произошло со стоявшим на парковке автомобилем Neta U.	https://daily-motor.ru/autonews/113321
Электромобиль	02.2023	Россия	В Кемерове на зарядной станции вспыхнул электрокар. В МЧС сигнал поступил в 17:24. На момент прибытия из электромобиля Nissan Leaf 2011 года выпуска шел дым. В результате обгорел аккумулятор. Ликвидировали огонь в 17:29. Предварительная причина – неисправность электрооборудования транспортного средства.	https://mezhdurechensk.chastnik-m.ru/news/news/?id=60708
Электромобиль	03.2023	Россия	Легковой электромобиль «Zotye E200», находившийся возле дома своего владельца, внезапно загорелся. О прибытии на место происшествия спасатели начали тушить возгорание, когда неожиданно произошел взрыв, который уничтожил машину полностью	https://newgrodnoby/incidents/elektromobil-v-zhodino-privel-k-vzryvu/
Электромобиль	04.2023	Россия	Электрический кроссовер Neta V загорелся во время движения.	https://daily-motor.ru/autonews/113321
Электромобиль	05.2023	Россия	В Красноармейском районе Волгограда в гараже частного дома загорелся электромобиль LiXang 2020 года выпуска. В момент воспламенения машина заряжалась от сети.	https://v102.ru/news/119109.html
Электромобиль	06.2023	Россия	В Иркутске около 13:00 загорелся электрокар Nissan. На место выехали две единицы пожарно-спасательной техники	https://www.irk.ru/news/20230622/car/

Вид транспорта	Дата	Страна	Краткое описание	Ссылка
Электробус	05.2021	Китай	Электробус стоял на зарядке рядом с другими электрическими автобусами. Произошло возгорание. Ветер распространил огонь на соседние электробусы.	http://autodr.ru/news/avtoproishestviya/12735-elektricheskiy-avtobus-zagorelsya-i-podzheg-sosednie-video.html
Электробус	06.2021	Россия	В Невском районе Петербурга произошел пожар в электробусе. На крыше общественного транспорта загорелась аккумуляторная батарея. За полчаса спасатели потушили пожар. На место выезжали 4 пожарные машины и 18 спасателей.	https://spbdnevnik.ru/news/2021-06-18/v-nevskom-rayone-peterburga-zagorelsya-elektrobus
Электробус	09.2021	Германия	В конце сентября в Штутгарте в одном из автобусных парков произошел крупный пожар, в результате которого было уничтожено здание депо и 25 единиц техники. Причиной же произошедшего стал электробус Mercedes eCitaro. Он воспламенился во время подзарядки через мачту пантографа – и огонь очень быстро перешел на другую технику и здания.	https://autoreview.ru/articles/gruzoviki-i-avtobusy/goroda-germanii-priostanavlivayut-ekspluatatsiyu-elektrobusov-iz-za-pozharov
Электробус	10.2021	Россия	На Дмитровском шоссе загорелся электробус КамАЗ-6282. В последнее время зафиксировано сразу несколько аналогичных случаев. Первый случай был зафиксирован 20 сентября – тогда причиной стало короткое замыкание. В итоге автобус получил серьезные повреждения и был списан. В конце сентября у ещё одного КамАЗа-6282 загорелся фильтр компрессора.	https://www.ixbt.com/news/2021/10/19/v-moskve-zagorelsja-jelektrobus-jeto-uzhetretij-sluchaj-zamesjac-.html

Вид транспорта	Дата	Страна	Краткое описание	Ссылка
Электробус	01.2022	Россия	Электробус загорелся около 21:30 в Москве на Бибиревской улице. В момент происшествия машина марки «КамАЗ» находилась на стоянке без пассажиров, в связи с чем в результате инцидента никто не пострадал. Это четвертое самовозгорание электробуса в Москве начиная с 2018 года. Первый КамАЗ загорелся 20 сентября из-за короткого замыкания, второй – неделей позже: тогда вспыхнул фильтр компрессора. Третий случай засняли на видео в октябре, когда электробус следовал в парк без пассажиров.	https://www.m24.ru/news/proisshestviya/26012022/201987?utm_source=CopyBuf https://motor.ru/news/kamaz-fire-27-01-2022.htm https://www.ixbt.com/news/2021/10/19/v-moskve-zagorelsja-jelektrob-us-jeto-uzhetretij-sluchaj-zamesjac.html
Электробус	07.2022	–	Горение электробуса зафиксировано на видео. Происходит интенсивный выброс горючих газов и их горение. Фонтанирующее горение газов с высотой 5–6 м.	https://dzen.ru/video/watch/625fe4ea54327932840c9ecf https://dzen.ru/video/watch/61f27269c18e4742a340b005?sid=0 https://dzen.ru/video/watch/62ed5808d805a779e398d5a3?sid=0
Электробус	09.2022	Франция	В Париже при стоянке электробуса произошел хлопок. Воспламенение с появлением белого дыма и искр. В течение 14 секунд огнем охвачена вся крыша электробуса. Интенсивное горение газов с выбросом искр белого цвета с разбросом в радиусе около 10 м. В процессе пожара происходило несколько хлопков.	https://dzen.ru/video/watch/6328beca10a004260b7cf248?sid=0

Отдельные случаи взрывов и возгорания литий-ионных аккумуляторных батарей в мире также указаны в работах [7, 12].

В результате анализа общедоступных случаев пожаров по причине воспламенения ЛИАБ можно сделать следующие выводы:

- причиной возгорания ЛИАБ на транспорте может являться тепловой разгон ЛИАБ в результате механического повреждения, перегрева или перезаряда;
- значительное количество пожаров происходит в процессе заряда ЛИАБ;
- при воспламенении ЛИАБ может происходить выброс форса пламени, искр, капель расплавленного металла на расстояние,

значительно превышающее размеры самой ЛИАБ;

- воспламенение ЛИАБ может произойти повторно через несколько суток после окончания тушения;
- при перегреве ЛИАБ выделяется газ, который повышает давление внутри ее, также выделяются летучие легковоспламеняющиеся органические вещества, которые могут вызвать взрыв или разгерметизацию аккумуляторного элемента с последующим горением.

Выводы

В ходе выполнения настоящей работы определено, что пожарную опасность ЛИА определяют электролит, горючий сепаратор и горючие газы, образующиеся в результате химических реакций, протекающих внутри литий-ионного элемента и выбрасываемые наружу при его разгерметизации.

Основными причинами воспламенения ЛИАБ является саморазогрев в результате короткого замыкания либо разгерметизация с последующим воспламенением.

При разгерметизации ЛИА происходит выброс газовой смеси, в состав которой могут входить водород, окись углерода, диоксид углерода, метан, этилен, этан, пропилен и C₄, C₅ углеводороды. Значительная часть выбросов приходится на углекислый газ.

Особо опасным режимом для ЛИАБ является возможность теплового разгона, происходящего в результате перезаряда, внешнего нагрева, внутреннего замыкания.

Наиболее опасным периодом эксплуатации ЛИАБ, в том числе в составе транспортных средств, является время заряда. Именно в

этот период, по данным о произошедших пожарах, происходит наибольшее количество возгораний.

Перспективными для разработки силовых установок транспортных средств являются аккумуляторы типа LFP и NMC.

Горение силовых установок транспортных средств может сопровождаться интенсивным выбросом горючих газов и их фонтанирующим горением с форсом пламени достигающим 5–6 м.

Тушение ЛИАБ стандартными способами осложняется невозможностью попадания огнетушащих веществ внутрь корпуса, а также возможностью повторного самовоспламенения.

Огнетушащее вещество для тушения ЛИАБ целесообразно разрабатывать на водной основе. При этом оно должно обладать высокой теплоемкостью для охлаждения батарей и быстрого тушения пламени, низкой электропроводностью для предотвращения короткого замыкания батареи во время ее тушения.

Список литературы

1. Обзор огнетушащих средств при тушении литий-ионных батарей / А. А. Мельник, Ю. Н. Елисеев, А. В. Мокряк [и др.] // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2021. № 2 (21). С. 33–35.

2. Maloney T. Extinguishment of Lithium-Ion and Lithium-Metal Battery Fires. Federal Aviation Administration, January 2014.

3. Pillot C. Present and Future Market Situation For Batteries. Proceedings, Batteries 2009, September 30 – October 2, 2009, French Riviera.

4. Pillot C. Main Trends for Rechargeable Battery Market 2009–2020. Proceedings, Batteries 2010, September 29 – October 1, 2010, French Riviera.

5. Мокряк А. В., Мокряк А. Ю., Мельник А. А. Анализ остатков литий-ионных аккумуляторов после теплового разгона методом сканирующей электронной микроскопии // Международный научно-исследовательский журнал, 2023, № 4 (130), / DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.130.63>.

6. Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment. / Celina Mikolajczak, Michael Kahn, Kevin White [et al.]. Exponent Failure Analysis Associates, Inc, July 2011. p. 15.

7. Харламенков А. С. Пожарная опасность применения литий-ионных аккумуляторов в России // Пожаровзрывобезопасность/

Fire and Explosion Safety. 2022. Т. 31. № 3. С. 96–102.

8. Jiang J., Dahn J. Electrochem. Comm. 6, 2003, 1, pp. 39–43,

9. M. Takahashi, S. Tobishima, K. Takei [et al.]. Solid State Ionics, 2002, vol. 3-4, pp. 283–298,

10. Crafts C., Borek T., Mowry C. Safety Testing of 18650-Style Lithium-ion Cells. Sandia National Laboratories, SAND2000-1454C, May 2000.

11. Advanced Technology Development Program for Lithium-Ion Batteries: Thermal Abuse Performance of 18650 Li-Ion Cells / E. P. Roth, C. C. Crafts, D. H. Doughty [et al.]. Sandia Report: SAND2004-0584, March 2004.

12. Елисеев Ю. Н., Мокряк А. В. Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей // Вестник Санкт-Петербургского Университета ГПС МЧС России. 2020. № 3. С. 14–17. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44108898>.

References

1. Obzor oagnetushashchih sredstv pri tushenii litij ionnyh batarej [Review of fire extinguishing agents for extinguishing lithium-ion batteries] / A. A. Melnik, Yu. N. Eliseev, A. V. Mokryak [et al.]. *Sibirskij pozharно spasatelnyj vestnik*, vol. 2 (21)-2021, pp. 33–35.

2. Maloney T. Extinguishment of Lithium-Ion and Lithium-Metal Battery Fires. Federal Aviation Administration, January 2014.
3. Pillot C. Present and Future Market Situation For Batteries. Proceedings, Batteries 2009, September 30 – October 2, 2009, French Riviera.
4. Pillot C. Main Trends for Rechargeable Battery Market 2009–2020. Proceedings, Batteries 2010, September 29 – October 1, 2010, French Riviera.
5. Mokryak A. V., Mokryak A. Yu., Melnik A. A. Analiz ostatkov litij ionnyh akkumulyatorov posle teplovogo razgona metodom skaniruyushchej ehlektronnoj mikroskopii [Analysis of lithium-ion battery residues after thermal runaway using scanning electron microscopy] *Mezhdunarodnyj nauchno issledovatel'skij zhurnal*, 2023, vol. 4 (130), / DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.130.63>.
6. Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment. / Celina Mikolajczak, Michael Kahn, Kevin White [et al.]. Exponent Failure Analysis Associates, Inc, July 2011. p. 15.
7. Harlamenkov A.C. Pozharnaya opasnost primeneniya litij-ionnyh akkumulyatorov v Rossii // *Pozharovzryvobezopasnost /Fire and Explosion Safety*. 2022. T. 31. № 3. P. 96–102.
8. Jiang J., Dahn J. *Electrochem. Comm.* 6, 2003, 1, pp. 39–43,
9. M. Takahashi, S. Tobishima, K. Takei [et al.]. *Solid State Ionics*, 2002, vol. 3-4, pp. 283–298,
10. Crafts C., Borek T., Mowry C. Safety Testing of 18650-Style Lithium-ion Cells. Sandia National Laboratories, SAND2000-1454C, May 2000.
11. Advanced Technology Development Program for Lithium-Ion Batteries: Thermal Abuse Performance of 18650 Li-Ion Cells / E. P. Roth, C. C. Crafts, D. H. Doughty [et al.]. Sandia Report: SAND2004-0584, March 2004.
12. Eliseev Yu. N., Mokryak A. V. Analiz pozharnoj opasnosti litij-ionnyh akkumulyatornyh batarej [Fire Hazard Analysis of Li-Ion Batteries]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2020, issue 3, pp. 14–17. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44108898>.

Орлов Олег Иванович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: orlov.iigps@gmail.com

Orlov Oleg Ivanovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy

of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies

and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences

E-mail: orlov.iigps@gmail.com

Комельков Вячеслав Алексеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: komelkov@rambler.ru

Komelkov Vyacheslav Alekseevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy

of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies

and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: komelkov@rambler.ru

Сорокин Дмитрий Вячеславович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: orlov.iigps@gmail.com

Sorokin Dmitrij Vyacheslavovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences

E-mail: element_37@mail.ru

УДК 614.839+67.05

СБОР СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ПОЖАРАХ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А. Х. САЛИХОВА, Е. А. ШВАРЕВ, Д. Б. САМОЙЛОВ, А. А. ЛАЗАРЕВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: salina_77@mail.ru

Проведен сбор и анализ статистических данных о пожарах и их последствиях на производственных объектах. Обоснована важность получения достоверных и полных сведений о пожарах на промышленных предприятиях. Элементы научной новизны проводимого исследования в практике существующей системы учета пожаров на территории Российской Федерации заключаются в разработке основы системы информационного обеспечения контрольных (надзорных) мероприятий в области пожарной безопасности и предупреждения пожаров на промышленных объектах. Обозначена практическая значимость исследования, заключающаяся в разработке основ применения статистического анализа в целях обеспечения пожарной безопасности. Уточнение и конкретизация данных о местах и причинах возникновения пожаров будет способствовать выработке мероприятий эшелонированной противопожарной защиты на наиболее опасных участках, корректировке профилактической работы различных субъектов профилактики.

Современные информационные системы и математический аппарат позволяют должным образом проводить анализ состояния пожарной опасности производственных объектов, анализ динамики изменения показателей пожарной опасности этих объектов и причин пожаров, полученных из статистики пожаров и аварийных ситуаций на промышленных предприятиях. Указанное обстоятельство обуславливает перспективы повышения эффективности деятельности сотрудников МЧС России по предупреждению пожаров и работников структурных подразделений предприятий, занимающихся пожарной профилактикой.

Ключевые слова: производственный объект, авария, технологическое оборудование, пожар, взрыв, причина пожара, место возникновения аварии, износ оборудования, расчет пожарного риска, статистика, корреляционный анализ.

COLLECTION OF STATISTICAL DATA ON FIRES AT PRODUCTION FACILITIES IN THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION

A. H. SALIKHOVA, E. A. SHVAREV, D. B. SAMOILOV, A. A. LAZAREV

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: salina_77@mail.ru

The collection and analysis of statistical data on fires and their consequences at production facilities was carried out. The importance of obtaining reliable and complete information about fires in industrial enterprises is substantiated. Elements of scientific novelty of the research being carried out in the practice of the existing fire accounting system on the territory of the Russian Federation lie in the development of the basis for an information support system for control (supervisory) activities in the field of fire safety and fire prevention at industrial facilities. The practical significance of the study lies in the development of the fundamentals of using statistical analysis to ensure fire safety. Clarification and specification of data on the locations and causes of fires will contribute to the development of layered fire protection measures in the most dangerous areas and adjustment of the preventive work of various prevention subjects.

Modern information systems and mathematical apparatus make it possible to properly analyze the state of fire hazard of industrial facilities, analyze the dynamics of changes in fire hazard indicators of these facilities and the causes of fires based on statistics of fires and emergencies at industrial enterprises. This

circumstance determines the prospects for improving the efficiency of the EMERCOM of Russia employees in fire prevention and employees of structural divisions of enterprises for fire prevention.

Key words: production facility, accident, technological equipment, fire, explosion, cause of fire, location of the accident, equipment wear, fire risk calculation, statistics, correlation analysis.

Объектом исследования являются пожары на производственных объектах. Анализ проводился на основе статистических данных за период с 2016 по 2022 годы. Для проведения анализа были систематизированы данные по пожарам в зданиях производственного назначения и складах в Российской Федерации, а также подобраны факторы для корреляционного анализа.

В статистических сборниках «Пожары и пожарная безопасность» приведено распределение пожаров по субъектам Российской Федерации по объектам пожаров. Однако, в сборнике¹ в 2022 г. отсутствуют сведения и о распределении пожаров по отраслям промыш-

ленности, и по местам их возникновения на объектах различного функционального назначения.

В табл. 1 сведены данные о пожарах в производственных зданиях и складах, на основе этих значений проведен расчет доли пожаров на этих объектах и последствий – материального ущерба и количества погибших, по соотношению с общими показателями по Российской Федерации. На рис. 1 показана диаграмма доли пожаров на производственных объектах и последствий от них в общем количестве пожаров по Российской Федерации, где явно продемонстрирована динамика этих показателей за 7 последних лет.

Таблица 1. Доля пожаров в зданиях производственного назначения и складах и последствий от них, %

Наименование показателя	Года						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество пожаров по РФ, ед.	139475	132844	131840	471426	439306	390764	352509
Количество пожаров на производственных объектах (здания производственного назначения, складские здания, сооружения)	4029	4206	4209	5125	4933	5051	2716
Доля пожаров на производственных объектах, %	2,9	3,2	3,2	1,1	1,1	1,3	0,77
Прямой материальный ущерб от пожаров по РФ, тыс. р.	13418423	13767378	15517156	18170365	20876301	16248694	18701109
Прямой материальный ущерб от пожаров на производственных объектах, тыс. р.	2991161	1722777	2160780	7144699	10591044	4632440	541950
Доля материального ущерба от пожаров на производственных объектах, %	22,3	12,5	13,9	39,3	50,7	28,5	2,89

¹ Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.-аналитич. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.

Наименование показателя	Года						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество погибших при пожарах людей по РФ, чел.	8749	7816	7909	8559	8310	8471	7746
Количество погибших при пожарах людей на производственных объектах, чел.	151	84	91	95	99	127	42
Доля погибших при пожарах на производственных объектах, %	1,7	1,1	1,2	1,1	1,2	1,5	0,54

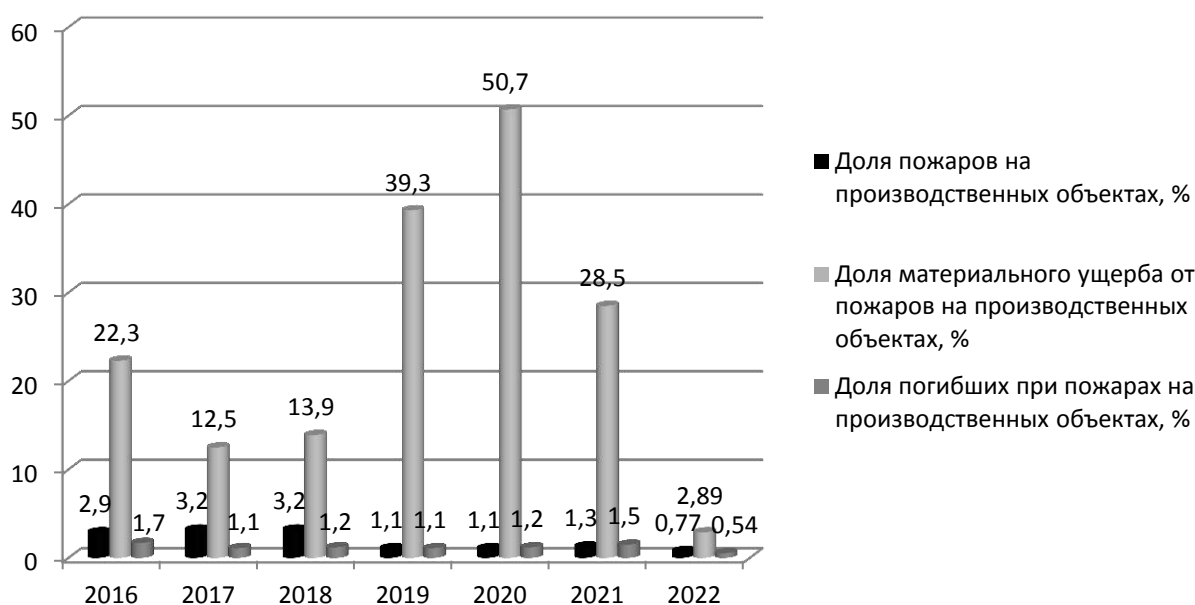


Рис. 1. Доли пожаров на производственных объектах и последствий от них в общем количестве пожаров по Российской Федерации за период с 2016 по 2021 годы.

