

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»

№ 1 (46), 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)
Никофоров 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 30.03.2023 г. Формат 60x90 1/8. Усл. печ. л. 18,88. Тираж 100 экз. Заказ № 86.

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)**

Гринченко Б. Б., Захаров Д. Ю., Теребнев В. В. Влияние фактора аккумуляции внутреннего тепла на процесс восстановления газодымозащитников 5
Grinchenko B. B., Zakharov D. Yu., Terebnev V. V. Influence of the internal heat accumulation factor on the process of restoration of fire fighters 5

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 13
Ermilov A. V., Nikishov S. N. Optimization of making a management decision on determining the battle position of the mobile table when extinguishing a vertical steel tank. Part 1. Angle of supply of extinguishing agents 13

Кадиев Ш. К., Хабибулин Р. Ш. Модель и алгоритм проведения кластерного анализа чрезвычайных ситуаций техногенного характера 20
Kadiev Sh. K., Habibulin R. Sh. Model and algorithm for cluster analysis man-made emergencies 20

Колеров Д. А., Заводсков Г. Н., Скрипник И. Л., Каверзнева Т. Т. Функциональная модель управления учётом заявок на оповещение и информирование населения в субъекте РФ 29
Kolerov D. A., Zavodskov G. N., Skripnik I. L., Kaverzneva T. T. Functional model for managing registration of applications for notification and information of the population in the subject of the Russian Federation 29

Онов В. А., Панкратова М. В. Методика применения сил и средств МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Арктической зоне Российской Федерации 38
Onov V. A., Pankratova M. V. Methods of using the forces and means of EMERCOME of Russia in the liquidation of oil and petroleum product spills in the Arctic zone of the Russian Federation 38

Степанов Е. В., Чан Минь Хоанг Ха, Гринченко Б. Б., Бутузов С. Ю., Тараканов Д. В. Модель и методика оценки степени сложности системы управления пожарно-спасательными подразделениями на пожаре 47
Stepanov E. V., Chang Minh Hoang Ha, Grinchenko B. B., Butuzov S. U., Tarakanov D. V. Model and methodology for assessing the degree of complexity of the fire and rescue units management system in a fire 47

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND URBAN MANAGEMENT (TECHNICAL)**

Смирнова Е. Э. Оценка рисков в российских и международных стандартах безопасности и устойчивого развития 57
Smirnova E. E. Risk assessment in Russian and international safety and sustainable development standards 57

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

Бутин В. В., Антонов А. В., Шубкин Р. Г. Вероятностные аспекты возникновения и развития аварии на предприятиях хранения и переработки растительного сырья 72
Butin V. V., Antonov A. V., Shubkin R. G. Probabilistic aspects of the occurrence and development of accidents at the enterprises of storage and processing of plant raw materials 72

Горячева М. О., Актерский Ю. Е., Минкин Д. Ю. Проблемы обеспечения пожарной безопасности на объектах водородной энергетики и нефтегазового комплекса	78
Goryacheva M. O., Akterskij Yu. E., Minkin D. Yu. Problems of ensuring fire safety at objects of hydrogen energy and oil and gas complex	78
Девяткин Н. О., Криворогова А. С., Понукалин А. Ю., Кириллов В. С. Дополнительные идентификаторы бытовых пропановых баллонов для их обнаружения в условиях пожара	84
Devyatkin N. O., Krivorogova A. S., Ponukalin A. Y., Kirillov V. S. Additional identifiers of household propane cylinders for their detection in fire conditions.	84
Климова И. В., Сазанова Н. В., Махнёва А. Н. Опыт проведения технического расследования аварии на опасном производственном объекте нефтепродуктообеспечения	93
Klimova I. V., Sazanova N. V., Makhneva A. N. The experience of accident investigation on hazardous production facility of oil products supply	93
Лазарев А. А., Казаков А. Х., Сторонкина О. Е., Мочалов А. М. Ведомственный контроль как средство предупреждения пожаров в садоводческом некоммерческом товариществе Черекского района Кабардино-Балкарской Республики	103
Lazarev A. A., Kazakov A. H., Storonkina O. E., Mochalov A. M. Departmental control as a means of fire prevention in the horticultural non-profit partnership of the Chereksky district of the Kabardino-Balkar Republic	103
Лазарев А. А., Мочалова Т. А., Курушин И. А. Разработка предложений по совершенствованию общественного контроля пожарной безопасности торгового центра	111
Lazarev A. A., Mochalova T. A., Kurushin I. A. Development of proposals for improving public control of fire safety in a shopping center	111
Маштаков В. А., Кондашов А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Рюмина С. И. Обоснование использования водолазной службы в составе СПСЧ в субъектах Российской Федерации	120
Mashtakov V. A., Kondashov A. A., Bobrinev E. V., Udavtsova E. Yu., Ryumina S. I. Justification of the use of the diving service as part of specialized fire and rescue units in the subjects of the Russian Federation	120
Сараев И. В., Семенов А. Д., Бубнов А. Г., Лазаренко Д. А., Губанов А. П. Выбор конструкционного материала пожарной соединительной головки с крепёжным элементом к напорному пожарному рукаву	128
Saraev I. V., Semenov A. D., Bubnov A. G., Lazarenko D. A., Gubanov A. P. Development of the design of a connecting head with a fastening element to the pressure fire hose	128
Сиплатов Е. А., Никифоров А. Л., Панев Н. М., Мусатов В. А. Разработка нового подхода к обеспечению защиты строительных конструкций из древесины и материалов на ее основе от воздействия высоких температур и открытого пламени	136
Siplatov E. A., Nikiforov A. L., Panev N. M., Musatov V. A. Development of a new approach to ensure protection of building structures from wood and materials based on wood from exposure to high temperatures and open flame	136

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS (TECHNICAL)**

Румянцева В. Е., Огурцов В. А., Митрофанов А. В., Огурцов А. В., Шпейнова Н. С. Расчет температурного режима цилиндрической конструкции при воздействии высоких температур	145
Rumyantseva V. E., Ogurtsov V. A., Mitrofanov A. V., Ogurtsov A. V., Shpeynova N. S. Calculation of the temperature regime of a cylindrical structure under the influence of high temperatures	145

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

УДК 614.842.68

**ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА АККУМУЛЯЦИИ ВНУТРЕННЕГО ТЕПЛА
НА ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ**

Б. Б. ГРИНЧЕНКО¹, Д. Ю. ЗАХАРОВ¹, В. В. ТЕРЕБНЕВ²

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

² Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

E-mail: grinchenko.borya@mail.ru, mr.dmitriyzakharov@mail.ru, terebnev_v@mail.ru

В статье произведена оценка влияния аккумуляции внутреннего источника тепла на процесс восстановления газодымозащитников после выполнения работы. Результаты получены в ходе экспериментального исследования, которое подразумевало бег на беговой дорожке с заданным режимом скорости. После получения массива данных была произведена их обработка путем применения математического аппарата, который включал в себя следующие методы исследования: оценка достоверности по критерию Стьюдента, однофакторный дисперсионный анализ по критерию Фишера, а также графическая визуализация данных в виде графика рассеивания эмпирических значений временных параметров восстановления газодымозащитников.

В ходе исследования авторами было установлено, что фактор снижения аккумуляции внутреннего источника тепла посредством снятия куртки боевой одежды пожарного оказывает непосредственное влияние на процесс восстановления газодымозащитников при выполнении мышечной работы. Таким образом, полученные результаты могут быть использованы лицом, принимающим решение, для рационального распределения сил и средств в ходе тушения пожара при чередовании напряженной работы звеньев газодымозащитной службы с периодами отдыха.

Ключевые слова: газодымозащитники, режимы работы, восстановление, накопление тепла.

**INFLUENCE OF THE INTERNAL HEAT ACCUMULATION FACTOR
ON THE PROCESS OF RESTORATION OF FIRE FIGHTERS**

B. B. GRINCHENKO¹, D. Yu. ZAKHAROV¹, V. V. TEREBNEV²

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

E-mail: grinchenko.borya@mail.ru, mr.dmitriyzakharov@mail.ru, terebnev_v@mail.ru

The article considers the influence of the accumulation of an internal heat source in the process of restoring firefighters after the work has been completed. The results were obtained in the course of an experimental study, which involved running on a treadmill with a given speed mode. After receiving the data array, they were processed by using a mathematical apparatus, which included the following research methods: reliability assessment by Student criterion, Analysis of variance (ANOVA), as well as graphical visualization

of data in the form of a scatter plot of the empirical values of the time parameters for the recovery of firefighters.

In the course of the study, the authors found that the factor of reducing the accumulation of an internal heat source by removing equipment from firefighters has a direct impact on the recovery process when performing muscular work. Thus, the results obtained can be used by the decision maker for the effective distribution of forces and means in the course of extinguishing a fire when alternating hard work of firefighters with periods of rest.

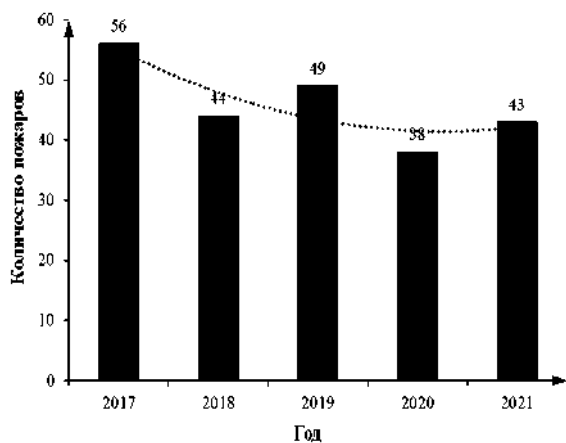
Key words: firefighters, operating modes, recovery, heat accumulation.

Введение

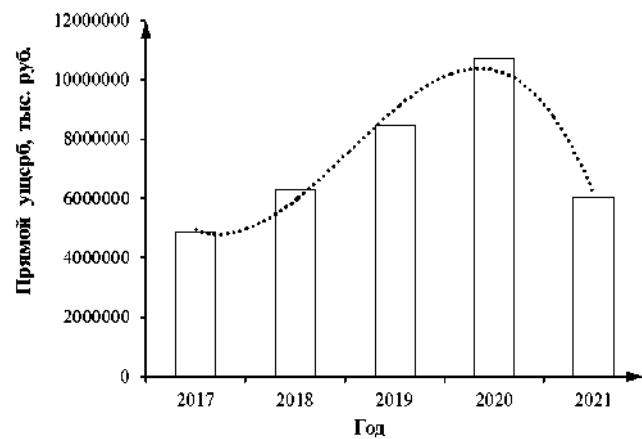
Тенденция развития инфраструктуры больших городов зачастую сопровождается высокой плотностью застройки и увеличением общей площади зданий, которая таит в себе немалую опасность. Такая опасность проявляется в вероятности возникновения пожара на объектах с последующим его развитием до крупных размеров, о чем свидетельствуют данные, взятые на статистический учет¹. При этом общая динамика крупных пожаров за последние пять лет (2017–2021 гг.) имеет нели-

нейную тенденцию (рис. 1а), которая сопровождается как снижением, так и ростом количества крупных пожаров, а причиненный ими материальный ущерб имеет устойчивую положительную тенденцию роста и исчисляется миллиардами рублей (рис. 1б).

Тушение крупных пожаров на объектах сопровождается сосредоточением сил и средств целого пожарно-спасательного гарнизона, а в исключительных случаях и с привлечением соседних гарнизонов.



а)



б)

Рис. 1. Статистика по крупным пожарам за 2017–2021 гг.

При этом одной из основных задач связанных с тушением таких пожаров, является снижение людских и материальных потерь на объектах экономики. Ключевой вклад в успех решения данной задачи вносит газодымозащитная служба (ГДЗС), где боевые действия по тушению пожара ведутся газодымозащитниками в условиях воздействия опасных факторов пожара, одним из которых является – повышенная температура окружающей среды. Работа в условиях повышенных темпера-

тур, то есть внешнего источника тепла ведет к перегреванию организма, что впоследствии может сопровождаться тепловым ударом или получением ожогов различной степени тяжести, о чем свидетельствуют данные, представленные в работах [1, 2, 3, 4, 5].

За периодами работы и восстановлением работающих звеньев ГДЗС на крупных пожарах отвечает начальник контрольно-пропускного пункта ГДЗС (НГДЗС), который выступает в роли одного из лиц, принимающих решение. Необходимо отметить, что в процессе выполнения работ газодымозащитником происходит выделение энергии, которая впоследствии преобразуется в тепло. Такой фак-

¹ Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.

тор можно отнести к внутреннему источнику воздействия. В результате высоких теплоизоляционных свойств боевой одежды пожарных (БОП) влияние на организм газодымозащитника внешнего и внутреннего источника тепла, происходит его аккумуляция в подбоевочном пространстве, в результате чего происходит ускорение процесса перегрева (утомление) организма. Такой процесс снижает уровень работоспособности газодымозащитников, что в свою очередь оказывает непосредственное влияние на их эффективность, и как следствие сокращается время работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД) [6]. Об этом также свидетельствуют исследования зарубежных авторов, которые представлены в работах [7, 8, 9, 10, 11].

Таким образом, разработка способов увеличения продолжительности действий личного состава газодымозащитной службы при чередовании периодов напряженной работы с периодами восстановления, позволит наиболее эффективно решать задачи по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в условиях непригодной для дыхания среды.

Цель исследования – оценка влияния аккумуляции внутреннего источника тепла на процесс восстановления газодымозащитников после выполнения работы. Учитывая актуальность рассматриваемой тематики, авторы ставили перед собой следующие **задачи**:

1. Определить значимость фактора аккумуляции внутреннего тепла в подбоевочном пространстве газодымозащитников при выполнении мышечной работы.

2. Определить способы восстановления газодымозащитников в периоды отдыха, после выполнения мышечной работы.

Методика и организация исследования

Вопросами в области исследования психофизиологической активности, уровня физической работоспособности, влияния тепла на организм пожарных и их работу в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения занимаются как отечественные, так и зарубежные исследователи. Например, в работах [1, 2] авторы выявили, наиболее уязвимые места в БОП, которые подвержены температурно-влажностному режиму, а также разность температур в подкостюмном пространстве в результате воздействия открытого источника тепла между сухими БОП и подвергшихся намоканию в результате потоотделения или попадания воды от работы пожарного ствола.

В работах [3, 4, 5] авторы исследовали теплофизические свойства пакетов текстиль-

ных материалов, используемых при изготовлении БОП в зависимости от различного сырьевого состава, с возможностью дальнейшего моделирования температурных режимов многослойных пакетов материалов и тканей БОП.

Повысить эффективность и продолжительность действий пожарных в дыхательных аппаратах при тушении пожаров и выполнении аварийно-спасательных работ, а также применение средств повышения устойчивости пожарного к тепловой нагрузке за счет применения «теплопротектора» на основе биологических активных добавок (БАД) было рассмотрено в работе [6].

Вероятность получения тепловой травмы и снижения времени работы в результате аккумуляции внутреннего тепла при ношении различной защитной индивидуальной одежды с повышенными теплоизоляционными свойствами было рассмотрено в работе [7]. По результатам данного исследования снижение аккумуляции внутреннего тепла и как следствие повышение общего времени работоспособности можно достичь путем потребления холодной жидкости до и после выполнения работ, а также путем погружения кистей и предплечий рук в холодную воду.

Влияние курсов по управлению воздухом при работе пожарных в дыхательных аппаратах со сжатым воздухом была произведена в работе [12]. Результаты показали, что пожарные с меньшим весом, как правило, лучше управляют расходом воздуха из дыхательного аппарата и как следствие достигают более высокой эффективности при выполнении работы. Более того, управление расходом воздуха, является высоко аэробной задачей, при этом на протяжении всего тренировочного процесса достигается почти максимальная частота сердечных сокращений. Поэтому текущий показатель эффективности работы напрямую влияет на уровень работоспособности пожарных.

В работе [13] была исследована оценка влияния ношения дыхательного аппарата со сжатым воздухом совместно с БОП во время моделируемого сценария по выполнению спасательных работ на психофизиологические реакции и парасимпатическую реактивацию пожарных. Результаты показали, что эти условия вызывают более высокий сердечный стресс, чем тест на профессиональную пригодность, при этом дыхательный аппарат усиливает психофизиологические нарушения.

Однако в вышеизложенных исследованиях не проводили оценку влияния аккумуляции внутреннего источника тепла на процесс восстановления газодымозащитников после выполнения мышечной работы с точки зрения

восстановительных процессов, для возможности чередования звеньев газодымозащитной службы с периодами отдыха при затыжных пожарах.

Исследование проводилось в закрытом спортивном комплексе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, при температуре окружающей среды 25–28°C. В исследовании принимало участие 20 газодымозащитников в возрасте от 19 до 22 лет. Сценарий включал в себя выполнение работы – ускоренное передвижение на беговой дорожке с заданной скоростью 8 км/ч (рис. 2а). Продолжительность бега составляла 3 минуты. Выполнение упражнения сопровождалось с частотой сердечных сокращений (ЧСС) 166 ± 4 уд./мин. и расходом легочной вентиля-

ции 72 ± 8 л/мин. ($11,6 \pm 1,3$ атм.). По окончании упражнения газодымозащитник выключался из СИЗОД с последующим его снятием и занимал удобное для себя положение тела, при этом верхняя часть БОП (куртка) не снималась. Во второй фазе эксперимента газодымозащитники выполняли аналогичные действия, только при этом снималась верхняя часть БОП (куртка).

Процесс восстановления фиксировался с момента принятия газодымозащитником удобного положения тела, до момента снижения значения ЧСС до 100 уд./мин. (рис. 2б).

Используемое снаряжение и оборудование при постановке экспериментального исследования представлено в табл. 1.



а)



б)

Рис. 2. Ход экспериментального исследования

Таблица 1. Используемое снаряжение и оборудование

№	Наименование	Количество
1	Боевая одежда пожарного (БОП)	20
2	Дыхательный аппарат со сжатым воздухом ПТС «Профи-М»	20
3	Баллон со сжатым воздухом	20
4	Секундомер Casio HS-80TW-1E	2
5	Датчик ЧСС Polar H10+	5
6	Мобильное приложение Polar Flow	1
7	Портативный компьютер	2
8	Беговая дорожка HouseFit HT-9164E	1

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе эксперимента были получены временные параметры восстановления газодымозащитников, которые представлены в табл. 2.

Исходя из полученных данных (табл. 2) произведем их оценку достоверности по критерию Стьюдента. Для этого воспользуемся программным средством *Microsoft Excel*. В ходе оценки удалим сомнительные значения

(900 и 320 секунд), так как они не входят в доверительный интервал и являются статистической ошибкой (табл. 3).

Для оценки значимости влияния фактора на процесс восстановления газодымозащитников воспользуемся критерием Фишера, расчет которого произведем при помощи *Microsoft Excel*. Результаты расчета представлены в табл.4.

Таблица 2. Экспериментальные значения при выполнении сценария

№	PWC ₁₇₀	Восстановление в БОП		Восстановление со снятием куртки БОП		$\Delta t = t_{восм.1} - t_{восм.2}, c$
		ЧСС _{нач} , уд./мин.	Время вост. $t_{восм.1}, c$	ЧСС _{нач} , уд./мин.	Время вост. $t_{восм.2}, c$	
1	8,63	170	416	170	68	348
2	10,13	170	381	170	48	333
3	11,02	169	126	169	64	62
4	11,28	168	224	168	62	162
5	12,43	169	37	169	19	18
6	12,67	167	900	167	320	580
7	12,71	168	65	168	41	24
8	12,72	166	63	166	44	19
9	12,79	164	29,66	164	23	6,66
10	13,24	165	81	165	66	15
11	13,97	165	26	165	16	10
12	14,14	164	25	164	23	2
13	14,14	169	26	169	16	10
14	14,24	159	529	159	117	412
15	14,84	168	46,09	168	40,78	5,31
16	15,18	162	164	162	145	19
17	15,71	167	58,63	167	41,2	17,43
18	16,48	157	24	157	21	3
19	16,66	168	33	168	20	13
20	16,72	157	17	157	15	2
Среднее	13,48	165,1	163,57	165,1	60,49	103,07
σ			151,5		35,7	

Таблица 3. Оценка достоверности по критерию Стьюдента

	Восстановление в БОП	Восстановление со снятием куртки БОП
$\alpha=$	0,1	20
$K=$	20	1,72
$t_s=$	1,73	60,49
$X_{ср}=$	163,57	70,1
$\sigma=$	228,54	20

Таблица 4. Результаты дисперсионного анализа по критерию Фишера

Однофакторный дисперсионный анализ					
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия	
Восстановление в БОП	19	2371,38	124,81	23418,43	
Восстановление со снятием куртки БОП	19	889,98	46,84	1234,72	

Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P Значение	F критическое
Между группами	57751,21	1	57751,21	4,68	0,04	2,85
Внутри групп	443756,6	36	12326,57			
Итого	501507,8	37				

Исходя из расчетных значений по критерию Фишера (табл. 4) видно, что $F > F_{кр}$, а значит, фактор снижения аккумуляции внутреннего источника тепла посредством снятия куртки БОП оказывает непосредственное влияние

на процесс восстановления газодымозащитников при выполнении мышечной работы. Для наглядности представим полученные значения дисперсионного анализа в виде графической интерпретации (рис. 3).

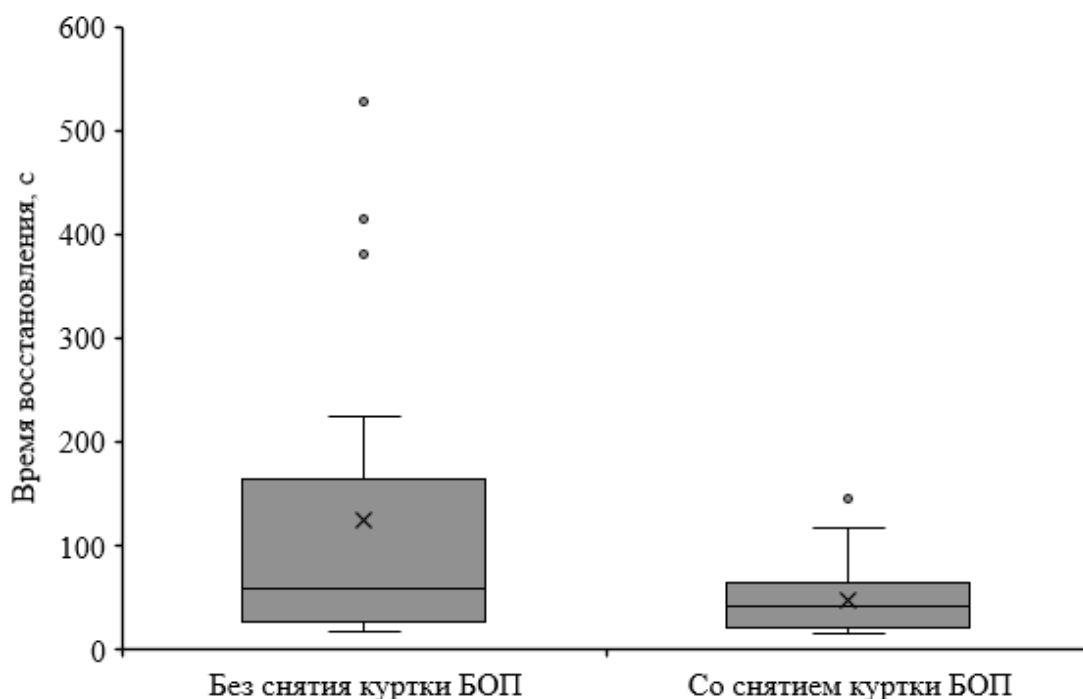


Рис. 3. График рассеивания эмпирических значений временных параметров восстановления газодымозащитников

Выводы

Организм человека подчиняется закону сохранения энергии, в соответствии с которым количество поглощенной энергии (в различных формах) и образовавшейся энергии (главным образом в виде тепла и механической работы) равны. Таким образом, процесс теплообмена (отвода тепла от организма газодымозащитника) значительно влияет на такие показатели как ЧСС, легочная вентиляция и время восстановления после выполненной работы.

В ходе исследования при помощи однофакторного дисперсионного анализа по критерию Фишера было определено, что фактор аккумуляции внутреннего тепла в подбоевочном пространстве газодымозащитников при

выполнении мышечной работы оказывает непосредственное влияние на их процесс восстановления. Исходя из этого, был исследован способ восстановления газодымозащитников в периоды отдыха, после выполнения мышечной работы, который заключался в снятии куртки боевой одежды пожарного. Такой способ показал свою эффективность, так как время восстановления сократилось в 2,7 раза с 163,5 уд./мин до 60,4 уд./мин.

Такой подход на практике позволит лицу, принимающему решение, рационально организовать работу в ходе тушения пожара по чередованию напряженной работы звеньев ГДЗС с периодами отдыха.

Список литературы

1. Влияние температурно-влажностного режима подкостюмного пространства на защитные свойства боевой одежды пожарного / Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров, И. Ю. Шарabanova [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2018. №. 1 (26). С. 44–48.

2. Влияние влажности пакета материалов боевой одежды пожарного на его теплозащитные показатели / Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров, О. Г. Циркина [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. №. 4 (33). С. 102–107.

3. Логинов В. И., Игнатова И. Д., Архиреев К. Э. Результаты испытаний специальной защитной одежды пожарного на стенде «Термоманекен» // Пожарная безопасность. 2011. №. 3. С. 89–93.

4. Исследования теплофизических свойств текстильных материалов для боевой одежды пожарного / З. Ю. Козинда, Т. А. Подгаевская, О. О. Ерофеев [и др.] // Пожарная безопасность. 2016. №. 2. С. 71–78.

5. Некрасов А. К., Логинов В. И., Архиреев К. Э. Численное моделирование температурных режимов многослойных пакетов материалов и тканей боевой одежды пожарных // Пожарная безопасность. 2018. №. 1. С. 70–75.

6. Шупнев Д. С. Метод управления продолжительностью безопасных действий газодымозащитников в условиях перегревания: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10. СПб., 2000. 173 с.

7. Mc Lellan T. M., Daanen H. A. M., Cheung S. S. Encapsulated environment // Comprehensive Physiology, 2013, vol. 3, issue 3, pp. 1363–1391.

8. The impact of a phase-change cooling vest on heat strain and the effect of different cooling pack melting temperatures / J. R. House [et al.]. European journal of applied physiology, 2013, vol. 113, issue 5, pp. 1223–1231.

9. Firefighter health and fitness assessment: a call to action // The Journal of Strength & Conditioning Research, 2014, vol. 28, issue 3, pp. 661–671.

10. Larsen B., Snow R., Aisbett B. Effect of heat on firefighters' work performance and physiology // Journal of thermal biology, 2015, vol. 53, pp. 1–8.

11. Frequency of firefighters' heat-related illness and its association with removing personal protective equipment and working hours / S. Kim [et al.]. Industrial health, 2019, vol. 57, issue 3, pp. 370–380.

12. Physiological Demands of a Self-Paced Firefighter Air-Management Course and Determination of Work Efficiency / A. R. Jagim

[et al.]. Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 2023, vol. 8, issue 1, P. 21.

13. Physiological responses and parasympathetic reactivation in rescue interventions: The effect of the breathing apparatus / P. Marcel-Millet [et al.]. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 2018, vol. 28, issue 12, pp. 2710–2722.

References

1. Izmneniye temperaturno-vlazhnostnogo rezhima podkostyumnogo prostanstva na svoystva zashchity boyevoy odezhdy ot pozhara [Influence of the temperature-humidity regime of the space under the suit on the protective properties of the combat clothing of a firefighter] / D. V. Sorokin, A. L. Nikiforov, I. Yu. Sharabanova [et al.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2018, vol. 1 (26), pp. 44–48.

2. Vliyaniye vlazhnosti paketa materialov boyevoy odezhdy pozharnogo na yego teplozashchitnyye pokazateli [Influence of humidity of a package of materials of a firefighter's combat clothing on its heat-protective performance] / D. V. Sorokin, A. L. Nikiforov, O. G. Tsirkina [et al.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2019, vol. 4 (33), pp. 102–107.

3. Loginov V. I., Ignatova I. D., Arkhireyev K. E. Rezul'taty ispytaniy spetsial'noy zashchitnoy odezhdy pozharnogo na stende «Termomaneken» [The results of tests of special protective clothing for a firefighter at the stand «Thermomannequin»]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2011, vol. 3, pp. 89–93.

4. Issledovaniya teplofizicheskikh svoystv tekstil'nykh materialov dlya boyevoy odezhdy pozharnogo [Studies of the thermophysical properties of textile materials for fire fighting clothing] / Z. Yu. Kozinda, T. A. Podgaevskaya, O. O. Erofeev [et al.]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2016, vol. 2, pp. 71–78.

5. Nekrasov A. K., Loginov V. I., Arkhireyev K. E. Chislennoye modelirovaniye temperaturnykh rezhimov mnogoslonykh paketov materialov i tkaney boyevoy odezhdy pozharnykh [Numerical simulation of temperature regimes of multilayer packages of materials and fabrics of firefighter combat clothing]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2018, vol. 1, pp. 70–75.

6. Shupnev D. S. Metod upravleniya prodolzhitel'nost'yu bezopasnykh deystviy gazodymozashchitnikov v usloviyakh peregrevaniya. Diss. kand. tekhn. nauk [Method of controlling the duration of safe actions of gas and smoke protectors in conditions of overheating. Cand. tech. sci. diss.]. СПб., 2000. 173 p.

7. Mc Lellan T. M., Daanen H. A. M., Cheung S. S. Encapsulated environment // Comprehensive Physiology, 2013, vol. 3, issue 3, pp. 1363–1391.

8. The impact of a phase-change cooling vest on heat strain and the effect of different cooling pack melting temperatures / J. R. House [et al.]. European journal of applied physiology, 2013, vol. 113, issue 5, pp. 1223–1231.

9. Firefighter health and fitness assessment: a call to action // The Journal of Strength & Conditioning Research, 2014, vol. 28, issue 3, pp. 661–671.

10. Larsen B., Snow R., Aisbett B. Effect of heat on firefighters' work performance and physiology // Journal of thermal biology, 2015, vol. 53, pp. 1–8.

11. Frequency of firefighters' heat-related illness and its association with removing personal protective equipment and working hours / S. Kim [et al.]. Industrial health, 2019, vol. 57, issue 3, pp. 370–380.

12. Physiological Demands of a Self-Paced Firefighter Air-Management Course and Determination of Work Efficiency / A. R. Jagim [et al.]. Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 2023, vol. 8, issue 1, P. 21.

13. Physiological responses and parasympathetic reactivation in rescue interventions: The effect of the breathing apparatus / P. Marcel-Millet [et al.]. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 2018, vol. 28, issue 12, pp. 2710–2722.

Гринченко Борис Борисович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: grinchenko.borya@mail.ru

Grinchenko Boris 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, senior lecturer
E-mail: grinchenko.borya@mail.ru

Захаров Дмитрий Юрьевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
старший преподаватель
E-mail: mr.dmitriyazakharov@mail.ru

Zakharov Dmitriy Yurievich

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
senior lecturer
E-mail: mr.dmitriyazakharov@mail.ru

Теребнев Владимир Васильевич

Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
кандидат технических наук, профессор
E-mail: terebnev_v@mail.ru

Terebnev Vladimir Vasilevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«State Fire Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Moscow
candidate of technical sciences, professor
E-mail: terebnev_v@mail.ru

УДК 614.842.83.07/08

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ БОЕВОЙ ПОЗИЦИИ ЛАФЕТНОГО СТВОЛА ПРИ ТУШЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА. ЧАСТЬ 1. УГОЛ ПОДАЧИ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ

А. В. ЕРМИЛОВ, С. Н. НИКИШОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: skash_666@mail.ru, mordov5988@mail.ru

Оперативно-тактические действия при ликвидации горения в резервуарном парке направлены на охлаждение горящего и соседних с горящим вертикальных стальных резервуаров перед проведением пенной атаки. При этом, от своевременного и эффективного охлаждения вертикальных стальных резервуаров зависит успешность выполнения основной боевой задачи. С этой целью руководитель тушения пожара обязан принимать оперативные и оптимальные управленческие решения, которые во многом определяют правильность выбора боевой позиции ручного или лафетного ствола. Для решения выделенной проблемы авторами статьи разработан алгоритм принятия управленческого решения по определению боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара с учетом выбора угла подачи огнетушащих веществ.

Ключевые слова: вертикальный стальной резервуар, руководитель тушения пожара, ликвидация горения, принятие управленческого решения, боевая позиция.

OPTIMIZATION OF MAKING A MANAGEMENT DECISION ON DETERMINING THE BATTLE POSITION OF THE MOBILE TABLE WHEN EXTINGUISHING A VERTICAL STEEL TANK. PART 1. ANGLE OF SUPPLY OF EXTINGUISHING AGENTS

A. V. ERMILOV, S. N. NIKISHOV

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: skash_666@mail.ru, mordov5988@mail.ru

Operational and tactical actions in the elimination of combustion in the tank farm are aimed at cooling the burning and adjacent vertical steel tanks to the burning before carrying out a foam attack. At the same time, the success of the main combat mission depends on the timely and effective cooling of vertical steel tanks. To this end, the head of fire extinguishing is obliged to make prompt and optimal management decisions, which largely determine the correct choice of the combat position of a manual or fire monitor. To solve the identified problem, the authors of the article developed an algorithm for making a managerial decision to determine the combat position of the fire monitor when extinguishing a vertical steel tank, taking into account the choice of the angle of supply of fire extinguishing agents.

Key words: vertical steel tank, head of firefighting, fire suppression, managerial decision making, combat position.

Процесс развития пожара на объектах различного функционального назначения, говорит о том, что не существует одинаковых пожаров. Вследствие этого, при ликвидации чрезвычайной ситуации руководитель тушения пожара (далее – РТП) сталкивается с уникаль-

ными случаями при выработке и принятии управленческих решений с целью оперативно-го и качественного применения тактических возможностей сил и средств пожарной охраны [1]. Однако тушение пожаров вертикальных стальных резервуаров (далее – РВС) является редкой возможностью последовательной реализации оперативно-тактических действий [2].

Так, процесс ликвидации чрезвычайной ситуации в РВС можно разделить на пять этапов (рис. 1).

На каждом этапе РТП обязан осуществлять сбор и оценку оперативной информации для принятия управленческих решений в условиях риска и неопределенности [3]. В специальной литературе подчеркивается, что на первом этапе РТП обязан выбрать ближайшие водоисточники с требуемой водоотдачей, на которые в дальнейшем будет производиться установка пожарных автомобилей. На втором этапе РТП определяет пути прокладки ру-

кавных линий и их диаметр. С этой целью, необходимо учитывать вид прибора подачи огнетушащих веществ на будущей боевой позиции. На третьем и четвертом этапах принимается управленческое решение на создание расчетного количества боевых позиций для охлаждения, в первую очередь горящего, а затем рядом расположенных РВС. Завершающий этап содержит в себе действия, которые обеспечивают проведение пенной атаки, то есть одновременной подачи пеногенераторов на зеркало горения нефти или нефтепродукта.

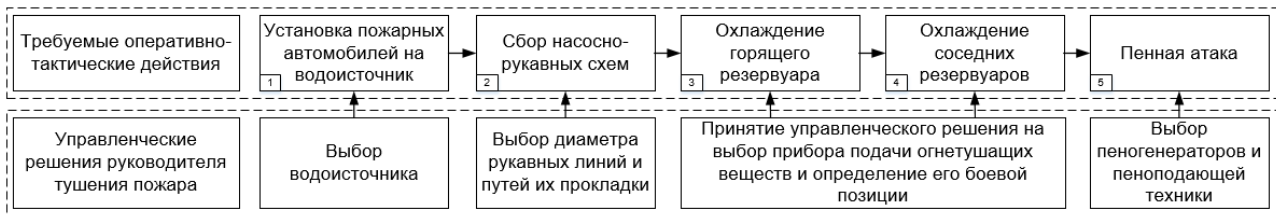


Рис. 1. Алгоритм ликвидации чрезвычайной ситуации в РВС с учетом принятия управленческих решений

Для качественного охлаждения стенки РВС огнетушащие вещества подаются ствольщиками на уровне взлива жидкости (hвзл), не допуская их попадания на зеркало горения нефти или нефтепродукта (рис. 2). Так как, боевая позиция может быть значительно удалена от стенки РВС (Lбп), то водителям пожарных автомобилей необходимо держать требуемый напор у насадка ствола, а стволь-

щикам угол его подъема (α). Таким образом, РТП необходимо рассредоточить имеющиеся силы и средства в оптимальном соотношении на боевых участках [4, 5].

Данная проблема определила цель статьи – разработать алгоритм определения боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара с учетом угла подачи огнетушащих веществ.

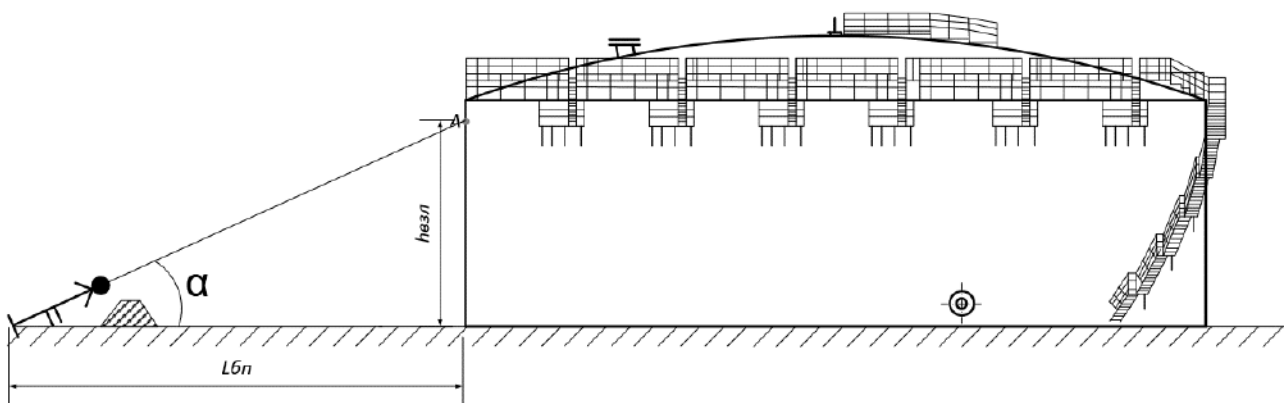


Рис. 2. Требуемый угол для подачи огнетушащих веществ при тушении вертикального стального резервуара, где: hвзл – высота взлива нефти или нефтепродукта; Lбп – расстояние от боевой позиции до стенки РВС; α – требуемый угол подъема лафетного ствола

С целью оптимизации принятия управленческого решения РТП, в рамках эффективного охлаждения РВС, должен быть разработан алгоритм, представляющий собой основной элемент в общей организационной структуре системы поддержки принятия решений [6], либо модель распределения обязанностей должностных лиц дежурного караула [7]. Алгоритм состоит из *пяти блоков* (рис. 3). *Первый блок* содержит ввод данных: периметр горящего и рядом расположенных РВС (P_r); высота резервуара (h_r); требуемая интенсивность подачи воды на охлаждение стенки горящего и соседних РВС ($I_{тр(охл)}$); расход прибора подачи огнетушащих веществ ($Q_{ств(ПЛС)}$); требуемое расстояние боевой позиции от стенки РВС ($L_{бп(тр)}$); напор у насадка ствола ($H_{ств}$). Во *втором блоке* определяется требуемый расход воды на охлаждение горящего и соседних резервуаров, а также количество приборов подачи огнетушащих веществ. В *третьем блоке* определяется дальность подачи огнетушащих веществ переносного лафетного ствола ($L_{под(отв)}$). В *четвертом блоке* сравнивается значение расстояние боевой позиции от стенки РВС и дальность подачи огнетушащих веществ переносного лафетного ствола. В *пятом блоке* осуществляется выбор ствольщиком оптимального угла подачи огнетушащих веществ.

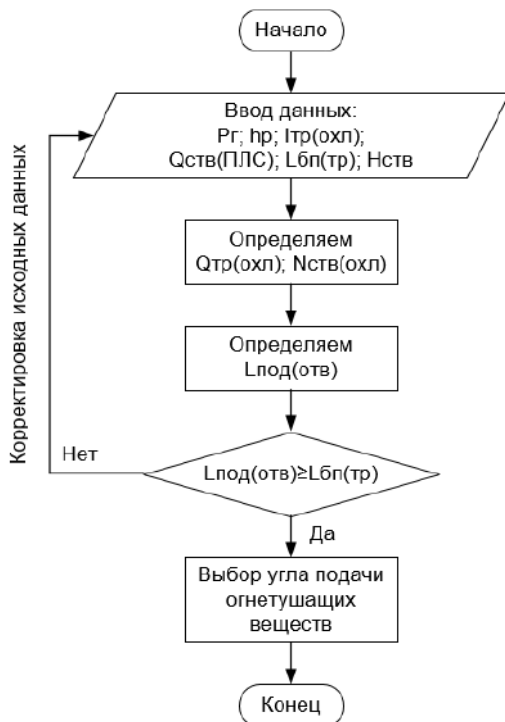


Рис. 3. Алгоритм определения боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара

Если $L_{под(отв)} \leq L_{бп(тр)}$, то корректируются исходные данные, такие как расход прибора подачи огнетушащих веществ ($Q_{ств(ПЛС)}$), напор у насадка ствола ($H_{ств}$) или требуемое расстояние боевой позиции от стенки РВС ($L_{бп(тр)}$). Если $L_{под(отв)} \geq L_{бп(тр)}$, то выбирается полученное табличное значение угла подачи лафетного ствола (α).

Исследование эффективности разработанного нами алгоритма принятия управленческого решения проводилось на резервуаре РВС-20000, в качестве прибора подачи огнетушащих веществ выбран переносной лафетный ствол ЛС-П40(20,30)Уо. Определение оптимального расстояния от боевой позиции лафетного ствола до стенки РВС проводилось с помощью специального программного обеспечения «Fire monitor ballistics. Version 1.1», разработанного ЗАО «ЭФЭР», г. Петрозаводск («FR» Engineering Centre of Fire Robots Technology)¹. Приложение предназначено для моделирования траекторий струй лафетных стволов, выпускаемых ЗАО «ЭФЭР». В эксперименте высота подачи огнетушащих веществ выбрана равной 10,9 м. Данная высота соответствует максимальному уровню разлива нефти в РВС-20000.

Также, важно отметить, что согласно данным, приведенным ООО «Пожнефтехим», при определении радиуса действия лафетного ствола, рекомендуется принимать коэффициент 0,7 от возможной дальности подачи огнетушащих веществ². Таким образом, умножив полученное по графикам значение дальности переносного лафетного ствола, на коэффициент, становится возможным определить эффективную дальность охлаждения стенки вертикального стального резервуара. Применяемый коэффициент требуется применять при расчетах, так как на дальность подачи огнетушащего вещества будут влиять ветровые нагрузки.

Результаты моделирования расстояния боевой позиции представлены в табл.

¹ Программа «Баллистика». URL: <https://firerobots.ru/ru/designing/ballistics/> (дата обращения: 01.02.2023 г.)

² Диаграмма геометрии струи. URL: https://www.pnx-spb.ru/catalog/pogarnie_vishki_lafetnie_stvoli/statsionarnyy-lafetnyy-stvoi-pozharnyy-ls-antifayer/ (дата обращения: 01.02.2023 г.)

Таблица. Оптимальная дальность боевой позиции с учетом угла лафетного ствола

Qств, л/с	Нств, м. вод. ст	Лбп(max), м	Лбп с учетом К=0,7, м	α, град
20	40	30	21	39,1
20	50	37	25,9	35,4
20	60	42	29,4	32,4
40	40	43	30,1	32,5
40	50	49	34,3	29,6
40	60	56	39,2	29,2
60	60	65	45,5	26,2
60	70	71	49,7	25,3
60	80	75	52,5	24,5

Далее нами построены графики зависимости. Зависимость угла установки подъема лафетного ствола с расходом 20 л/с и напором у ствола от 40 до 60 м. вод. ст. от удаления боевой позиции от стенки резервуара представлена на рис. 4. Зависимость угла установки подъема лафетного ствола с расходом 40

л/с и напором у ствола от 40 до 60 м. вод. ст. от удаления боевой позиции от стенки резервуара представлена на рис. 5. Зависимость угла установки подъема лафетного ствола с расходом 60 л/с и напором у ствола от 60 до 80 м. вод. ст. от удаления боевой позиции от стенки резервуара представлена на рис. 6.

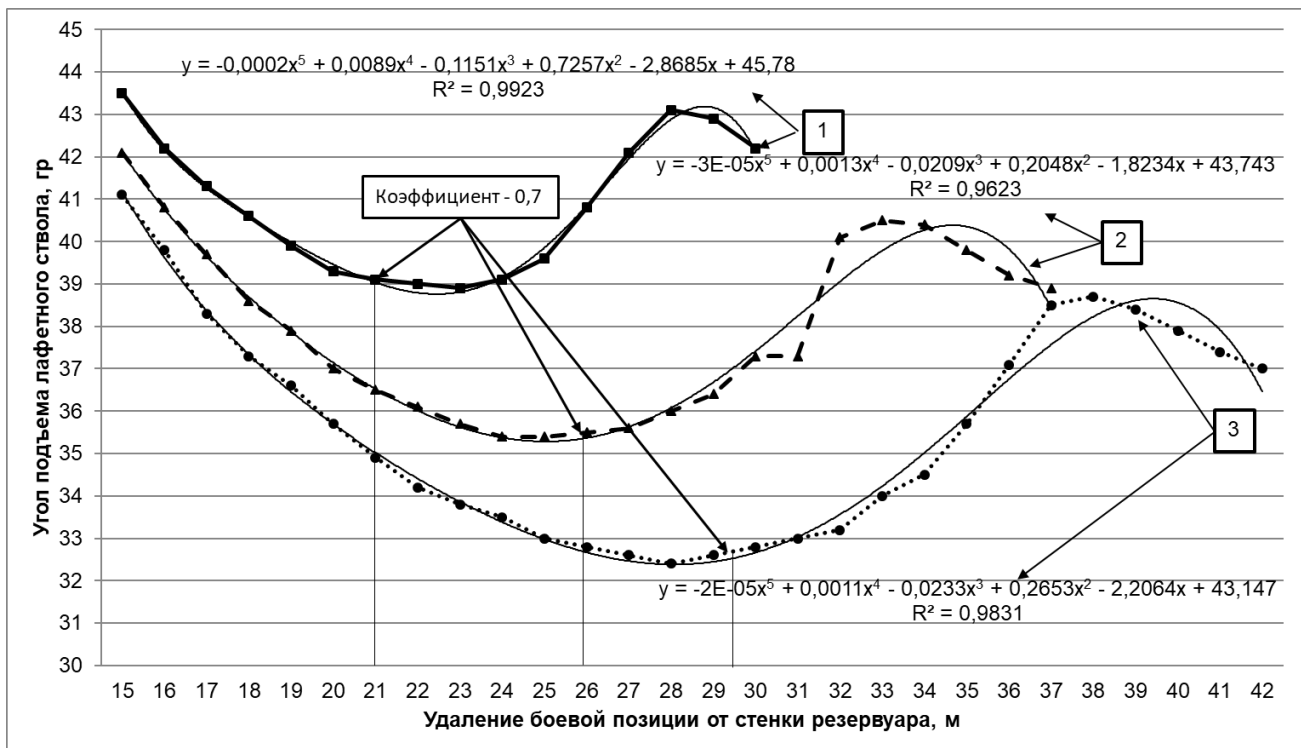


Рис. 4. Зависимость угла установки подъема лафетного ствола с расходом 20 л/с от удаления боевой позиции от стенки резервуара, м, где 1 – напор у ствола 40 м. вод. ст.; 2 – напор у ствола 50 м. вод. ст.; 3 – напор у ствола 60 м. вод. ст.

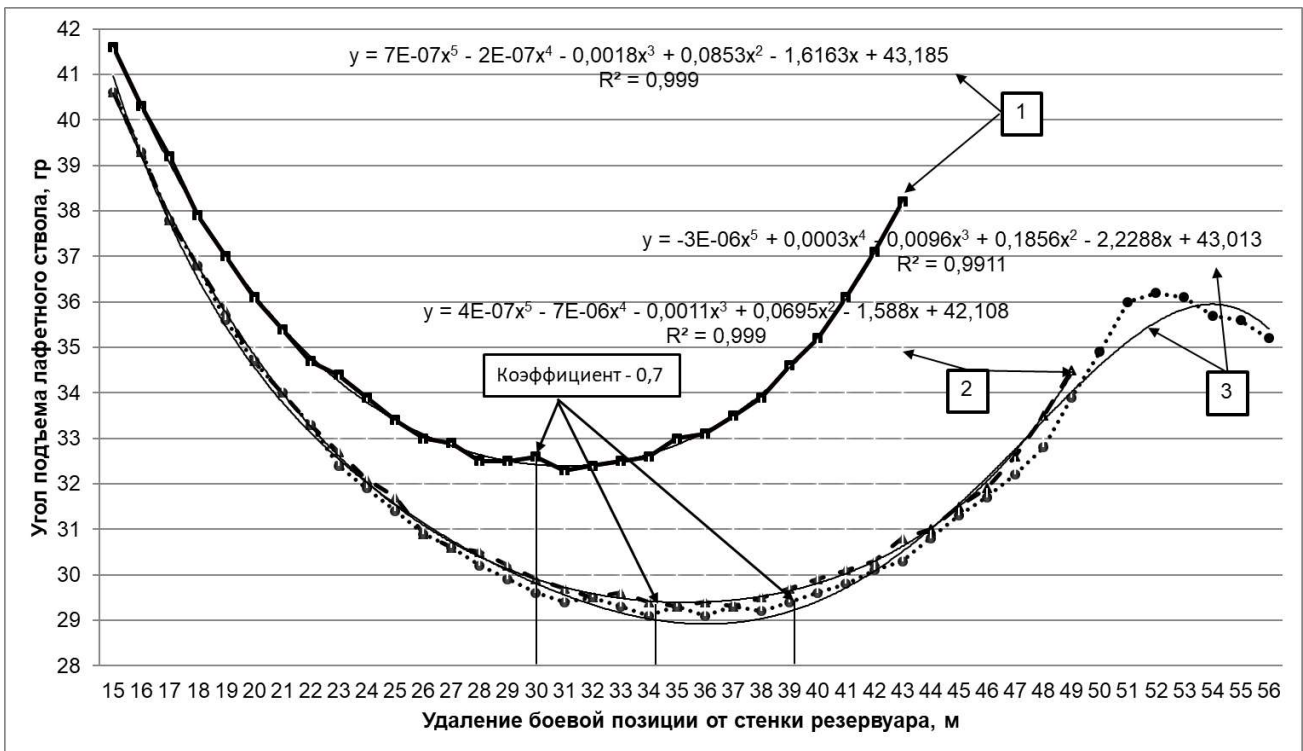


Рис. 5. Зависимость угла установки подъема лафетного ствола с расходом 40 л/с от удаления боевой позиции от стенки резервуара, м, где 1 – напор у ствола 40 м. вод. ст.; 2 – напор у ствола 50 м. вод. ст.; 3 – напор у ствола 60 м. вод. ст.

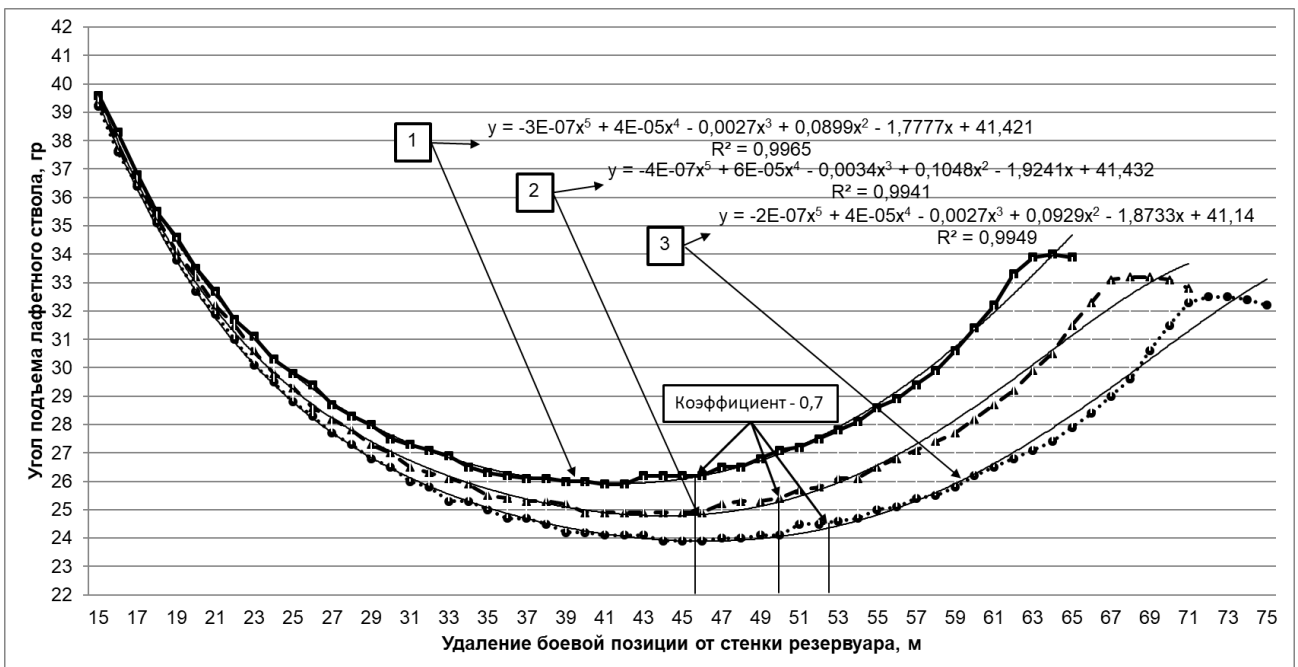


Рис. 6. Зависимость угла установки подъема лафетного ствола с расходом 60 л/с от удаления боевой позиции от стенки резервуара, м, где 1 – напор у ствола 60 м. вод. ст.; 2 – напор у ствола 70 м. вод. ст.; 3 – напор у ствола 80 м. вод. ст.