Анализ табл. 1 показывает, что средняя доля пожаров на производственных объектах составляет 1,94 %. Несмотря на то, что доля пожаров и взрывов, приходящихся на объекты промышленного комплекса достаточно мала, средняя доля материального ущерба составляет 24,3 %. Это свидетельствует о значительном влиянии экономических потерь от пожаров на состояние экономики страны. Этот вывод в дальнейшем будет подтвержден корреляционным анализом.

В период с 2016 по 2021 годы отсутствует какая-либо явная тенденция в изменениях (росте или снижении) доли материального ущерба от пожаров и доли погибших при пожарах на производственных объектах. По абсолютным показателям количества пожаров и их последствий наблюдается рост, что отражено на диаграммах рис. 2–4. Во многом это

обусловлено тем, что в настоящее время происходит реформирование системы надзорной деятельности и изменениями в системе учета пожаров.

Следующим этапом анализа является выявление коррелирующих параметров. Корреляционный анализ – это количественный метод определения тесноты и направления взаимосвязи между выборочными переменными величинами [1]. Экономическое благосостояние государства определяется степенью защищенности. Нами ставится цель определения влияния обстановки с пожарами на объектах промышленного комплекса на основные социально-экономические характеристики государства. Как было ранее выявлено, материальный ущерб от пожаров на промышленных предприятиях составляет в среднем 28 %, что значительно влияет на экономическое положение.

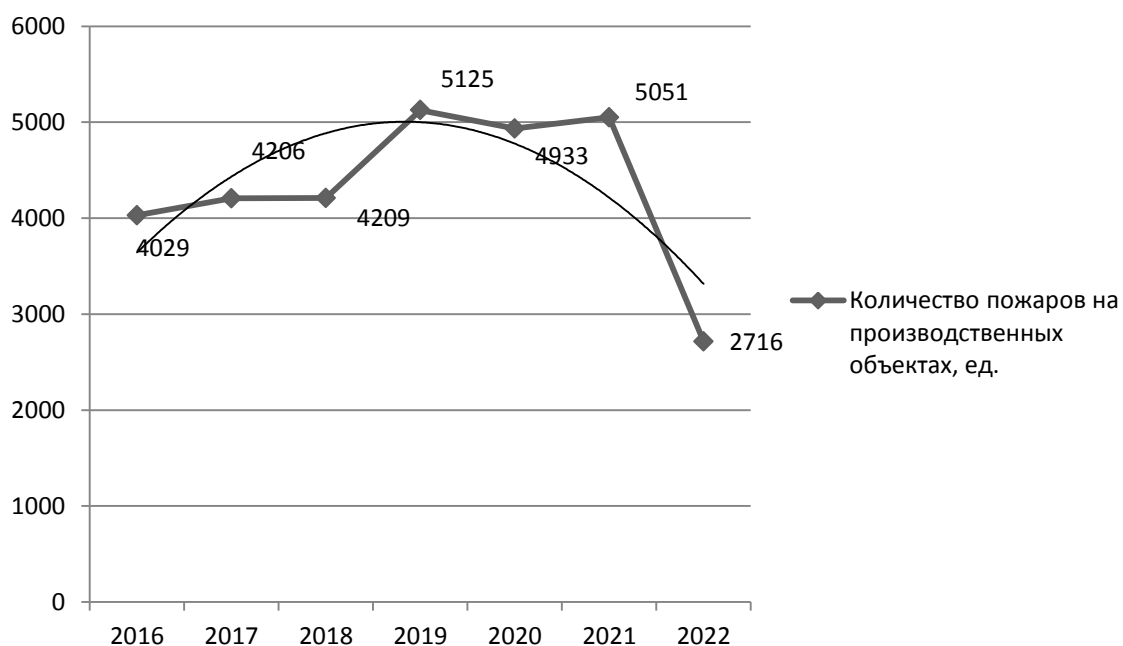


Рис. 2. Количество пожаров на производственных объектах за 2016–2022 гг.

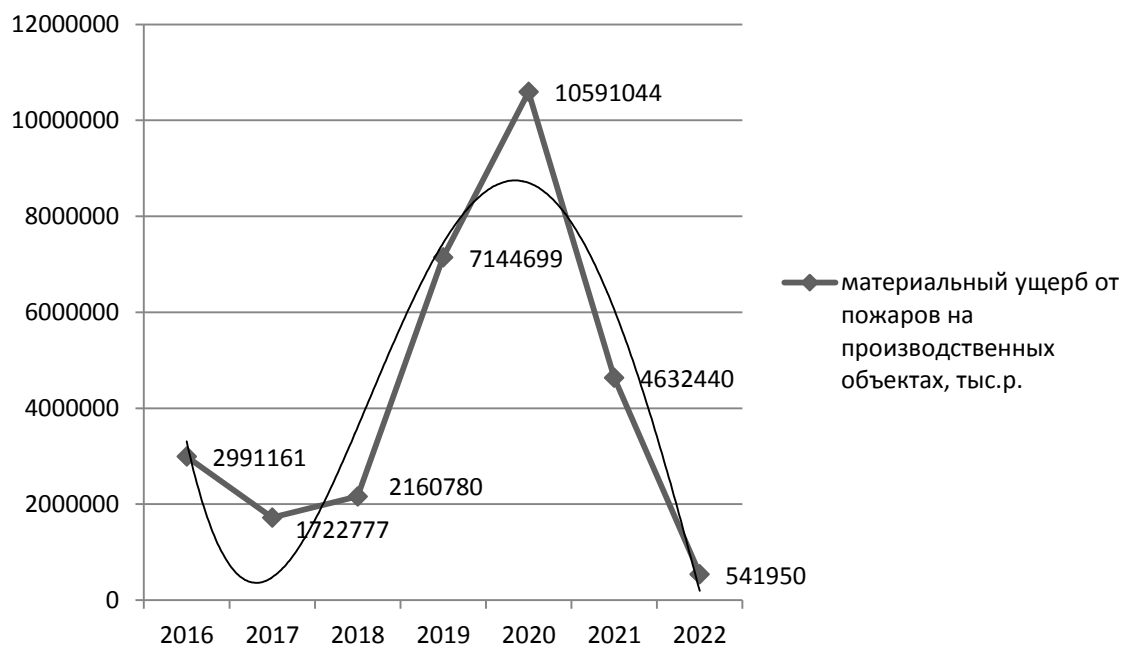


Рис. 3. Материальный ущерб от пожаров на производственных объектах за 2016–2022 гг.

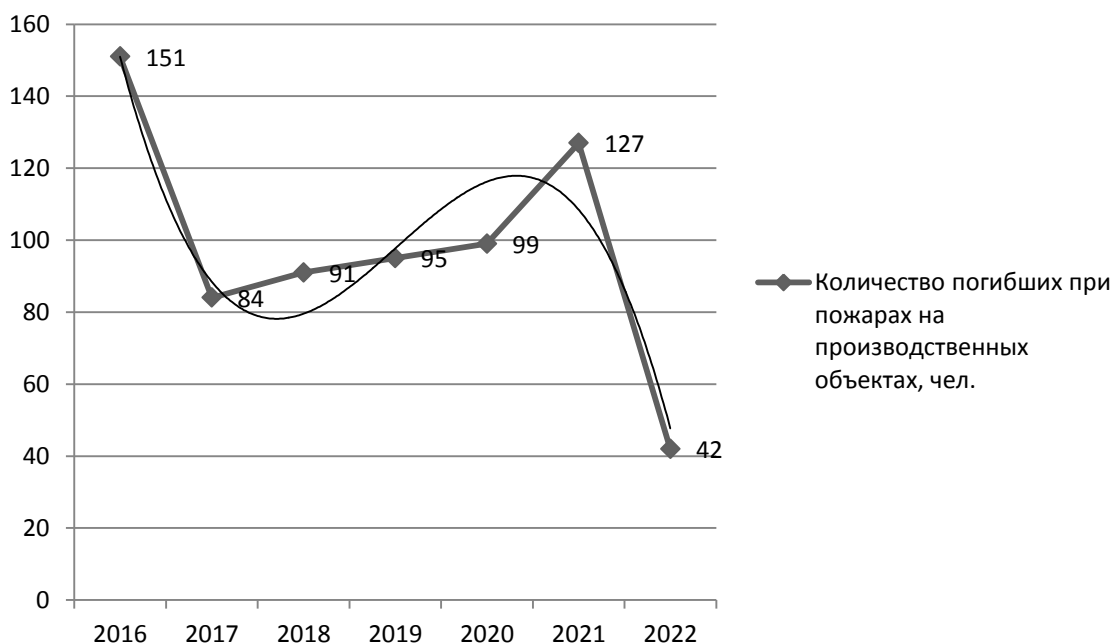


Рис. 4 Количество погибших при пожарах на производственных объектах за 2016–2022 гг.

Выбор параметров для корреляционного анализа проводился экспертным методом. Динамика параметров для корреляционного анализа представлена в табл. 2. Исходные

данные получены из официальных данных Федеральной службы государственной статистики² [2].

Таблица 2. Исходные данные для корреляционного анализа

Наименование показателя	Года					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Количество пожаров в зданиях производственного назначения и складах, ед.	4029	4206	4209	5125	4933	5051
Валовый внутренний продукт на душу населения, руб.	587345	626775	707357	744331	730354	898197,8
Степень износа основных фондов на конец года, %	50,6	48,9	47,5	48,3	48,3	40,5
Сальдированный финансовый результат (прибыль минус убыток) деятельности организаций, млн. руб.	66441303	6077885	8114885	8896360	7300733	33915821
Производство электроэнергии в Российской Федерации (млн. кВт. час)	1090	1091	1115	1121	1065	1159,4
Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по отдельным видам экономической деятельности Российской Федерации) (млрд. руб.)	51683	57204	69622	72907	66354	152898

² Российский статистический ежегодник. 2022: Стат.сб. Росстат. Р76 М., 2022. 691 с.

Наименование показателя	Года					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Валовой внутренний продукт (в текущих рыночных ценах), млрд. руб.	86149	92037	103862	109242	106967	131015
Инвестиции в основной капитал, млрд. руб.	14749	15967	17782	19329	20118	22945384
Основные фонды промышленных объектов, млрд.руб.	102937	112280	122722	133975	142525	82791676

С помощью блока анализа данных в программе Microsoft Office Excel 2010 была построена корреляционная матрица (табл. 3). Для расчета коэффициента корреляции можно использовать функцию «КОРРЕЛ()» в программе Microsoft Office Excel 2010. Для этого в таблице исходных данных выбирается два

массива данных, между которыми рассчитывается коэффициент корреляции. В данном варианте матрицы мы оцениваем влияние количества пожаров на производственных объектах на основные социально-экономические показатели.

Таблица 3 Корреляционная матрица анализа

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1								
2	0,797124	1							
3	-0,55227	-0,92671	1						
4	-0,33422	-0,19652	0,02258	1					
5	0,370447	0,729006	-0,81086	0,112711	1				
6	0,582135	0,921575	-0,98831	0,090179	0,830967	1			
7	0,799318	0,99993	-0,92384	-0,20539	0,728958	0,917962	1		
8	0,454538	0,824493	-0,95523	0,244361	0,788875	0,977284	0,81873	1	
9	0,454703	0,8246	-0,95527	0,244224	0,78885	0,977319	0,818838	1	1

*Цифрами обозначены параметры корреляционного анализа (см. выше).

Для оценки силы связи в теории корреляции применяется шкала английского статистика Чеддока: слабая – от 0,1 до 0,3; умеренная – от 0,3 до 0,5; заметная – от 0,5 до 0,7; высокая – от 0,7 до 0,9; весьма высокая (сильная) – от 0,9 до 1,0.

Таким образом, можно сделать вывод, что количество пожаров на производственных объектах имеет высокую степень связи с показателями экономики государства, такими как:

– валовой внутренний продукт на душу населения;

– производство электроэнергии в Российской Федерации.

Сильная взаимосвязь отмечается с показателями:

– объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по отдельным видам экономической деятельности;

– валовой внутренний продукт (в текущих рыночных ценах);

– инвестиции в основной капитал;

– основные фонды промышленных объектов.

Рост количества пожаров на производственных объектах снижает валовой внутренний продукт на душу населения, производство электроэнергии в Российской Федерации, объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по отдельным видам экономической деятельности Российской Федерации, валовой внутренний продукт, а также возможность инвестирования в основной капитал, снижается и стоимость основных фондов промышленных объектов. В свою очередь, рост инвестиций в основной капитал, т.е. закупка нового оборудования, строительство современных зданий для производств приводит к снижению количества пожаров.

Увеличение среднегодовой производственной мощности влечет за собой рост количества пожаров на производственных объектах. Рост количества пожаров вследствие увеличения среднегодовой производственной мощности можно объяснить дополнительными

нагрузками на оборудование, что приводит к его ускоренному износу и возникновению пожароопасных условий. Подводя итог данному расчету, можно сделать вывод о важности обеспечения пожарной безопасности производственных объектов различных отраслей промышленности для благосостояния государства и необходимости совершенствования не только технических средств защиты, но и системы организационно-технических мероприятий.

Официально опубликованные статистические сведения о пожарах и существующая система сбора сведений о пожарах^{3,4} не учитывают всех особенностей технологических процессов и конструкций, режимов работы технологического оборудования на объектах промышленности. Не рассматриваются в качестве причины пожара нарушения требований безопасности при реализации технологического процесса самим персоналом объекта. Нами предлагается установить следующие причины возникновения пожаров для официального статистического учета на производственных объектах:

- поджоги;
- нарушения эксплуатации технологического оборудования (технологический режим, неисправность оборудования);
- нарушения хранения горючих веществ и материалов;
- самовозгорание горючих веществ и материалов, отложений;

Список литературы

1. Статистика: учебник для вузов / Под ред. И. И. Елисеевой. СПб.: Питер, 2012. 368 с.
2. Корреляционный анализ обстановки с пожарами на производственных объектах защиты / А. В. Майзлиш, А. Х. Салихова, Е. Н. Мартынова [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVIII научно-практической конференции. Балашиха, ВНИИПО МЧС России, 2016. В 4-х ч. Ч. 1. С. 117–121.
3. Салихова А. Х. Совершенствование системы учета пожаров на производственных объектах // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXII Международ-

³ Приказ МЧС России от 21 ноября 2008 г. № 714 «Об утверждении порядка учета пожаров и их последствий».

⁴ Приказ МЧС России от 25 марта 2022 № 262 «О вводе в эксплуатацию информационной системы «Автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России».

– нарушение целостности технологического оборудования и трубопроводов (коррозионный износ, негерметичность соединений, износ материалов);

– неисправность систем противопожарной защиты технологического оборудования и производственного помещения;

– искровые разряды статического электричества;

– искровые разряды атмосферного электричества;

– нарушение эксплуатации электрооборудования;

– неустановленные причины [3, 4].

Достоверность результатов анализа состояния пожарной опасности производственных объектов, анализа динамики изменения показателей пожарной опасности этих объектов и причин пожаров, полученных из статистики пожаров и аварийных ситуаций на промышленных предприятиях, повышают эффективность деятельности сотрудников МЧС России по предупреждению пожаров и работников структурных подразделений предприятий, занимающихся пожарной профилактикой. Наличие полной статистической информации приведет к эффективному планированию профилактической деятельности на данной категории объектов и к повышению качества осуществления контрольных (надзорных) мероприятий, совершенствованию управления системой пожарной безопасности на производственных объектах.

ной научно-практической конференции. Балашиха, ВНИИПО МЧС России, 2020. С. 182–187.

4. Анализ и систематизация статистических данных о пожарах на производственных объектах / А. Х. Салихова, Е. А. Шварев, В. Н. Михалин [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. Вып. 3 (44). С. 60–67.

References

1. *Statistika: uchebnik dlya vuzov* [Statistika: uchebnik dlya vuzov] / Pod red. I. I. Eliseevoj. SPb.: Piter, 2012. 368 p.
2. Korrelyatsionnyj analiz obstanovki s pozharami na proizvodstvennykh ob"yektakh zashchity [Korrelyatsionnyy analiz obstanovki s pozharami na proizvodstvennykh ob"yektakh zashchity] / A. V. Majzlish, A. H. Salihova, E. N. Martynova [et al.]. *Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti: materialy XXVIII nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2016. Balashiha, VNIIPPO MCHS Rossii, v 4-h ch. Ch. 1, pp. 117–121.

3. Salihova A. H. Sovershenstvovaniye sistemy ucheta pozharov na proizvodstvennykh ob"ektakh [Improving the system for recording fires at production facilities]. *Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti: materialy XXXII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, Balashikha, VNIPO MCHS Rossii, 2020. Pp. 182–187.

Салихова Аниса Хамидовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доцент, кандидат технических наук, доцент
E-mail: salina_77@mail.ru

Salikhova Anisa Khamidovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Docent, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
E-mail: salina_77@mail.ru

Шварев Евгений Анатольевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доцент, кандидат технических наук, доцент
E-mail: e_shvarev@inbox.ru

Shvarev Evgeny Anatolevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Docent, candidate of technical sciences, Associate Professor
E-mail: e_shvarev@inbox.ru

Самойлов Дмитрий Борисович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
начальник учебно-научного комплекса, кандидат технических наук, доцент
E-mail: shihonage@mail.ru

Samoilov Dmitry Borisovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
head of the educational and scientific complex, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
E-mail: shihonage @mail.ru

Лазарев Александр Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
начальник кафедры, кандидат педагогических наук, кандидат технических наук, доцент
E-mail: kgn@edufire37.ru

Lazarev Alexander Alexandrovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Head of The Department, Candidate of pedagogical sciences, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
E-mail: kgn@edufire37.ru

4. Analiz i sistematizaciya statisticheskikh dannyh o pozharah na proizvodstvennykh ob"ektakh [Analysis and systematization of statistical data on fires at production facilities] / A. H. Salihova, E. A. Shvarev, V. N. Mihalyn [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 3 (44), pp. 60–67.

УДК 614.843

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ В ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ

В. И. СПЕШИЛОВ, В. Ю. ЯРОВОЙ, С. О. КУРТОВ, А. Ю. ТРОЯК

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск

E-mail: vl.speshilov@mail.ru, yarovoiviacheslav@yandex.ru, kurtovsergej1983@yandex.ru,
troyaksasha@yandex.ru

В данной работе рассмотрен вопрос организации и возможности информатизации процесса ведения рукавного хозяйства, а также контроля учета движения пожарных рукавов при организации повседневной деятельности в подразделениях пожарной охраны. Проведен анализ существующих инструментов и программных средств для автоматизации рассмотренного процесса. Авторы работы предлагают собственное программное решение, разработанное на основе анализа существующих инструментов. Описан алгоритм функционирования программного обеспечения и предложена модель ежедневной работы по учету и контролю рукавного хозяйства. В рамках создания программного обеспечения сформированы роли – типы учетных записей, за которыми закреплены должностные лица пожарной охраны, прописаны полномочия и наборы инструментов для каждой из типов учетных записей. При создании учтена функция контроля в любом временном отрезке состояния рукавного хозяйства в подразделении, привязанная форма отчета выполнена согласно требований нормативно-правовых актов в данной области. Такой подход к реализации программного обеспечения позволяет выявить оптимальные показатели состояния рукавного хозяйства в подразделении пожарной охраны, тем самым открывая возможность по сбору данных о состоянии рукавов и срока их эксплуатации в зависимости от типа исполнения, диаметра и завода изготовителя.

Ключевые слова: пожарные рукава, программное обеспечение, алгоритм, модель, подразделения пожарной охраны, рукавное хозяйство, информатизация.

ELECTRONIC CONTROL SYSTEM OF FIRE HOSE MOVEMENT AS A WAY TO IDENTIFY PREFERENTIAL PERFORMANCE

V. I. SPESHILOV, V. Yu. YAROVOY, S. O. KURTOV, A. U. TROYAK

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Siberian Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Zheleznogorsk

E-mail: vl.speshilov@mail.ru, yarovoiviacheslav@yandex.ru, kurtovsergej1983@yandex.ru,
troyaksasha@yandex.ru

This paper considers the issue of organization and the possibility of informatization of the process of hose management, as well as control of accounting of fire hoses movement in the organization of daily activities in fire departments. The analysis of existing tools and software for automation of the considered process is carried out. The authors of the work offer their own software solution developed on the basis of analyzing the existing tools. The algorithm of functioning of the software is described and the model of daily work on accounting and control of hose farm is offered. Within the framework of software creation the roles - types of accounts, which are assigned to the fire department officials, powers and sets of tools for each type of accounts are prescribed. At creation the function of control in any time interval of the state of hose facilities in the subdivision is taken into account, the bound form of the report is made according to the requirements of normative-legal acts in this area. This approach to the software realization allows to identify the optimal indicators of hose facilities condition in the fire department, thereby opening the possibility to collect data on the condition of hoses and their service life depending on the type of design, diameter and manufacturer.

Key words: fire hoses, software, algorithm, model, firefighting units, hoses, informatization.

В подразделениях пожарной охраны для постоянного поддержания боеготовности предусмотрено выполнение большого спектра задач. Одной из таких задач является контроль за учетом движения пожарных рукавов в подразделении (какие рукава находятся в боевом расчете на пожарных автомобилях, какие в резерве, ремонте и т.д.). Порядок эксплуатации и обслуживания рукавного хозяйства определен приложением № 43 Приказа МЧС России от 1 октября 2020 г. № 737 «Об утверждении руководства по организации материально-технического обеспечения министерства российской федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвида-

ции последствий стихийных бедствий» и требованиями завода-изготовителя.

Согласно требованиям приказа¹ при эксплуатации рукавов выделяются следующие основные этапы:

- постановка на вооружение пожарных подразделений и комплектацию пожарных кранов;

- применение при тушении пожаров;
- техническое обслуживание;
- ремонт;
- хранение.

Принципиальная схема технологического обслуживания поступивших на вооружение пожарных рукавов в пожарную часть представлена на рис. 1.

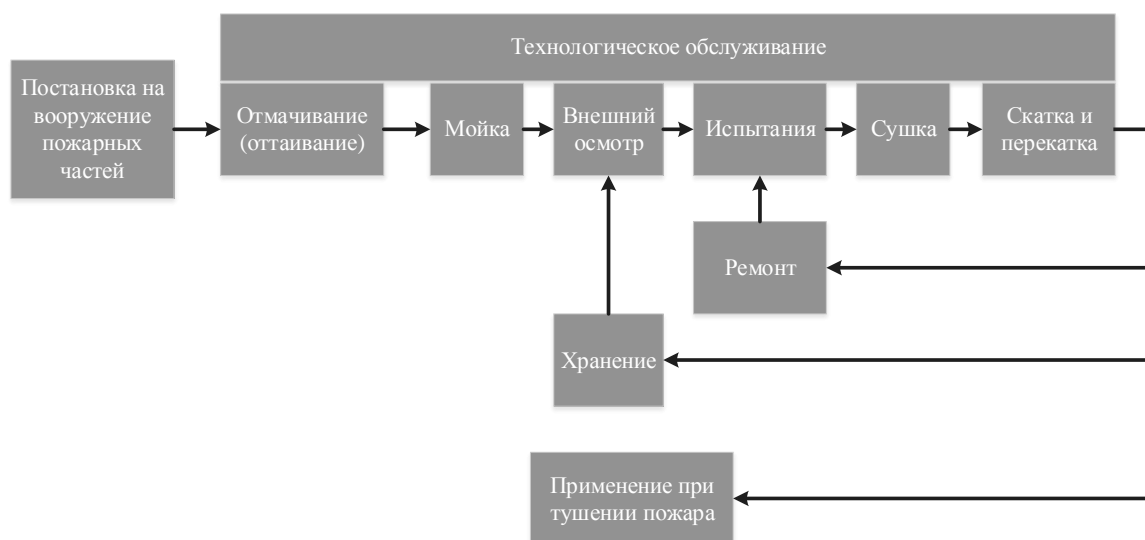


Рис. 1. Технологическая схема обслуживания пожарных рукавов

При постановке пожарных рукавов на вооружение подразделения заводят специальные формуляры, в которых отражается информация по эксплуатации и техническому состоянию. На каждом этапе технологической схемы (рис. 1) осуществляется контроль состояния и местонахождения рукавов с дальнейшей фиксацией в рабочей документации. Использование данной информации в оперативной деятельности при ведении боевых действий по тушению пожаров является затруднительным вследствие большого объема обработки данных. Также стоит отметить, что осуществление контроля ведения рукавного хозяйства и проведение последующего аналитического анализа его состояния для территориальных и местных пожарно-спасательных гарнизонов является процедурой ресурсно-затратной.

В работах [2–8] авторы рассматривают разнообразные возможности внедрения систем автоматизации административно-управленческой деятельности, основанные на принципе информационного пространства. Эти системы значительно повышают эффективность работы руководства пожарно-спасательных подразделений. Также использование таких систем дает дополнительный стимул для применения современных информационных технологий в управлении пожарно-спасательными подразделениями.

¹ Приказ МЧС России от 1 октября 2020 г. № 737 «Об утверждении руководства по организации материально-технического обеспечения министерства российской федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

В данной работе рассматривается возможность внедрения информационного решения для повышения уровня контроля состояния рукавного хозяйства в подразделениях. Важной частью данного программного продукта является удобство его использования, а значит, визуальная составляющая. Для решения подобной задачи были рассмотрены следующие инструменты реализации:

- «Sublime Text» – популярный и простой в освоении редактор, который будет удобен в использовании для начинающих разработчиков. Его отличительная черта – очень быстрая загрузка, поэтому «Sublime Text» часто используют не только для редактирования кода, но и для хранения быстрых заметок.

- «Visual Studio Code» – это еще одно популярное, разработанное Microsoft ПО для программирования: содержит интеграцию с системой контроля версий, а также встроенный терминал, собственный отладчик и набор инструментов для рефакторинга.

«WebStorm» – среда для разработки на JavaScript с автоматической проверкой кода, поддержкой JS-библиотек и фреймворков, инструментами для командной работы, предпро-

смотром HTML-файлов и множеством других полезных для веб-разработки фиш.

- «CodePen» – интернет-ресурс, созданный для тестирования и показа «сниплетов» на основе HTML, CSS и JavaScript: работает как онлайн-редактор кода, где можно создать свой проект и просмотреть его.

- «JSFiddle» – одна из самых популярных сред веб-разработки, позволяющая редактировать и запускать код, написанный на HTML, JavaScript и CSS.

- «JS Bin» – инструмент для отладки JavaScript с открытым исходным кодом.

В настоящее время существует большое количество языков программирования. Поскольку первичным является разрабатываемый проект, а язык программирования – это инструмент для написания компьютерных программ конкретного проекта, в целях реализации задач данной работы выбраны следующие языки: HTML, CSS и JavaScript. Для облегчения выбора был проведен сравнительный анализ четырех наиболее популярных сервисов для отладки кода: «Codepen», «JSFiddle», «JS Bin» и «WebStorm».

Таблица. Сравнительный анализ сервисов frontend-разработки

Среда	Online	HTML	CSS стили	JavaScript	Скорость	Удобство интерфейса
«Codepen»	Да	Markdown, Jade, Haml, Slim	SCSS, SASS, LESS, Stylus	CoffeeScript, LiveScript	Быстро	Да
«JS Bin»	Да	Markdown, Jade	LESS	CoffeeScript, TypeScript, Traceur, JSX	Средняя	Нет
«JSFiddle»	Нет	Нет	SCSS	CoffeeScript	Средняя	Да
«WebStorm»	Нет	Markdown, Meteor	SCSS, SASS, LESS	CoffeeScript, TypeScript	Быстро	Нет

Для выполнения задачи необходимо произвести три действия: создать «контейнеры» (блоки с пожарными автомобилями, ремонтом, резервом), выполнить функцию «drag and drop» и реализовать удобный для использования внешний вид продукта. После проведения анализа инструментов создания информационного решения был сделан вывод, что наиболее удобной средой для выполнения работы является облачный сервис «Codepen», так как он обладает удобным интерфейсом, в нем реализована работа в четырех окнах с тремя языками одновременно и параллельным выводом графической части продукта. Также плюсом «Codepen» является опция хранения кода в облаке и наличие обширной библиотеки

готовых решений для облегчения работы по созданию страниц, отладке кода, реализации элементов страниц и сценариев поведения в сравнении с другими инструментами для frontend-разработки.

Для реализации продукта была выбрана концепция самостоятельного добавления пожарных рукавов и пожарной техники в программу. Система настроена таким образом, что вносить изменения в базу данных имеет право ограниченный круг лиц. Таким образом, определены следующие роли для пользования программным продуктом:

1. Администратор – заместитель начальника части, начальник караула и помощник начальника караула по направлению спе-

циализации деятельности «Рукавное хозяйство подразделения». Полномочия роли «администратор» заключаются в создании и удалении блоков пожарных автомобилей боевого расчета и резерва, внесения характеристик (порядковый номер рукава в подразделении, диаметр, завод-изготовитель, даты производства и постановки на вооружение) принятых на вооружение рукавов и изменение их состояний с учетом технологической схемы обслуживания пожарных рукавов, внесение времени работы на пожаре конкретного пожарного рукава, стоящего на вооружении пожарно-спасательной части.

2. Пользователь – должностные лица караула. Полномочия роли «пользователь» представляют собой набор функций по перемещению конкретных пожарных рукавов в соответствующий блок технологической схемы в зависимости от его фактического нахождения.

3. Контролирующее лицо – начальник части, начальник смены службы пожаротушения (далее СПТ) и т.п. Полномочия роли «контролирующее лицо» представляют набор функций по формированию аналитических анализов состояния рукавного хозяйства и

контроля качества его ведения. У данной роли нет полномочий на изменение данных состояния рукавного хозяйства подразделения.

Для создания структуры программного обеспечения необходимо составить и рассмотреть модель движения рукавов в подразделении, которая представлена на рис. 2.

На основании описанной выше модели авторами составлена логическая блок-схема проектируемого программного обеспечения для контроля движения рукавов, представленная на рис. 3.

Согласно построенной схеме и выбранной ранее платформе разработки авторами было написано программное обеспечение, пример использования которого представлен различными возможностями, визуализированными далее на рисунках.

Добавление рукава и пожарной техники в программу происходит с помощью специального блока. В поле № вбивается номер рукава, в форме «ТИП» «выпадает» рор up список рукавных линий (рис. 4). В поле «Пожарная техника» добавляется техника в подразделении. Данные функции выделены для группы пользователей «Администратор».

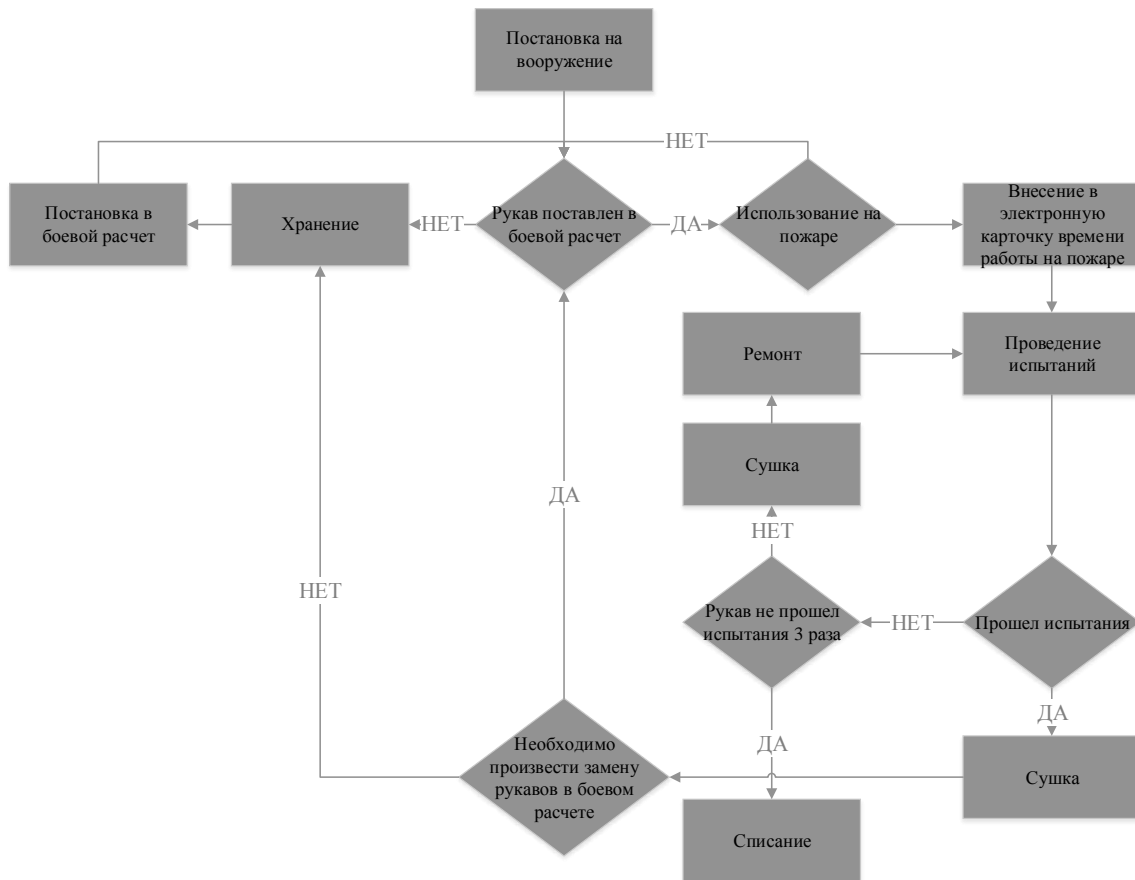


Рис. 2. Модель движения пожарного рукава для составления алгоритма работы программы

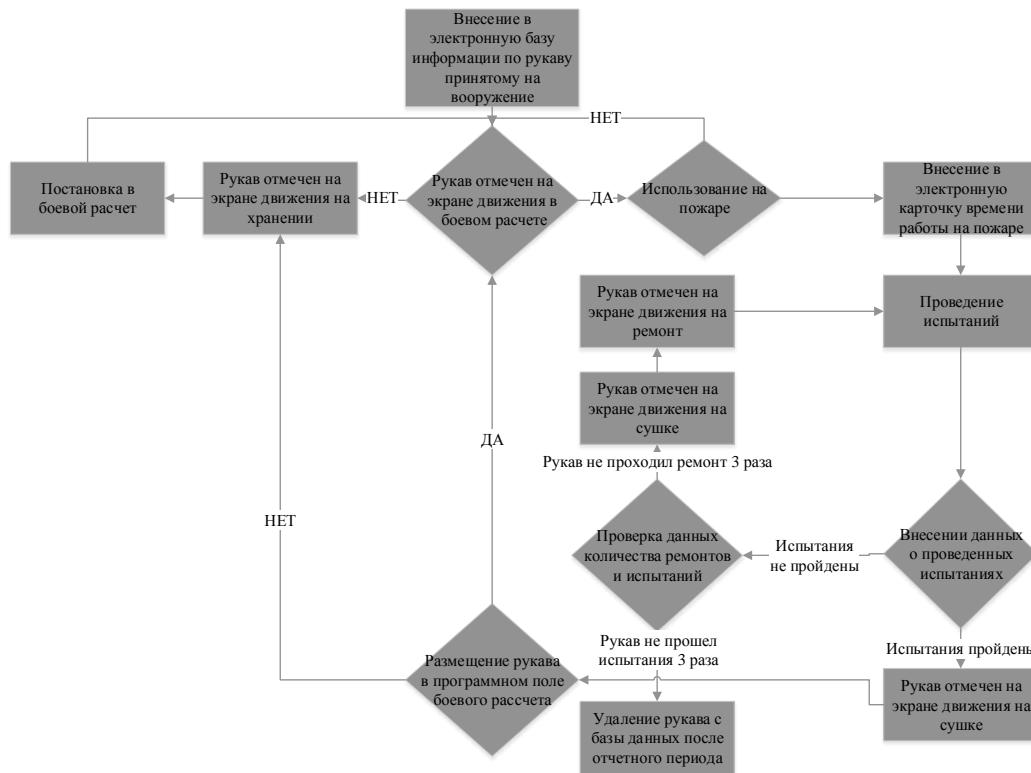


Рис. 3. Блок-схема работы программного обеспечения

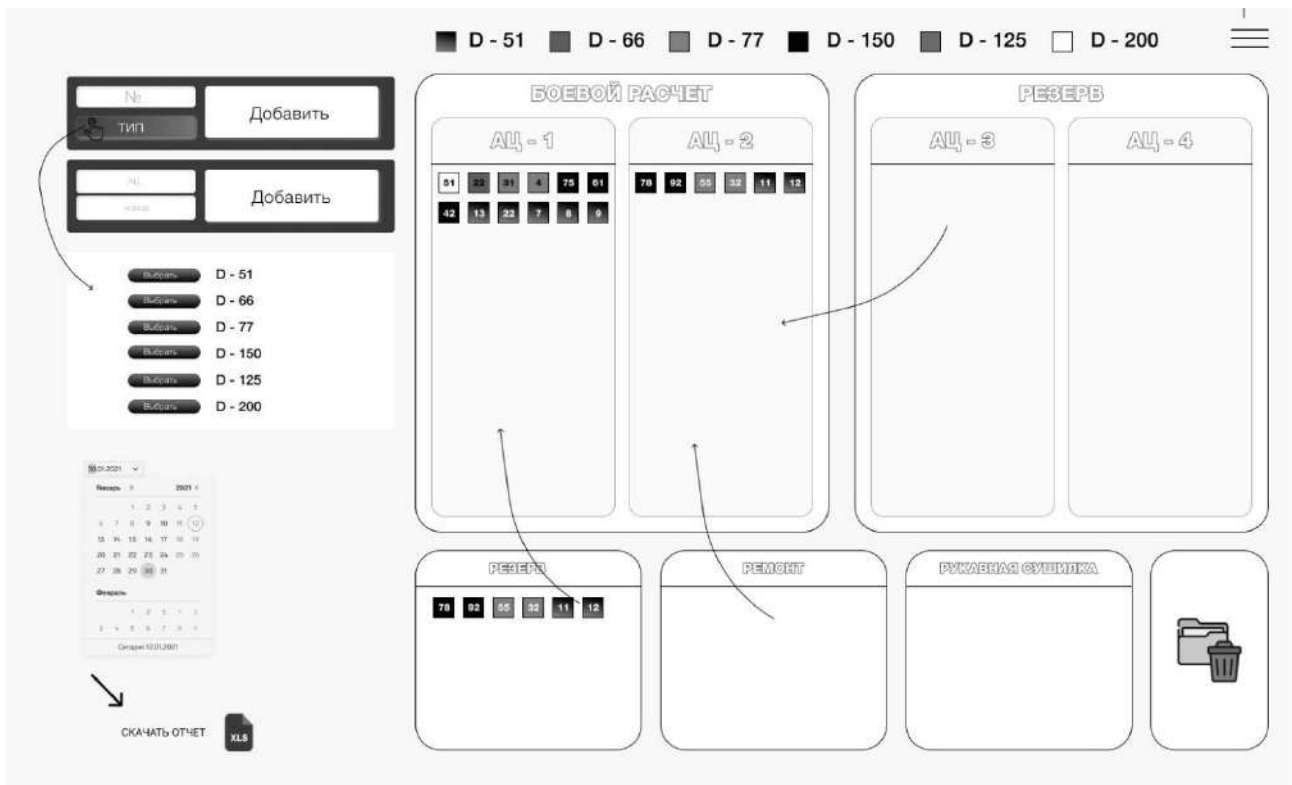


Рис. 4. Добавление рукавной линии

С целью упрощения работы СПТ в программу внесена функция удаленного формирования анализа с разбивкой на временные интервалы (рис. 5). Данная функция позволяет удаленно строить анализ материального обеспечения пожарных частей гарнизона в области рукавного хозяйства.

В ходе повседневной деятельности пожарным или командиром отделения осуществляется движение рукавов на электронном стенде с помощью функции «Drag-and-drop». Процесс представлен на рис. 6.