В статье предпринята попытка оптимизации принятия управленческого решения по определению боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара с учетом угла подачи огнетушащих веществ. Данный угол обеспечит требуемое охлаждение стенки РВС, не допуская попадания огнетушащего вещества на зеркало нефти или нефтепродукта. Для решения выделенной задачи, РТП также может организовать создание оперативного штаба на месте пожара. Од-

ним из направлений деятельности которого будет осуществление мониторинга оперативной обстановки для корректировки боевых позиций переносных лафетных стволов с помощью беспилотных летательных аппаратов. Таким образом оперативный штаб, на основе метода оценки состояний системы мониторинга обеспечит прогнозирование эффективности функционирования работоспособности насосно-рукавных схем в реальном времени [8, 9].

Список литературы

1. 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. 2014. С. 166–168.

2. Теребнев В. В., Грачев В. А. Пожарная тактика: учебник. М. Академия ГПС МЧС России, 2015. 547 с.

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

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. Кузнецов А. В. Модель циклического мониторинга крупных пожаров и поисково-спасательных работ // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 4 (41). С. 18–23.

References

1. 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*, 2014, pp. 166–168.

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

3. Kuznetsov A. V., Bakanov M. O., Tarakanov D. V. Analiz strukturno-logicheskoy 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.

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

5. 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.

6. Kuznetsov 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.

7. 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. Nikišov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 4 (45), pp. 5–12.

8. 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.

9. Kuznetsov A. V. Model' ciklicheskogo monitoringa krupnyh pozharov i poiskovo-spasatel'nyh rabot [Model of cyclic monitoring of large fires and search and rescue operations]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2021, vol. 4 (41), pp. 18–23.

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: firemankpn@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, senior lecturer

E-mail: mordov5988@mail.ru

УДК 614.8

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

Ш. К. КАДИЕВ, Р. Ш. ХАБИБУЛИН

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
E-mail: kadiev_s@inbox.ru, kh-r@yandex.ru

В статье авторами представлен поэтапный кластерный анализ чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. Кластерный анализ необходим для разбиения исходных элементов на определенное количество кластеров. Такой подход поможет решить задачу определения необходимого количества сил и средств для реагирования на чрезвычайную ситуацию. В представленной работе показаны результаты кластерного анализа по трем видам алгоритмов классификации. В рамках первого этапа проведения кластерного анализа разработана база данных ЧС, с нормированием показателей реагирования и весовыми коэффициентами критериев ЧС. На втором этапе проведен кластерный анализ с использованием иерархического кластерного анализа, методом k-среднее, методом DBSCAN. На заключительном этапе проведена оценка эффективности полученных результатов. Дальнейшее исследование будет направлено на дополнительное расширение и исследование базы данных ЧС для получения большей плотности внутри полученных кластеров.

Ключевые слова: управление, организационные системы, кластерный анализ, чрезвычайная ситуация, машинное обучение.

MODEL AND ALGORITHM FOR CLUSTER ANALYSIS MAN-MADE EMERGENCIES

Sh. K. KADIEV, R. Sh. HABIBULIN

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«State Fire Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense,
Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Moscow
E-mail: kadiev_s@inbox.ru, kh-r@yandex.ru

In the article, the authors present a phased cluster analysis of man-made emergencies. Cluster analysis is necessary for splitting the original elements into a certain number of clusters. This approach will help solve the problem of figuring out the amount of forces and means needed to respond to an emergency. The presented work shows the results of cluster analysis for three types of classification algorithms. As part of the first stage of the cluster analysis, an emergency database was developed, with normalization of response indicators and weighting coefficients of emergency criteria. At the second stage, cluster analysis was carried out using hierarchical cluster analysis, k-means method, DBSCAN method. At the final stage, the effectiveness of the obtained results was evaluated. Further research will be aimed at increasing the database to obtain a high density within the resulting clusters.

Key words: management, organizational systems, cluster analysis, emergency, machine learning.

Введение

Для решения задачи своевременного реагирования на ЧС требуется комплексный подход, который включает в себя разработку баз данных (БД) и баз знаний (БЗ) по характеристикам (признакам) ЧС, разработку моделей их классификации на основе методов машинного обучения [1–5].

В период с 2017 по 2021 гг. на территории Российской Федерации произошло 1506 чрезвычайных ситуаций (рис. 1), из них [6]:

- техногенного характера – 925, погибло – 2544 человека;
- природного – 349, погибло – 104 человека;
- биолого-социального – 232, погибших нет.

В настоящем исследовании рассматриваются вопросы кластерного анализа применительно для трех видов ЧС техногенного характера. Так за рассматриваемый период произошло 503 крупных автомобильных аварий, 71 взрыв в зданиях жилого и социально-бытового назначения, 56 аварий на коммунальных системах жизнеобеспечения (рис. 2).

За отчетный период произошло 640 чрезвычайных ситуаций по выбранным видам, на которых погибло 1615 человек, ма-

териальный ущерб составил 2,541 млн. рублей. Силы и средства на эти ЧС были затрачены в количестве 36184 человек и 10231 единицы техники. Таким образом, для ликвидации одной ЧС, в среднем, необходимо 56 людей и 16 единиц техники, но расхождение от среднего для отдельно взятой ЧС большое, поэтому ниже приведено распределение по чрезвычайным ситуациям за отчетный период с указанием количества привлеченных людей и техники.

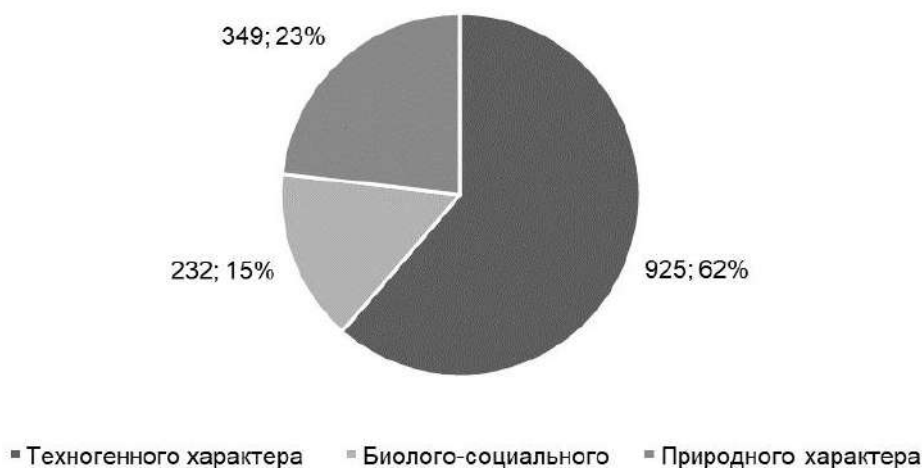


Рис. 1. Количество ЧС в период 2017–2021 гг.

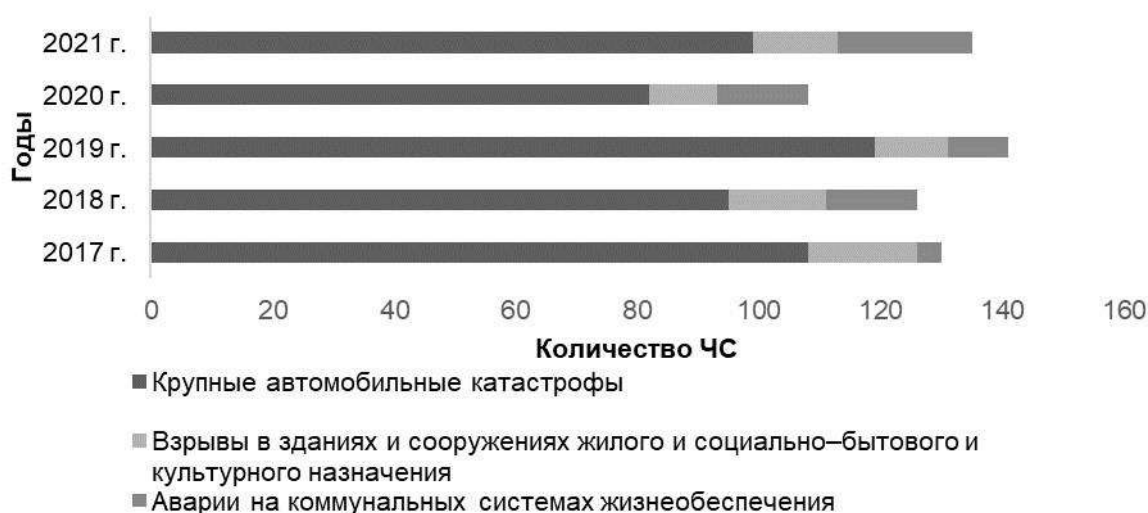


Рис. 2. Количество ЧС техногенного характера за отчетный период

На основании рис. 3 можно сделать вывод, что определение количества необходимых для реагирования ресурсов нельзя считать по среднему значению и требует изучения с использованием современных методов и инструментов.

Таким образом, актуальность проводимой работы обусловлена необходимостью со-

вершенствования системы управления реагированием на ЧС, за счет применения моделей и алгоритмов машинного обучения, в том числе кластерного анализа (обучение без учителя), для определения ресурсов для реагирования, которые позволят снизить время принятия решений в условиях большого количества исходной информации.



Рис. 3. Показатели реагирования на выбранные ЧС

Цель и задачи

Цель исследования – провести кластерный анализ ЧС техногенного характера различными методами и формирование базы знаний ЧС для дальнейшего их поиска по методу прецедентов с целью определения сил и средств для реагирования на ЧС.

Задачи исследования:

1. Подготовить базу данных ЧС для обработки с применением кластерного анализа.
2. Определить параметры (критерии) ЧС для выявления кластеров.
3. Провести нормирование (стандартизацию) критериев ЧС.
4. Выбрать методы кластерного анализа.
5. Разработать программный код (скрипт) на языке высокого уровня для обработки базы данных с применением методов кластерного анализа.
6. Провести кластерный анализ для выявления групп (кластеров) с учетом выбранных критериев ЧС.
7. Сформулировать выводы по итогам проведенного кластерного анализа.

Исходные данные

Исходными данными является массив оперативных донесений о ЧС (5 ЧС) из 15 субъектов РФ за период 2013–2022 гг. в виде неотредактируемых текстовых файлов в формате *pdf*. Полученные данные были обработаны на предмет полноты информации, отсутствия некорректных данных и сведены в электронную базу данных СУБД *MS Access*. С учетом анализа разработанной базы данных для последующей обработки выделены и сгруппированы три вида ЧС:

– пожары, взрывы, угроза взрывов (пожары (взрывы) в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового, культурного назначения) – 45 ЧС;

– транспортные аварии (аварии (катастрофы) на автодорогах (крупные автомобильные катастрофы)) – 78 ЧС;

– аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения – 40 ЧС;

Проведена предобработка (нормирование) числовых признаков в рассматриваемой выборке с целью приведения их к общей шкале без потери информации о различии диапазонов. Необходимость нормализации вызвана тем, что рассматриваемые признаки представлены в разных масштабах и изменяются в разных диапазонах.

Для повышения качества обработки данных проведено нормирование показателей в соответствии с нормализацией средним по формуле:

$$x_i = (x_i - X) / \sigma_x,$$

где: x_i – значение критерия, X – среднее значение, σ_x – дисперсия.

Методика проведения кластерного анализа

Кластерный анализ является одним из методов машинного обучения («обучение без учителя»). Результатом кластерного анализа является разбиение имеющихся в исходной базе объектов на определенное количество кластеров. Кластерный анализ является одним из способов решения задачи классификации в целях получения гипотез о структуре изучаемой статистической совокупности объектов. Результатом такой классификации является

разбиение исходной совокупности объектов на определенное число классов (кластеров). Каждый кластер, состоящий из набора объектов, таким образом, характеризуется своими закономерностями.

Рассматриваются три метода кластеризации – метод k -среднее (k -means), иерархическая агломеративная ассоциация, метод DBSCAN.

Алгоритм иерархической агломеративной ассоциации

Каждый объект рассматривается как отдельный элемент или кластер. С каждой итерацией два наиболее вероятных кластера объединяются в большой кластер. Этот процесс повторяется до тех пор, пока каждая точка не попадет в один большой кластер. Эта иерархия кластеров представляется в виде дерева (дендрограммы). Функции алгоритма:

- Оценка степени сходства между каждым двумя объектами в наборе данных.
- Группировка объектов в иерархическое дерево кластеров на основе расстояния.
- Разделение иерархического дерева на кластеры.

Алгоритм K -среднее

В этом алгоритме данные разделяются на « K отдельных кластеров». Работа алгоритма [9]:

- Определение центров кластеров (центроидов) и количества кластеров.
- Определение каждой точки (параметра) к ближайшему центру кластера на основе вычисления Евклидова расстояния.
- Оптимизация центров кластеров на основе среднего значения точек, отнесенных к данному кластеру.
- Оценка перемещения центроидов и сходимости каждого кластера.

Алгоритм DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise)

Переводится на русский язык как плотностной алгоритм пространственной кластеризации с присутствием шума. Этот метод кластеризации основан на соединении некоторых групп, плотность объектов внутри которых превышает некоторый заданный порог.

С учетом анализа обзора научных трудов по вопросам кластерного анализа [7-9] принято решение проводить кластер-анализ в четыре этапа:

1. Проведение иерархического кластерного анализа с построением дендрограммы для визуального выявления количества кластеров с самым близким расстоянием.
2. Проведение кластерного анализа методом k -средних с указанием количества

кластеров по результатам иерархического кластерного анализа.

3. Проведение кластерного анализа методом DBSCAN для уточнения контуров кластеров и определения самых плотных кластеров.

4. Оценка качества кластеризации с использованием коэффициентов Силуэта, Калински-Харабаса, Дэвиса-Болдуина.

Следующие два этапа проводимого исследования направлены на получение практических результатов по итогам проведения кластерного анализа с целью определения сил и средств для реагирования на ЧС на основе ретроспективных данных:

1. Построение на основе выделенных кластеров уравнений парной регрессии.
2. Выявление групп ЧС каждого кластера для формирования базы знаний для дальнейшего их поиска по методу прецедентов.

Разработка программного кода

Для проведения кластерного анализа проведен обзор существующих методов и инструментальных средств для реализации с учетом современных информационных технологий.

Для программной реализации кластерного анализа выбран язык программирования Python, обладающий широкими возможностями для проведения интеллектуального анализа данных. На этом языке программирования созданы многочисленные библиотеки (Matplotlib, Pandas и др.). В качестве инструментальной среды выбрана программа PyCharm 2021.3.3 (Community Edition) компании JetBrains.

Программный код (скрипты) написан для двух рассматриваемых методов кластерного анализа (k -средний, иерархический, DBSCAN) с использованием следующих библиотек:

Matplotlib – библиотека для визуализации данных двумерной и трёхмерной графикой.

NumPy – библиотека для поддержки многомерных массивов (включая матрицы) и высокоуровневых математических функций, предназначенных для работы с многомерными массивами.

Pandas – библиотека для обработки и анализа данных, предоставляет специальные структуры данных и операции для манипулирования числовыми таблицами и временными рядами.

Scikit-learn (sklearn) – библиотека с моделями машинного обучения. Включает в себя различные алгоритмы классификации, регрессии и кластеризации и предназначена для взаимодействия с другими числовыми и научными библиотеками.

Результаты компьютерного моделирования при ЧС

Последовательно рассмотрим кластерный анализ для всех выбранных методов в срезе «количество пострадавших – привлекаемый личный состав». На первом этапе проведен иерархический кластерный анализ с построением дендрограммы (рис. 4).

Анализ дендрограммы показывает, что можно построить линию отсечения и выделить 3 основных кластера для дальнейшего исследования и уточнения контуров. Далее прове-

ден кластерный анализ по методу k -среднее, результаты которого показаны на рис. 5.

Анализ разбиения на группы показывает, что визуально можно определить границы каждого из 3 кластеров. По количеству объектов кластер № 1 самый многочисленный и имеет достаточно четкий контур и диапазон значений. Для дополнительного уточнения границ кластеров применен алгоритм DBSCAN (рис. 6), который показывает группы с высокой плотностью значений признаков (кластер № 1).

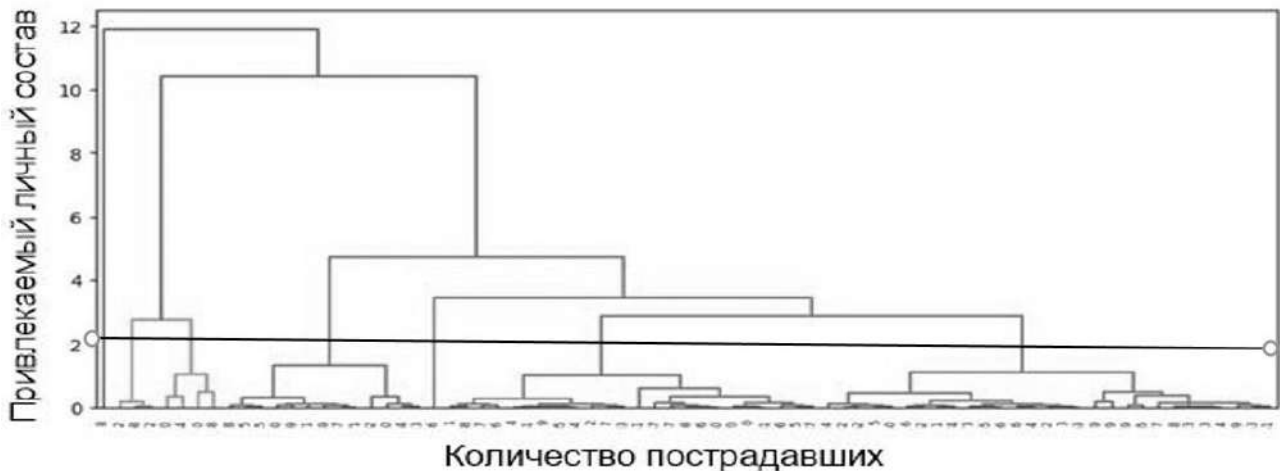


Рис. 4. Дендрограмма по результатам иерархического кластерного анализа

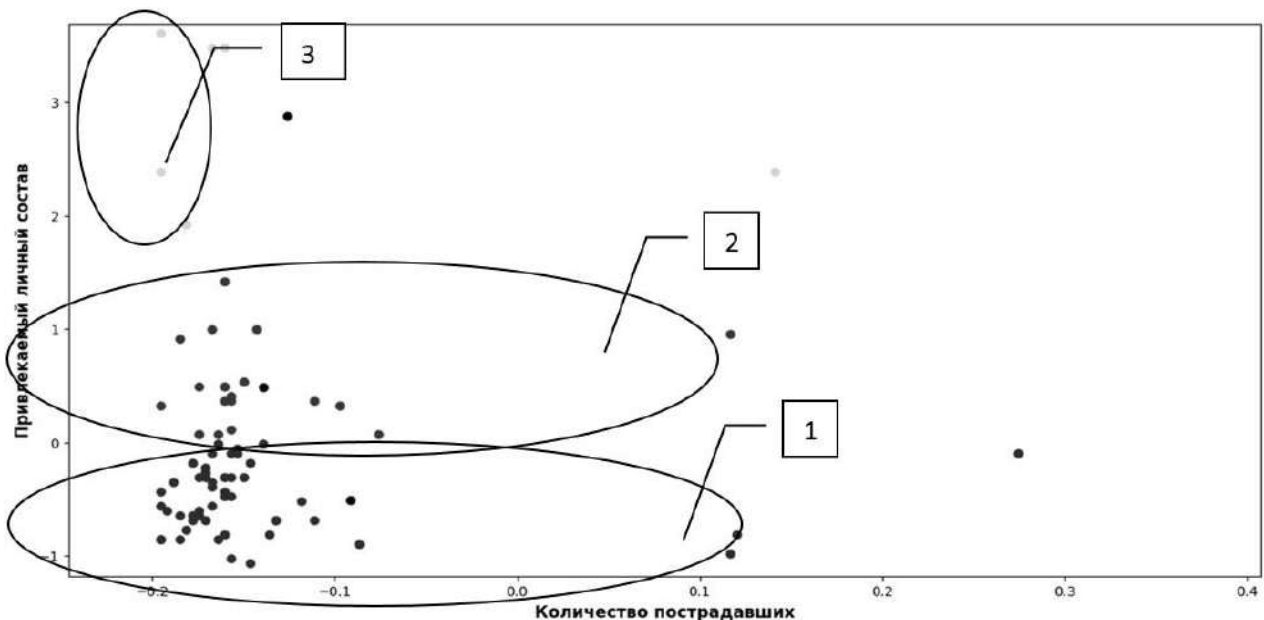


Рис. 5. Результаты кластерного анализа по методу k -среднее

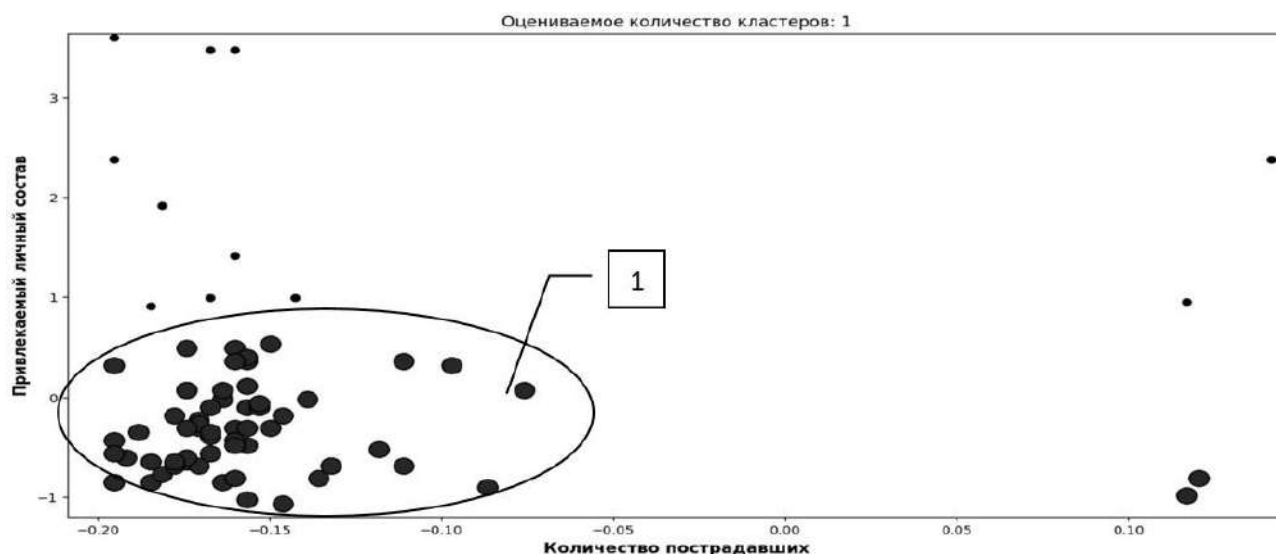


Рис. 6. Результаты кластерного анализа по методу DBSCAN

Проведена оценка качества кластеризации по всем трем методам с использованием коэффициентов Силуэта, Калински-Харабаса, Дэвиса-Болдуина. Результаты показаны в таблице.

Результаты расчета коэффициентов при переборе количества кластеров (2 и 3) для каждого рассмотренного метода кластеризации показывают, что в целом рассмотренные методы дают достаточно хорошие значения для трех кластеров (коэффициенты Калински-Харабаса и Дэвиса-Болдуина принимают максимальные значения).

Применение метода DBSCAN, в свою очередь, показывает, что кластер № 1 является самым плотным по значению признаков (параметров ЧС). С учетом этого, в дальнейшем, на основе кластера № 1 могут быть построены уравнения парной регрессии для определения сил и средств для реагирования на ЧС. Параметры из кластеров № 1-3 будут являться источником для базы знаний ЧС с целью дальнейшего их поиска по методу прецедентов для определения сил и средств для реагирования на ЧС. Алгоритм кластерного анализа чрезвычайных ситуаций техногенного характера представлен на рис. 7.

Таблица. Значения коэффициентов для оценки качества кластеризации

Коэффициенты точности Алгоритм кластерного анализа (количество кластеров)	Коэффициент Силуэта	Коэффициент Калински- Харабаса	Коэффициент Дэвиса- Болдуина
	Иерархический (2 кластера)	0.86	62.43
<i>k</i> -среднее (2 кластера)	0.86	62.43	0.08
Иерархический (3 кластера)	0.73	154.55	0.30
<i>k</i> -среднее (3 кластера)	0.73	154.55	0.30
DBSCAN (1 кластер)	0.64	32.20	1.10
DBSCAN (2 кластера)	0.27	6.87	1.96
DBSCAN (3 кластера)	0.32	6.92	2.30

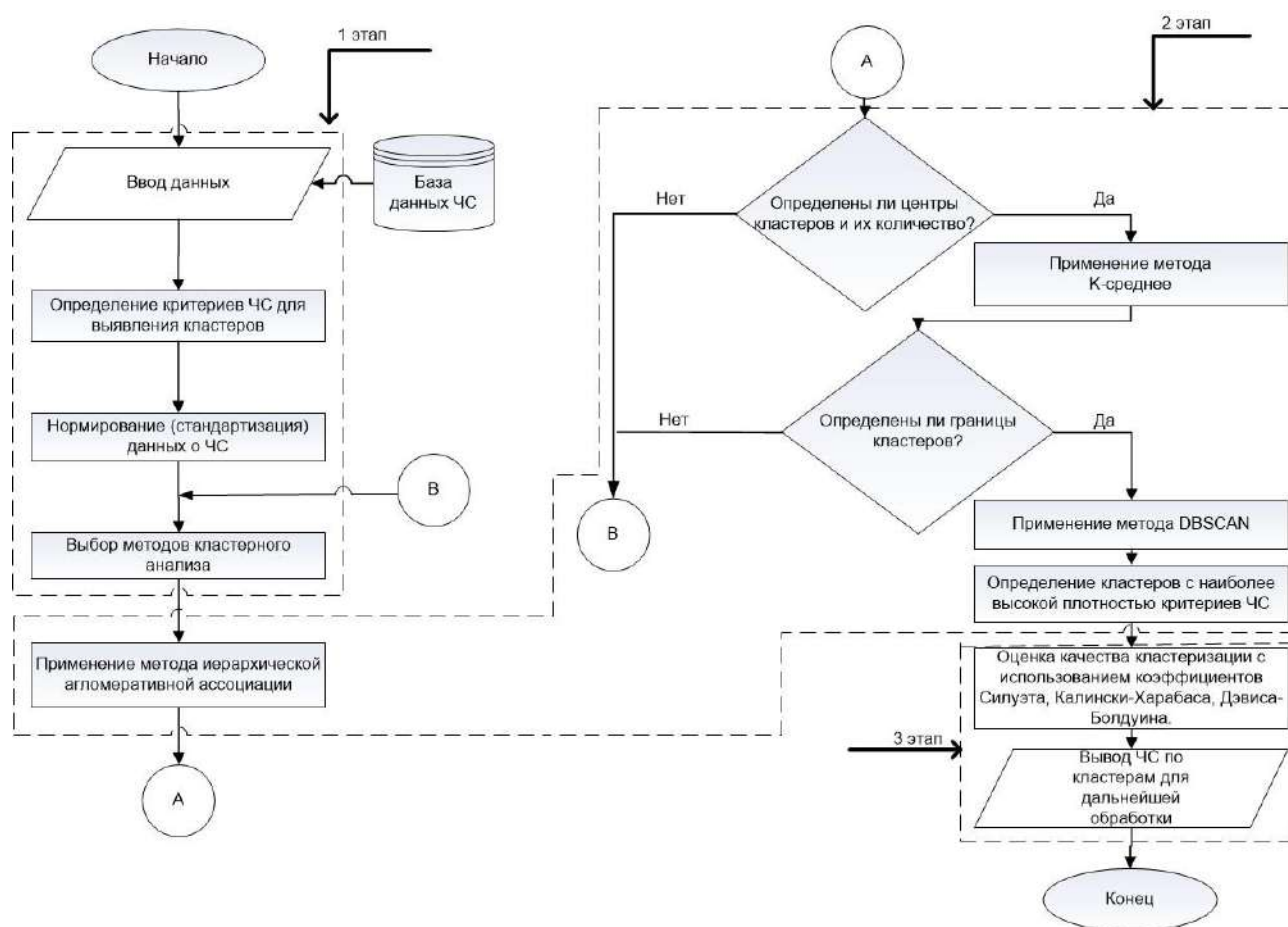


Рис. 7. Алгоритм кластерного анализа чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Выводы

1. Разработана база данных ЧС техногенного характера (178 ЧС по трем видам) на основе массива оперативных донесений из 15 субъектов РФ за период 2013–2022 гг. для дальнейшей обработки с применением кластерного анализа.

2. Проведена предобработка (нормирование средним) числовых признаков (параметров ЧС) с целью приведения их к общей шкале без потери информации о различии диапазонов.

3. Разработан программный код (скрипт) на языке высокого уровня *Python* для обработки базы данных ЧС с применением рассмотренных методов кластерного анализа.

4. В три этапа проведен кластерный анализ с последовательным применением трех методов (иерархическая агломеративная ассоциация, *k*-среднее, DBSCAN). Все полученные разбиения визуализированы в срезе «количество пострадавших при ЧС – привлекаемый личный состав». Визуально определены 3 кластера.

5. Проведена оценка качества кластеризации с использованием коэффициентов Силуэта, Калински-Харабаса, Дэвиса-Болдуина с учетом перебора количества возможных кластеров (2 и 3). Значения коэффициентов подтвердили выявление 3 кластеров. Применение метода DBSCAN показало, что кластер № 1 является самым плотным по значению признаков (параметров ЧС).

6. На основе данных кластера № 1 предложено в дальнейшем построить уравнение парной регрессии в срезе «количество пострадавших – привлекаемый личный состав» для определения сил и средств для реагирования на ЧС. Данные кластеров № 1–3 сформируют базу знаний ЧС для дальнейшего их поиска по методу прецедентов для определения сил и средств для реагирования на ЧС.

В рамках дальнейших исследований планируется увеличить разработанную базу данных по учёту ЧС с целью проведения более масштабного кластерного анализа с учетом рассмотренных методов и увеличением плотности полученных кластеров для их последующей обработки.

Список литературы

1. Обзор исследований в области классификации для машинного обучения при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений / Ш. К. Кадиев, Р. Ш. Хабибулин, П. П. Годлевский [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2020. № 3 (89). С. 20–29. DOI 10.25257/TTS.2020.3.89.

2. Кадиев Ш. К., Хабибулин Р. Ш. Проблемы классификации для машинного обучения при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений при ликвидации ЧС // Проблемы техносферной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. 2020. № 9. С. 194–198.

3. Мусайбеков А. Г., Хабибулин Р. Ш. Решение задачи классификации для определения ранга пожара на основе дискриминантного анализа // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Международной научно-практической конференции. СПб: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2020. С. 48–51.

4. Кадиев Ш. К., Хабибулин Р. Ш. Применение методов машинного обучения для классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы XXI Международной научно-методической конференции. Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью «Вэлборн», 2021. С. 1402–1406.

5. Применение машинообучаемых цепей Маркова для определения ранга пожара и прогнозирования фаз его развития / Н. Г. Топольский, В. Я. Вилисов, Р. Ш. Хабибулин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2021. Т. 30. № 6. С. 39–51. DOI 10.22227/0869-7493.2021.30.06.39-51.

6. Чрезвычайные ситуации и их последствия в 2021 г.: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2022. 70 с.

7. Степанов Е. В., Вилисов В. Я., Топольский Н. Г. Кластерный анализ однородности статистических данных о пожарах // Проблемы техносферной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. 2021. № 10. С. 151–158.

8. Пранов Б. М. Вопросы применения кластерного анализа в пожарной статистике //

Технологии техносферной безопасности. 2021. № 4 (94). С. 117–124.

9. Хабибулин Р. Ш. Кластерный анализ в области предупреждения и ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций // Технологии техносферной безопасности. 2022. № 3 (97). С. 202–214.

10. Третьяков Н. П. Применение кластерного анализа к мировой статистике пожаров // Технологии техносферной безопасности. 2009. № 2 (24). С. 1–7.

References

1. Obzor issledovaniy v oblasti klassifikatsii dlya mashinnogo obucheniya pri razrabotke intellektual'nykh sistem podderzhki prinyatiya upravlencheskikh reshenij [Review of research in the field of classification for machine learning in the development of intelligent management decision support systems] / Sh. K. Kadiev, R. Sh. Khabibulin, P. P. Godlevsky [et al.]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2020, vol. 3 (89), pp. 20–29. DOI 10.25257/TTS.2020.3.89.

2. Kadiev Sh. K., Khabibulin R. Sh. Problemy klassifikatsii dlya mashinnogo obucheniya pri razrabotke intellektual'nykh sistem podderzhki prinyatiya upravlencheskikh reshenij pri likvidatsii ChS [Problems of classification for machine learning in the development of intelligent systems for supporting management decisions in emergency response]. *Problemy tekhnosfernoy bezopasnosti: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchonykh i spetsialistov*, 2020, issue 9, pp. 194–198.

3. Musaibekov A. G., Khabibulin R. Sh. Reshenie zadachi klassifikatsii dlya opredeleniya ranga pozhara na osnove diskriminantnogo analiza [Classification problem solution for figuring out the fire rank based on discriminant analysis]. *Pozharnaya bezopasnost': sovremennyye vyzovy. Problemy i puti resheniya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. SPb: Sankt-Peterburgskiy universitet Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby Ministerstva Rossiyskoy Federatsii po delam grazhdanskoy oborony, chrezvychaynym situatsiyam i likvidatsii posledstviy stikhiynykh bedstviy, 2020. pp. 48–51.

4. Kadiev Sh. K., Khabibulin R. Sh. Primenenie metodov mashinnogo obucheniya dlya klassifikatsii chrezvychajnykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo haraktera [Application of machine learning methods for the classification of natural and man-made emergencies]. *Informatika: problemy, metody, tekhnologii: materialy XXI Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii*. Voronezh: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu «Velborn», 2021, pp. 1402–1406.

5. Primenenie mashinoobuchaemyh cepej Markova dlya opredeleniya ranga pozhara i prognozirovaniya faz ego razvitiya [Application of machine learning Markov chains for figuring out the fire rank and predicting the phases of its development] / N. G. Topolsky, V. Ya. Vilisov, R. Sh. Khabibulin [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2021, vol. 30, issue 6, pp. 39-51. DOI 10.22227/0869-7493.2021.30.06.39-51.

6. *Chrezvychaynyye situatsii i ikh posledstviya v 2021 g.: statisticheskiy sbornik* [Emergencies and their consequences in 2021: statistical compendium]. M.: VNIPO, 2022. 70 p.

7. Stepanov E. V., Vilisov V. Ya., Topolsky N. G. Klasternyj analiz odnorodnosti statisticheskikh dannyh o pozharah [Cluster analysis of the homogeneity of statistical data on fires]. *Problemy tekhnosfernoy bezopasnosti: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konfer-*

entsii molodykh uchonykh i spetsialistov, 2021, issue 10, pp. 151–158.

8. Pranov B. M. Voprosy primeneniya klasternogo analiza v pozharnoj statistike [Application of cluster analysis in fire statistics]. *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti*, 2021, vol. 4 (94), pp. 117–124.

9. Khabibulin R. Sh. Klasternyj analiz v oblasti preduprezhdeniya i likvidacii pozharov i chrezvychajnyh situacij [Cluster analysis in the field of prevention and elimination of fires and emergency situations]. *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti*, 2022, vol. 3 (97), pp. 202–214.

10. Tretyakov N. P. Primenenie klasternogo analiza k mirovoj statistike pozharov [Application of cluster analysis to global fire statistics]. *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti*, 2009, vol. 2 (24), pp. 1–7.

Кадиев Шамиль Кудрудинович

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
Преподаватель

E-mail: kadiev_s@inbox.ru

Kadiev Shamil Kudrudinovich

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

Lecturer

E-mail: kadiev_s@inbox.ru

Хабibuлин Ренат Шамильевич

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
Начальник УНК АСИТ

E-mail: kh-r@yandex.ru

Khabibulin Renat Shamilevich

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

Head of the educational and scientific complex

E-mail: kh-r@yandex.ru

УДК 004.91

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ УЧЁТОМ ЗАЯВОК НА ОПОВЕЩЕНИЕ И ИНФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В СУБЪЕКТЕ РФ

Д. А. КОЛЕРОВ¹, Г. Н. ЗАВОДСКОВ¹, И. Л. СКРИПНИК¹, Т. Т. КАВЕРЗНЕВА²

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 политехнический университет Петра Великого,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: dima11rus@inbox.ru.

Оповещение и информирование населения на территории РФ осуществляется в рамках функционирования Общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей (ОКСИОН). На сегодняшний день процесс управления подготовкой и учета заявок на оповещение населения осуществляется в ручном режиме и занимает продолжительный промежуток времени. В случае большого количества заявок в системе, должностные лица ОКСИОН не успевают обрабатывать заявки. Кроме того, принятие решений происходит в условиях неопределённости, так как каждая заявка на оповещение имеет свои особенности и несёт определённую смысловую нагрузку. Монотонность и большой объём работы должностных лиц ОКСИОН приводит к снижению их когнитивных и физических способностей, что влечёт за собой ошибки, связанные с принятием неправильных решений и формированием недостоверного материала на информирование населения. Кроме того, должностному лицу может быть отведено определённое время для подготовки заявки на оповещение и доведения её до населения, а в условиях большого потока заявок уложиться в данное время не получится. В связи с этим возникает актуальная научная проблема, связанная с необходимостью автоматизации и унификации процесса подготовки заявок на оповещение и информирование населения в рамках функционирования ОКСИОН, с учётом её специфики и требований нормативных документов.

В статье продемонстрированы возможности применения методологии IDEF0 для решения автоматизации задач управления. Проведено обоснование выбранной методологии и приведены аргументы, позволяющие сделать вывод, что она является оптимальной в данной постановке задачи.

В результате проведенных научных исследований, систематизации и обобщения информации была разработана функциональная модель управления учётом заявок на оповещение и информирование населения в субъекте РФ, рассматриваемая как результат научной работы.

В дальнейшем планируется реализация разработанной модели в виде программы, с её последующим внедрением в территориальные органы МЧС России и информационный центр ОКСИОН, с целью решения задачи по автоматизации управления учётом заявок на оповещение населения, сокращения общего времени обработки заявок и минимизации допущения должностными лицами ошибок.

Ключевые слова: управление, управление оповещением, функциональная модель, IDEF0, Общероссийская комплексная система информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей.

FUNCTIONAL MODEL FOR MANAGING REGISTRATION OF APPLICATIONS FOR NOTIFICATION AND INFORMATION OF THE POPULATION IN THE SUBJECT OF THE RUSSIAN FEDERATION

D. A. KOLEROV¹, G. N. ZAVODSKOV¹, I. L. SKRIPNIK¹, T. T. KAVERZNEVA²

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. Zinicheva,
Russian Federation, Saint-Petersburg

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Russian Federation, Saint-Petersburg
E-mail: dima11rus@inbox.ru.

Notification and informing the population on the territory of the Russian Federation is carried out within the framework of the functioning of the All-Russian integrated system of informing and warning the population in places of mass stay of people. To date, the process of managing the preparation and recording of applications for alerting the population is carried out manually and takes a long period of time. In the case of a large number of applications in the system, RNIPNWS officials do not have time to process applications. In addition, decision-making takes place under conditions of uncertainty, since each notification request has its own characteristics and carries a certain semantic load. The monotony and large volume of work of officials of the all-Russian integrated system of informing and alerting the population leads to a decrease in their cognitive and physical abilities, which entails errors associated with making wrong decisions and the formation of unreliable material for informing the population. In addition, an official may be given a certain amount of time to prepare an application for notification and bring it to the public, and in the conditions of a large flow of applications, it will not be possible to meet this time. In this regard, an urgent scientific problem arises related to the need to automate and unify the process of preparing applications for alerting and informing the population within the framework of the operation of the all-Russian integrated system of informing and alerting the population, taking into account its specifics and the requirements of regulatory documents.

The article demonstrates the possibilities of using the IDEF0 methodology for solving the automation of control tasks. The substantiation of the chosen methodology is presented and arguments are given that allow us to conclude that it is optimal in this problem setting.

As a result of scientific research, systematization and generalization of information, a functional model for managing the registration of applications for notification and informing the population in a constituent entity of the Russian Federation was developed, which is considered as the result of scientific work.

In the future, it is planned to implement the developed model in the form of a program, with its subsequent implementation in the territorial bodies of the Ministry of Emergency Situations of Russia and the information center of the all-Russian integrated system of informing and alerting the population, in order to solve the problem of automating the management of accounting for applications for notification of the population, reducing the total time for processing applications and minimizing mistakes made by officials.

Key words: management, notification management, functional model, IDEF0, All-Russian Integrated Public Notification and Warning System.

На сегодняшний день в каждом субъекте РФ создана и успешно функционирует система ОКСИОН, которая выполняет различные задачи, одной из которых является доведение информации о чрезвычайных ситуациях до населения страны. Кроме того, данная система позволяет сократить время на обработку информации о случившейся ситуации, так как она стекается в единый центр.

Анализ эмпирических данных эффективности работы сотрудников ОКСИОН в различных субъектах РФ, полученных в Главных управлениях МЧС России по соответствующим субъектам и информационном центре ОКСИОН, показал, что подготовку заявок на информирование населения, как правило, осуществляют в ручном режиме, что занимает много времени, поэтому возникает потребность в автоматизации данного процесса. В таблице представлены статистические данные о количестве заявок на информирование населения, которые осуществляют сотрудники ОКСИОН в типовом субъекте РФ.

Задача автоматизации процессов повседневной деятельности является особенно актуальной для Главных Управлений МЧС России по субъектам РФ и информационного центра ОКСИОН. Она может быть решена

при помощи различных вариантов. К примеру, в центрах управления в кризисных ситуациях Главных управлений МЧС России по субъектам РФ существуют технологические карты по возможным вариантам чрезвычайных ситуаций, где описан алгоритм действий должностного лица при возникновении данной ситуации, однако такой подход требует много времени, поэтому его использование нецелесообразно. В качестве ещё одного способа решения поставленной проблемы может быть использована графическая модель, содержащая в себе схему (граф) отражающую взаимодействия между элементами системы ОКСИОН, однако её использование занимает больший промежуток времени, по сравнению с функциональной моделью и имеет определённые сложности при разработке программного обеспечения. Сравнительный анализ вариантов решения поставленной проблемы показал, что оптимальным способом в данной ситуации будет разработка программного обеспечения, в основе которого будет заложена разработанная функциональная модель. Разработка и внедрение программы позволит автоматизировать процесс подготовки заявок на оповещение и информирование населения с минимальными вложениями, так как не повлечёт за собой до-

полнительных итераций, а именно: обучение персонала; замены существующей организационной структуры ОКСИОН; изменения существующей архитектуры обмена информацией между компонентами ОКСИОН. Особенность

этой задачи заключается в том, что её решение позволяет сократить количество должностных лиц, необходимых для ее решения, минимизировать человеческий фактор и унифицировать этапы работы.

Таблица. Распределение количества заявок на оповещение и информирование населения в субъекте РФ за последние 10 лет

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество заявок на оповещение и информирование населения в год	1032	2443	3145	5083	6832	8543	9424	10534	10986	11054
Среднее время обработки заявки, мин	8	9	10	12	13	15	17	18	18	19

Наличие у сотрудника необходимых вычислительных ресурсов: программного обеспечения и вычислительной техники позволяет сократить материальные, временные нормативы, повысить производительность труда, сократить ошибки в своей деятельности, улучшить качество работы и, в конечном итоге, оптимизировать процесс принятия решений в условиях неопределенности, что в условиях технического прогресса является объективной реальностью.

Типовое отделение ОКСИОН имеет в наличии: 3 станции, соединенные в локальную вычислительную сеть, оснащенные операционной системой, программным обеспечением, сервером.

Microsoft Office, облегчающая работу инженеров, используется с целью:

- документирования сообщений в терминальных комплексах ОКСИОН;
- проверки исправности функционирования терминального комплекса;
- проведения расчетов, отчетов, представления информации в виде таблиц, рисунков, диаграмм, в редакторах MS Excel, Word;
- приема, передачи информации.

Однако большой объем работы должностных лиц отделения ОКСИОН выполняется вручную, что увеличивает время выдачи необходимой информации лицу, принимающему решение.

Такой подход в работе сотрудников ОКСИОН оказывается малоэффективным в случае большого потока заявок, так как на обработку каждой уходит промежуток времени, равный 10-15 минутам, а в условиях повышенного потока заявок время удваивается, и личный состав физически не успевает их обрабатывать. Такие ситуации возникают в случае

комплекса неблагоприятных погодных явлений, крупной чрезвычайной ситуации или теракта. С целью автоматизации процесса обработки заявок инженерами ОКСИОН, а именно их учета и дальнейшего управления в системе необходимо разработать информационную систему учета заявок на оповещение и информирование населения (ОИН). Зависимость изменения времени обработки заявок на оповещение и информирование населения от их общего количества имеет экспоненциальную зависимость и представлена на рис. 1.

Целью статьи является разработка функциональной модели, отражающей основные процессы и функции, реализуемые сотрудниками отделения ОКСИОН в методологии IDEF0 с целью дальнейшего создания информационной системы учета заявок на оповещение и информирование населения в программном комплексе.

Первоначально CA ERWin Process Modeler создавалась для работы с базами данных, что, по сути, и осуществляется в отделениях ОКСИОН, однако в дальнейшем была добавлена функция построения моделей и визуализации базы, что позволяет осуществлять более эффективный процесс управления отделением ОКСИОН. ERWin содержит CASE-средства, то есть функционал для проектирования и обеспечения высокого качества прикладного программного обеспечения, а также простоту его дальнейшей эксплуатации. Process Modeler адаптивна ко всем типам баз данных, что делает её универсальной и наиболее оптимальной программой, при разработке функциональных моделей, поэтому она была применена для решения цели настоящей статьи.

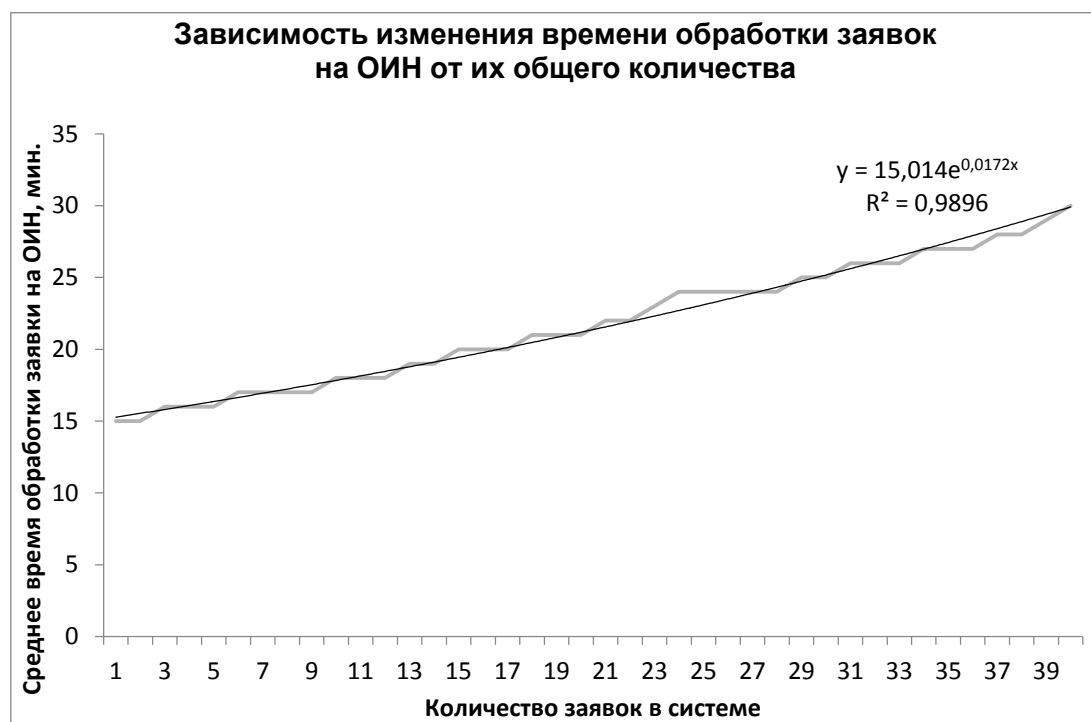


Рис. 1. Зависимость изменения времени обработки заявок на оповещение и информирование населения от их общего количества

Отечественными и зарубежными учеными с недавнего времени методология IDEF0 стала активно применяться при решении задач управления и автоматизации управления, однако для данной предметной области и конкретной задачи, с учётом специфики МЧС России методология не применялась [1-3]. Отсюда следует вывод, что разработка функциональной модели управления учётом заявок на оповещение и информирование населения является исключительно актуальной.

Выбор данного программного продукта обусловлен тем, что в его основе лежит технология *open source*, и она не включена в перечень зарубежного программного обеспечения. На текущий момент деятельность сотрудников ОКСИОН определена нормативными документами, однако этот процесс необходимо автоматизировать, поэтому для решения данной задачи выбрана программная среда ERWin Process Modeler [4].

Кроме того, деятельность должностных лиц ОКСИОН каждого субъекта РФ идентична, поэтому модель будет подходить для каждого субъекта и при создании модели нет необходимости учитывать специфику каждого субъекта, так как её не существует.

В рассматриваемой постановке задачи принимается следующая типовая схема прохождения сигнала старшему оперативному дежурному центра управления в кризисных

ситуациях, которая утверждена нормативными документами. Информация сотрудникам отделения ОКСИОН поступает из:

- вышестоящего органа управления на оповещение и информирование населения в субъекте РФ;
- силовых министерств (МВД, ФСБ);
- населения;
- программного комплекса «Безопасный город»;
- Системы 112;
- базы данных существующих и обработанных заявок на оповещение и информирование населения;
- документов планирования;
- ЕДДС муниципального образования о местах с массовым пребыванием людей.

Оператор отделения ОКСИОН проводит анализ и обобщение данной информации, структурирует её с помощью карточки (специальной формы) и отправляет ее сотрудникам отделения ОКСИОН для дальнейшего формирования демоматериалов и оповещения и информирования населения, докладывает о проделанной работе в центре управления в кризисных ситуациях.

Действующая система взаимодействует с внешней средой, которая на нее передает описанные выше сообщения. В результате реализуемый алгоритм работы можно представить в виде функциональной модели, разрабо-

танной в указанной выше методологии (рис. 2). Затем проводится разбиение или декомпозиция представленной модели по иерархическим уровням с помощью соответствующих диаграмм до необходимого уровня описания. Что позволяет досконально расписать каждый процесс и учитывать его при дальнейшей разработке программного обеспечения.

Так центральная подсистема «Деятельность отделения ОКСИОН центра управления в кризисных ситуациях Главных управлений МЧС России» разбивается на несколько подсистем, в результате образуется контекстная диаграмма уровня А0 (рис. 3). Она содержит в себе 5 этапов, в свою очередь, каждый из которых имеет информацию на вход и выход.