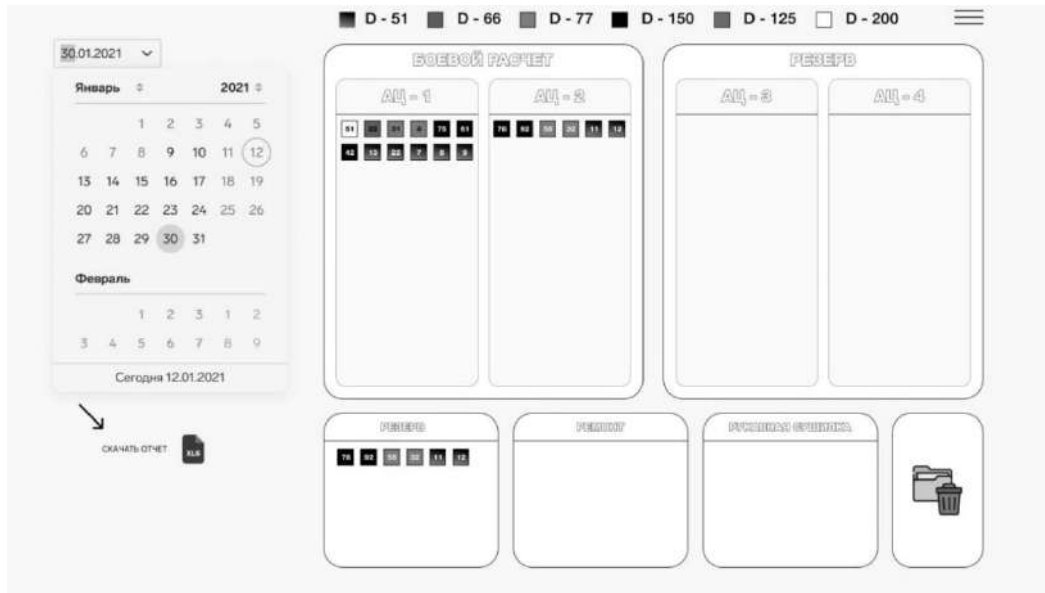


Рис. 5. Формирование отчета

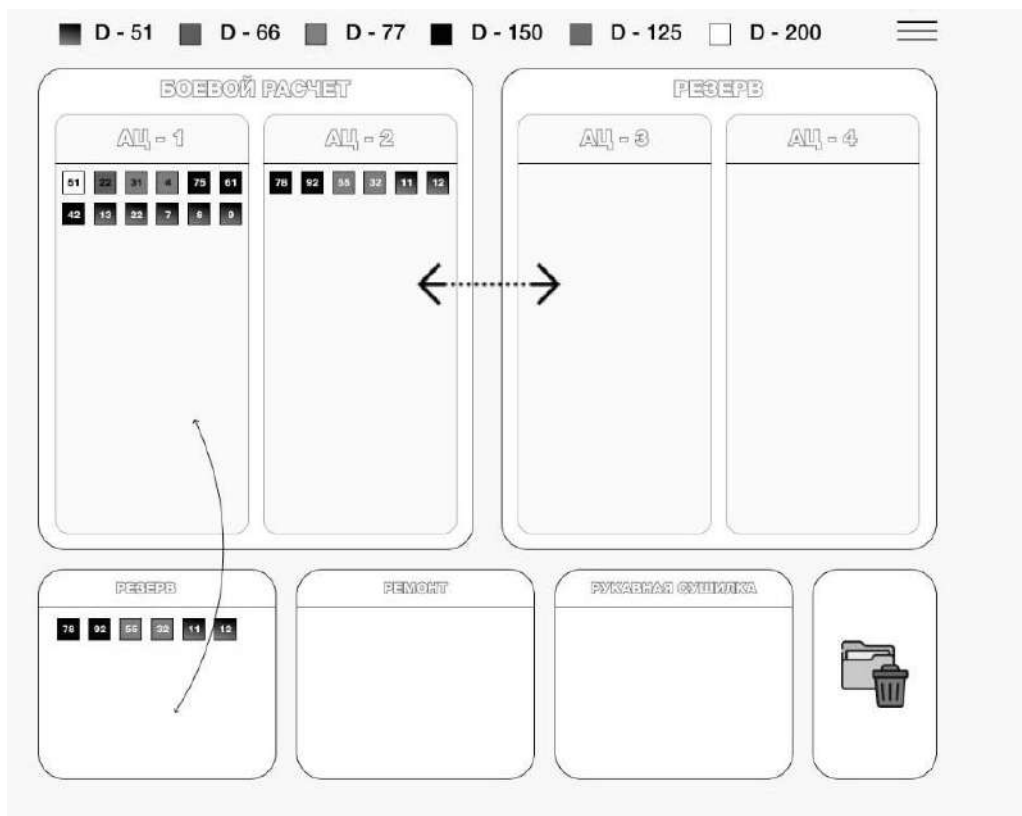


Рис.6. Движение рукавов на электронном стенде

Для обозначения проблем функционирования программного средства было принято решение о проведении опытной эксплуатации в учебной пожарно-спасательной части Сибирской пожарно-спасательной академии. В ходе опытной эксплуатации были выявлены и решены следующие проблемные аспекты использования:

1. Человеческий фактор – стажеры (курсанты, студенты) забывают выполнять задачу по контролю перемещения рукавных линий. Было принято решение: добавить в ежедневный инструктаж заступающего наряда пункт о необходимости работы с данной программой.

2. Программа не адаптирована под рекомендованную в органах операционную систему Astra Linux. Для решения данной проблемы использовали веб-надстройку программы для работы в браузере системы Astra Linux.

Заключение

1. Установлено, что с внедрением данного программного продукта в подразделения

Список литературы

1. Состояние и перспективы развития автоматизации деятельности пожарно-спасательных подразделений / О. С. Малютин, С. А. Васильев, П. А. Осавелюк [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2017. Т. 1. С. 505-511.

2. Малютин О. С., Васильев С. А., Осавелюк П. А. Вопросы автоматизации пожарно-спасательных подразделений // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2017. №. 3. С. 35–40.

3. Малый И.А., Булгаков В.В., Шарабанова И. Ю. Цифровая пожарно-спасательная часть: новый уровень организации подготовки курсантов МЧС // Открытое образование. 2022. № 1. С. 4–12.

4. Малютин О. С. Информационная среда пожарно-спасательного подразделения // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2017. № 1(4). С. 22–28. EDN YKQYSH.

5. Топольский Н. Г., Симаков В. В., Сатин А. П. Автоматизированная система материально-технического обеспечения // Технологии техносферной безопасности (интернет-журнал). 2009. №. 2. 9 с.

6. Организация ремонта и технического обслуживания пожарно-спасательной техники. Современное состояние и перспективы развития / А. И. Пичугин, В. И. Логинов, Д. Г. Мичудо [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности. 2016. С. 457–463.

пожарной охраны появляется возможность осуществления удаленного контроля за ведением рукавного хозяйства, комплексом профилактических мероприятий, проводимых с целью поддержания рукавов в работоспособном состоянии, и фиксирование выполнения стадий ремонта рукавных линий.

2. В ходе создания программного продукта была разработана модель движения рукавов в подразделении, а также логическая блок-схема работы программы с учетом мест контроля выполнения модели движения.

3. Разработано программное обеспечение, которое прошло тестовую эксплуатацию в подразделении учебной пожарно-спасательной части Сибирской пожарно-спасательной академии и зарекомендовало себя с положительной стороны.

В дальнейшем авторами планируется проведение масштабных испытаний по использованию созданной электронной системы контроля движения пожарных рукавов в подразделениях пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона.

7. Воробьев Н. С. Совершенствование системы управления в области обеспечения пожарной безопасности // Интеграция науки и практики в современном мире. 2019. С. 72–81.

References

1. Sostoyanie i perspektivy razvitiya avtomatizacii deyatel'nosti pozharno-spasatel'nyh podrazdelenij [State and prospects for the development of automation of fire and rescue units] / O. S. Malyutin, S. A. Vasiliev, P. A. Osavelyuk [et al.]. *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy*, 2017, vol. 1. pp. 505–511.

2. Malyutin O. S., Vasiliev S. A., Osavelyuk P. A. Voprosy avtomatizacii pozharno-spasatel'nyh podrazdelenij [Issues of automation of fire and rescue units]. *Sibirskiy pozharno-spasatel'nyy vestnik*, 2017, issue 3. pp. 35–40.

3. Maly I. A., Bulgakov V. V., Sharabanova I. Yu. Cifrovaya pozharno-spasatel'naya chast': novyj uroven' organizacii podgotovki kursantov MCHS [Digital fire rescue part: new level of organization of training of emergcom cursants] // *Otkrytoye obrazovaniye*, 2022, issue 1, pp. 4–12.

4. Malyutin O.S. Informacionnaya sreda pozharno-spasatel'nogo podrazdeleniya [Information environment of the fire-rescue unit]. *Sibirskiy pozharno-spasatel'nyy vestnik*, 2017, vol. 1 (4), pp. 22–28. EDN: YKQYSH.

5. Topolsky N. G. Simakov V. V., Satin A. P. Avtomatizirovannaya sistema material'no-tekhnicheskogo obespecheniya [Automated sys-

tem of material and technical support]. // *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti* (internet-zhurnal), 2009, issue 2, 9 p.

6. Pichugin A.I. et al. Organizatsiya remonta i tekhnicheskogo obsluzhivaniya pozharnospasatel'noy tekhniki. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [Organization of repair and maintenance of fire-rescue equipment. Current status and development perspectives] / A. I. Pich-

ugin, V. I. Loginov, D. G. Michudo [et al.]. *Aktual'nyye problemy pozharnoy bezopasnosti*, 2016, pp. 457–463.

7. Vorobyev N. C. Sovershenstvovanie sistemy upravleniya v oblasti obespecheniya pozharnoy bezopasnosti [Improvement of the management system in the field of fire safety]. *Integratsiya nauki i praktiki v sovremennom mire*, 2019, pp. 72–81.

Спешиллов Владимир Игоревич

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск

инспектор-дежурный

E-mail: vl.speshilov@mail.ru

Speshilov Vladimir Igorevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Siberian Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Zheleznogorsk

duty officer

E-mail: vl.speshilov@mail.ru

Яровой Вячеслав Юрьевич

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск

преподаватель

E-mail: yarovoiviacheslav@yandex.ru

Yarovoy Viacheslav Yurievich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Siberian Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Zheleznogorsk

lecturer

E-mail: yarovoiviacheslav@yandex.ru

Куртов Сергей Олегович

Российская Федерация, г. Железногорск

преподаватель

E-mail: kurtovsergej1983@yandex.ru

Kurtov Sergei Olegovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Siberian Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Zheleznogorsk

lecturer

E-mail: kurtovsergej1983@yandex.ru

Трояк Александр Юрьевич

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск

кандидат педагогических наук, заместитель начальника кафедры

E-mail: troyaksasha@yandex.ru

Troyak Aleksandr Urievich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Siberian Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Zheleznogorsk

candidate of pedagogy, deputy head of department

E-mail: troyaksasha@yandex.ru

УДК 614.849.84

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЖАРНЫХ ДЕПО: АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. В. СУРОВЕГИН, И. А. КУЗНЕЦОВ, Д. С. КАТИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: sav_37@mail.ru, ikuz1999@list.ru, den.catin@yandex.ru

Обеспечение пожарной безопасности в населенных пунктах зависит от наличия достаточного количества пожарных депо, где размещаются силы и средства пожарной охраны. Вопрос об оптимальном размещении пожарных депо требует немедленного решения, и поэтому исследователи разных стран предлагают решения с использованием математического моделирования. В данной статье анализируются различные математические модели и системы для прогнозирования оптимального размещения депо. На основе этого анализа предлагается подход к оценке эффективности размещения уже существующих пожарных депо на территории населенных пунктов.

Ключевые слова: математическая модель, пожарная безопасность, пожарная охрана, пожарное депо, время следования дежурного караула, ГИС-моделирование.

FORECASTING AND EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF LOCATION OF FIRE STATIONS: ANALYSIS AND COMPARISON OF MATHEMATICAL MODELING METHODS

A. V. SUROVEGIN, I. A. KUZNETSOV, D. S. KATIN

Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: sav_37@mail.ru, ikuz1999@list.ru, den.catin@yandex.ru

Ensuring fire safety in populated areas depends on the presence of a sufficient number of fire stations where fire protection forces and equipment are located. The issue of optimal placement of fire stations requires an immediate solution, and therefore researchers from different countries are offering solutions using mathematical modeling. This article analyzes various mathematical models and systems for predicting the optimal location of depots. Based on this analysis, an approach is proposed for assessing the effectiveness of locating existing fire stations in populated areas.

Key words: mathematical model, fire safety, fire protection, fire station, duty guard time, GIS modeling.

Введение

Пожарная охрана является одним из основных составных элементов комплексной системы обеспечения безопасности государства. Одной из приоритетных задач в обеспечении пожарной безопасности в субъектах Российской Федерации является обеспечение прибытия дежурного караула в установленный нормативными документами временной интервал к месту вызова. Органам управления пожарной охраной необходимо своевременно реагировать на происходящие в населенном

пункте изменения – изменение площади населенного пункта, усложнение планировочных особенностей, ввод в эксплуатацию новых зданий и сооружений, а также развитие транспортных магистралей.

Основанием для выбора темы работы послужили такие факторы как недостаточная изученность вопросов, связанных с процессом тушения пожаров, тактическими возможностями подразделений Государственной противопожарной службы, проблемы применения математических моделей и имитационных систем личным составом пожарной охраны. Для сотрудников пожарной охраны необходим инструментарий, который позволил бы им отве-

тить на этот вопрос, и на основании этого выработать ряд управленческих решений по обеспечению пожарной безопасности населенного пункта на высоком уровне. В свою очередь, ряд авторов, занимающихся исследованиями в области изучения подходов к размещению зданий пожарных депо в населенных пунктах, считает, что нормативные показатели, касающиеся нормирования размещения зданий пожарных депо, не должны быть жестко регламентированы.

Авторами статьи проведена работа по поиску подходов к решению вопроса эффективности размещения пожарных депо, предложенных как отечественными, так и зарубежными исследователями. В работе рассмотрены особенности реализации методов математического моделирования размещения пожарных депо. Хотелось бы отметить, что такие подходы требуют от исследователя определенных знаний и навыков в области математического и компьютерного моделирования. Часть предложенных подходов применима конкретно к одному субъекту, а не носит общий характер. Один из методов имитационного моделирования деятельности пожарной охраны применяется как на территории Российской Федерации, так и в ряде зарубежных государств, но при этом для использования компьютерной имитационной системы требуется лицензированное программное обеспечение и соответствующие заявленным требованиям персональные компьютеры.

Проведенный анализ математических подходов и нормативной базы, позволил авторам предложить свой подход к решению вопроса достаточности и эффективности размещения пожарных депо в населенном пункте. Предложенный подход основан на определении максимального радиуса выезда пожарно-спасательного подразделения при ликвидации пожара прежде, чем его площадь превысит площадь, которую может потушить один дежурный караул¹.

Актуальность темы исследования напрямую, определяется сокращением времени реагирования и прибытия пожарно-спасательных подразделений к месту вызова и заключается в необходимости оперативного реагирования органов управления пожарной охраной субъекта в условиях особенностей всестороннего развития инфраструктуры населенного пункта. Для практических подразделений необходим простой и удобный ин-

струментарий, который бы дал ответ на вопрос о достаточности подразделений пожарной охраны, входящих в состав территориального пожарно-спасательного гарнизона, а также оценивал бы эффективность размещения зданий пожарных депо в субъекте.

Целью исследования является выявление характерных преимуществ и недостатков математических моделей в области прогнозирования и расчета мест дислокации пожарных депо в населенных пунктах, определение перспектив и направлений развития математических подходов.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Определить тенденции развития математических подходов в области прогнозирования и расчета мест дислокации пожарных депо в населенных пунктах;
2. Выявить характерные преимущества математических подходов и их недостатки;
3. Рассмотреть конкретные примеры применения математических моделей в области прогнозирования и расчета мест дислокации пожарных депо в населенных пунктах;
4. Определить пути развития методик определения по расчету мест дислокации пожарных депо в населенных пунктах;
5. Ознакомить отечественных специалистов в области расчетов и моделирования мест дислокации пожарных депо на территории городских населенных пунктов с актуальными разработками в данной области;
6. Проследить процесс развития и применения математических методов для расчетов мест дислокации пожарных депо в населенных пунктах.

Проблематика, которая рассматривается в исследовании, заключается в значимости мест дислокации пожарных депо и их влиянии на ход развития и последствия от пожаров.

Большинство зданий пожарных депо было возведено в период советской эпохи. Расположение депо в то время определялось с учетом темпов развития населенных пунктов и их оперативно-тактическими характеристиками. Отдаленность пожарного депо от места возникновения пожара напрямую влияет на время, необходимое для свободного развития пожара, что в свою очередь имеет ряд существенных последствий, таких как угроза для жизни и здоровья людей, а также величина материального ущерба [1, 2].

¹ СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения: приказ МЧС России от 25.04.2009 № 181; введ. 01.05.2009. М.: ВНИИПО, 2009. 14 с.

Методы

При определении основных подходов к математическому моделированию мест дислокации подразделений пожарной охраны был проведен анализ различных методов прикладной математики. Данные подходы были использованы в различных аспектах реализации, таких как прогнозирование в системах управления, планирование ресурсов, моделирование систем массового обслуживания, теория графов, методы многофакторного анализа и принятия решений, а также методы исследования операций. В ходе анализа были выявлены как преимущества, так и недостатки каждого из применяемых подходов математического моделирования мест дислокации подразделений пожарной охраны. Преимущества применения методов прикладной математики в данном контексте включают возможность более точного прогнозирования и планирования, оптимальное распределение сил и средств пожарно-спасательных гарнизонов и повышение эффективности работы подразделений пожарной охраны. Кроме того, применение методов многофакторного анализа и принятия решений позволяет учесть различные факторы и альтернативы при определении мест дислокации.

Вместе с тем, среди недостатков можно отметить сложность и вычислительную трудоемкость некоторых методов, а также необходимость наличия точных данных и параметров для моделирования. Более того, возможны ограничения в использовании определенных методов, в зависимости от особенностей пожарной охраны и конкретной задачи. В целом, методы математического моделирования на основе прикладной математики предоставляют ценный инструмент для анализа и оптимизации мест дислокации подразделений пожарной охраны. Важно учитывать как преимущества, так и недостатки каждого из применяемых подходов при выборе и применении конкретных методов в условиях поставленной задачи.

Основная часть

Одной из ключевых задач пожарно-спасательных подразделений является оперативная локализация и тушение пожаров в наименьший возможный срок. Это непосредственно зависит от времени прибытия дежурного караула на место вызова. В настоящее время, вопросы, связанные с дислокацией подразделений пожарной охраны, регламентируются Федеральным законом от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и СП 11.13130.2009 «Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методи-

ка определения». В соответствии со статьями 76 и 97 данного Федерального закона время прибытия первого пожарного подразделения к месту вызова составляет не более 10 минут для городских населенных пунктов и не более 20 минут для сельских населенных пунктов^{2,3} [3]. Именно указанный временной интервал, определяющий свободное развитие пожара, является отличительной чертой между полностью развитым и незапущенным пожаром.

Основным фактором, определяющим необходимость поиска решения задачи по оценке эффективности размещения действующих пожарных депо и планировании мест размещения вновь возводимых пожарных депо заключается в соблюдении условия, что все точки конкретного населенного пункта могли быть достигнуты пожарно-спасательными подразделениями в любое время суток с достаточным количеством сил и средств для локализации и ликвидации пожара.

Нормативные значения, регулирующие размещение пожарных депо, начали устанавливаться в 1930 году. Тогда было предложено определить радиус обслуживания пожарного депо в населенном пункте, равный 3 км. В 1951 году был введен новый норматив, согласно которому на каждые 5 тысяч человек должен приходиться один пожарный автомобиль [4].

Научно обоснованные нормативы появились только в 80-е годы прошлого века. При проектировании зданий пожарных депо предлагалось использовать средний радиус выезда, равный 2 км [4].

Одним из источников, содержащих нормативы и правила размещения зданий пожарных депо, являются Строительные нормы и правила СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», утвержденные постановлением Госстроя СССР от 16 мая 1989 года № 78. Согласно указанным нормам, радиус обслуживания пожарного депо не должен превышать 3 км⁴.

В соответствии с упомянутыми ранее источниками, градостроительные нормы и

² СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения: приказ МЧС России от 25.04.2009 № 181; введ. 01.05.2009. М.: ВНИИПО, 2009. 14 с.

³ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 // Собрание законодательства РФ. 2008 № 30 (ч.1), ст. 3579.

⁴ СНиП 2.07.01-89*. Градостроительство Планировка и застройка городских и сельских поселений: постановление Госстроя СССР от 16.05.1989 г. № 78; введ. 01.01.1990 г. М.: ГП ЦПП, 1994.

правила являлись одним из источников информации для определения достаточности зданий, предназначенных для размещения пожарных депо. Согласно действовавшим нормативно-правовым документам Советского Союза, количество таких зданий определялось с использованием конкретной математической формулы [4]:

$$N_d = \frac{\alpha k_H^2 S}{V_{cl}^2 t_{cl}^2} + \lambda t, \quad (1)$$

где α – безразмерный коэффициент, учитывающий топографию города; k_H^2 – безразмерный коэффициент непрямолинейности уличной сети; S – площадь территории города, км²; V_{cl}^2 – средняя скорость движения пожарных автомобилей, км/мин; t_{cl}^2 – среднее время следования пожарных автомобилей к месту вызова, мин; λ – среднее число вызовов в час; t – средняя продолжительность одного выезда.