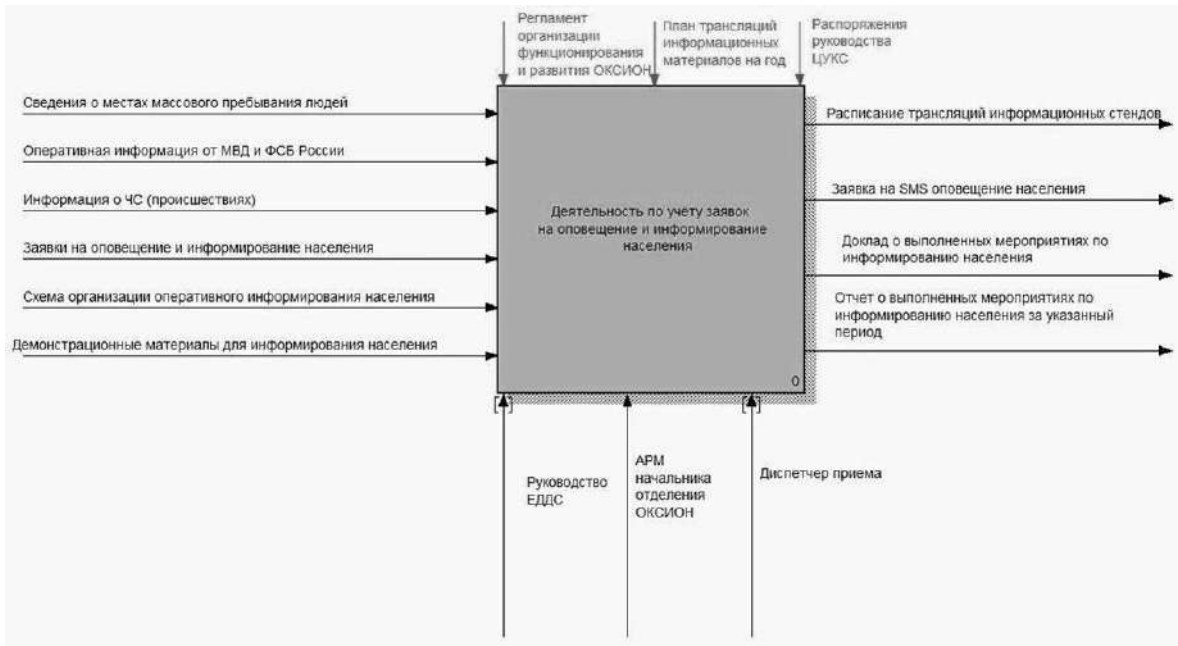


Рис. 2. Функциональная модель уровня А0

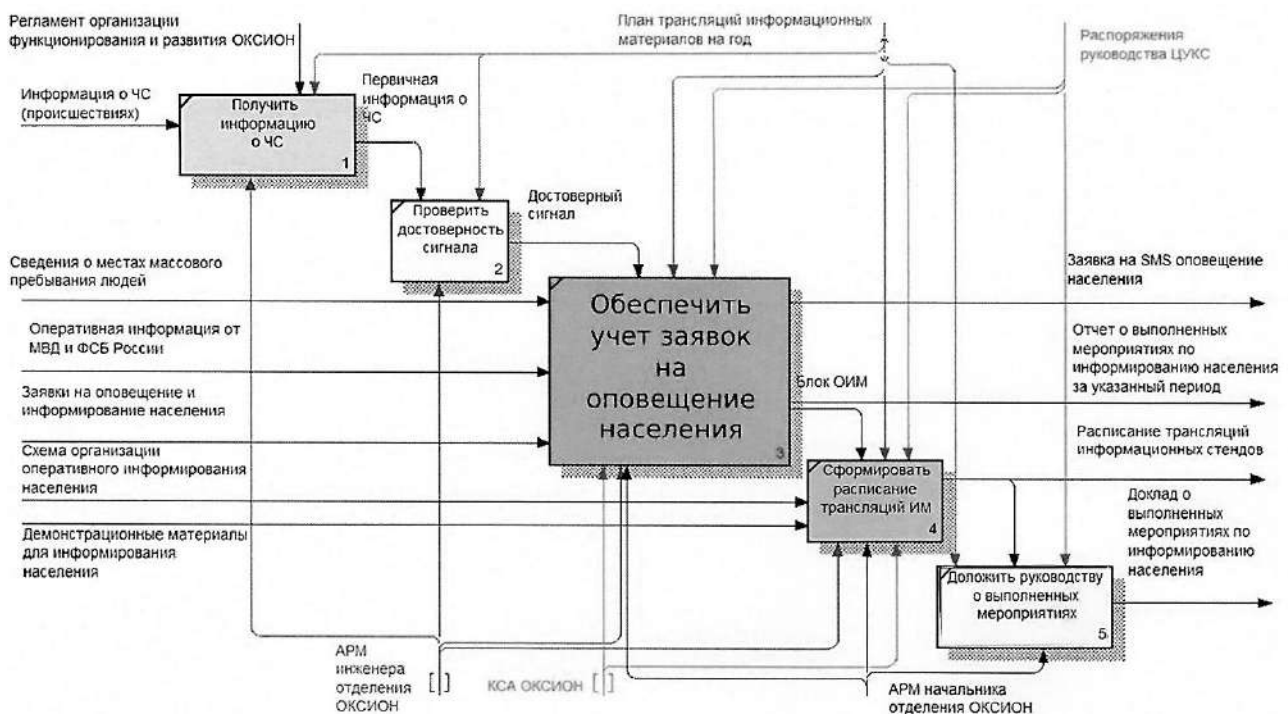


Рис. 3. Диаграмма системы (уровень А0)

Разбиение подсистемы «Система оповещения и информирования населения в местах массового пребывания людей» показана на рис. 4. Символ J1 на данном рисунке означает разбиение процесса на 3 этапа, каждый из которых осуществляется одновременно инженерами ОКСИОН, с целью минимизации времени на обработку заявки. Уточненная информация сводится к J2, который лежит в основе блока 6.

Основной составляющей на этом алгоритме служит подсистема «Разработать текстовый ОИМ на оповещение и информирование населения» и «Сформировать расписание трансляций оповещения и информирования населения» (рис. 5). Данная задача является типовой, однако требует повышенной концентрации внимания, так как в случае допущения оператором ошибки доведение информации до населения будет осуществляться недостоверными сведениями, что может привести к панике.

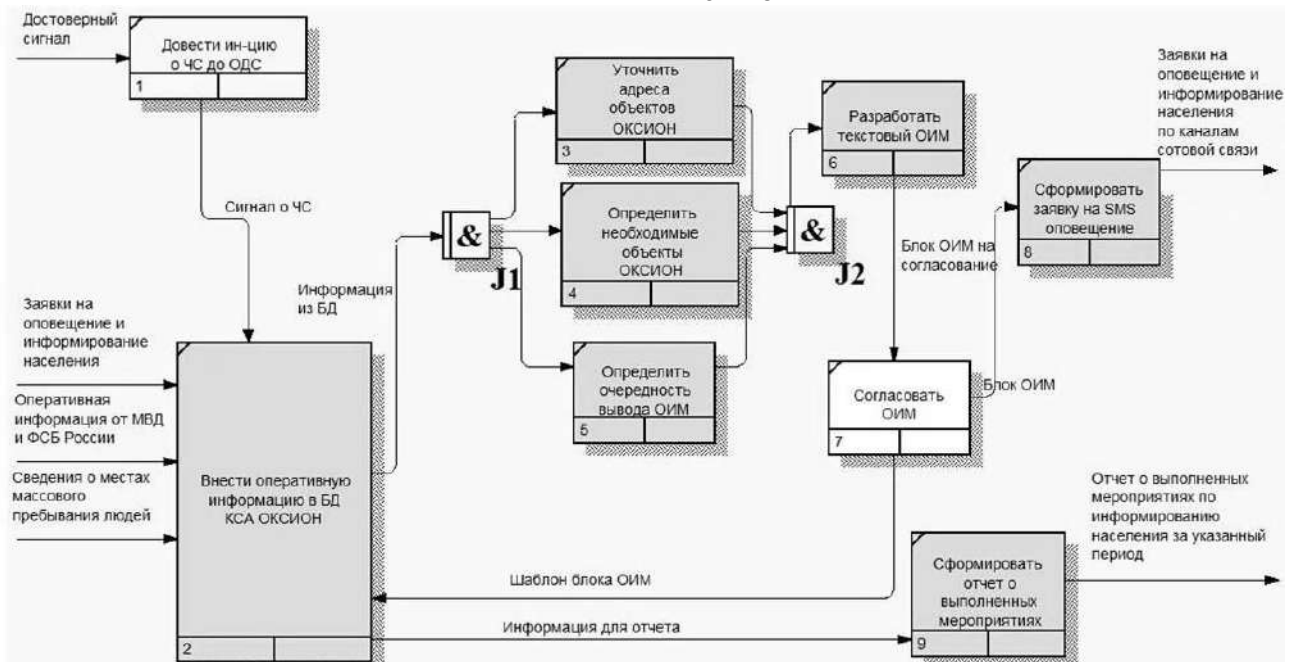


Рис. 4. Алгоритм работы подсистемы

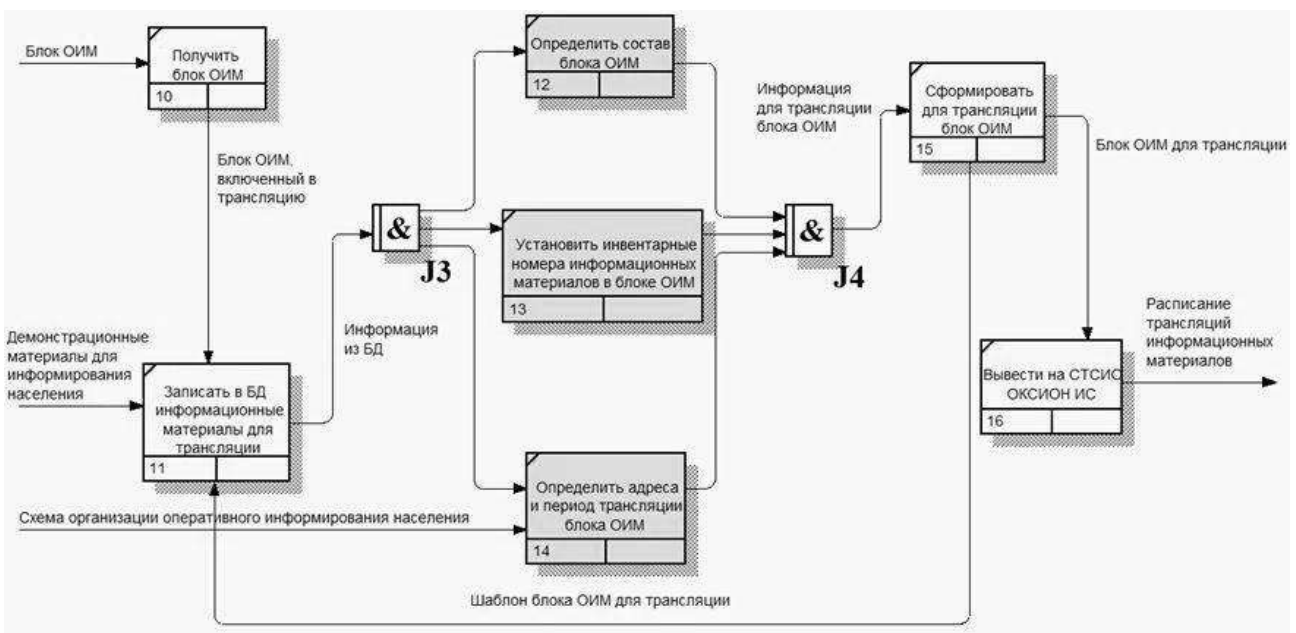


Рис. 5. Алгоритм работы подсистемы «Сформировать расписание трансляций оповещения и информирования населения»

В этом алгоритме представлена последовательность вывода информации на терминальных комплексах ОКСИОН, т.е. образование блока оповещения и информирования населения (рис. 6). Кроме того в диаграмме дерева

узлов реализуется декомпозиция элементов 3 и 4, а именно обеспечения учёта заявок на оповещение и информирование населения и формирования расписания трансляций.

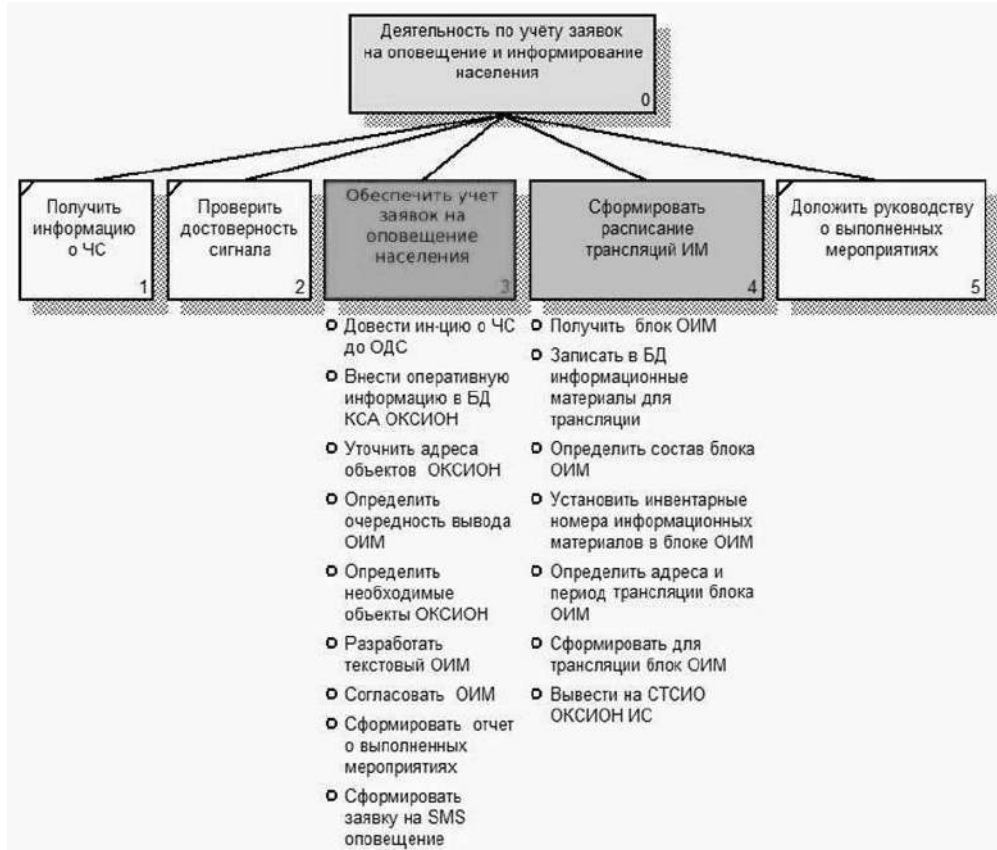


Рис. 6. Диаграмма дерева узлов

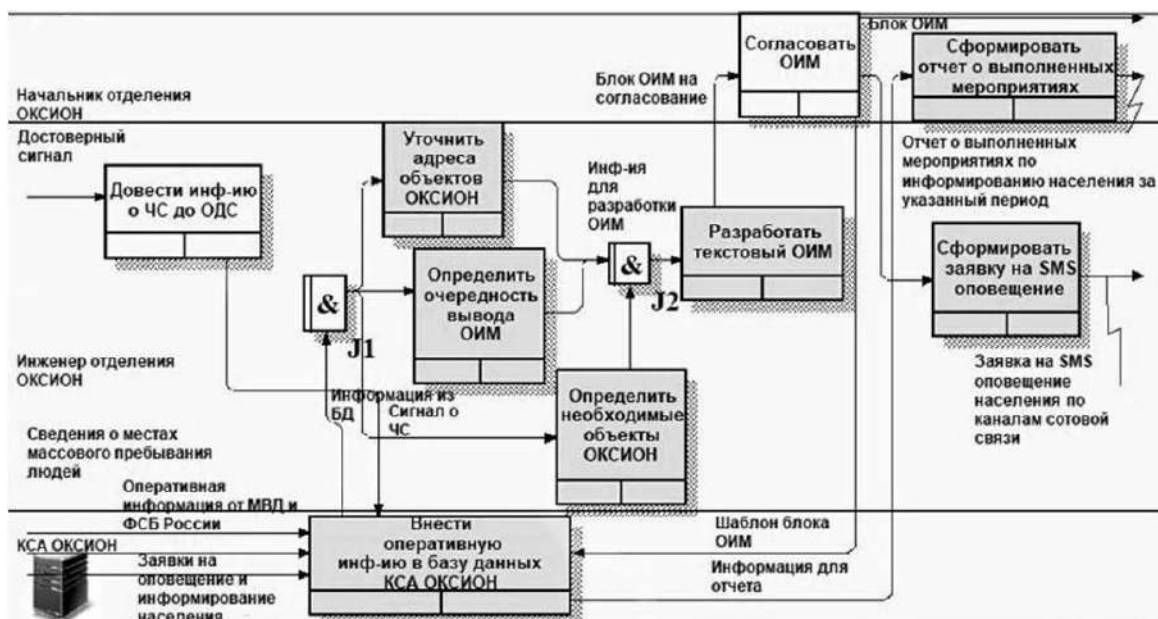


Рис. 7. Алгоритм работы должностных лиц отделения ОКСИОН по учёту заявок на оповещение и информирование населения

Диаграмма работы отделения ОКСИОН центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС РФ на базе словарей групп ролей и ресурсов сформирована в программной среде CA ERWin Process Modeler [5]. Наполнение базы будет зависеть от особенностей субъекта, штатной численности сотрудников и структуры отделения ОКСИОН. В данном случае разработанная модель может быть адаптирована к любому субъекту РФ, что делает её универсальной и придаёт ей практическую ценность.

Информация, записанная в словари, позволяет сформировать диаграмму работы должностных лиц отделения ОКСИОН по учёту заявок на оповещение и информирование населения (рис. 7). Кроме того, сохраняется уровень подчиненности сотрудников ОКСИОН и наглядно показана важность своевременного предоставления информации одного должностного лица другому.

Выводы

Таким образом, в статье описана разработанная функциональная модель управле-

ния учетом заявок на оповещение и информирование населения, которая будет лежать в основе программного обеспечения, позволяющего автоматизировать этапы работы должностных лиц отделения ОКСИОН, сократить общее время отработки заявки на оповещение и минимизировать вероятность допущения ошибок должностными лицами ОКСИОН. На текущий момент осуществляется разработка данного программного обеспечения, апробация которого будет осуществлена в дальнейших научных публикациях авторов статьи. В дальнейшем предполагается внедрить разработанный программный комплекс в структуру системы ОКСИОН и деятельность Главных управлений МЧС России по субъектам РФ. Однако внедрение имеет свои особенности, поэтому данное направление является актуальным заданием для последующих научных исследований.

Время, на которое в среднем сокращается работа сотрудников будет определяться эмпирически, после реализации модели в программном комплексе и её внедрения в территориальные органы ОКСИОН МЧС России.

Список литературы

1. Максимак И. Н. Применение методологии IDEF0 для создания функциональной модели управления образовательной деятельностью высшего учебного заведения // Прикладная математика и вопросы управления. 2022. № 5. С. 92–95.
2. Ячменев И. Ф. Функциональная модель высшего учебного заведения в IDEF0 // Бизнес информ. 2014. № 4. С. 91–99.
3. Панкратова М. В. Функциональная модель управления силами и средствами МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Арктической зоне Российской Федерации // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 4. С. 128–135.
4. Качанов С. А., Нехорошев С. Н., Попов А. П. Информационные технологии поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях: Автоматизированная информационно-управляющая система единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: вчера, сегодня, завтра. М.: Деловой экспресс, 2011. 400 с.
5. Ипатов А. Э., Ипатов Ю. В. Методологии и технологии системного проектирования информационных систем. М.: МПСИ, Флинта, 2008. 256 с.

References

1. Maksimyak I. N. Primeneniye metodologii IDEF0 dlya sozdaniya funktsional'noy modeli upravleniya obrazovatel'noy deyatelnost'yu vysshego uchebnogo zavedeniya [Application of the IDEF0 methodology to create a functional model for managing the educational activities of a higher educational institution]. *Prikladnaya matematika i voprosy upravleniya*, 2022, issue 5, pp. 92–95.
2. Yachmenev I. F. Funktsional'naya model' vysshego uchebnogo zavedeniya v IDEF0 [Functional model of a higher educational institution in IDEF0]. *Biznes inform*, 2014, issue 4, pp. 91–99.
3. Pankratova M. V. Funktsional'naya model' upravleniya silami i sredstvami MCHS Rossii pri likvidatsii razlivov nefti i nefteproduktov v Arkticheskoy zone Rossiyskoy Federatsii [Functional model of managing the forces and means of the Russian Ministry of Emergency Situations in the response to oil and oil products spills in the Arctic zone of the Russian Federation]. *Nauchno-analiticheskiy zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS Rossii»*, 2022, issue 4, pp. 128–135.
4. Kachanov S. A., Nekhoroshev S. N., Popov A. P. *Informatsionnyye tekhnologii podderzhki prinyatiya resheniy v chrezvychaynykh situatsiyakh: Avtomatizirovannaya informatsionno-*

upravlyayushchaya sistema yedinoy gosudarstvennoy sistemy preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy: vchera, segodnya, zavtra [Information technologies for decision support in emergency situations: Automated information and control system of the unified state system for the prevention and elimination of emergency situations: yesterday,

today, tomorrow]. M.: Delovoy ekspress, 2011. 400 p.

5. Ipatova E. R., Ipatov Yu. V. *Metodologii i tekhnologii sistemnogo proyektirovaniya informatsionnykh sistem* [Methodologies and technologies of system design of information systems]. M.: MPSI, Flinta, 2008, 256 p.

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

Начальник кабинета

E-mail: dima11rus@inbox.ru

Kolero 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

Head of Cabinet

E-mail: dima11rus@inbox.ru

Заводсков Геннадий Николаевич

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: kyb.valery@yandex.ru

Zavodskov Gennady Nikolaevich

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

Senior Lecturer

E-mail: ncuks73@mail.ru

Скрипник Игорь Леонидович

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, доцент кафедры

E-mail: ig.skripnick2011@yandex.ru

Skripnik Igor Leonidovich

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, Associate Professor, Associate Professor of the Department

E-mail: ig.skripnick2011@yandex.ru

Каверзнева Татьяна Тимофеевна

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы техносферной безопасности

E-mail: kaverztt@mail.ru

Kaverzneva Tatyana Timofeevna

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,

Russian Federation, St. Petersburg

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Higher School of Technosphere Safety

E-mail: kaverztt@mail.ru

УДК 007.3

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ МЧС РОССИИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В. А. ОНОВ, М. В. ПАНКРАТОВА

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: onov.va@igps.ru, r.masha-oskol@mail.ru

Арктическая зона Российской Федерации является быстро развивающимся регионом России с большим объемом полезных ископаемых. Только в российском арктическом шельфе находится примерно 100 миллиардов тонн нефтяного эквивалента. В связи с этим растет и количество объектов нефтяной промышленности, а как следствие и количество аварий, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов. К сожалению, из-за изменения климата в Арктической зоне увеличивается риск возникновения аварийных ситуаций, что может повлечь за собой серьезные экологические последствия. Поэтому актуальной задачей является своевременное реагирование и ликвидация ЧС, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов, и минимизация ущерба от их последствий. Предлагается использовать разработанную методику применения сил и средств МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Арктической зоне Российской Федерации с целью минимизации ущерба. При разработке данной методики использовалась модель управления силами и средствами МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Арктической зоне Российской Федерации, составленная при помощи методологии IDEF0.

Ключевые слова: методика, чрезвычайные ситуации, разлив нефти и нефтепродуктов, ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов, Арктическая зона Российской Федерации, силы и средства МЧС России.

METHODS OF USING THE FORCES AND MEANS OF EMERCOME OF RUSSIA IN THE LIQUIDATION OF OIL AND PETROLEUM PRODUCT SPILLS IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

V. A. ONOV, M. V. PANKRATOVA

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia»,
Russian Federation, Saint-Petersburg
E-mail: onov.va@igps.ru, r.masha-oskol@mail.ru

The Arctic zone of the Russian Federation is a rapidly developing region of Russia with a large volume of minerals. There are approximately 100 billion tons of oil equivalent in the Russian Arctic shelf alone. In this regard, the number of oil industry facilities is also growing, and as a result, the number of accidents associated with oil and petroleum product spills. Unfortunately, due to climate change in the Arctic zone, the risk of accidents increases, which can lead to serious environmental consequences. Therefore, timely response and elimination of emergencies related to oil and petroleum product spills is an urgent task. It is proposed to use the developed methodology of the forces and means of the EMERCOME of Russia in the elimination of oil and petroleum product spills in the Arctic zone of the Russian Federation in order to minimize environmental damage. During the development of this methodology, the management model of the forces and means of the EMERCOME of Russia for the elimination of oil and petroleum products spills in the Arctic zone of the Russian Federation, compiled using the IDEF0 methodology, was used.

Key words: methodology, emergency situations, oil and petroleum product spill, oil and petroleum product spill response, Arctic zone of the Russian Federation, forces and means of the EMERCOME of Russia.

Введение

Нефть – один из ценнейших природных ресурсов для человечества. В недрах Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) находится более 7 млрд т нефти. Ввиду стремительного технического прогресса нефтяная промышленность становится все более востребованной. Арктическая зона отличается от других регионов страны крайне тяжелыми природно-климатическими условиями, низким уровнем инфраструктуры и специфичностью ландшафта. Вследствие этих особенностей риск возникновения чрезвычайных ситуаций при добыче и транспортировке нефти и нефтепродуктов увеличивается, а процесс локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций затрудняется [1].

Разлив нефтепродуктов, а именно дизельного топлива, в г. Норильск в 2020 г. является крупнейшей ЧС, произошедшей за последние десятилетия. Ущерб от разгерметизации резервуара с разливом топлива составил 148 млрд рублей. Последствия данной ЧС оказали губительное влияние на экосистему арктического региона России. Восстановление почвенного покрова на месте разлива дизельного топлива было закончено только в октябре 2022 г., что говорит о глобальном масштабе ЧС. В АЗРФ почва обладает высокой адгезией, то есть поглощением, что говорит о необходимости оперативного реагирования сил и средств на ЧС, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов [2]. Хотелось бы отметить, что в 2021 году были обнаружены остатки нефтепродуктов в водных объектах, что свидетельствует о недостаточности проведенных мероприятий по ликвидации ЧС или их неэффективности.

МЧС России уделяется особо важная роль в создании комплексной безопасности в Арктической зоне Российской Федерации. На современном этапе развития региона исключительную значимость играют арктические комплексные аварийно-спасательные центры МЧС России (АКАСЦ МЧС России). На сегодняшний день функционируют 6 таких центров в городах Нарьян-Мар, Архангельск, Якутск, Мурманск, Воркута, Дудинка [2]. На одной из пресс-конференций заместитель главы МЧС России генерал-полковник Чуприян А. П. заявил о создании еще 20 центров возле крупных промышленных проектов в Заполярье. Центры планируется оснастить пожарно-спасательным спецоборудованием для работы в арктических условиях, подготовленным личным составом, беспилотными летательными аппаратами и водным транспортом. Также в 2024 году уже планируется ввести в эксплуатацию один из крупнейших арктических комплексных аварий-

но-спасательных центров МЧС России в г. Певек.

Минимизация ущерба от разливов нефти и нефтепродуктов является одной из главных задач и зависит от своевременного реагирования соответствующих сил и средств, включая МЧС России, использования современного оборудования и эффективных методов ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ.

Вопросы, касающиеся ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ, на сегодняшний день недостаточно изучены, так как нефтяная промышленность сравнительно недавно начала активно развиваться в арктическом регионе. Анализ работ в данной области показал, что были разработаны алгоритм управления рисками при разливах нефти [3] и алгоритм принятия решений по определению состава сил и средств АКАСЦ МЧС России [4], изучены вопросы обеспечения экологической безопасности нефтегазовых проектов в Арктике [3], представлены основные принципы и организационная схема стратегического планирования сил и средств МЧС России в арктической зоне [5, 6], проанализированы риски техногенных ЧС в арктическом регионе [7, 8]. Тем не менее круг нерешенных проблем в области стратегического управления силами и средствами при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ достаточно широк. Поэтому в работе с целью минимизации ущерба от последствий ЧС предлагается методика применения сил и средств МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ.

Методология

Цель работы заключается в минимизации ущерба от последствий разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ путем создания методики применения сил и средств МЧС России при ликвидации разливов. При разработке методики использовалась функциональная модель управления силами и средствами МЧС России [9], составленная при помощи методологии IDEFO.

При алгоритмизации методики были использованы следующие элементы:

1. Терминатор (овал) – начало и конец процесса (выход во внешнюю среду и вход из внешней).

2. Процесс (прямоугольник) – выполнение одной или нескольких операций.

3. Решение (ромб) – блок, содержащий в себе условие или вопрос, с двумя или более альтернативными выходами, из которых только один может быть выбран в процессе выполнения алгоритма.

4. Данные (параллелограмм) – содержит данные, необходимые для дальнейших действий.

Результаты исследования и их обсуждение

Методика применения сил и средств МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ предназначена для минимизации ущерба от последствий ЧС и состоит из 5 этапов, представленных на рис. 1: обнаружение разлива нефти/нефтепродуктов, привлечение сил и средств для локализации и ликвидации ЧС, выполнение первоочередных мероприятий по локализации разлива, выполнение мероприятий по ликвидации ЧС и подготовка отчетных документов по результатам ликвидации разлива нефти/нефтепродуктов. В соответствии с функциональной моделью [9] на каждом этапе методики происходит реагирование соответствующих сил и средств на ликвидацию разлива нефти и нефтепродуктов.

Схема взаимодействия сил и средств, участвующих в ликвидации ЧС, представлена на рис. 2. При налаженном взаимодействии обеспечивается четкий обмен информацией между взаимодействующими подразделениями, что повышает эффективность ликвидации ЧС. Выполнением первоочередных мероприятий по локализации и ликвидации разлива нефти и нефтепродуктов занимаются силы и средства аварийных спасательных формирований (АСФ) совместно с силами и средствами АКАСЦ МЧС России.

Этапы методики применения сил и средств МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Арктической зоне Российской Федерации

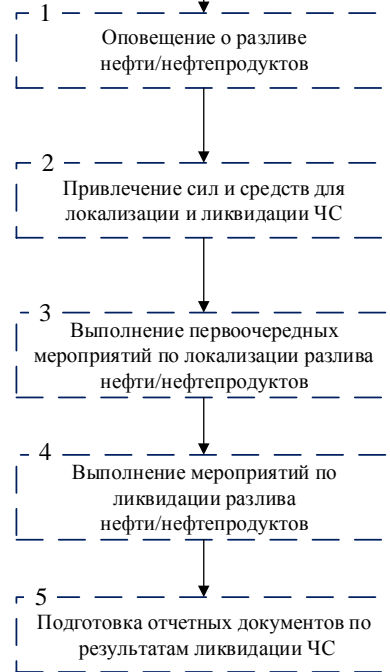


Рис. 1. Этапы методики применения сил и средств МЧС России при ликвидации разливов нефти нефтепродуктов в АЗРФ

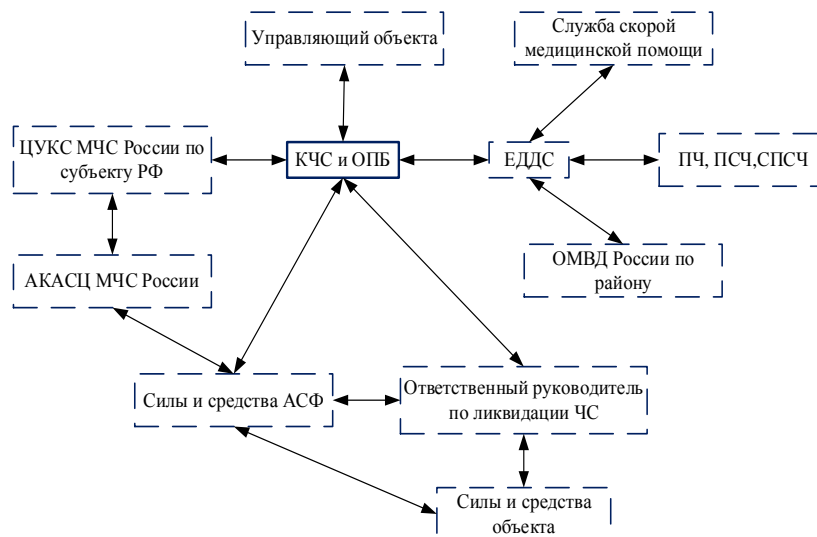
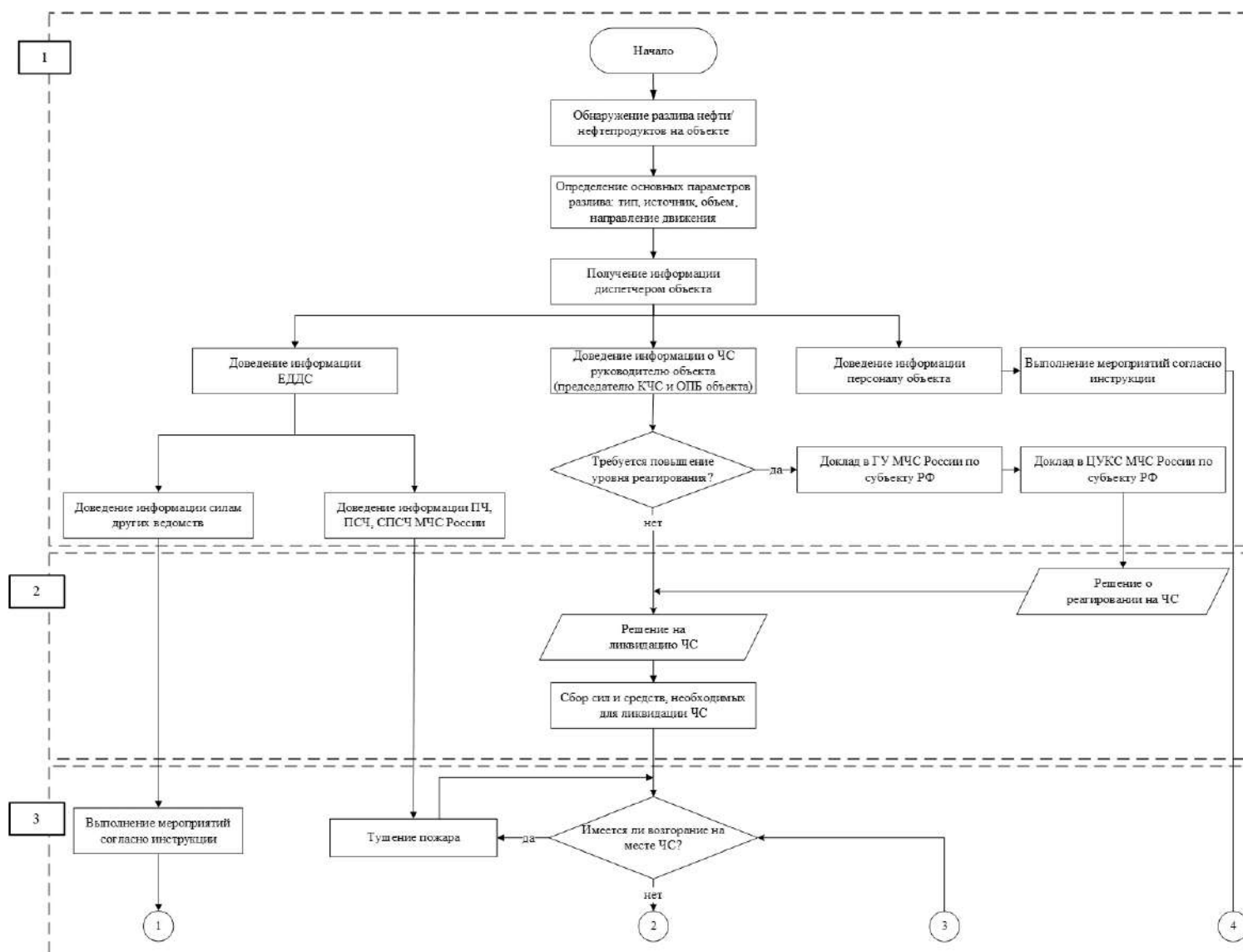


Рис. 2. Взаимодействие сил и средств при ликвидации разливов нефти/нефтепродуктов

Подробная алгоритмизация методики представлена на рис. 3, где четко видна последовательность действий сил и средств МЧС России, а также других ведомств при лик-

видации разлива нефти/нефтепродуктов. В свою очередь, алгоритм действий ЦУКС МЧС России по субъекту РФ вынесен на отдельный рис. 4.



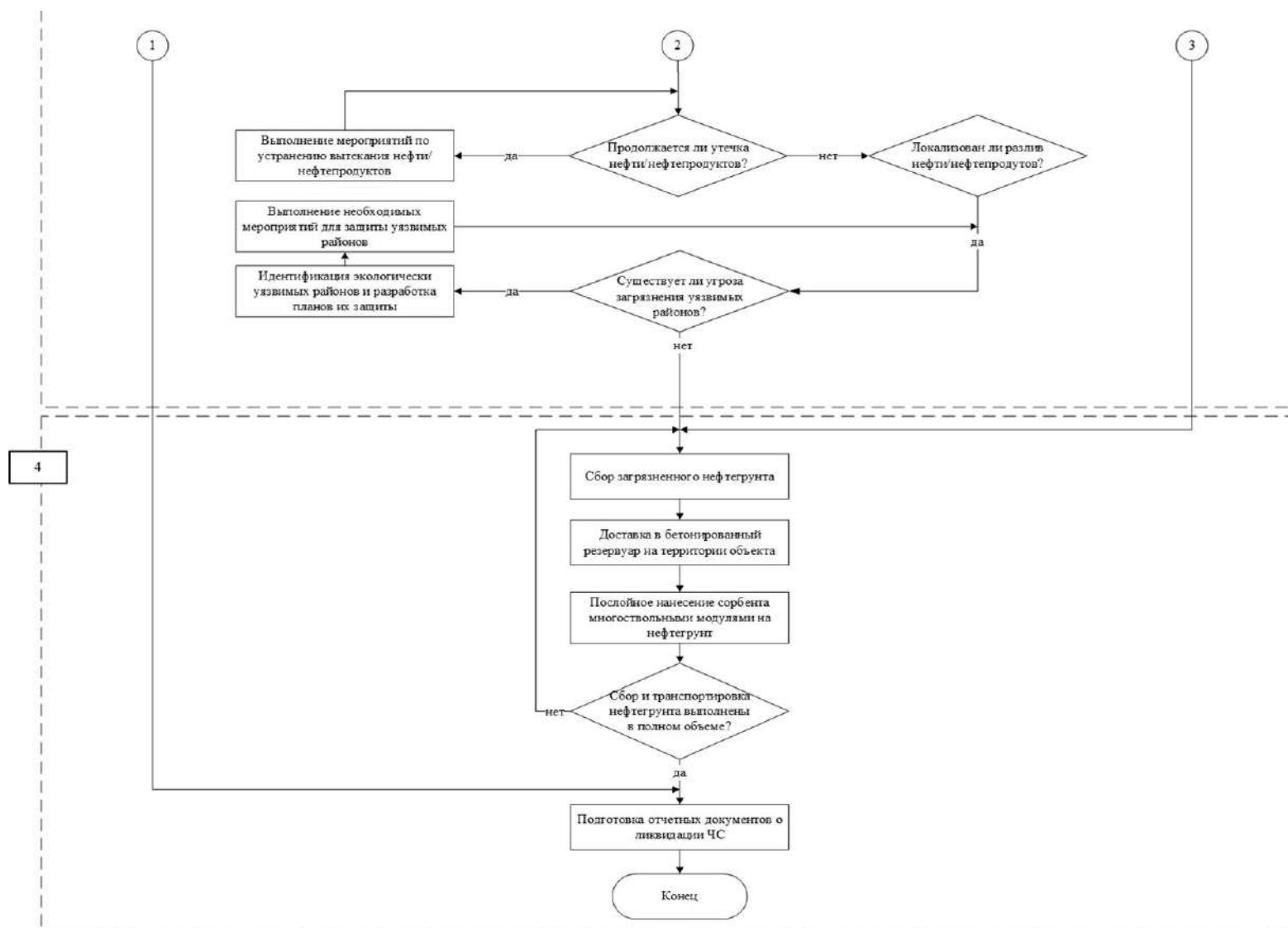


Рис. 3. Алгоритм действий сил и средств МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ

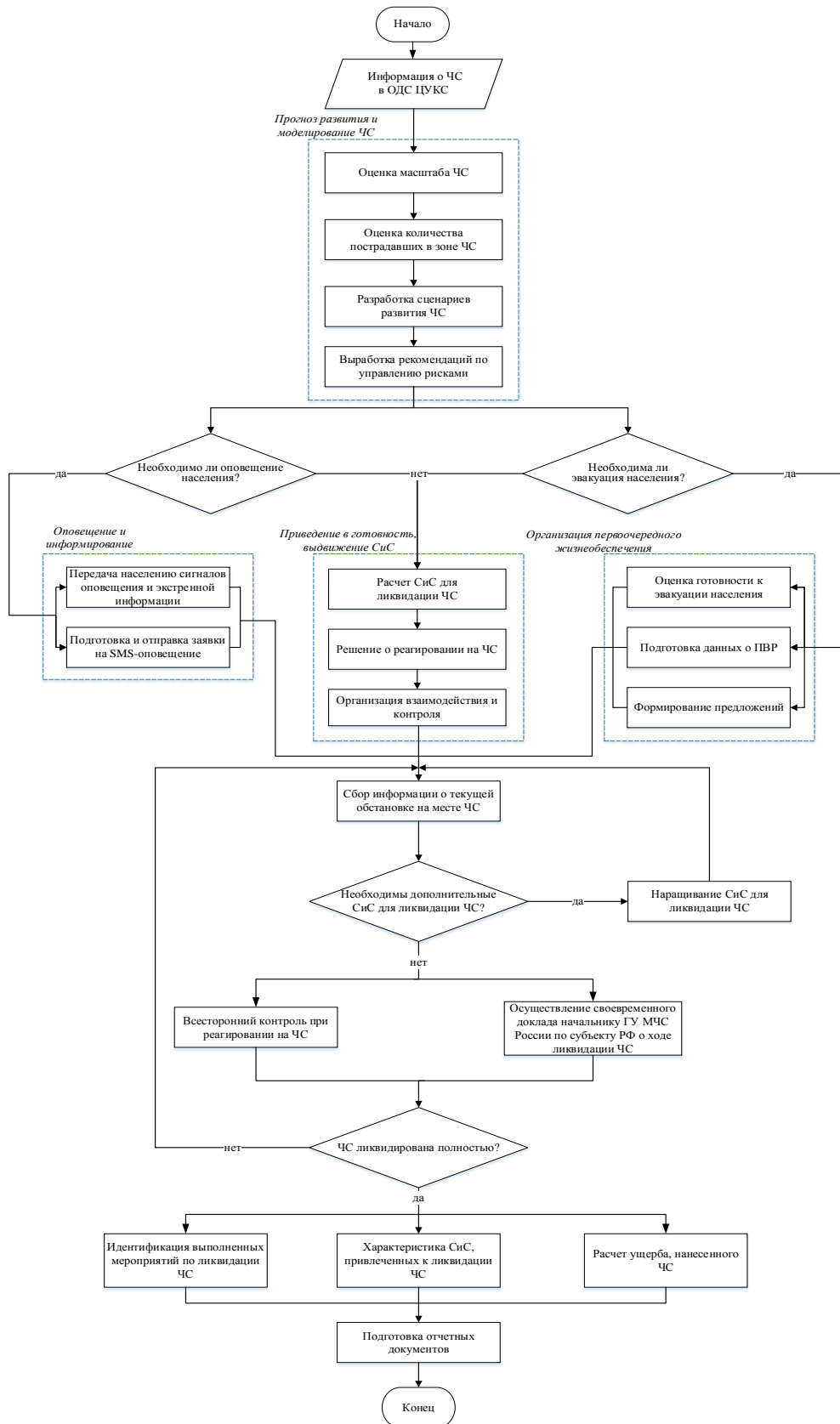


Рис. 4. Алгоритм действий ЦУКС МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ

На *первом этапе* методики происходит обнаружение разлива первым увидевшим; определение его основных параметров: тип, источник, объем, направление дальнейшего движения; сообщение дежурному диспетчеру о разливе нефти/нефтепродуктов.

На *втором этапе* диспетчером происходит оповещение руководителя объекта (по совместительству председателя комиссии по предупреждению ЧС и обеспечению пожарной безопасности (КЧС и ОПБ объекта)), на котором произошла ЧС, персонала объекта, а также единой дежурно-диспетчерской службы (ЕДДС) муниципального образования. Дежурный диспетчер согласно инструкции отправляет на место аварии необходимые службы. Председатель КЧС и ОПБ вводит режим ЧС; сообщает информацию о ЧС ведомственным АСФ, с которыми у объекта заключен договор на оказание аварийно-спасательных и других неотложных работ по ликвидации разливов нефти/нефтепродуктов; докладывает о ЧС в ЦУКС МЧС России по субъекту РФ; проводит оценку обстановки и формирует решение на ликвидацию ЧС. Тем временем ЦУКС МЧС России после получения сообщения о ЧС на объекте выполняет ряд мероприятий, указанных на рисунке 3, а именно – производит оповещение населения при необходимости, проводит расчет сил и средств МЧС России, готовит информацию о пунктах временного размещения, а также при необходимости наращивает силы и средства МЧС России.

На *третьем этапе* силами и средствами АСФ выполняются первоочередные мероприятия по локализации разлива нефти/нефтепродуктов, которые включают в себя: тушение пожара, если он имеется, устранение утечки нефти/нефтепродуктов, мониторинг разлива.

Четвертый этап ликвидации ЧС выполняется силами и средствами ведомствен-

ных АСФ совместно с прибывшими на место ЧС силами и средствами АКАСЦ МЧС России и включает этапы метода ликвидации разлива нефти и нефтепродуктов в АЗРФ [10, 11]: сбор загрязненного грунта, доставка его в бетонированный резервуар на территории объекта и послойное нанесение сорбентов многоствольными модулями на гусеничных шасси [12].

На *пятом этапе* происходит подготовка отчетной документации о результатах ликвидации ЧС, а также расчет ущерба и затрат, потраченных на локализацию и ликвидацию разлива нефти/нефтепродуктов.

Выводы

Таким образом, предложена методика применения сил и средств МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ. Данная методика базируется на концепции деятельности сил и средств МЧС России при ликвидации ЧС. Она отличается применением ранее не использованного метода ликвидации разливов нефти [10]. Реализация предлагаемой методики применения сил и средств МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в АЗРФ позволит решить ряд важных проблем, а именно – минимизировать ущерб, повысить эффективность ликвидации аварий, оперативность реагирования на чрезвычайные ситуации, а также избежать больших масштабов разливов.

В дальнейшем предполагается оценить разработанную методику применения сил и средств МЧС России путем проведения сравнительных расчетов ущерба, полученного при ликвидации разлива дизельного топлива в г. Норильск в 2020 г. и экспериментального ущерба, полученного с использованием разработанной методики на основе Единой межведомственной методики расчета ущерба от последствий ЧС.

Список литературы

1. Dickins D. Behavior of oil spills in ice and implications for arctic spill response / D. Dickins // Society of Petroleum Engineers - Arctic Technology Conference 2011, Houston, TX. 2011. pp. 779–793.

2. Артамонов В. С., Мусиенко Т. В. Геополитика Арктики: система управления рисками безопасности жизнедеятельности // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2016. № 2-2(14). С. 72–78.

3. Монинцев С. Ю., Сальников А. В. Особенности обеспечения экологической безопасности нефтегазовых проектов на шельфе Дальнего Востока России и Арктики // Защита

окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2016. № 3. С. 10–14.

4. Матвеев А. В. Стратегическое планирование сил и средств МЧС России в Арктической зоне // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2017. № 4 (20). С. 32–42.

5. Матвеев А. В. Математическое моделирование оптимизации структуры арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 105–111.

6. Акимов Т. А., Соколов Ю. И. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне России // Проблемы анализа риска. 2010. № 4. С. 26–49.

7. Панкратова М. В. Функциональная модель управления силами и средствами МЧС России при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Арктической зоне Российской Федерации // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 4. С. 15–21.

8. Soussi A., Bersani C., Sacile R. Environmental Impacts of Oil Spills and Response Technologies. *Advances in Environmental Research*, 2021, pp. 139–179.

9. Pradhan B., Pradhan C., Das M. Marine oil spills: Implications on response plan. *EnvironmentAsia*, 2021, issue 3, pp. 13–22.

10. Онов В. А., Панкратова М. В. Метод локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов силами и средствами МЧС России // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2021. № 2. С. 1–7.

11. Онов В. А., Панкратова М. В. Метод экологически чистой локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Научный и практический подходы к развитию и реализации технологий безопасности: сборник статей по материалам XVII Международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный технический университет. 2021. С. 45–46.

12. Захматов В. Д., Панкратова М. В. Стационарные системы для тушения разливов авиационного топлива вокруг аварийно приземлившегося самолёта // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 1. С. 22–29.

References

1. Dickins D. Behavior of oil spills in ice and implications for arctic spill response. *Society of Petroleum Engineers - Arctic Technology Conference*, Houston, TX, 2011, pp. 779–793

2. Artamonov V. S., Musienko T. V. Geopolitika Arktiki: sistema upravleniya riskami bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti [Geopolitics of the Arctic: a risk management system for life safety]. *Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie*, 2016, vol. 2-2(14), pp. 72–78.

3. Moninets S. Yu., Sal'nikov A. V. Osobennosti obespecheniya e'kologicheskoy bezopasnosti neftegazovy'kh proektov na shel'fe Dal'nego Vostoka Rossii i Arktiki [Features of ensuring environmental safety of oil and gas projects on the shelf of the Russian Far East and the Arc-

tic]. *Zashchita okruzhayushchej sredy v nefte-gazovom komplekse*, 2016, issue 3, pp. 10–14.

4. Matveev A. V. Strategicheskoe planirovanie sil i sredstv MChS Rossii v Arkticheskoy zone [Strategic planning of forces and means of the EMERCOM of Russia in the Arctic zone]. *Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie*, 2017, vol. 4 (20), pp. 32–42.

5. Matveev A. V. Matematicheskoe modelirovanie optimizacii struktury` arkticheskikh kompleksny'kh avarijno-spasatel'ny'kh cenzrov MChS Rossii [Mathematical modeling of optimization of the structure of the Arctic integrated emergency rescue centers of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2016, issue 4, pp. 105–111.

6. Akimov T. A., Sokolov Yu. I. Riski chrezvy`chajny'kh situacij v Arkticheskoy zone Rossii [Risks of emergency situations in the Arctic zone of Russia]. *Problemy analiza riska*, 2010, issue 4, pp. 26–49.

7. Pankratova M. V. Funkcional'naya model' upravleniya silami i sredstvami MChS Rossii pri likvidacii razlivov nefti i nefteproduktov v Arkticheskoy zone Rossijskoj Federacii [Functional model of management of forces and means of the Ministry of Emergency Situations of Russia during the liquidation of oil and petroleum product spills in the Arctic zone of the Russian Federation]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii»*, 2022, issue 4, pp. 15–21.

8. Soussi A., Bersani C., Sacile R. Environmental Impacts of Oil Spills and Response Technologies. *Advances in Environmental Research*, 2021, pp. 139–179.

9. Pradhan B., Pradhan C., Das M. Marine oil spills: Implications on response plan. *EnvironmentAsia*, 2021, issue 3, pp. 13–22.

10. Onov V. A., Pankratova M. V. Metod lokalizacii i likvidacii razlivov nefti i nefteproduktov silami i sredstvami MChS Rossii [Method of localization and liquidation of oil and petroleum product spills by the forces and means of the EMERCOM of Russia]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii»*, 2021, issue 2, pp. 1–7.

11. Onov V. A., Pankratova M. V. Metod lokalizacii i likvidacii razlivov nefti i nefteproduktov silami i sredstvami MChS Rossii [Method of environmentally friendly localization and elimination of oil and petroleum product spills]. *Kompleksnye problemy tekhnosfernoj bezopasnosti. Nauchnyj i prakticheskij podhody k razvitiyu i realizacii tekhnologij bezopasnosti: sbornik statej po materialam XVII Mezhdunarodnoy nauchno-*

prakticheskoy konferentsii. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet, 2021, pp. 45–46.

12. Zakhmatov V. D., Pankratova M. V. Stacionarnye sistemy dlya tusheniya razlivov aviacionnogo topliva vokrug avarijno prizemlivshegosya samolyota [Stationary systems

for extinguishing aviation fuel spills around an emergency-landed aircraft]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii»*, 2022, issue 1, pp. 22–29.

Онов Виталий Александрович

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

начальник центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности,

кандидат технических наук, доцент

E-mail: onov.va@igps.ru

Onov Vitaly Aleksandrovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia»,

Russian Federation, Saint-Petersburg

head of the center for the organization of research and editorial activities,

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: onov.va@igps.ru

Панкратова Мария Валентиновна

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

E-mail: r.masha-oskol@mail.ru

Pankratova Maria Valentinovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia»,

Russian Federation, Saint-Petersburg

adjunct of the Faculty of training highly qualified personnel

E-mail: r.masha-oskol@mail.ru

УДК 614.849

МОДЕЛЬ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ НА ПОЖАРЕ

Е. В. СТЕПАНОВ¹, ЧАН МИНЬ ХОАНГ ХА¹, Б. Б. ГРИНЧЕНКО²,
С. Ю. БУТУЗОВ¹, Д. В. ТАРАКАНОВ¹

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

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: stepanov9619@mail.ru, vetnammm@rambler.ru, grinchenko.borya@mail.ru,
butuzov_s_yu@mail.ru, den-pgs@yandex.ru

В статье авторами разработаны модель и методика оценки степени сложности системы управления пожарно-спасательными подразделениями на пожаре, что является целью исследования. Такой подход позволяет решить задачи, состоящие в определении степени сложности системы управления в рамках их сосредоточения на крупном пожаре, которая в свою очередь имеет разветвленную структуру, функционирующую по принципу единоначалия, где лицом, принимающим решение, является руководитель тушения пожара. В этой системе сосредоточено множество должностных лиц, объединенных едиными информационными потоками, которые передаются посредством радиосвязи. Для определения степени сложности системы управления показана возможность применения разработанной графовой модели на конкретном примере. Разработана методика оценки степени сложности и категорирования систем управления на пожаре, с последующей апробацией полученных результатов. Дальнейшее развитие исследования будет направлено на учет степени сложности системы управления при оценке эффективности мероприятий по тушению пожара.