В (1) учитываются различные факторы, такие как топография города, кривизна дорожной сети, площадь территории, скорость движения пожарных автомобилей, время следования и другие параметры.

Особенностью предложенной зависимости является то, что она учитывает несколько параметров и позволяет определить оптимальное количество зданий пожарных депо для обеспечения быстрого и эффективного реагирования на пожары в городе.

Вместе с тем необходимо отметить факторы, которые на современном этапе в значительной степени сужают адекватность рассматриваемой модели. К ним можно отнести следующие:

1. Структура и планировка городов: зависимость предполагает, что город имеет однородное распределение пожароопасных объектов и равные условия для подъезда пожарной техники. Она не учитывает особенности городской застройки, такие как наличие узких улиц, перекрытий, проблемы доступа к отдаленным районам и т.д.

2. Потенциальная нагрузка на пожарные депо: зависимость не учитывает количество и категорию пожароопасных объектов в городе и вероятность возникновения пожара. Более пожароопасные или конструктивно сложные объекты могут требовать большего количества пожарных депо для обеспечения достаточного покрытия и быстрого реагирования, что не в полной степени адекватно с точки зрения оптимального расположения зданий депо.

3. Динамику вызовов и продолжительность пожаров: зависимость учитывает среднее число вызовов и среднюю продолжительность одного выезда, но не учитывает колебание значений в этих параметрах. В реальности вызовы и продолжительность пожаров могут значительно различаться в разное время суток, сезон, или в зависимости от других факторов.

Поэтому, при применении данной формулы, необходимо учитывать эти недостатки и дополнять оценку с учетом других факторов и особенностей конкретного населенного пункта.

Одним из ведущих ученых по вопросам дислокации пожарных депо в населенных пунктах и расчета оперативных возможностей сил и средств пожарной охраны является Николай Николаевич Брушлинский, который впоследствии основал научную школу [1], посвященную проблемам пожарной охраны. Оригинальные методы решения этих проблем, изначально опирались на оценку вероятности отказа при поступлении нового вызова на пожар.

При использовании модели, представленной в уравнении (2), вероятность отказа ($P_{отк}$) в отправке караула при поступлении очередного вызова при n пожарных частей определяется следующей формулой [4, 6]:

$$P_{отк} = P_n = \left[\frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{v} \right)^n \right] : \left[\sum_{m=0}^n \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{v} \right)^m \right], \quad (2)$$

где P_n – вероятность отказа выезда подразделения при поступлении очередного вызова при n пожарных частей; λ – интенсивность (плотность) потока вызовов; m – показатель возможного числа вызовов.

Особенностью применения модели является то, что она позволяет оценить вероятность отказа караула в выезде, исходя из интенсивности вызовов и возможного числа вызовов. Это позволяет оптимизировать дислокацию зданий пожарных депо и размещение сил и средств пожарной охраны для обеспечения максимальной оперативности и эффективности в реагировании на пожары.

Однако необходимо учитывать, что (2) представляет модельную оценку и может иметь ограничения в точности прогнозирования реальных событий. Фактическая эффективность и результаты могут зависеть от множества дополнительных факторов, таких как организация пожарной охраны, доступность дорог и других факторов, которые не учитываются в данной формуле. Поэтому, при использовании (2), необходимо применять ее с учетом всех особенностей конкретной ситуации.

Одним из основных ограничений модели (2) является то, что она основана на предположениях и упрощениях. Например, она предполагает, что вызовы на пожар равномерно распределены во времени и пространстве, что поток вызовов подчиняется пуассоновскому распределению, и что каждый пожарный караул имеет равные возможности для выезда на вызов.

Кроме того, модель не рассматривает многие реальные факторы, которые могут влиять на вероятность отказа выезда караула. Например, она не учитывает загруженность дорог, наличие препятствий на пути выезда или доступность водоемчиков для тушения пожара.

Также следует отметить, что модель (2) может быть ограничена в применении на практике из-за сложности определения и точного измерения всех входных параметров. Например, точная оценка интенсивности потока вызовов или возможного числа вызовов может быть затруднена по причине непостоянства этих параметров и сложности их получения. Наконец, модель также не учитывает динамику изменения вероятности отказа выезда караула

в зависимости от различных факторов. Она предоставляет только статическую оценку на основе заданных параметров, не учитывая изменений в условиях и внешних факторах. Все эти ограничения подчеркивают важность использования модели с учетом специфических условий и дополнительных факторов, которые в ней не рассматриваются.

Дальнейшие исследования Н. Н. Брушлинского и его учеников привели к разработке компьютерной имитационной системы CIS-KOSMAS в Академии ГПС МЧС России. Основным назначением этой системы является обоснование необходимой численности оперативных служб в населенных пунктах.

CIS-KOSMAS представляет собой уникальное программное обеспечение, не имеющее аналогов по всему миру. Из-за этого оно широко используется как в России, так и в нескольких зарубежных странах, таких как Вьетнам, Германия, Турция и других [6]. Адаптация и внедрение CIS-KOSMAS занимает примерно от 3 до 5 месяцев, в течение которых исследователи создают базу данных, описывающую деятельность оперативных служб на исследуемой территории.

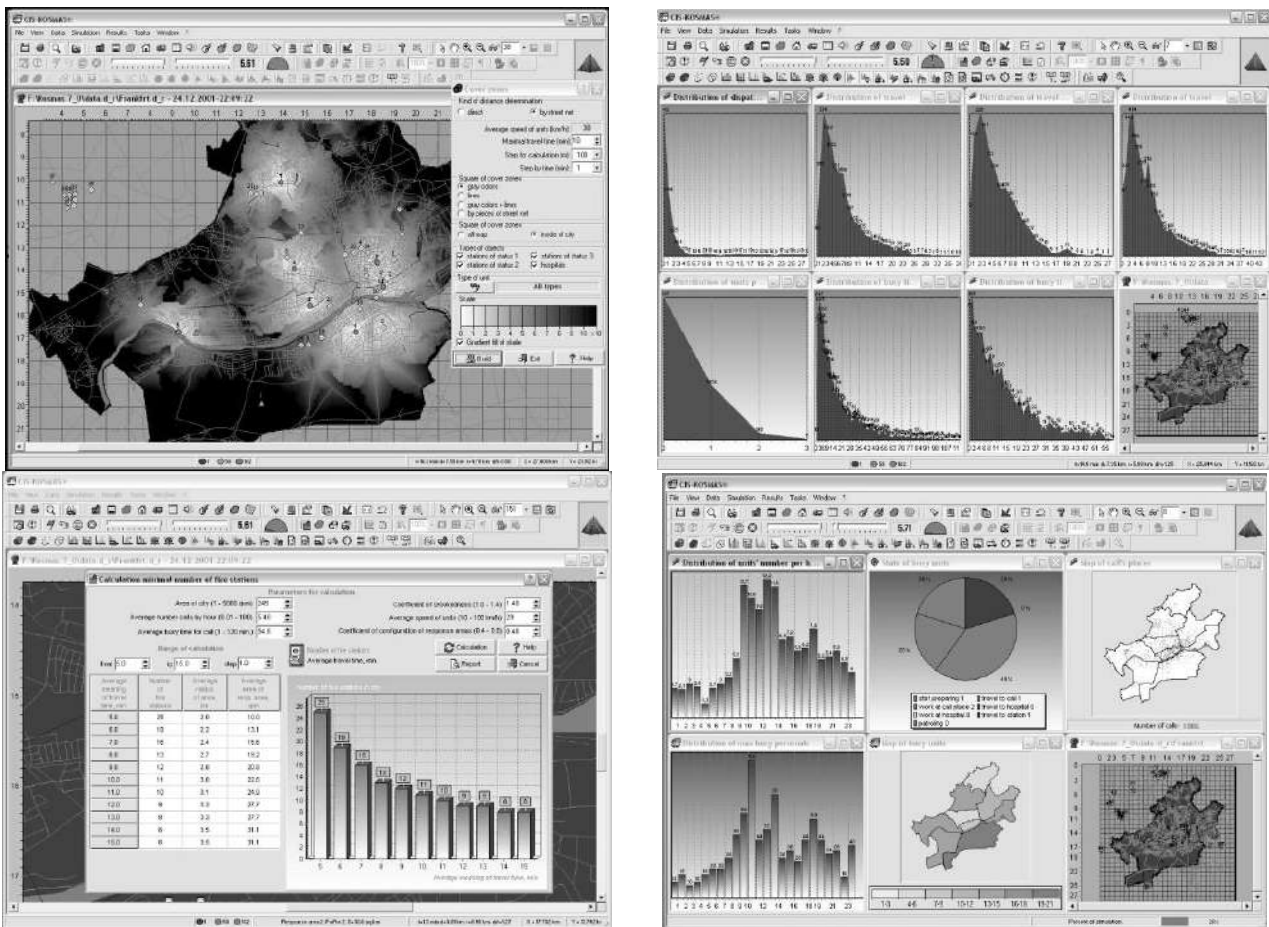


Рис. 1. Интерфейс компьютерной имитационной системы CIS-KOSMAS [6]

Анализ потоков вызовов, сезонности, типов дорог и плотности распределения вызовов на территории учитывается при моделировании движения пожарных автомобилей. Также оцениваются возможности оперативных служб в реагировании на поступающие вызовы и разрабатываются планы их развития в перспективе.

Алгоритм Дейкстры используется в качестве базового алгоритма для поиска оптимальных маршрутов в транспортной сети. Алгоритм Дейкстры является методом поиска кратчайшего пути от одной вершины до всех других вершин в графе. В контексте транспортной сети этот алгоритм применяется для определения оптимального маршрута с минимальным временем перемещения от исходной точки до всех остальных точек в сети.

Предложенная Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России методика, основывается на постепенном увеличении числа пожарно-спасательных подразделений на территории города. При этом внимание уделяется уровню пожарной уязвимости населенного пункта и пожарно-спасательного гарнизона, который служит основным источником противопожарной защиты в данной местности.

Этот подход предлагает систематическое увеличение числа пожарно-спасательных подразделений в зависимости от анализа существующих показателей пожарной уязвимости и потенциала пожарно-спасательного гарнизона. Такой подход позволяет оптимизировать дислокацию пожарных депо и обеспечить более эффективную противопожарную защиту населенных пунктов [1,5]:

$$u_j = \sum_{i=1}^n w_i X_{ji}, j=1, \dots, N \quad (3)$$

$$U_p = \sum_{j=1}^N u_j / N, \quad (4)$$

где M – число факторов, влияющих на пожарную уязвимость; w_i – «вес» i -го фактора; X_{ji} – нормированная величина i -го фактора для j -го населенного пункта; N – число населенных пунктов в пожарно-спасательном гарнизоне, не имеющих пожарно-спасательные части; P – индекс, означающий число пожарно-спасательных частей в пожарно-спасательном гарнизоне.

Особенность применения математической модели заключается в том, что она позволяет учесть влияние различных факторов на распределение пожарных депо. Формула использует весовые коэффициенты (w_i), которые определяют важность каждого фактора, а также нормированные значения (X_{ji}), которые ука-

зывают наличие или отсутствие определенного фактора в конкретном населенном пункте. Путем применения этих коэффициентов, формула определяет суммарное влияние каждого фактора на пожарную уязвимость каждого населенного пункта и затем вычисляет среднее значение для всего пожарно-спасательного гарнизона. Также в модель требуется вводить определенные количественные параметры, такие как число факторов влияния (M), весовые коэффициенты (w_i) и нормированные значения (X_{ji}). Точность результатов будет зависеть от правильного определения и измерения этих параметров.

Необходимо отметить некоторые позиции, которые требуют дополнительной разработки:

1. Модель предполагает, что все факторы, определяющие вес, равнозначны. Однако на практике некоторые факторы могут иметь большее или меньшее влияние на пожарную уязвимость. Недостаток модели заключается в том, что она не учитывает эту переменную важность и все факторы считаются равнозначными.

2. Модель также не учитывает динамику изменения факторов во времени. Факторы постоянно меняются, и пожарная уязвимость населенных пунктов может изменяться в зависимости от различных показателей, таких как плотность населения, инфраструктура и т. д. Модель не учитывает эти изменения во времени и не предоставляет возможность для обновления и корректировки.

3. Математическая модель и результаты ее применения могут быть в значительной степени зависимы от точности входных данных и параметров. Если неверно определены или измерены веса факторов, нормированные значения и другие параметры, результаты модели могут быть неточными или нерепрезентативными.

Исследователи из Университета технологий и наук Китая и Университета промышленной и системной инженерии штата Миннесота (США) предложили свою модель размещения зданий пожарных депо [7]. Система реагирования пожарных подразделений в Китае схожа с Российской Федерацией, где территория населенных пунктов разделена на условные подрайоны, и в каждом из них находятся пожарные части. В этих подрайонах находятся как гражданские здания, так и потенциально опасные объекты. Задача исследователей состоит в максимальном охвате обслуживаемых территорий и минимальном времени прибытия дежурных караулов.

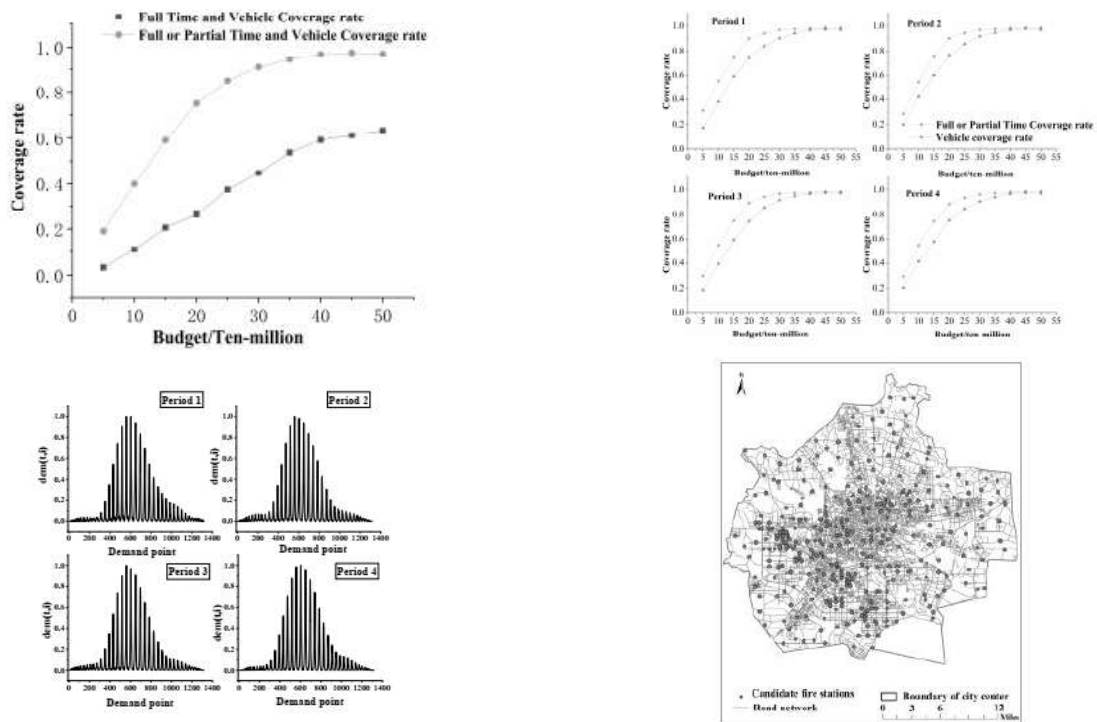


Рис. 2. Иллюстрация результатов работы модели, предложенной Университетом технологий и наук Китая [8]

При анализе факторов рассматриваются размер пожарной части, количество пожарной техники, время реагирования дежурных караулов и условия дорожного движения. Особое внимание уделяется состоянию дорожного движения и времени движения дежурных караулов к месту вызова, так как эти факторы считаются наиболее значимыми. Согласно предложенной модели, максимальное время реагирования дежурного караула определяется по формуле (5) [7]:

$$q_{vi}^t = \frac{F_{vi}^t}{\sum_{j \in W_i^t} \sum_{s \in S} x_{vjs}} \quad (5)$$

$$F_{vi}^t = \frac{\sum_{l \in L} b_{vl} \bar{t}_{vl} \sum_{j \in W_i^t} f_j^t}{24}, \quad (6)$$

где V – набор типов транспортных средств; T – множество периодов; L – набор уровней спроса; b_{vl} – количество пожарных машин v типа, отправленных в точки спроса i уровня; \bar{t}_{vl} – средняя продолжительность (в часах) точек спроса уровня i , требующих транспортного средства v ; I – набор точек спроса; J – набор потенциальных площадок для объектов; W_i^t – набор потенциальных объектов, которые могут предоставить услуги для точки i ; f_j^t – частота обращений в учреждение j в течение периода

t ; S – набор типов пожарных депо; x_{vjs} – переменная, представляющая количество пожарных машин типа v , размещенных на объекте j в качестве пожарной части типа s .

Модель (5) используется для определения максимального времени реагирования дежурного караула на место вызова, учитывая различные факторы, такие как размер пожарной части, количество пожарной техники, время реагирования и условия дорожного движения. Данная модель позволяет оптимально распределить ресурсы пожарной службы для максимального охвата обслуживаемых территорий и минимального времени прибытия на место вызова.

Постепенное временное покрытие определяется по формуле (7):

$$C_{ij}^t = \begin{cases} 1 & T_{ij}^t \leq T_0 \\ \frac{1}{1 + \exp(A(T_{ij}^t - \frac{T_0 + T_1}{2}))} & T_0 < T_{ij}^t \leq T_1 \\ 0 & T_{ij}^t > T_1 \end{cases} \quad (7)$$

где $A = 5$;

T_0 – максимальное время полного покрытия; T_1 – максимальное время частичного покрытия.

Анализ состояния дорожного движения проводился путем сбора данных о скорости движения потока автомобилей. Данные о ско-

рости собирались с интервалом в 10 минут. Имея необходимые расчеты и данные, строился кратчайший путь от места дислокации здания пожарного депо до объекта предполагаемого пожара. Также задавались еще несколько маршрутов с учетом влияния загруженности дорожной сети.

Место дислокации здания пожарного депо определяется по формуле (8):

$$P: \max \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} y_t \text{dem}_i^t \frac{\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} C_{ij}^t u_{ijs}^t}{\sum_{v \in V} m_{vi}^t}, \quad (8)$$

при условии:

$$m_{vi}^t \theta_i^t \leq \sum_{s \in S} \sum_{j \in W_i^t} x_{vjs}, \quad \forall t \in T, v \in V, i \in I, \quad (9)$$

где y_t – вес периода t ; dem_i^t – вес спроса в точке i в течение периода t ; C_{ij}^t – удовлетворение покрытия по пункту i , если оно предоставляется учреждением j в течение периода t ; m_{vi}^t – количество транспортных средств типа v , необходимое для удовлетворения стандарта покрытия транспортных средств i с надежностью α в течение периода t .

Зависимости (6–8) используются для определения временного покрытия, анализа состояния дорожного движения и определения места дислокации здания пожарного депо. Эти зависимости позволяют учесть различные факторы, такие как потребность в деятельности пожарной охраны, частота обращений в пожарную охрану, скорость движения потока автомобилей и загруженность дорожной сети.

Приведенный подход имеет несколько недостатков. Во-первых, сложность формул и методов расчетов может вызвать трудности в понимании и реализации. Использование большого количества переменных, коэффициентов и параметров требует тщательного анализа и обработки данных, что может быть затруднительно для некоторых исследователей и практиков.

Во-вторых, модель ориентирована на максимальное покрытие обслуживаемых территорий и минимальное время прибытия караула, что может привести к неравномерному или неправильному распределению ресурсов пожарной охраны. Оптимизация только этих двух факторов может привести к игнорированию других важных аспектов, таких как эффективность использования ресурсов пожарной охраны.

Кроме того, модель не учитывает некоторые факторы, которые могут повлиять на качество и эффективность реагирования пожарных депо, например, состояние и количественные показатели пожарной техники, навы-

ки и опыт личного состава, а также ограничения дорожной инфраструктуры и условия движения.

Некоторые зарубежные страны в организации противопожарной службы руководствуются рекомендациями Национальной ассоциации пожарной безопасности (NFPA). В соответствии с этими рекомендациями время реагирования пожарной команды на вызов не должно превышать 9 минут [8].