Ключевые слова: управление, степень сложности системы, пожарные, графовая модель, методика оценки.

MODEL AND METHODOLOGY FOR ASSESSING THE DEGREE OF COMPLEXITY OF THE FIRE AND RESCUE UNITS MANAGEMENT SYSTEM IN A FIRE

E. V. STEPANOV¹, CHANG MINH HOANG HA¹, B. B. GRINCHENKO²,
S. U. BUTUZOV¹, D. V. TARAKANOV¹

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«State Fire Academy of State Firefighting Service of 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: stepanov9619@mail.ru, vetnammm@rambler.ru, grinchenko.borya@mail.ru, butuzov_s_yu@mail.ru, den-pgs@yandex.ru

In the article, the authors have developed models and methods for assessing the degree of complexity of the management system of fire and rescue units in a fire, which is the purpose of the study. This approach makes it possible to solve problems consisting in determining the degree of complexity of the control system within the framework of their concentration on a large fire, which in turn has an extensive structure functioning according to the principle of unity of command, where the decision-maker is the head of fire extinguishing. In this system, a lot of officials are concentrated, united by unified information flows, which are transmitted by radio. To determine the degree of complexity of the control system, the possibility of using the

developed graph model on a specific example is shown. A methodology has been developed for assessing the degree of complexity and categorization of fire control systems, with subsequent approbation of the results obtained. Further development of the study will be aimed at taking into account the degree of complexity of the control system when evaluating the effectiveness of fire extinguishing measures.

Key words: management, degree of complexity of the system, firefighters, graph model, assessment methodology.

Введение

В случае возникновения крупного пожара на территории субъекта Российской Федерации для его тушения требуется сосредоточение сил и средств (СиС) нескольких пожарно-спасательных подразделений, а в исключительных случаях и привлечение подразделений из соседних гарнизонов¹. При этом в тушении пожара и проведении аварийно-спасательных работ (АСР) будет задействовано множество должностных лиц со своими зонами правовой ответственности, которые имеют развитый уровень подчиненности в системе оперативного управления на пожаре. Для улучшения качества в управлении сосредоточенными подразделениями различной подчиненности создадут развитую структуру системы управления [1–5]. Однако такая система не лишена недостатков, к которым можно отнести:

– требования к высокому уровню подготовленности и компетентности руководителя тушения пожара (РТП) с широким спектром компетенций, так как при управлении СиС на крупном пожаре руководство сменяется в зависимости от его ранга и прибывающих должностных лиц, что может достигать порядка семи и более смен РТП на 1 крупном пожаре;

– избыток и разнородность информационных связей (потоков), которые трудно обрабатывать в режиме реального времени на пожаре в условиях, сопряженных с риском для жизни;

– несмотря на то, что в управлении тушением пожара основным принципом является единоначалие, сложные связи между уровнями управления, могут затруднять согласованность в решениях, в связи с этим повышается вероятность самостоятельного принятия решений должностными лицами на ниже лежащих уровнях;

– колоссальный объем работы по координации всех задействованных и прибывающих пожарно-спасательных подразделений, включая службы жизнеобеспечения в едином аппарате управления;

– так как управление происходит в организационных системах, велика вероятность влияния человеческого фактора.

Объектом исследования является процесс управления пожарно-спасательными подразделениями на крупном (сложном) пожаре, а предметом исследования информационно-аналитическая поддержка управления лица, принимающего решение.

Данная работа посвящена исследованию сложности системы управления на пожаре как составляющему показателю эффективности и надежности принятия управленческих решений, поэтому **целью исследования** является разработка модели и методики оценки степени сложности системы управления пожарно-спасательными подразделениями на пожаре. Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

1. Предложить количественную характеристику степени сложности системы управления на пожаре.

2. Разработать шкалу категорирования систем управления на пожаре.

Теоретические положения исследования

Сложность системы управления обусловлена многозадачностью операционной деятельности, ее организации и трудностью оперативного управления этой деятельностью [4]. Для эффективной организации пожаротушения крупных пожаров необходим соответствующий уровень сложности системы управления, однако высокая сложность может существенно затруднить обеспечение устойчивости и эффективности организации, особенно в нестабильных условиях, которые присущи таким пожарам.

При оценке степени сложности системы управления пожарно-спасательными подразделениями предлагается анализировать ряд параметров, которые представлены на рис. 1.

¹ Приказ МЧС России от 25 октября 2017 г. № 467 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах»



Рис. 1. Параметры системы управления, влияющие на сложность

В настоящей работе предлагается представление системы управления в виде графовой модели. Выбор данного подхода обусловлен эффективным применением данной методологии в различных отечественных и зарубежных исследованиях [6–18]. В настоящем исследовании использование теории графов позволяет сохранить ключевые параметры, используемые при анализе структуры управления. Так, по аналогии с работой [19, 20] представим систему управления на пожаре в виде графа. Для описания используется граф:

$$G = (X, Y);$$

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}; \quad Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}; \quad (1)$$

где X – множество вершин, представляющих собой элементы системы управления (руководитель тушения пожара, начальник сектора тушения пожара, начальник боевого участка и т.п.);
 Y – множество ребер, представляющих собой связи подчиненности.

Представление модели управления в виде графа позволяет сохранить необходимые для решения задачи определения сложности параметров: связь элементов и их количество.

Рассмотрим конкретный пример системы управления на пожаре. Организована работа оперативного штаба на месте пожара, должностными лицами которого являются начальник штаба, начальник тыла, представитель администрации объекта, начальник контрольно-пропускного пункта газодымозащитной службы. Созданы два сектора проведения работ, объединяющие шесть боевых участков. На каждом боевом участке работает от 3 до 5 звеньев газодымозащитной службы (звено ГДЗС). Организована работа контрольно-пропускного пункта ГДЗС.

Элементы системы управления представляются в виде вершин графа, связи под-

чиненности в виде ребер. На рис. 2 представлена графовая модель системы управления.

Методика оценки степени сложности системы управления на пожаре

Известны работы, в которых обширно исследованы современные методы связи и управления в сфере пожаротушения. К одной из таких систем связи относится «Siren», предназначенная для поддержки беспроводной связи между пожарными с несколькими уровнями резервирования. «Siren» обеспечивает основу для сбора, интеграции и распространения контекстуальных данных, таких как местоположение и температура, что упрощает разработку приложений для пожаротушения с использованием одноранговой сети встроенных устройств через единый программный интерфейс, основанный на абстракции информационного пространства [21].

Технологии видеомониторинга тоже нашли широкое применение, например, в исследовании [22] описаны возможности видеомониторинга, который позволяет в режиме реального времени отслеживать и фиксировать работу по реагированию на чрезвычайные ситуации, включая пожары. Такой подход позволяет транслировать оперативную информацию в командном центре управления в виде визуальных отчетов, которые открывают возможности для коллективных переговоров и изучения ситуации более широким кругом специалистов.

Обеспеченность внутренней связью на пожаре в замкнутых пространствах была рассмотрена в работе [23], где надежность связи внутри помещений с высокой скоростью передачи данных необходима для передачи важной информации между пожарными для повышения их безопасности и уменьшения числа жертв, вызванных пожарами внутри помещений. Две сверхширокополосные подложки со встроенными щелевыми текстильными антеннами были незаметно размещены в передней и задней частях боевой одежды пожарных (БОП), обеспечивая устойчивую связь между ними.

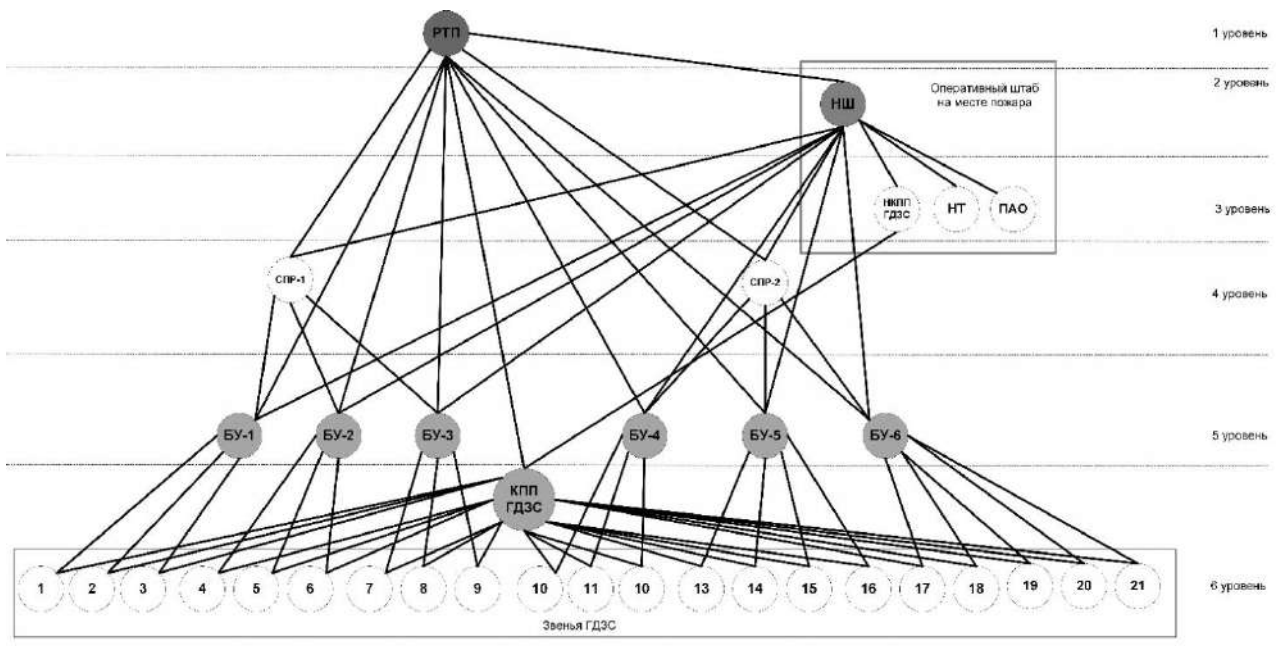


Рис. 2. Графовая модель системы управления на пожаре

Однако вышеизложенные исследования не решают задачу, связанную с оценкой сложности системы управления на крупном пожаре, что возможно за счет использования графового моделирования. Такой подход позволит дать количественную оценку сложности структуры системы управления пожарно-спасательными подразделениями на пожаре. В свою очередь степень сложности системы управления можно характеризовать следующими показателями:

- а) N_x – количество вершин графа X (элементов управления);
- б) N_y – количество ребер графа Y (связей подчиненности);
- в) N_A – количество уровней иерархии;
- г) N_B – максимальное количество вершин графа одного уровня.

Введенные характеристики имеют определенную смысловую нагрузку. Так количество вершин графа N_x определяет количество элементов системы управления, на которые возлагаются определенные задачи. Количество ребер графа N_y показывает подчиненность каждого из элементов и связность си-

стемы. В частности, при использовании радиоканальной связи более высокое значение количества ребер соответствует большему времени передачи информации и ее дублированию, а также возможной «перегрузке» каналов связи. В свою очередь использование на пожаре радиосвязи определяет ограниченность каналов передачи информации для РТП и должностных лиц оперативного штаба на месте пожара, и в этом случае каждый канал должен быть обеспечен дополнительными средствами связи для всех абонентов, что накладывает соответствующие ограничения. Количество уровней иерархии N_A характеризует степень «инертности» системы при передаче команд управления и информации о пожаре. Максимальное количество вершин графа одного уровня N_B характеризует степень раздробленности системы и необходимости учитывания информации о каждом из компонентов, что при большом значении может затруднять принятие оперативных управленческих решений.

В табл. 1 представлены показатели 20 систем управления на пожаре, исследованных в ходе работы.

Таблица 1. Показатели модели системы управления на пожаре

	<i>p</i>	N_x	N_y	N_A	N_B
<i>k</i>		1	2	3	4
Система управления №1	1	35	70	6	21
Система управления №2	2	21	45	4	13
Система управления №3	3	15	32	3	9
Система управления №4	4	5	4	2	4
Система управления №5	5	9	8	3	6
Система управления №6	6	4	3	2	3
Система управления №7	7	14	12	3	10
Система управления №8	8	20	26	5	12
Система управления №9	9	25	32	5	14
Система управления №10	10	42	82	6	26
Система управления №11	11	30	58	6	18
Система управления №12	12	13	26	4	8
Система управления №13	13	24	30	5	12
Система управления №14	14	3	2	2	2
Система управления №15	15	46	92	6	29
Система управления №16	16	12	10	4	6
Система управления №17	17	32	64	6	20
Система управления №18	18	15	13	3	11
Система управления №19	19	10	9	3	7
Система управления №20	20	44	90	6	28
Среднее значение		20,95	35,4	4,2	12,95

Введем понятие нормированного значения H_{kp} , характеризующее отношение показателя модели к усредненному по всей совокупности исследуемых моделей. Если Q_{kp} – численное значение k -го показателя ($i = 1,2,3,4$) p -ой модели системы управления, то нормированное значение показателя H_{kp} определяется по формуле (2):

$$H_{kp} = \frac{Q_{kp}}{\langle Q_k \rangle}, \quad (2)$$

где $\langle Q_k \rangle$ – значение k -го показателя, усредненное по всей совокупности.

Величина, равная относительной площади фигуры, ограниченной точками H_{kp} на диаграмме пространства показателей H_{kp} является количественной характеристикой степени сложности. Каждая пара соседних точек, размещенных на соответствующей оси координат, вместе с точкой начала координат образует треугольник (рис. 3). Площадь образовавшейся фигуры S_p для p -ой модели систему управления можно определить как сумму площадей треугольников по формуле (3):

$$S_p = 0,5 \cdot (H_{p1} \cdot H_{p2} + H_{p2} \cdot H_{p3} + H_{p3} \cdot H_{p4} + H_{p4} \cdot H_{p1}). \quad (3)$$

Площадь фигуры, построенной при использовании средних значений $\langle Q_k \rangle$, обозначим S_o . На рис. 3 представлены диаграммы пространства показателей H_{kp} при $k = 1,2,3,4$.

Значение степени сложности p -й системы управления определим по формуле (4):

$$\Omega_p = \frac{S_p}{S_o} = 0,5 \cdot s_p, \quad (4)$$

Количественная оценка пространственной сложности системы управления Ω представлена в табл. 2.

Категории систем управления по сложности

Для дальнейшего учета степени сложности систем управления на пожаре предлагается использовать следующую шкалу категорий сложности:

- 1 категория (простейшая, $\Omega \leq 0,3$);
- 2 категория (простая, $0,3 < \Omega \leq 1$);
- 3 категория (средней сложности, $1 < \Omega \leq 1,7$);
- 4 категория (сложная, $1,7 < \Omega \leq 2,5$);
- 5 категория (очень сложная, $\Omega > 2,5$).

Для наглядности на рис. 4 представлена разработанная шкала категорирования систем управления по сложности.

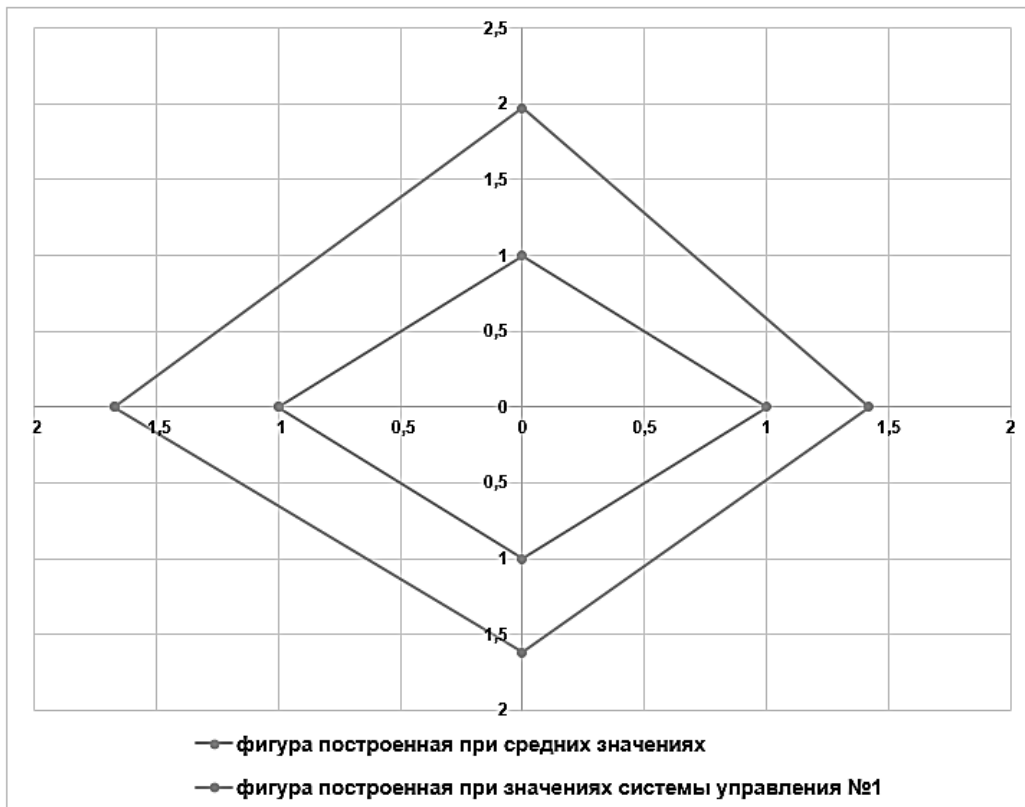


Рис. 3 Фигуры, ограниченные точками $H_{кр}$

Таблица 2. Количественные характеристики степени сложности систем управления на пожаре

№ системы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ω	2,79	1,11	0,57	0,08	0,20	0,05	0,38	0,89	1,18	3,71
№ системы	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ω	2,17	0,53	1,04	0,03	4,38	0,28	2,48	0,44	0,24	4,15

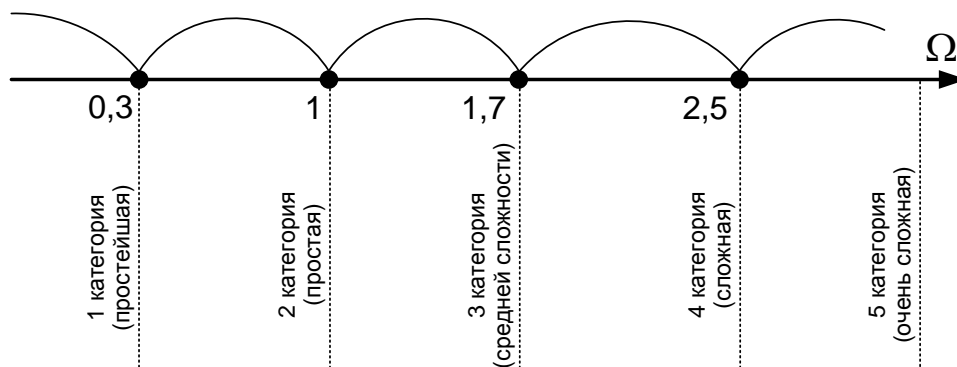


Рис. 4. Интервальная шкала категории систем управления

Категорирование позволит отнести системы управления к группам сложности и проанализировать соответствие степени сложности обстановки на месте тушения пожара. Та-

ким образом, произведем анализ категории систем управления по сложности, а полученные данные представим в табл. 3.

Таблица 3. Результаты категорирования

Категория сложности	Системы управления
Простейшая	№4, №5, №6, №14, №16, №19
Простая	№3, №7, №8, №12, №18
Средней сложности	№2, №9, №13
Сложная	№11, №17
Очень сложная	№1, №10, №15, №20

Выводы

Таким образом, в исследовании предложена количественная характеристика степени сложности системы управления на пожаре, что позволяет прогнозировать значения важных при принятии решений параметров организации действий пожарно-спасательных подразделений. Разработана шкала категорирования

систем управления на пожаре, которая позволяет сравнивать значения сложности с рангом пожара и обстановкой на месте пожара для оценки качества организации управления. Поэтому определение степени сложности системы управления является важным макропараметром для эффективной организации действий пожарно-спасательных подразделений.

Список литературы

1. Терехнев В. В., Семенов А. О., Тараканов Д. В. Теоретические основы принятия решений при управлении силами и средствами на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 10. С. 14–17.
2. Семенов А. О., Баканов М. О., Тараканов Д. В. Модели мониторинга и управления при ликвидации крупных пожаров: монография. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. 128 с.
3. Денисов А. Н., Степанов О. И. Алгоритм синтеза системы управления пожарными подразделениями на месте пожара // Техносферная безопасность. 2018. № 2 (19). С. 51–59.
4. Апарин А. А. Базовые положения поддержки принятия решений при управлении подразделениями пожарной охраны // Технологии техносферной безопасности. 2021. № 3 (93). С. 88–102. DOI: 10.25257/TTS.2021.3.93.88-102.
5. Моделирование сети связи для управления действиями пожарных подразделений при тушении пожаров различной сложности / М. В. Алешков, В. А. Басов, А. А. Колбасин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 3. С. 59–69. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.03.59-69.
6. Sucar L. E. Probabilistic Graphical Models. Principles and Applications. Springer-Verlag London, 2015. DOI: 10.1007/978-1-4471-6699-3
7. Bramer M. Principles of Data Mining. Springer-Verlag London Ltd., 2016. DOI: 10.1007/978-1-4471-7307-6
8. Таха Х. А. Исследование операций. М.: Диалектика, 2018. 1056 с.
9. Cities As Networks within Networks of Cities: The Evolution of the City/Firm-Duality in the World City Network, 2000-2010 / L. Xingjian, B. Derudder, F. Witlox [et al.]. Journal of Economic and Human Geography, 2014, vol. 105, issue 4, pp. 465–482.
10. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М.: ЛИБРОКОМ: URSS, 2009. 357 с. EDN: QJVGRP
11. Перат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с. EDN: SUMTRN
12. Jaumard B., Tian H. Multi-Column Generation Model for the Locomotive Assignment Problem. Proc. of 16th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS'16), 2016, pp. 6:1–6:13.
13. 2019 ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines / D. K. Arnett, R. S. Blumenthal, M. A. Albert [et al.]. JACC, 140, (2019), pp. 596–646.
14. Cardiovascular Risk Prediction Method Based on CFS Subset Evaluation and Random Forest Classification Framework / S. Xu, T. Zhu, Zh. Zang [et al.]. Ann. Of Math., 1, (2017), pp. 228–232.
15. Machine learning prediction in cardiovascular diseases: a meta-analysis / C. Krittanawong, H. Virk, S. Bangalore [et al.]. Sci Rep., 10, (2020), 16057.
16. Research directions for big data graph analytics / J. A. Miller, L. Ramaswamy, K. J. Kochut [et al.]. 2015 IEEE International Congress on Big Data. New York: IEEE, 2015, pp. 785–794. DOI: 10.1109/BigDataCongress.2015.132

17. Лазарев И. В. Применение графовой модели для оценки эффективности комплекса технических средств систем охраны // Охрана, безопасность, связь. 2020. № 5-2. С. 151–153.

18. Касьянов В., Касьянова Е. Визуализация информации на основе графовых моделей // Научная визуализация. 2014. № 6 (1). С. 31–50.

19. «Сложность» и «сложностность» - категории развития систем управления / М. А. Алексеев, Е. В. Фрейдина, С. В. Петухова [и др.] // Вестник НГУЭУ. 2021. № 1. С. 48–66. DOI 10.34020/2073-6495-2021-1-048-066.

20. Модель и методика оценки степени сложности зданий для организации действий пожарных подразделений / Е. В. Степанов, Чан Минь Хонг Ха, С. Ю. Бутузов [и др.] // Технологии техносферной безопасности. Вып. 2 (96). 2022. С. 38–50. DOI: 10.25257/TTS.2020.1.87.38-50.

21. Siren: Context-aware computing for firefighting / X. Jiang [et al.]. Pervasive Computing: Second International Conference, PERVASIVE 2004, Linz/Vienna, Austria, April 21-23, 2004. Proceedings 2. Springer Berlin Heidelberg, 2004, pp. 87–105.

22. Bergstrand F., Landgren J. Visual reporting in time-critical work: exploring video use in emergency response. Proceedings of the 13th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, 2011, pp. 415–424.

23. Capacity of broadband body-to-body channels between firefighters wearing textile SIW antennas / T. Castel [et al.]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2016, vol. 64, issue 5, pp. 1918–1931.

References

1. Terebnev V. V., Semenov A. O., Tarakanov D. V. Teoreticheskie osnovy` prinyatiya reshenij pri upravlenii silami i sredstvami na pozhare [Theoretical foundations of decision-making in the management of forces and means in a fire]. *Pozharovzry`vobezopasnost`*, 2012, vol. 21, issue 10, pp. 14–17.

2. Semenov A. O., Bakanov M. O., Tarakanov D. V. *Modeli monitoringa i upravleniya pri likvidacii krupny`x pozharov: monografiya* [Models of monitoring and control in the elimination of large fires: monograph]. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharo-spasatel'naya akademiya GPS MChS Rossii, 2018. 128 p.

3. Denisov A. N., Stepanov O. I. Algoritm sinteza sistema upravleniya pozharny`mi podrazdeleniyami na meste pozhara [Algorithm for the synthesis of the control system of fire departments at the scene of a fire]. *Texnosfernaya be-*

zopasnost`, 2018, vol. 2 (19), pp. 51–59.

4. Aparin A. A. Bazovy`e polozeniya podderzhki prinyatiya reshenij pri upravlenii podrazdeleniyami pozharnoj ohrany` [Basic provisions for decision support in the management of fire departments]. *Texnologii texnosfernoj bezopasnosti*, 2021, vol. 3 (93), pp. 88–102. DOI: 10.25257/TTS.2021.3.93.88-102.

5. Modelirovanie seti svyazi dlya upravleniya dejstviyami pozharny`x podrazdelenij pri tushenii pozharov razlichnoj slozhnosti [Modeling a communication network to control the actions of fire departments in extinguishing fires of varying complexity] / M. V. Aleshkov, V. A. Basov, A. A. Kolbasin [et al.]. *Pozharovzry`vobezopasnost`*, 2019, vol. 28, issue 3, pp. 59–69. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.03.59-69.