Большинство методов и подходов к выбору оптимального размещения пожарных депо в зарубежных странах базируются на применении географических информационных систем (ГИС) и языков программирования, причем наиболее распространенным из них является Python [7,8].

Одно из проведенных исследований было выполнено в городе Фамагуста на восточном побережье острова Кипр. Целью данного исследования было минимизировать время прибытия дежурного караула к месту вызова, учитывая имеющуюся дорожную сеть, и определить оптимальные местоположения пожарных депо с целью обслуживания максимального количества объектов и территории одним подразделением. В исследовании учитывались следующие факторы: время прибытия на место вызова, расстояние до места вызова, скорость движения пожарной техники и состояние дорожной сети. Для сбора необходимой информации использовались GPS-устройства [8].

Исследования, связанные с организацией пожарной безопасности, проводились в провинции Консепсьон (Чили) [10]. Предлагаемая модель размещения пожарных депо на территории населенного пункта учитывает такие факторы, как типы пожарных депо, количество потенциально опасных объектов на территории населенного пункта, местоположение существующих пожарных депо, количество и типы пожарных автомобилей, а также частоту возникновения пожаров. основополагающим элементом в предложенной модели является определение времени обслуживания одного пожара [9]:

$$\rho = \frac{\lambda \cdot t}{c_k}, \quad (10)$$

где λ – количество поступающих вызовов; t – ожидаемое время обслуживания одного пожара; c_k – тип используемого пожарного автомобиля.

Оптимальное место дислокации пожарного депо с учетом максимизации, обслужива-

емой подразделением территории, определяется [9]:

$$\sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{g_b \in G} \sum_{g_e \in G} d_{il} y_{ilg_b g_e} Q(C_{bn_i}, \rho_{bn_i}, g_b, -1)(1 - \rho_{bn_i}) \rho_{bn_i}^{g_b - 1} Q(C_{en_i}, \rho_{en_i}, g_e, -1)(1 - \rho_{en_i}) \rho_{en_i}^{g_e - 1}, \quad (11)$$

где ρ_{kn} – средняя загрузка транспортных средств; $Q(C_{kn}, \rho, g)$ – поправочный коэффициент (зависит от количества пожарной техники, количества загрузки).

У модели, представленной в уравнении (10), имеются следующие недостатки:

1. Модель не учитывает возможность задержек в обслуживании вызовов из-за различных факторов, таких как проблемы с дорожной сетью, доступность объектов и другие внешние факторы.

2. Недостаточно подробно определены значения параметров модели. Например, значение t – ожидаемого времени обслуживания одного пожара может быть слишком общим и не учитывать различия в типах вызовов и условиях их выполнения.

3. Модель предполагает, что все пожарные автомобили одного типа, что может не соответствовать действительности, где могут использоваться различные типы пожарных автомобилей с разными тактико-техническими характеристиками и скоростями.

4. В уравнении (11) используются различные суммы и индексы, что может привести к сложности расчетов и интерпретации полученных результатов.

5. Модель не учитывает динамику изменения средней загрузки транспортных средств (ρ_{kn}) и поправочного коэффициента ($Q(C_{kn}, \rho, g)$) в зависимости от количества пожарной техники и загрузки.

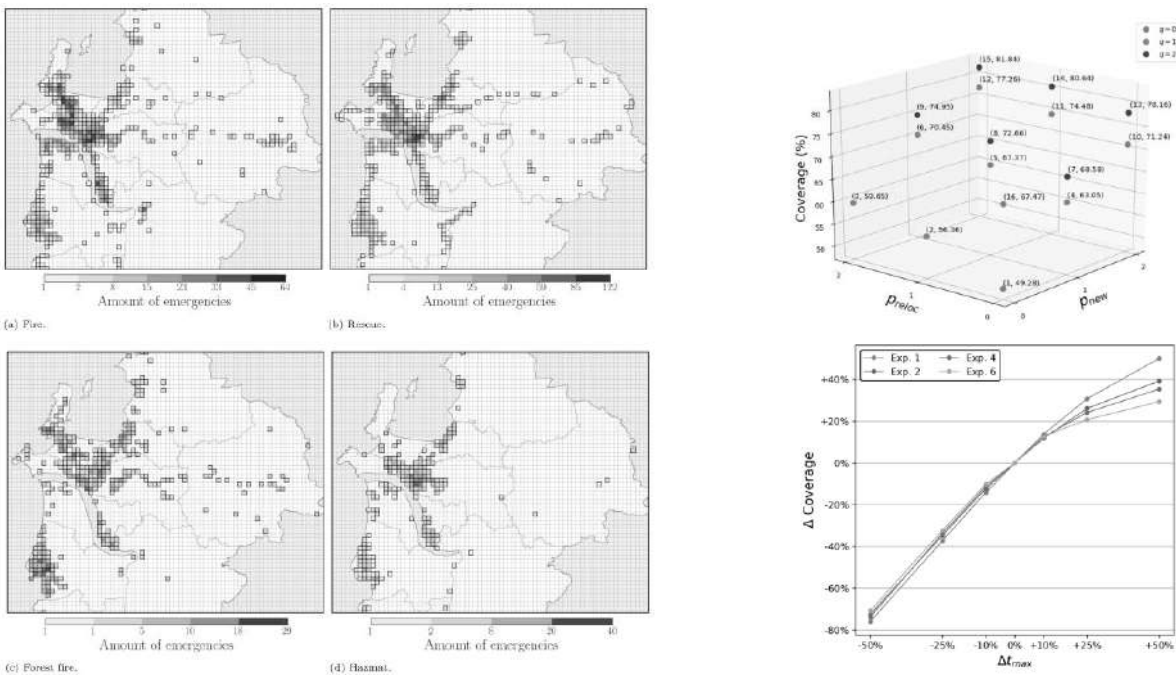


Рис. 3. Иллюстрация результатов работы модели, применяемой в провинции Консепсьон [9]

Проведенный сравнительный анализ математических моделей по определению оптимальных мест дислокации пожарных депо, разработанный отечественными и зарубежными специалистами позволяет сформировать обобщенную выборку особенностей практиче-

ской реализации данных моделей (таблица 1), принять во внимание их недостатки и преимущества при разработке авторской модели определения эффективности размещения действующих пожарных депо на территории городского населенного пункта.

Таблица 1. Сравнительный анализ математических моделей по определению оптимальных мест дислокаций пожарных депо

	Математическая модель	Область научных методов	Особенности реализации
1	Модель по определению достаточности зданий, предназначенных для размещения пожарных депо [3]	Прогнозирование в системах управления и планирования ресурсов	<p>1. Структура и планировка городов: зависимость предполагает, что город имеет однородное распределение пожароопасных объектов и равные условия для подъезда пожарной техники. Она не учитывает особенности городской застройки, такие как наличие узких улиц, перекрытий, проблемы доступа к отдаленным районам и т.д.</p> <p>2. Потенциальная нагрузка на пожарные депо: зависимость не учитывает количество и категорию пожароопасных объектов в городе и вероятность возникновения пожара. Более пожароопасные или конструктивно сложные объекты могут требовать большего количества пожарных депо для обеспечения достаточного покрытия и быстрого реагирования, что не в полной степени адекватно с точки зрения оптимального расположения зданий депо.</p> <p>3. Динамику вызовов и продолжительность пожаров: зависимость учитывает среднее число вызовов и среднюю продолжительность одного выезда, но не учитывает колебание значений в этих параметрах. В реальности вызовы и продолжительность пожаров могут значительно различаться в разное время суток, сезон, или в зависимости от других факторов.</p>
2	Модель для оценки вероятности отказа при поступлении нового вызова на пожар (Н. Н. Брушлинский) [1,4,5]	Моделирование систем массового обслуживания	<p>1. Предполагает, что вызовы на пожар равномерно распределены во времени и пространстве, что поток вызовов подчиняется пуассоновскому распределению, и каждый пожарный караул имеет равные возможности для выезда на вызов.</p> <p>2. Не рассматривает многие реальные факторы, которые могут влиять на вероятность отказа выезда караула. Например, она не учитывает загруженность дорог, наличие препятствий на пути выезда или доступность водоисточников для тушения пожара.</p> <p>3. Сложность определения и точного измерения всех входных параметров. Например, точная оценка интенсивности потока вызовов или возможного числа вызовов может быть затруднена по причине непостоянства этих параметров и сложности их получения.</p> <p>4. Не учитывает динамику изменения вероятности отказа выезда караула в зависимости от различных факторов. Предоставляет только статическую оценку на основе заданных параметров, не учитывая изменений в условиях и внешних факторах.</p>
3	Компьютерная имитационная система CIS-KOSMAS [6]	Моделирование систем массового обслуживания, алгоритм Дейкстры	<p>1. Учитываются места размещения уже имеющихся пожарно-спасательных депо.</p> <p>2. Рассматриваются оперативно-тактические характеристики пожарно-спасательных гарнизонов и особенности планировочной структуры населенного пункта.</p> <p>3. Предлагает варианты оптимальных маршрутов</p>

	Математическая модель	Область научных методов	Особенности реализации
			следования подразделений к месту вызова. 4. Не учитываются объемно-планировочные решения зданий и сооружений в населенном пункте. 5. Для выполнения расчетов требуются мощные программные комплексы, использующие лицензионное программное обеспечение CIS-KOSMAS.
4	Методика Санкт-Петербургского Университета ГПС МЧС России [13]	Методы многофакторного анализа и принятия решений	1. Определение влияния каждого из исследуемых факторов. 2. Модель не учитывает динамику изменения факторов во времени. 3. Модель требует точности аналитической информации. 4. Невозможность немедленного выполнения требований законодательства в данной области.
5	Модель оптимального размещения зданий пожарных депо (Университет технологий и наук Китая и Университет промышленной и системной инженерии штата Миннесота) [7]	Методы исследования операций, задачи распределения ресурсов	1. Модель учитывает тактические возможности сил и средств противопожарной службы. 2. Предлагает варианты оптимальных маршрутов следования подразделений к месту вызова. 3. В исследованиях применяются ГИС технологии. 4. Сложность определения необходимых для исследования параметров. 5. Неравномерность веса исходных параметров, которые могут повлиять на точность расчетов. 6. Проведение расчетов требует от исследователя знаний языков программирования.
6	Модель организации пожарной безопасности в населенном пункте (Кипр) [8]	Методы исследования операций, задачи распределения ресурсов	1. Учитывается дорожная обстановка в населенном пункте. 2. Учитываются места дислокации действующих подразделений пожарной охраны. 3. В исследованиях учитывается статистическая информация. 4. Предлагает варианты оптимальных маршрутов следования подразделений к месту вызова. 5. Для исследования необходимы устройства, позволяющие отслеживать скорость движения пожарной техники, а также маршруты ее следования. 6. Предлагает варианты оптимальных маршрутов следования подразделений к месту вызова. 7. В исследованиях применяются ГИС технологии.
7	Модель организации пожарной безопасности в населенном пункте (Чили) [9]	Методы исследования операций, задачи распределения ресурсов	1. Модель учитывает оперативно-тактические характеристики местной противопожарной службы. 2. Учитываются места дислокации действующих подразделений пожарной охраны. 3. В расчетах учитывается статистическая информация об обстановке, связанной с пожарами на территории населенного пункта. 4. Не учитывается дорожная обстановка. 5. В расчётах применяются ГИС технологии и языки программирования.

Определение оптимальных мест дислокации зданий пожарно-спасательных депо является сложной задачей, требующей специализированных знаний и использования программного обеспечения с высокими требованиями к аппаратной части. В связи с этим, проведение работы по определению таких мест

требует либо соответствующей подготовки специалистов, разрабатывающих методику и программное обеспечение, либо привлечения специалистов с соответствующим опытом и компетенциями в области прикладных вычислений.

Для органов управления пожарной охраной местного пожарно-спасательного гарнизона необходим подход или программный продукт, который бы основывался на их специализированных знаниях. Предлагаемый авторами подход к определению достаточности зданий пожарно-спасательных депо в городском населенном пункте основан на применении расчетов, определяющих основные оперативно-тактические возможности отделений и дежурных караулов подразделений, занимающихся тушением пожаров. Для этого подхода используются ГИС-технологии, которые уже широко применяются в повседневной деятельности. Как источник данных, могут быть использованы инструменты для работы с картографическим и справочным контентом, такие как "ДубльГИС", а также визуальные редакторы, позволяющие создавать интерактивные карты, например, "Конструктор карт Яндекс" и "Google Мои карты". Это позволяет разработчикам и специалистам применять актуальные и надежные данные для анализа и принятия обоснованных решений по оптимизации дислокации пожарно-спасательных депо в городской среде.

Принимая во внимания приведенные выше примеры моделей отечественных и зарубежных исследователей, и учитывая их недостатки, авторы работы предлагают свой вариант оценки эффективности размещения действующих пожарных депо на территории городского населенного пункта. Проведя расчеты также можно получить ответ на вопрос о достаточности зданий пожарных депо на территории населенного пункта.

Для определения достаточности пожарно-спасательных депо в городе необходимо обладать определенным объемом информации, которая используется в оперативной деятельности пожарной охраны [10]. Эта информация может быть получена через наблюдения и сбор данных о количестве и местах возникновения пожаров, времени их возникно-

вания, времени ликвидации, а также о количестве объектов, требующих особого внимания.

Суть метода заключается в применении методики расчета необходимого количества пожарной техники, которая уже давно используется как на теоретическом уровне, так и в практической деятельности [11,12]. В расчетах применяются следующие факторы: линейная скорость развития пожара, требуемая интенсивность подачи огнетушащих средств, скорость движения пожарного автомобиля, вероятность применения звеньев ГДЗС на пожаре. Это методика является основополагающей в предложенном авторами методе определения достаточности зданий пожарно-спасательных депо в городском населенном пункте. Для каждого имеющегося на территории населенного пункта пожарно-спасательного подразделения рассчитываются его тактические возможности. Как правило, для тушения пожара выезжает дежурный караул в составе двух отделений на основных пожарных автомобилях. Рассчитывается максимально допустимая площадь пожара, которую способен локализовать дежурный караул, и, принимая во внимание расчетное значение, используются временные интервалы реагирования на сообщение о пожаре дежурного караула. Итогом расчетной части является геометрическая фигура в виде окружности с радиусом, равным расстоянию, которое может преодолеть дежурный караул, учитывая ограничение во времени 10 минут (касается городских населенных пунктов).

Хотелось бы отметить, что все предполагаемые вычисления существуют в пожарной охране уже не один десяток лет, и с годами все чаще применяются как на пожарах, так и при планировании боевых действий пожарно-спасательного гарнизона. В качестве визуализации полученных расчетов возможно применение набора инструментов для работы с картографическим и справочным контентом, например «ДубльГИС» совместно с конструктором карт Яндекс.



Рис. 4. Схема поэтапной реализации методики оценки достаточности пожарных депо в городских населенных пунктах

Список литературы

1. Баканов М. О., Анкудинов М. В. Резервирование средств мониторинга природных чрезвычайных ситуаций // *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*. 2016. Т. 2, № 1 (7). С. 10–11. EDN: YOSPUD.

2. Баканов М. О., Смирнов В. А., Анкудинов М. В. К вопросу о резервировании и управлении беспилотными воздушными судами при мониторинге ландшафтных пожаров // *Мониторинг. Наука и технологии*. 2016. № 4(29). С. 77–79. EDN: XQUZZZ.

3. Отечественные подходы к вопросам дислокации зданий пожарных депо / М. О. Баканов, А. В. Суwegeин, Д. С. Катин [и др.] // *Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: сборник материалов Дней науки с международным участием, посвященных 90-летию Гражданской обороны России. В 2-х частях, Часть 1*. Екатеринбург: Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2022. С. 10–14. EDN: MUFZVR.

4. Брушлинский Н. Н. О некоторых проблемах, связанных с нормированием пожарных автомобилей и пожарных депо // *Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety*. 2004. Т. 13. №. 4. С. 76–81.

5. Таранцев А. А. О проблеме размещения вновь создаваемых пожарных частей на территориях регионов // *Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety*. 2013. Т. 22. №. 5. С. 52–57.

6. Опыт применения компьютерных имитационных систем моделирования деятельности экстренных служб / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов, Е. М. Алехин [и др.] // *Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций*. 2009. № 1. С. 11–22.

7. Ming J., Richard J. P. P., Zhu J. A facility location and allocation model for cooperative fire services. *Ieee Access*, 2021. vol. 9, pp. 90908–90918.

8. Murray A. T. Optimising the spatial location of urban fire stations. *Fire safety journal*, 2013, vol. 62, pp. 64–71.

9. Rodriguez S. A., Rodrigo A., Aguayo M. M. A facility location and equipment emplacement technique model with expected coverage for the location of fire stations in the Concepción province, Chile. *Computers & Industrial Engineering*, 2020, vol. 147, pp. 106522.

10. Ранжирование номеров вызова как элемент планирования при организации тушения пожаров / М. О. Баканов, И. А. Кузнецов, А. В. Суwegeин [и др.] // *Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции*,

Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 8–12. EDN: UWWSAV.

11. Иванников В. П., Ключ П. П., Мазур Л. К. *Справочник по тушению пожаров* // Киев: МВД УССР. 1975.

12. Баканов М. О., Тараканов Д. В. Дистанционный мониторинг техногенных пожаров и чрезвычайных ситуаций // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2018. № 1 (373). С. 173–177. EDN: XRGBUT.

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

14. Модели качества дистанционного мониторинга техногенных пожаров и чрезвычайных ситуаций / А. В. Кузнецов, М. О. Баканов, Д. В. Тараканов [и др.] // *Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Часть 1*. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 401–402. EDN: TSLOAB.

15. Баканов М. О., Тараканов Д. В., Кузнецов А. В. Модели мониторинга природных пожаров и чрезвычайных ситуаций // *Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Часть 1*. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 307–309. EDN: WAVJUW.

References

1. Bakanov M. O., Ankudinov M. V. Rezervirovaniye sredstv monitoringa prirodnykh chrezvychaynykh situatsiy [Reservation of means for monitoring natural emergency situations]. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*, 2016, issue. 2, vol. 1 (7). pp. 10–11. EDN: YOSPUD.

2. Bakanov M. O., Smirnov V. A., Ankudinov M. V. K voprosu o rezervirovani i upravlenii bespilotnymi vozдушnymi sudami pri monitoringe landshaftnykh pozharov [On the issue of redundancy and control of unmanned aerial vehicles when monitoring landscape fires]. *Monitoring. Nauka i tekhnologii*, 2016, vol. 4 (29), pp. 77–79. EDN: XQUZZZ.

3. Otechestvennyye podkhody k voprosam dislokatsii zdaniy pozharnykh depo [Domestic approaches to the issues of dislocation of

fire station buildings] / M. O. Bakanov, A. V. Surovegin, D. S. Katin [et al.]. *Aktual'nye problemy i innovacii v obespechenii bezopasnosti: sbornik materialov Dnej nauki c mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennyh 90-letiyu Grazhdanskoj oborony Rossii*, vol. 1. Ekaterinburg: Ural'skij institut Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii, 2022. pp. 10–14. EDN: MUFZVR.

4. Brushlinsky N. N. O nekotorykh problemakh, svyazannykh s normirovaniyem pozharnykh avtomobiley i pozharnykh depo [About some problems associated with the rationing of fire trucks and fire stations]. *Pozharovzryvobezopasnost'/Fire and Explosion Safety*, 2004, vol. 13, issue 4, pp. 76–81.

5. Tarantsev A. A. O probleme razmeshcheniya vnov' sozdavayemykh pozharnykh chastey na territoriyakh regionov [On the problem of placing newly created fire departments in regional territories]. *Pozharovzryvobezopasnost'/Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, issue 5. pp. 52–57.

6. Opyt primeneniya komp'yuternykh imitatsionnykh sistem modelirovaniya deyatel'nosti ekstrennykh sluzhb [Experience in using computer simulation systems for modeling the activities of emergency services] / N. N. Brushlinskiy, S. V. Sokolov, Ye. M. Alekhin [et al.]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychajnykh situacij*, 2009, issue 1, pp. 11–22.

7. Ming J., Richard J. P. P., Zhu J. A facility location and allocation model for cooperative fire services. *IEEE Access*, 2021. vol. 9, pp. 90908–90918.

8. Murray A. T. Optimising the spatial location of urban fire stations. *Fire safety journal*, 2013, vol. 62, pp. 64–71.

9. Rodriguez S. A., Rodrigo A., Aguayo M. M. A facility location and equipment emplacement technique model with expected coverage for the location of fire stations in the Concepción province, Chile. *Computers & Industrial Engineering*, 2020, vol. 147, pp. 106522.10.

10. Ranzhirovaniye numerov vyzova kak element planirovaniya pri organizatsii tusheniya pozharov [Ranking of call numbers as an element of planning when organizing fire extinguishing] / M. O. Bakanov, I. A. Kuznetsov, A. V. Surovegin

[et al.]. *Aktual'nye voprosy pozharotusheniya : sbornik materialov III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2023, pp. 8–12. EDN: UWWSAV.

11. Ivannikov V. P., Klyus P. P., Mazur L. K. *Spravochnik po tusheniyu pozharov* [Handbook on fire extinguishing]. Kiev: MVD USSR. – 1975.

12. Bakanov M. O., Tarakanov D. V. Distantcionnyy monitoring tekhnogennykh pozharov i chrezvychaynykh situatsiy [Remote monitoring of man-made fires and emergency situations] *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. 2018, vol. 1 (373), pp. 173–177. EDN: XRGBUT.

13. Buinevich M. V., Pelekh M. T., Akhunova D. G. Razvitiye pozharnoy okhrany megapolisa s ispol'zovaniyem tekhnologii imitatsionnogo modelirovaniya [Development of fire protection in a metropolis using simulation modeling technology] *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii»*, 2019, issue 3, pp. 150–156.

14. Modeli kachestva distantcionnogo monitoringa tekhnogennykh pozharov i chrezvychaynykh situatsiy [Quality models for remote monitoring of man-made fires and emergency situations] / A. V. Kuznetsov, M. O. Bakanov, D. V. Tarakanov [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu kul'tury bezopasnosti*, issue 1. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2018. pp. 401–402. EDN: TSLOBAB.

15. Bakanov M. O., Tarakanov D. V., Kuznetsov A. V. Modeli monitoringa prirodnykh pozharov i chrezvychaynykh situatsiy [Models for monitoring natural fires and emergency situations]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost' : sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu kul'tury bezopasnosti*, issue 1. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2018, pp. 307–309. EDN: WAVJUW.

Суровегин Антон Вячеславович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

начальник научно-исследовательского отделения

E-mail: sav_37@mail.ru

Surovegin Anton Vyacheslavovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Head of the research division
E-mail: sav_37@mail.ru

Кузнецов Илья Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Научный сотрудник
E-mail: ikuz1999@list.ru

Kuznetsov Ilya Alexandrovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Research Associate
E-mail: ikuz1999@list.ru

Катин Денис Сергеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Научный сотрудник
E-mail: den.catin@yandex.ru

Katin Denis Sergeevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Research Associate
E-mail: den.catin@yandex.ru

УДК 614.841.2

ВЛИЯНИЕ ПРОБООТБОРА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА МЕСТЕ ПОЖАРА С ПОМОЩЬЮ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА

Т. П. СЫСОЕВА, С. Ф. ЛОБОВА, П. А. ТКАЧЕВ

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

E-mail: syisik@mail.ru, sophyf@mail.ru, tkachev@igps.ru

Полевое испытание в зимних условиях окружающей среды позволило экспериментально определить длительность сохранения паров инициаторов горения над различными объектами-носителями, выявить наиболее долго сохраняющиеся инициаторы горения. В качестве образцов исследования были выбраны различные объекты-носители (древесина, грунт, имитация части мебели, опилки асфальт), а также инициаторы горения – автомобильный бензин экологического класса К5 АИ-92-К5, топливо дизельное зимнее Дт-3-К5, диметилкетон, жидкость для розжига, антисептическое средство. В качестве метода исследования использовался полевой прибор «АНТ-3». В ходе проведенных исследований было отмечено, что светлые нефтепродукты сохраняются более длительное время, чем жидкости для розжига, ацетон и антисептические жидкости на основе спиртов. Важным выводом является и тот факт, что более длительно удается детектировать пары над более пористыми материалами, которые не подверглись полному сгоранию. Стоит заметить, что погодные условия оказывают значительное влияние на сохранность следов инициаторов горения, а осадки могут смывать их с поверхности объектов-носителей и разбавлять имеющиеся в них концентрации. В большей степени испарение происходит в течение первых суток, исключение составили нефтепродукты, внесенные на объект-носитель – грунт.

Ключевые слова: осмотр места пожара, поджог, пробоотбор, экспертиза, эксперт, пожар, инициаторы горения.

THE EFFECT OF SAMPLING ON THE RESULTS OF EXPERT STUDIES AT THE FIRE SITE USING A GAS ANALYZER

T. P. SYSOEVA, S. F. LOBOVA, P. A. TKACHEV

Saint Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia,

Russian Federation, Saint Petersburg

E-mail: syisik@mail.ru, sophyf@mail.ru, tkachev@igps.ru

Field testing in winter environmental conditions allowed experimentally to determine the duration of preservation of gorenje vapors over various carrier objects, to identify the longest-lasting initiators of combustion. Various media objects (wood, soil, imitation of furniture parts, sawdust asphalt), as well as initiators of gorenje – automobile gasoline of ecological class K5 AI-92-K5, diesel winter fuel Dt-3-K5, dimethyl ketone, ignition liquid, antiseptic agent were selected as samples of the study. The field device «ANT-3» was used as a research method. In the course of the conducted studies, it was noted that light oil products are stored for a longer time than ignition liquids, acetone and antiseptic liquids based on alcohols. An important conclusion is also the fact that it takes longer to detect vapors over more porous materials that have not undergone complete combustion. It is worth noting that weather conditions have a significant impact on the preservation of traces of initiators of gorenje, and precipitation can wash them off the surface of the carrier objects and dilute the concentrations available in them. To a greater extent, evaporation occurs during the first day, with the exception of petroleum products deposited on the carrier object – soil.

Key words: fire site inspection, arson, sampling, examination, expert, fire, initiators of gorenje.

Введение

Актуальность данной работы, обуславливается тем, что почти каждому экспертному исследованию предшествует стадия отбора проб. Отбор проб является важным этапом анализа любых объектов. От правильности, а самое важное, от своевременности выполнения данной процедуры зависят конечные результаты всего исследования. Если эксперт допускает ошибки в процессе пробоотбора, то на последующих стадиях исследования исправить их уже не представляется возможным. Применяя в исследованиях дорогостоящее оборудование и современные приборы уже не даст достоверных результатов. Пробоотбор осуществляется как правило в три этапа: способ отбора пробы, проведение отбора, консервация и транспортировка в экспертную лабораторию. Качество отбора проб в большой степени зависит от опыта и квалификации специалиста (эксперта), поэтому необходимо с должным вниманием и тщательностью подходить к правильности проведения всех шагов пробоотбора.

Анализируемые вещества могут находиться в различных агрегатных состояниях, соответственно, порядок и способы отбора проб будут различны. Существенное влияние на данное действие оказывает промежуток времени с момента установления необходимости проведения исследования до момента непосредственно изъятия объектов исследования.

В случае с исследованием пожаров эксперта не всегда привлекают в день самого пожара. С момента ликвидации пожара может пройти длительное время и обстановка на месте происшествия подвергается изменениям (погодные явления, человеческий фактор и т.д.), что приводит к возможной утрате будущих объектов исследования.

Для пробоотбора на месте пожара, который произошел, в результате занесения источника открытого огня одним из важных факторов является временной период их обнаружения. Легковоспламеняющиеся вещества (далее — ЛВЖ) и горючие жидкости (далее — ГЖ) подвержены быстрому испарению и выветриванию [1,5]. Скорость данных процессов зависит от многих условий: температуры окружающей среды, воздухообмена в помещении, материала или изделия, послужившими объектами носителями попадания данных веществ или жидкостей.

В связи с этим, было проведено полевое испытание в зимних условиях на открытой среде, которое позволило экспериментально определить длительность сохранения паров инициаторов горения над различными объек-

тами-носителями, а также выявить наиболее долго сохраняющиеся инициаторы горения, с помощью газоанализатора «АНТ-3».

Объекты исследования

В качестве объектов исследования использовались:

- диметилкетон (ацетон) технический по ГОСТ 2768-84, производитель АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания»;
- жидкость для розжига;
- антисептик;
- автомобильный бензин экологического класса К5 АИ-92-К5 по ГОСТ 32513-2013, производитель «Ярославский НПЗ»;
- топливо дизельное зимнее Дт-3-К5 минус 32 экологического класса К5 по ГОСТ 55475-2013, производитель «АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ГАЗПРОМНЕФТЬ – ТЕРМИНАЛ», изготовитель Новосибирск;
- древесина, грунт, имитация части мебели, опилки, асфальт.

Бензин, дизельное топливо и жидкость для розжига являются легкодоступными средствами для осуществления противоправных действий. Антисептик и ацетон считаются нетрадиционными средствами для совершения поджогов, но обе эти жидкости часто используются в быту.

Диметилкетон (ацетон) — C_3H_6O вещество, относящееся к классу насыщенных кетон, является бесцветной летучей легковопламеняющейся жидкостью с температурой вспышки $-18\text{ }^{\circ}C$, температурой воспламенения $-5\text{ }^{\circ}C$, температурой самовоспламенения $535\text{ }^{\circ}C$. Ацетон – универсальный растворитель с его помощью можно удалить остатки клея, лака, краски, а также пятна на посуде или бытовой технике.

Жидкость для розжига – представляет собой смесь алканов на основе изопропилового спирта.

Антисептическая жидкость – смесь спирта изопропилового (70 % об), воды, глицерина, алкилметилбензиламмония хлорида, отдушки, динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (трилона Б). Антисептик прозрачный, бесцветный с запахом отдушки. В связи с недавней эпидемией новой коронавирусной инфекции, антисептик распространился повсеместно во всех общественных местах и в быту. Все антисептические жидкости производятся на основе спиртов, которые являются пожароопасными жидкостями и требуют соблюдения мер предосторожности при их использовании.

Бензин автомобильный АИ-92-К5 – смесь углеводородов, имеющая октановое число 92, что означает ее соответствие детонационной

стойкости искусственной смеси, состоящей из 92 частей изооктана и 8 частей – н-гептана, в которой содержание серы не превышает величины 10,0 мг/кг. Автомобильные бензины всех марок являются ЛВЖ с диапазоном температуры вспышки от $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, диапазоном температуры кипения от $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, температурой воспламенения от $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, температурой самовоспламенения от $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, прозрачный, желтого цвета с характерным запахом [2]. Бензин марки АИ-92 является самым распространенным в России и в странах ближнего зарубежья. Он наиболее распространен, поэтому в качестве объекта исследования была выбрана данная марка.

Дизельное топливо Дт-3-К5 состоит из смеси парафиновых, нефтяных и ароматических углеводородов. Дизельное топливо обладает диапазоном температуры вспышки от $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, диапазоном температуры кипения от $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, температурой воспламенения от $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, температурой самовоспламенения от $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, прозрачный, желтого цвета с характерным запахом.

Способность паров горючих веществ сохраняться какой-то промежуток времени изучалась на объектах-носителях пяти типов: древесине, грунте, имитации части мебели (поролон и ткань), опилках, асфальте.

Древесина была выбрана в связи с тем, что она является распространенным строительным материалом, а также материалом для изготовления мебели в одном ряду с опилками, которые используют для производства древесно-стружечной плиты.

Изучение присутствия следов горючих жидкостей на асфальте и грунте актуально при исследовании пожаров на автотранспортных средствах. Как правило, автомобиль обливают горючей жидкостью с последующим занесением источника открытого огня, способного воспламенить пары [3, 5]. При этом часть горючей жидкости может стекать на асфальт или грунт, где она сохраняется какое-то время и даёт эксперту возможность достоверно установить факт поджога. Только здесь не стоит забывать проводить сравнительный анализ с топливным средством в баке самого автомобиля, во избежание их совпадения [6,7].

Мягкая мебель изготавливается из горючих материалов, что способствует быстрому

распространению пожара в помещениях. В производстве мягкой мебели используют различные ткани и поролон. Наибольшую популярность у производителей в настоящее время набрал велюр и микровелюр, поэтому для создания имитации части мебели использовались велюровая ткань и поролон.

Экспериментальная часть

Во все отобранные объекты-носители внесено равное количество инициаторов горения объемом 70 мл, а затем осуществлялось воспламенение объектов при помощи газовой горелки, для создания условий, схожих с реальным пожаром. Каждый образец горел до самостоятельного затухания, затем сразу же проводили замеры с помощью прибора «АНТ-3».

Такой выбор обусловлен тем, что «АНТ-3» позволяет определять массовые концентрации паров веществ в воздухе. Действие прибора основывается на принципе ионизации молекул веществ фотонами высокой энергии. Источником ионизации в приборе является высокочастотная криптоновая лампа, являющаяся квазимонохроматичным источником вакуумного УФ-излучения.

Затем замеры проводили ежедневно, в один и тот же промежуток времени, с фиксацией условий окружающей среды. Период выполнения экспериментальной части осуществлялся с 16 января по 16 марта 2023 г. Погодные условия за прошедший период замеров отражены в табл. 1. Средняя температура окружающей среды в указанный период составляла $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, влажность 82 %. В качестве температуры окружающей среды « $T_{\text{окр}}$ » указывалась среднесуточная температура. По такому же принципу указана влажность в ячейке «ф» и скорость воздушного потока в ячейке «Вр». В ячейке «Осадки» указаны дневные и ночные осадки. При этом в ячейке «день» учитывались утренние и непосредственно дневные осадки, а в ячейке «ночь» вечерние и ночные. Детектирование паров осуществлялось по шкале «Углеводороды», поскольку спектр восприятия данной шкалы подходит для большого количества соединений. Использование единой шкалы позволяет поставить объекты исследования в идентичные условия детектирования. Сроки обнаружения детектируемых количеств ЛВЖ и ГЖ над объектами-носителями отображены в сутках (табл. 2).

Таблица 1. Условия окружающей среды в период замеров прибором «АНТ-3»

Январь											
Дата	Т _{окр.} , °С	Ф, %	Осадки		В-р, м/с	Дата	Т _{окр.} , °С	Ф, %	Осадки		В-р, м/с
			день	ночь					день	ночь	
16	-1	83	пасм.	пасм.	7	24	-3	83	пасм.	снег	3
17	-4	80	дождь	снег	4	25	-7	89	пасм.	дождь	4
18	+2	84	дождь	дождь	1	26	+1	92	дождь	снег	4
19	+2	82	дождь	пасм.	7	27	-3	86	пасм.	снег	2
20	-2	85	пасм.	пасм.	2	28	-5	82	пасм.	обл.	4
21	-5	79	ясно	ясно	1	29	-1	80	пасм.	обл.	3
22	-4	87	снег	пасм.	1	30	-3	88	снег	снег	4
23	-5	90	снег	снег	1	31	-3	79	снег	снег	3
Февраль											
Дата	Т _{окр.} , °С	Ф, %	Осадки		В-р, м/с	Дата	Т _{окр.} , °С	Ф, %	Осадки		В-р, м/с
			день	ночь					день	ночь	
1	-1	69	пасм.	снег	2	15	+2	73	пасм.	пасм.	2
2	-1	84	снег	обл.	4	16	+1	70	пасм.	пасм.	2
3	-4	87	снег	снег	5	17	-3	82	снег	обл.	2
4	-2	81	снег	снег	7	18	-2	69	пасм.	снег	4
5	-6	76	пасм.	снег	2	19	-4	75	снег	снег	2
6	-2	83	пасм.	обл.	2	20	-6	74	обл.	снег	2
7	-2	82	пасм.	обл.	3	21	-7	62	ясно	ясно	2
8	+1	89	дождь	обл.	2	22	-8	71	ясно	ясно	2
9	+1	67	обл.	пасм.	4	23	-8	74	снег	снег	3
10	-1	96	снег	снег	7	24	-2	79	ясно	обл.	0
11	-2	78	снег	ясно	2	25	-2	75	пасм.	пасм.	1
12	-4	81	обл.	снег	2	26	-4	80	снег	снег	3
13	+1	82	снег	обл.	2	27	-5	76	пасм.	обл.	2
14	+1	52	обл.	обл.	2	28	+2	31	пасм.	ясно	4
Март											
Дата	Т _{окр.} , °С	Ф, %	Осадки		В-р, м/с	Дата	Т _{окр.} , °С	Ф, %	Осадки		В-р, м/с
			день	ночь					день	ночь	
1	-1	75	обл.	обл.	3	9	-6	79	снег	обл.	2
2	+1	79	снег	обл.	4	10	-8	43	обл.	ясно	2
3	+1	74	обл.	обл.	3	11	-6	48	ясно	снег	2
4	+1	72	снег	обл.	2	12	-4	79	снег	обл.	3
5	-1	83	снег	снег	0	13	-3	66	ясно	обл.	3
6	-4	68	обл.	снег	3	14	+4	78	снег	пасм.	5
7	-8	70	снег	обл.	2	15	+4	84	дождь	пасм.	2
8	-3	85	снег	снег	13	16	+2	58	пасм.	ясно	3

Таблица 2. Сроки обнаружения детектируемых количеств ЛВЖ и ГЖ прибором «АНТ-3» (сутки)

Объекты исследования	Диметил-кетон	Жидкость для розжига	Антисептическая жидкость	Бензин АИ-92-К5	Дизельное топливо Дт-3-К5
Древесина	1 сутки	1 сутки	2 суток	3 суток	4 суток
Грунт	>60 суток	2 суток	4 суток	>60 суток	>60 суток
Имитация части мебели	1 сутки	1 сутки	1 сутки	1 суток	2 суток
Опилки	1 сутки	2 суток	3 суток	5 суток	14 суток
Асфальт	2 сутки	1 сутки	2 сутки	2 сутки	2 сутки

По результатам экспериментов и с учетом данных таблицы можно сделать вывод, что более пористые материалы, такие как опилки и грунт, дольше сохраняют в себе следы ЛВЖ и ГЖ, чем плоская поверхность асфальта или древесины, в которой инициаторы горения сохраняются в основном в пазах и частях, не подвергавшихся воздействию пламени и высоких температур. При этом асфальт является плоской поверхностью, поэтому жидкости, попадая на него, растекаются и образуют большую площадь испарения [4]. Этому же способствовали и условия окружающей среды, а именно осадками в виде снега и дождя, а также средняя скорость воздушного потока в первые сутки, которая составляла 7 м/с (табл. 1).

Имитация части мебели подверглась значительной степени выгорания и практически не уцелела, но объект исследования, с внесенным дизельным топливом, сохранял в себе пары, улавливаемые прибором «АНТ-3» на протяжении двух суток. Наиболее вероятно это связано с тем, что дизельное топливо имеет в составе тяжелые компоненты.

Грунт является пористым материалом, что обуславливает его высокие сорбционные способности. При этом в отличие от опилок, грунту горение не свойственно, и за счет низкой теплопроводности инициаторы горения лучше сохраняются в нём во время пожара.

Для каждого исследуемого инициатора горения на основе детектирования с помощью анализатора-течеискателя «АНТ-3» составлены диаграммы сохранности паров в воздухе над объектами-носителями (рис. 1–5).

Из результатов эксперимента, отраженных на диаграмме видно, что ацетон крайне быстро испаряется и выветривается. Исключение составил грунт, пары над которым детектировались более 60-ти суток наравне с бензином и дизельным топливом. Учитывая повторяемость результата с двумя другими инициаторами горения, возможно, предположить, что грунт является наилучшим объектом-носителем инициаторов горения.

Таким образом, прибор «АНТ-3» в условиях отрицательной температуры и после выпадения осадков улавливал пары жидкости для розжига над древесиной, асфальтом и имитацией части мебели лишь на протяжении одних суток. При этом имитация части мебели подверглась практически полному сгоранию, поэтому не смотря на пористость используемых для создания имитации материалов и на их высокую способность к впитыванию жидкостей, они не сохранили в себе следов жидкости для розжига в концентрациях, которые мог бы уловить прибор (такая ситуация сложилась практически с каждым образцом имитации части мебели). В наиболее пористых материалах удавалось детектировать пары жидкости для розжига на протяжении двух суток. Таким образом, жидкость для розжига быстро испаряется, и выветривается даже из пористых материалов (рис. 2.).

По результатам эксперимента (рис. 3.) видно, что пары антисептической жидкости на основе изопропилового спирта детектировались более длительный период, чем пары жидкости для розжига. В пазах древесины и на поверхности асфальта антисептическая жидкость детектировалась на протяжении двух суток. Имитация части мебели проявила себя аналогично прошлым результатам. Дольше всего пары обнаруживались над опилками и грунтом, на протяжении трех-четырёх дней.

Тем не менее, не смотря на более длительный период детектирования в сравнении с предыдущими анализируемыми инициаторами горения, можно сделать вывод о том, что пары антисептических жидкостей в зимних условиях можно обнаружить, только в короткий временной период, который может составить несколько суток.

Также удалось установить, что пары бензина детектировались более 60 суток над объектом-носителем — грунтом, что в разы превышает показания на других объектах-носителях, а также и с другими инициаторами горения (рис. 5.)

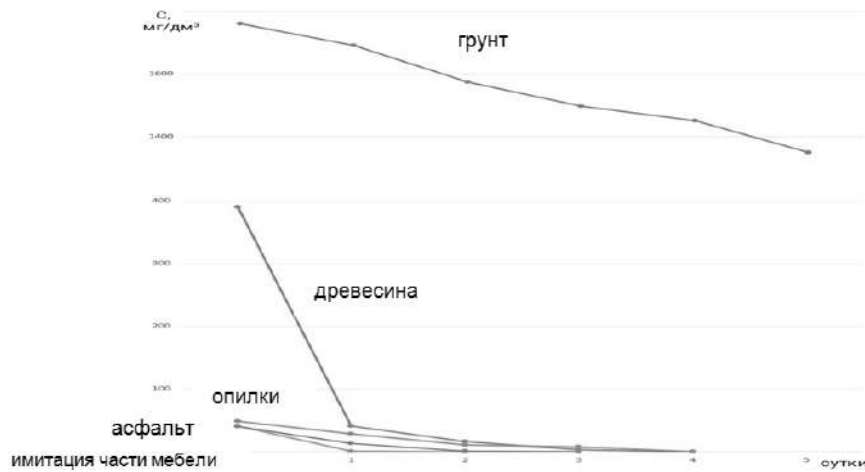


Рис. 1. Диаграмма сохранности паров ацетона над различными объектами-носителями

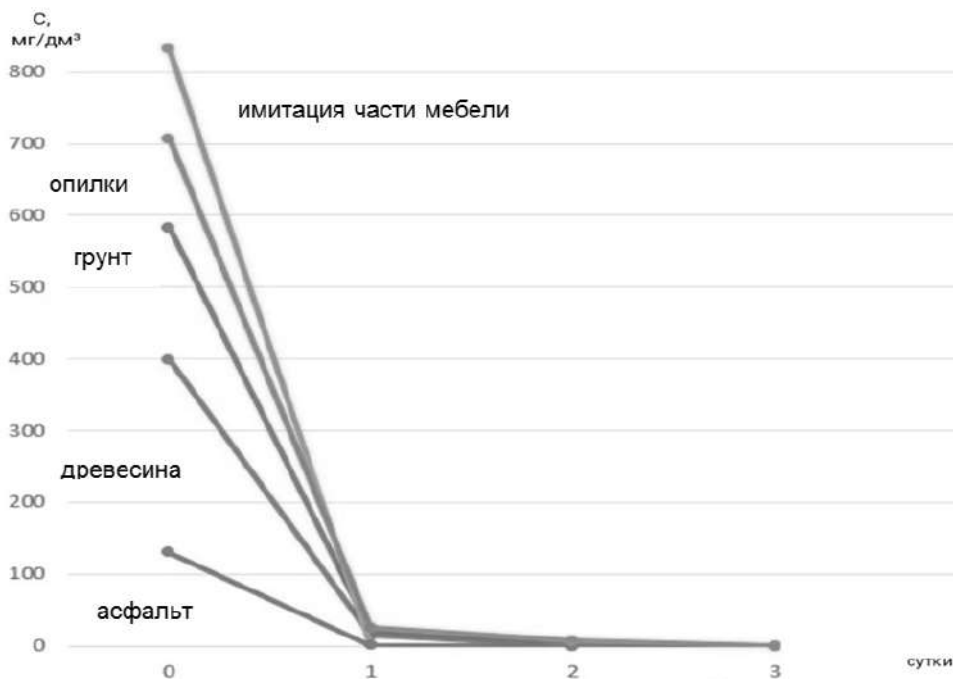


Рис. 2. Диаграмма сохранности паров жидкости для розжига над различными объектами-носителями

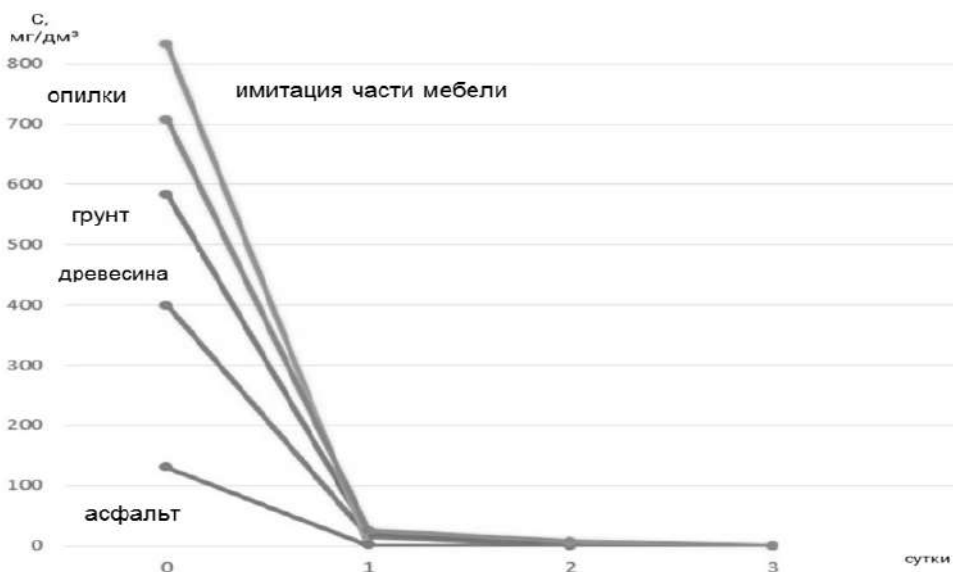


Рис. 3. Диаграмма сохранности паров антисептической жидкости над различными объектами-носителями

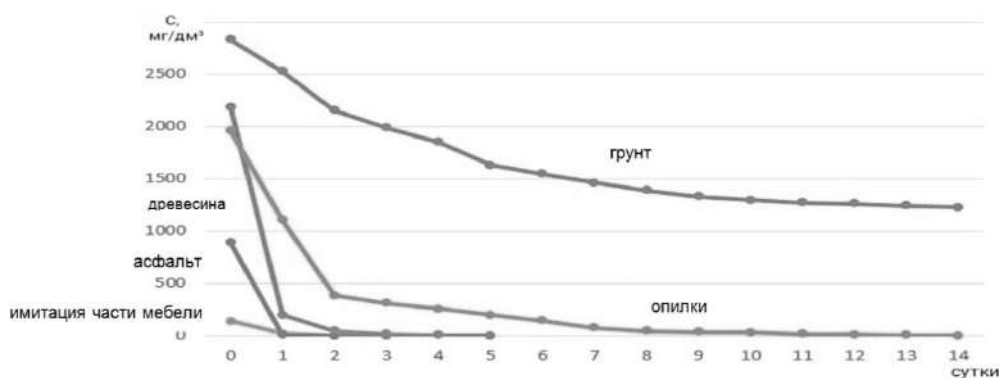


Рис. 4. Диаграмма сохранности паров дизельного топлива над различными объектами-носителями

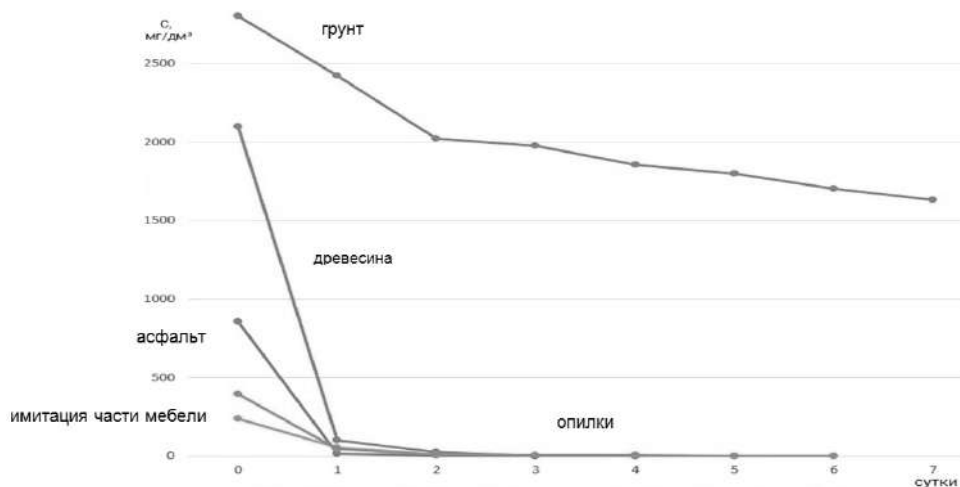


Рис. 5. Диаграмма сохранности паров бензина над различными объектами-носителями

Заключение

Таким образом, светлые нефтепродукты сохраняются более длительное время, чем жидкости для розжига, ацетон и антисептические жидкости на основе спиртов [8]. Важным выводом является и тот факт, что более длительно пары удается детектировать над более пористыми материалами, которые не подверглись полному сгоранию. Стоит заметить, что погодные условия оказывают значительное влияние на сохранность следов инициаторов горения, а осадки могут смывать их с поверхности объектов-носителей и разбавлять имеющиеся в них концентрации. В каждом рассмотренном графике видна закономерность

уменьшения концентраций различных инициаторов горения над объектами-носителями – в большей степени испарение происходит в течение первых суток, а затем данный процесс протекает более равномерно.

Следовательно, эксперту необходимо прибывать на место происшествия в первые двое суток после ликвидации пожара, если конечно на месте исследования не присутствуют нефтепродукты, но их наличие или отсутствие в свою очередь можно установить только после изучения места пожара, что опять влечет за собой вывод об оперативном вмешательстве в процесс осмотра места пожара соответствующих специалистов.

Список литературы

1. Абдурагимова Т. И., Трущенко И. В. Некоторые аспекты осмотра, обыска и выемки в целях обнаружения, фиксации и изъятия объектов для производства судебной компьютерной экспертизы // Теория и практика судебной экспертизы: международный опыт, проблемы, перспективы. Сборник научных трудов I Международного форума. М., 2017. С. 27–33.

2. Сысоева Т. П., Кухарев А. А. Особенности формирования признаков очага пожара при низких температурах // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика — регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в арктическом регионе. Материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2020. С. 232–233.

3. Сысоева Т. П., Калач Е. В. Исследование работоспособности полевых приборов для осмотра места пожара в условиях низких температур // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 176–177.

4. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. Часть 2. СПб: СПб филиал ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2012. 364 с.

5. Елисеев Ю. Н., Чешко И. Д., Соколова А. Н. Экспертная дифференциация поджога и загорания автомобиля в результате утечки топлива // Пожарная безопасность. 2007. № 1. С. 97–104.

6. Пожарно-техническая экспертиза: учебное пособие / М. А. Галишев, Ю. Д. Моторыгин, Ю. Н. Бельшина [и др.]. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2014. 352 с.

7. Дорохова О. В. Особенности проведения осмотра места происшествия по делам о пожарах и поджогах // Мировая наука. 2019. № 12 (33). С. 118–121.

8. Бруевич М. Ю., Горшкова Е. Е., Дектерева В. В. Расследование умышленного уничтожения или повреждения чужого имущества, совершенного путем поджога. Учебное пособие для слушателей, обучающихся по дополнительным образовательным программам. Санкт-Петербург, 2020. 192 с.

References

1. Abduragimova T. I., Trushchenkov I. V. Nekotorye aspekty osmotra, obyska i vyemki v celyah obnaruzheniya, fiksacii i iz"yatiya ob"ektov dlya proizvodstva sudebnoj komp'yuternoj ekspertizy [Some aspects of inspection, search and seizure in order to detect, fix and seize objects for forensic computer examination]. *Teoriya i praktika sudebnoj ekspertizy: mezhdunarodnyj opyt, problemy, perspektivy. Sbornik nauchnyh trudov I Mezhdunarodnogo foruma*. Moscow, 2017. pp. 27–33.

2. Sysoeva T. P., Kukharev A. A. Osobennosti formirovaniya priznakov ochaga pozhara pri nizkikh temperaturah [Features of the formation of signs of a fire at low temperatures]. *Servis be-*

zopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Arktika — region strategicheskikh interesov: pravovaya politika i sovremennye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti v arkticheskom regione. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Sankt-Peterburg, 2020, pp. 232–233.

3. Sysoeva T. P., Kalach E. V. Issledovanie rabotosposobnosti polevyh priborov dlya osmotra mesta pozhara v usloviyah nizkikh temperatur [Investigation of the operability of field devices for fire site inspection at low temperatures]. *Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Sankt-Peterburg, 2022, pp. 176–177.

4. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. *Analiz ekspertnyh versij vozniknoveniya pozhara. Chast' 2* [Analysis of expert versions of the occurrence of a fire. Part 2]. SPb: SPb filial FGBU VNIPO MCHS Rossii, 2012. 364 p.

5. Eliseev Yu. N., Cheshko I. D., Sokolova A. N. Ekspertnaya differenciaciya podzhoga i zagoraniya avtomobilya v rezul'tate utechki topliva [Expert differentiation of arson and ignition of a car as a result of fuel leakage]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2007, issue 1, pp. 97–104.

6. *Pozharno-tekhnicheskaya ekspertiza: uchebnoe posobie* [Fire-technical expertise: textbook] / M. A. Galishev, Yu. D. Morygin, Yu. N. Bel'shina [et al.]. SPb.: Sankt-Peterburgskij universitet GPS MCHS Rossii. 2014. 352 p.

7. Dorokhova O. V. Osobennosti provedeniya osmotra mesta proisshestiya po delam o pozharah i podzhogah [Features of the inspection of the scene of the incident in cases of fires and arson]. *Mirovaya nauka*, 2019, vol. 12 (33), pp. 118–121.

8. Bruevich M. Yu., Gorshkova E. E., Dektereva V. V. *Rassledovanie umyshlennogo unichtozheniya ili povrezhdeniya chuzhogo imushchestva, sovershennogo putem podzhoga. Uchebnoe posobie dlya slushatelej, obuchayushchihsya po dopolnitel'nym obrazovatel'nym programmam* [Investigation of intentional destruction or damage of someone else's property committed by arson. Uchebnoye posobiye dlya slushatelej, obuchayushchihsya po dopolnitel'nym obrazovatel'nym programmam. Textbook for students enrolled in additional educational programs] Sankt-Peterburg, 2020. 192 p.

Сысоева Татьяна Павловна,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник исследовательского центра
экспертизы пожаров
E-mail: syisik@mail.ru

Sysoeva Tatiana Pavlovna,
St. Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, St. Petersburg
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Research Center
for Fire Expertise
E-mail: syisik@mail.ru

Лобова Софья Федоровна,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
старший научный сотрудник исследовательского центра экспертизы пожаров
E-mail: sophyf@mail.ru.

Lobova Sofya Fedorovna,
St. Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, St. Petersburg
Senior Researcher at the Research Center for Fire Expertise
E-mail: sophyf@mail.ru

Ткачев Павел Анатольевич,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
кандидат юридических наук, профессор, профессор кафедры гражданского права
E-mail: tkachev@igps.ru

Tkachev Pavel Anatolyevich,
St. Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, St. Petersburg
Candidate of Legal Sciences, Professor, Professor of the Department of Civil Law
E-mail: tkachev@igps.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К рассмотрению принимаются рукописи в электронном формате документа Microsoft Word (*.doc, *.docx). Файлы высылаются по адресу: journal@edufire37.ru

Статьи должны полностью соответствовать специальностям журнала.

Обязательно указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

В статье указывается шифр основной специальности, по которой выполнена работа.

При направлении материалов в редакцию по электронной почте в одном письме направляются:

- файл статьи в формате MS Word;
- внешняя рецензия, заверенная в установленном в организации порядке (рецензенты и авторы статей не должны находиться в должностных отношениях);
- сканированная копия сопроводительного письма.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ СТАТЕЙ

Обязательные элементы рукописи:

УДК, аннотация, ключевые слова, текст статьи.

Аннотация должна иметь объем 150–200 слов, а её содержание – отражать структуру статьи.

Минимальный объем ключевых слов – 5. Ключевые слова отделяются друг от друга точкой с запятой.

В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

Структура размещения статьи в журнале:

- Блок 1 – на русском языке: УДК; название статьи; автор(ы); адресные данные авторов (полное юридическое название организации, адрес организации, адрес электронной почты всех или одного автора); аннотация; ключевые слова;
- Блок 2 – транслитерация и перевод на английский язык соответствующих данных Блока 1 в той же последовательности: название статьи – на английском языке; авторы – на латинице (транслитерация); название организации, адрес организации, аннотация, ключевые слова – на английском языке;
- Блок 3 – полный текст статьи на языке оригинала (русском), оформленный в соответствии с действующими требованиями Журнала;
- Блок 4 – список литературы на русском языке (название «Список литературы»);
- Блок 5 – список литературы в романском алфавите (название References). Если список литературы состоит только из англоязычных источников, то Блок 5 может отсутствовать.
- Блок 6 – сведения об авторах на русском и английском языках.

Технические требования к оформлению

Рукописи представляются в формате А4. Объем представляемых рукописей (с учетом пробелов):

- статьи – до 20 тысяч знаков;
- обзора – до 60 тысяч знаков;
- краткого сообщения – до 10 тысяч знаков.

Оформление текста статьи:

- для набора используется шрифт Arial, размер шрифта – 10;
- отступ первой строки абзаца 1,25 см;
- все поля 2 см;
- все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом использовании;
- недопустимо использование расставленных вручную переносов.

Оформление формул, рисунков и таблиц:

• формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 или Math Type 5.0-6.0 Equation (шрифт Arial), размер шрифта – 10. Пояснения к формулам (экспликация) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Формулы нумеруют в круглых скобках по правому краю страницы;

• в тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на таблицы, рисунки, графики;

• графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них.

Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Рисунки обяза-

тельно должны быть сгруппированы (т.е. не должны «разваливаться» при перемещении и форматировании);

- подрисуночные подписи размещаются по центру;
- названия рисунков даются под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Слово «Рис.» с порядковым номером пишется полужирно, название рисунка – с прописной буквы, обычным шрифтом: **Рис. 1.** Отдельные элементы дымопроницаемой мембраны в сложенном состоянии;
- если рисунок в тексте один, номер не ставится: **Рисунок.** Статистика пожаров, произошедших на различных объектах;
- подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см;
- ссылки в тексте на таблицы пишутся: «табл.», «табл. 1»;
- слово «Таблица» с порядковым номером и названием размещается по центру. Слово «Таблица» набирается курсивом, название таблицы выделяется полужирно: *Таблица 1. Экспериментальные данные по допустимым срокам непрерывной продолжительности работы в изолирующих термоагрессивостойких костюмах для пожарных;*
- единственная в статье таблица не нумеруется: *Таблица. Анализ оборудования для задачи воздушно-механической пены;*
- по возможности следует избегать использования рисунков и таблиц, размер которых требует альбомной ориентации страницы;
- поворот рисунков и таблиц в вертикальную ориентацию недопустим;
- текст статьи не должен заканчиваться таблицей, рисунком или формулой.

Правила оформления списка литературы

После текста статьи приводится список литературы, оформленный в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Источники указываются в порядке цитирования в тексте. На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте.

В список литературы включаются только научные и приравненные к ним публикации (статьи, монографии, учебные издания, патенты на изобретения, авторские свидетельства). Ссылки на нормативные документы (законы, постановления, стандарты) должны оформляться как подстрочные сноски.

В статье должны быть представлены два варианта списка использованной литературы:

– список на русском языке. Для изданий на русском языке обязательна транслитерация оригинального названия и перевод названия на английский язык (в квадратных скобках); тире, а также символ // в описании на английском языке не используются;

– список в романском алфавите (References). В References при переводе статьи на английский названия изданий и журналов не переводятся, используется транслитерация.

Для изданий на английском языке транслитерация не производится.

Если есть, обязательно указывается DOI.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
№ 4 (49), 2023

16+

Дата выхода в свет 22.12.2023 г. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Формат 60 × 90 1/8. Усл. печ. л. 29. Тираж 100 экз.
Заказ № 89. Цена свободная

Оригинал-макет подготовлен
Ивановской пожарно-спасательной академией ГПС МЧС России
АДРЕС РЕДАКЦИИ (ИЗДАТЕЛЯ): 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33;
тел.: (4932) 93-08-00, доб. 1560; e-mail: journal@edufire37.ru

Отпечатано в АО «Информатика»
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, 90