6. Sucar L. E. Probabilistic Graphical Models. Principles and Applications. Springer-Verlag London, 2015. DOI: 10.1007/978-1-4471-6699-3

7. Bramer M. Principles of Data Mining. Springer-Verlag London Ltd., 2016. DOI: 10.1007/978-1-4471-7307-6

8. Taxa X. A. *Issledovanie operacij* [Operations research]. M.: Dialektika, 2018. 1056 p.

9. Cities As Networks within Networks of Cities: The Evolution of the City/Firm-Duality in the World City Network, 2000-2010 / L. Xingjian, B. Derudder, F. Witlox [et al.]. *Journal of Economic and Human Geography*, 2014, vol. 105, issue 4, pp. 465–482.

10. Saati T. L. *Prinyatie reshenij pri zavisimostyax i obratny`x svyazyax: analiticheskie seti* [Decision Making under Dependencies and Feedbacks: Analytical Networks]. M.: LIBROKOM: URSS, 2009. 357 p. EDN: QJVGRP

11. Pegat A. *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie* [Fuzzy modeling and control]. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. 798 p. EDN: SUMTRN

12. Jaumard B., Tian H. Multi-Column Generation Model for the Locomotive Assignment Problem. Proc. of 16th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS'16), 2016, pp. 6:1–6:13.

13. 2019 ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines / D. K. Arnett, R. S. Blumenthal, M. A. Albert [et al.]. *JACC*, 140, (2019), pp. 596–646.

14. Cardiovascular Risk Prediction Method Based on CFS Subset Evaluation and Random Forest Classification Framework / S. Xu, T. Zhu, Zh. Zang [et al.]. *Ann. Of Math.*, 1, (2017), pp. 228–232.

15. Machine learning prediction in cardiovascular diseases: a meta-analysis / C. Krittanawong, H. Virk, S. Bangalore [et al.]. *Sci Rep.*, 10, (2020), 16057.
16. Research directions for big data graph analytics / J. A. Miller, L. Ramaswamy, K. J. Kochut [et al.]. 2015 IEEE International Congress on Big Data. New York: IEEE, 2015, pp. 785–794. DOI: 10.1109/BigDataCongress.2015.132
17. Lazarev I. V. Primenenie grafovoj modeli dlya ocenki effektivnosti kompleksa texnicheskix sredstv sistem ohrany [Application of a graph model to assess the effectiveness of a complex of technical means of security systems]. *Ohrana, bezopasnost', svyaz'*, 2020, vol. 5-2, pp. 151–153.
18. Kas`yanov V, Kas`yanova E. Vizualizaciya informacii na osnove grafov`x modelej [Information visualization based on graph models]. *Nauchnaya vizualizaciya*, 2014, vol. 6 (1), pp. 31–50.
19. «Slozhnost'» i «slozhnostnost'» – kategorii razvitiya sistem upravleniya [«Complexity» and «complexity» – categories of development of control systems] / M. A. Alekseev, E. V. Frejdina, S. V. Petuxova [et al.]. *Vestnik NGUE`U*, 2021, issue 1, pp. 48–66. DOI: 10.34020/2073-6495-2021-1-048-066.
20. Model` i metodika ocenki stepeni slozhnosti zdaniy dlya organizacii dejstvij pozharny`x podrazdelenij [Model and methodology for assessing the degree of complexity of buildings for organizing the actions of fire departments] / E. V. Stepanov, Chan Min` Xong Xa, S. Yu. Butuzov [et al.]. *Texnologii texnosfernoj bezopasnosti*, vol. 2 (96), 2022, pp. 38–50. DOI: 10.25257/TTS.2020.1.87.38-50.
21. Siren: Context-aware computing for firefighting / X. Jiang [et al.]. *Pervasive Computing: Second International Conference, PERVASIVE 2004, Linz/Vienna, Austria, April 21-23, 2004. Proceedings 2.* Springer Berlin Heidelberg, 2004, pp. 87–105.
22. Bergstrand F., Landgren J. Visual reporting in time-critical work: exploring video use in emergency response. *Proceedings of the 13th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 2011, pp. 415–424.
23. Capacity of broadband body-to-body channels between firefighters wearing textile SIW antennas / T. Castel [et al.]. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2016, vol. 64, issue 5, pp. 1918–1931.

Степанов Егор Владимирович

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
преподаватель

E-mai: stepanov9619@mail.ru

Stepanov Egor Vladimirovich

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

E-mai: stepanov9619@mail.ru

Чан Минь Хоанг Ха

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
адъюнкт факультета подготовки иностранных граждан

E-mai: vetnammm@rambler.ru

Chan Min Khoang Kha

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «State Fire Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Moscow
Postgraduate Student, Faculty of training of foreign citizens

E-mai: vetnammm@rambler.ru

Гринченко Борис Борисович

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

кандидат технических наук, преподаватель

E-mail: grinchenko.borya@mail.ru

Grinchenko Boris 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, lecturer

E-mail: grinchenko.borya@mail.ru

Бутузов Станислав Юрьевич

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,

Российская Федерация, г. Москва

доктор технических наук, профессор

E-mail: butuzov_s_yu@mail.ru

Butuzov Stanislav Yurievich

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

Russian Federation, Moscow

doctor of technical sciences, professor

E-mail: butuzov_s_yu@mail.ru

Тараканов Денис Вячеславович

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,

Российская Федерация, г. Москва

доктор технических наук, профессор

E-mail: den-pgs@yandex.ru

Tarakanov Denis Vyacheslavovich

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

Russian Federation, Moscow

doctor of technical sciences, professor

E-mail: den-pgs@yandex.ru

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND URBAN MANAGEMENT (TECHNICAL)**

УДК 004.413.4

**ОЦЕНКА РИСКОВ В РОССИЙСКИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТАХ
БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Е. Э. СМЕРНОВА

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург.
E-mail: esmirnovae@yandex.ru

В статье проводится анализ российских национальных стандартов и сравнение их с международными документами ISO 31000:2018 и ISO 14001:2015. Выявлены конкретные преимущества ISO-стандартов. Определено, насколько ISO-стандарты терминологически корректны, в каком диапазоне можно применять ISO-стандарты по идентификации риска, можно ли использовать их для оценки любого типа рисков. Также, в статье рассмотрены основные понятия оценки риска. Отмечаются позитивные изменения национальных стандартов в области безопасности. Показано несовершенство природоохранного законодательства на примере ФЗ № 7. Поясняется, что основная цель стандарта ISO 14001 состоит в том, чтобы сформировать ответственное отношение к окружающей среде и природным ресурсам как важнейшему активу хозяйственной деятельности человека. Обозначается проблема, что аналитики риска не могут руководствоваться стандартами в полной мере, из-за их непроработанности и несоответствия универсальному международному стандарту ISO 31000:2018 «Risk management – Guidelines». Отмечается что стандарт ISO 14001, является документом устойчивой направленности, поддерживающий долгосрочную жизнеспособность бизнеса. С позиций экологической безопасности, он не направлен на достижение конечного результата и ориентируется на концепцию непрерывного улучшения. Природоохранные мероприятия, прописанные в российских стандартах, не могут привести к снижению производственных затрат и выходу компаний на международный уровень экономии средств и ресурсов. Следует разработать специальный подход к оценке рисков, описывающий взаимодействие различных сценариев, что обеспечит повышенный эколого-экономический эффект.

Ключевые слова: ГОСТ, оценка риска, риск, экологическая безопасность, ISO 31000:2018, ISO 14001:2015

**RISK ASSESSMENT IN RUSSIAN AND INTERNATIONAL SAFETY
AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT STANDARDS**

E. E. SMIRNOVA

Federal State budgetary educational Institution of higher Education
«Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»,
Russian Federation, Saint Petersburg
E-mail esmirnovae@yandex.ru

In the article, the author analyzes Russian national standards and compares them with international documents ISO 31000:2018 and ISO 14001:2015. The specific advantages of ISO standards are found out. It is determined how terminologically correct the ISO standards are, in what range ISO standards can be used for risk identification, whether they can be used to assess any type of risk. Also, the article discusses the basic concepts of risk assessment. There are positive changes in national security standards. The imperfection of environmental legislation is shown on the example of Federal Law No. 7. It is explained that the main goal of the ISO 14001 standard is to form a responsible attitude towards the environment and natural

resources as the most important asset of human economic activity. The problem is indicated that risk analysts cannot be fully guided by the standards, due to their lack of development and inconsistency with the universal international standard ISO 31000: 2018 "Risk management - Guidelines". It is noted that the ISO 14001 standard is a sustainable document that supports the long-term viability of a business. From the standpoint of environmental safety, it is not aimed at achieving the final result and focuses on the concept of continuous improvement. The environmental measures prescribed in Russian standards cannot lead to a reduction in production costs and the entry of companies to the international level of saving money and resources. A special approach to risk assessment should be developed, describing the interaction of various scenarios, which will provide an increased environmental and economic effect.

Key words: GOST, risk assessment, risk, environmental safety, ISO 31000:2018, ISO 14001:2015.

Стандартизация процесса управления рисками играет важную роль в минимизации рисков для повышения эффективности экономической (хозяйственной) деятельности. Своевременная идентификация риска способствует защите стратегий менеджмента от критических значений риска, как с позиций интересов предприятия, так и государства [1, 2].

Считается, что под понятием риска как отрицательного влияния неопределенности на цели имеется в виду риск как вероятность наступления некоего события, которое, в случае наступления, может принести организации ущерб [3, 4].

В этой связи стремление обеспечить стандартную процедуру и стандартный критерий для определения и измерения качества анализа рисков, а также способствовать принятию решений по управлению рисками позволило определить необходимые процессы и процедуры (выявление контекста, участие заинтересованных сторон, идентификация и оценка рисков, принятие решений и управление рисками) для внедрения международного стандарта ISO 31000:2009 «Управление риском. Руководящие указания»¹ и ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента»² и их версий на русском языке: ГОСТ Р ИСО 31000-2010 и ГОСТ Р ИСО 14001-2016.

Ряд ученых отмечает преимущества этих стандартов, которые были пересмотрены ((ISO 31000:2018 «Управление риском. Руководящие указания» (Risk management. Guidelines); версия на рус. яз.: ГОСТ Р ИСО 31000-2019) и опубликованы в новой редакции³) [5-8]. В индустриально развитых странах весь жизненный цикл организации, любая деятельность по принятию решений на разных

уровнях регулируются данными стандартами. Специалисты отмечают, что в России риск-ориентированный подход, как правило, не внедряется различными государственными структурами, а по большей части остается делом частной инициативы. Хотя есть примеры положительной практики в лице Росимущества, Министерства Экономического Развития и некоторых других государственных ведомств.

Риск-ориентированный подход внедряется отдельными государственными структурами в сфере менеджмента риска. Иначе говоря, проводится нерегулярно. Следует отметить, что между принятием законов на федеральном уровне и реальным их внедрением в область менеджмента риска (использованию результатов и оценок рискованных ситуаций на практике) слишком большой разрыв. Скажем, риск-ориентированный подход применяется в отношении Федерального государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Тогда почему не были учтены оценки риска загрязнения территорий продуктами техногенного производства под Норильском? О разливе нефтепродуктов под Норильском контролирующие органы неоднократно предупреждали руководство ГМК «Норильский никель». Однако собственник предприятия довел дело до чрезвычайной ситуации и заплатил рекордный в истории России и один из крупнейших в мире штраф за экологический ущерб (почти 150 млрд руб.). По мнению аналитиков, штраф, хотя и огромный, не сможет в дальнейшем предотвратить негативное воздействие «Норникеля» на окружающую среду. Отсюда можно сделать вывод о том, что риск-ориентированный подход появляется не потому, что русский перевод ISO удостоверяется печатью ТК Росстандарта в качестве копии оригинала и далее полагается через соответствующие законы к применению. Изначально он определяется развитием наилучших доступных технологий для профилактики и предупреждения рисков. Поэтому если в стране нет соответствующих технологий, то никакой

¹ Risk Management. Guidelines, URL: <https://www.iso.org/ru/standard/43170.html> (дата обращения 25.12.2022)

² Environmental Management Systems, URL: <https://www.iso.org/standard/60857.html> (дата обращения 25.12.2022)

³ URL: <https://www.iso.org/ru/standard/65694.html> (дата обращения: 01.12.2022)

закон, предписывающий ведомствам применять и следовать оценкам рисков, не сможет помочь справиться с последствиями рисков, не говоря уже об их предупреждении. Русский перевод ISO – это всякий раз интерпретация менеджмента риска и определенное понимание проблем, связанных с оценкой риска, в конкретной экономической ситуации с определенными традициями хозяйственной деятельности, языковом пространстве, культуре и т.д.

Требования, например, ГОСТа Р ИСО 31000-2019 иногда противоречат международной нормативной базе в сфере менеджмента риска. Так, в последней версии ГОСТ Р ИСО 31000-2019 был исключен принцип неотделимости риск-менеджмента от процесса принятия решений, как и положение о неопределенности – исключительном предмете управления риском; было опущено определение остаточного риска, требующего соответствующих мероприятий для уменьшения его вероятности [9, 10].

При сравнении основного природоохранного документа – Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»⁴ и стандарта ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента», связанного с экологическими проблемами в компаниях с малыми и высокими рисками, становится очевидным, что обычные оперативные природоохранные мероприятия не могут привести к снижению производственных затрат и выходу компаний на международный уровень экономики средств и ресурсов [11]. Эффективностью обладают лишь промежуточные значения, добиваясь которых работодатели должны планировать и совершенствовать достигнутые показатели, чтобы улучшить состояние природно-технических систем. Таким образом, разные по энергоэффективности и условиям экологической безопасности предприятия могут использовать ISO 14001 для улучшения состояния окружающей среды.

С одной стороны, закон «Об охране окружающей среды» получил статус базового. С другой стороны, по сравнению с законом прямого действия «Об охране окружающей природной среды» от 19.12.1991 г. № 2060-1, действовавшим в России по 2002 г., его сугубо рамочный характер очевиден для специалистов по экологической безопасности. До 2002 г. действовало множество норм прямого действия: они регулировали использование отдельных видов природных ресурсов и хозяйственной деятельности. Затем природоохранное законодательство стало ослабляться из-за

многочисленных поправок, внесенных в Водный, Градостроительный, Лесной кодексы. При последующем принятии Административного, Административно-процессуального, Бюджетного, Гражданского, Гражданско-процессуального, Земельного, Налогового кодексов экологические нормы не учитывались должным образом, из-за чего они не могли быть реализованы в полной мере. Требовалась дополнительная правовая регламентация. Необходимая разработка правового поля была произведена в 2014 г., когда в природоохранный закон были внесены соответствующие поправки. Легальная правовая регламентация затронула деятельность хозяйствующих субъектов, сопряженную с негативными воздействиями на экосистему. Речь идет о Федеральном законе «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 21.07.2014 № 219-ФЗ. Принятию закона способствовали «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденные Президентом, и государственная программа Правительства РФ «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 гг.

Одна из проблем, которая нашла свое разрешение в отредактированном законе № 7-ФЗ, – это введение градации объектов, связанных с негативным воздействием на природную среду. Уровень воздействия был приведен в соответствие с четырьмя категориями: значительный (I класс опасности), умеренный (II класс), незначительный (III класс) и минимальный (IV класс). Подразделение объектов в зависимости от уровня вредного воздействия позволило вполне обоснованно принять в расчет их производственную мощность, вид продукции и тип технологий. Поскольку объекты оказываются разными по уровню и опасности негативных воздействий на окружающую среду, постольку унификация их эколого-правового статуса отошла на второй план, позволив основное внимание перенести на установление критериев для отнесения объектов к одному из четырех классов. Вот почему говорится о регламентации лидерства работодателя. Иначе говоря, с точки зрения регулирования природоохранной сферы, тем более, контроля негативного воздействия, исходящего от хозяйственной деятельности юридических лиц или индивидуальных предпринимателей, вопрос, какой критерий характеризует конкретное строительство, остается принципиальным для учета негативного воздействия техногенных комплексов на стадии планирования и реализации. Увы, но косвенно, а часто и непосредственно контроль остается в руках ра-

⁴ URL: <https://base.garant.ru/77322728> (дата обращения 25.12.2022)

ботодателей. Ряд затруднений, по-прежнему, препятствует реализации ясного природо-охранного нормирования. В рассматриваемом законе критерии отнесения объектов к тому или иному классу опасности остались без определения. По факту определение критериев было передано Правительству РФ [12, 13].

Может возникнуть вопрос, как могут национальные стандарты ГОСТ Р ИСО 31000-2019 и ГОСТ Р ИСО 14001-2016 не соответствовать стандартам ИСО, если национальные стандарты должны дублировать стандарты ИСО? Отвечая на этот вопрос, стоит отметить следующее. Ситуация с идентификацией международных документов в отношении к российским реалиям гораздо сложнее, чем может показаться на первый взгляд. Порой невозможно использовать все положения международного стандарта в национальном. Что-то запрещает российское законодательство, что-то неприменимо из-за различий в уровне экономик развитых индустриальных стран и России. Часто препятствием становятся климатические различия, которые, например, ограничивают применение в России Еврокодов – комплекса стандартов EN, содержащих строительные нормы и, по сути, аналогичных российским сводам правил по строительству. При создании сводов правил разработчики актуализированных редакций строительных норм обнаружили, что степень гармонизации сводов правил с Еврокодами не может превышать 30 %.

Но если национальный стандарт повторяет текст международного документа со всеми ссылками на международные документы и его структуру (разбивку на части, пункты), тогда ГОСТ можно считать идентичным. Это логично. Однако почему тогда ГОСТ Р ИСО 31000-2019 в качестве идентичного аналога не может быть применим на международном уровне, в развитых европейских странах, например, в Германии, где действует свой национальный стандарт, и, как известно, многие технические правила и рекомендации этой страны, полагаются в качестве основы для разработки международных норм?

Попытаемся ответить на этот непростой вопрос. Дело в том, что российский ГОСТ не считается в Западной Европе стандартом EN (согласованным), отвечающим основным требованиям конкретной Директивы ЕС. Ведь EN-стандарт применяется на добровольной основе в сфере технического регулирования и обычно состоит из двух частей – обязательной и рекомендательной: в условиях свободной конкуренции производитель, если он не собирается следовать EN стандартам, обязан будет подтвердить соответствие своей продукции общим требованиям безопасности любы-

ми альтернативными методами. Однако возможность именно частичного соответствия требованиям того или иного технического регламента не предусмотрена российским Федеральным законом от 01.07.2003 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (с изменениями на 02.07.2021 г.; редакция, действующая с 23.12.2021 г.⁵).

Кроме того, наличие ГОСТ (с отсутствием согласования доказательной базы технических регламентов) и ГОСТ Р (напоминающий о добровольном характере применения национальных стандартов) свидетельствует о рассогласованности межгосударственной и национальной политики стандартизации. Поэтому вопрос, каковы особенности применения международных стандартов для подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов, можно сказать, остается пока без ответа. Проверке подлежит соответствие продукции требованиям конкретного технического регламента, а не стандарт, использованный при обеспечении безопасности. Ответственность за использование таких стандартов в целях технического регулирования несет субъект, который включил эти стандарты в перечни к техническим регламентам. В условиях же импортозамещения использование указанных стандартов при создании продукции согласно нормативным документам является порой сомнительным и нелегитимным делом. Вот почему национальные стандарты, которые, могут быть идентичными по содержанию, все же не могут соответствовать стандартам ИСО с точки зрения повышения безопасности и защиты окружающей среды.

В свете обзора тематических проблем стоит обсудить связь между рассматриваемыми стандартами и Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ⁶ (далее – Технический регламент), соответствующими нормативными документами: Постановлением Правительства РФ от 01.12.2005 г. № 712 «Об утверждении положения о государственном надзоре в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, осуществляемом МЧС России», Постановлением Правительства РФ от 31.03.2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска», Постановлением Правительства Российской Феде-

⁵ URL: <https://docs.cntd.ru/document/901836556?ysclid=ld9276bx4h530858412§ion=text> (дата обращения: 01.02.2023)

⁶ URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/?ysclid=ln3yb6l4d301046186 (дата обращения: 27.02.2023)

рации от 07.04.2009 г. № 304 «Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска», ГОСТом 12.3.047-98 «ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» и другими правовыми актами. Тем более что в документах МЧС России есть установленный и широко используемый критерий индивидуального пожарного риска. При вариантном проектировании систем противопожарной защиты зданий также используются экономические критерии, например, критерий приведенных затрат, включающий определение риска.

Посмотрим, в каком аспекте Международные стандарты ISO 31000:2018 «Управление риском. Руководящие указания» (ГОСТ Р ИСО 31000-2019) и ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента» (ГОСТ Р ИСО 14001-2016) имеют отношение к Техническому регламенту и другим соответствующим нормативным документам.

Начнем с того, что Приказом Росстандарта от 21.06.2021 г. № 1061 утвержден документ «Об определении Порядка и условий применения международных стандартов, региональных стандартов, межгосударственных стандартов и региональных сводов правил, а также стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств»⁷ (далее – Порядок). В соответствии с данным распоряжением, международные стандарты, региональные стандарты, межгосударственные стандарты и региональные своды правил, а также стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств применяются, если имеют место:

а) поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг, в том числе осуществление закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных потребностей, а также разработка конструкторской, проектной и иной технической документации;

б) выполнение работ и оказание услуг согласно межправительственным соглашениям, а также договорам и контрактам, заключаемым предприятиями, организациями и корпорациями с иностранными партнерами.

Перечисленные ИСО-стандарты подлежат применению со дня их регистрации в Федеральном информационном фонде стандартов. Их идентичные (несогласованные)

версии ГОСТ Р ИСО 31000-2019 и ГОСТ Р ИСО 14001-2016 были зарегистрированы и введены в действие. Несогласованными остались следующие условия их применения: соответствие документов действующим на территории Российской Федерации техническим регламентам; соблюдение основополагающих национальных стандартов; соответствие стандартов межправительственным соглашениям, а также договорам и контрактам, заключаемым предприятиями, организациями и корпорациями с иностранными партнерами. В условиях импортозамещения полная гармонизация указанных стандартов недостижима.

По требованию Федерального закона от 29.06.2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» и Федерального закона от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», в качестве основы национального стандарта должен стать не любой, а лишь тот международный документ, который содержит прогрессивные запросы к объектам стандартизации и способствует повышению конкурентоспособности. Поэтому использование указанных международных ИСО-документов в качестве условий контрактов (договоров) является неурегулированным и противоречивым. С одной стороны, язык документа, обязательность тех или иных его положений и т.д. определяются контрактом (договором) с целью подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов. С другой стороны, необходимо применить документы, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде стандартов в соответствии с Порядком. Кроме того, никакие нормативные акты не позволяют применять международные стандарты в качестве документов по стандартизации оборонной продукции.

ГОСТ Р 1.7-2014 от 26.12.2014 г. «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила оформления и обозначения при разработке на основе применения международных стандартов (с Изменением № 1, с Поправкой)»⁸ определяет, что такое «гармонизированный стандарт»: тот, который принят различными органами по стандартизации, распространяется на один и тот же объект стандартизации и обеспечивает взаимозаменяемость продукции, процессов или услуг и/или взаимное понимание результатов испытаний или информации, представляемых согласно этим стандартам. Гармонизированный стандарт имеет различия в форме

⁷ URL: <https://docs.cntd.ru/document/607215975?ysclid=len7gng51e587069886§ion=text> (дата обращения: 15.03.2023)

⁸ URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200116040?ysclid=lf9y27m5yg619077855> (дата обращения: 27.02.2023)

представления и в некоторых частях текста, не влияющих на суть стандарта, например, в примечаниях, указаниях, как выполнять требования стандарта, в предпочтении тех или иных требований. В международной стандартизации такие стандарты называют «эквивалентными» (термин из руководства ISO/IEC Guide 2:2004 «Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности» (Standardization and related activities -- General vocabulary))⁹.

Таким образом, Технический регламент является национальным стандартом, «гармонизированным» к производственно-техническим условиям России. Если сравнивать его с рассматриваемыми международными руководящими указаниями, то его следует считать «эквивалентным» документом. Несмотря на то, что, скажем, ГОСТ Р ИСО 31000:2019 назван в результате перевода на русский язык «гармонизированным» национальным стандартом, «идентичным» с ISO 31000:2018 с отметкой на обложке IDT, он также остается «эквивалентным» актом. То же самое можно сказать и о других соответствующих нормативных доку-

ментах, разработанных с участием специалистов из МЧС России.

Обратимся к вариантному проектированию зданий. Оно заключается в технико-экономической оценке и обосновании проектных решений с использованием требований по приемлемому и индивидуальному рискам. В частности, понятие приемлемого риска означает такой уровень, который допустим и обоснован, исходя из экономического, экологического и социального развития в разных странах. Табл. 1 показывает величины фоновых значений риска в разных странах.

По вычислениям В. Л. Блинкина, значение фонового уровня риска для территории России составляет 5E-06. Границей же недопустимого риска предлагается считать 5E-0 [14]. При величине индивидуального риска > E-03 следует немедленно принять меры по уменьшению опасности. Пожарная безопасность соответствует требованиям, если индивидуальный риск > E-06. В табл. 2 даны показатели пренебрежимого и предельно допустимого рисков в национальных (Россия) и международных стандартах (США и Европа).

Таблица 1. Величины фонового риска для населения

Страна	Степень и причина поражения		
	Заболевание и гибель от болезни	Гибель от несчастных случаев	Гибель от социальных стрессов
Россия (средние значения)	1.1E-02	8E-04 – E-03	2E-04
Другие страны (средние значения)	E-02	E-03 (США)	5E-06
Экстремальные значения	1.5E-02	4E-03	5.8E-04

Таблица 2. Уровни пренебрежимого и предельно допустимого рисков

Уровни риска	Страны		
	США	Европа	Россия
Пренебрежимый риск	E-09 – E-08	E-08	E-06
Предельно допустимый риск	E-07 – E-06	E-06	5E-04

Представленные данные по индивидуальному риску указывают на разные требования в разных странах. Поскольку «абсолютной» безопасности (отсутствия всякой опасности) какой-то системы (объекта защиты) невозможно достичь в принципе, постольку риск

можно постараться уменьшить до такого уровня, который общество вынуждено будет принять по тем или иным причинам. В этом плане международные «гармонизированные» документы или национальные «эквивалентные» стандарты России помогают управлять рисками и уменьшать степень опасности данного объекта защиты, а значит повышать степень его безопасности до максимально возможного в современных условиях уровня. Но есть и от-

⁹ URL: <https://sert-service.ru/rukovodstvo-iso-mek-2-2004-standartizatsiya/?ysclid=lenk3ka1si902884122> (дата обращения: 27.02.2023).

личия между ними. Национальные «эквивалентные» стандарты России не являются гармонизированными (согласованными) в строгом смысле этого слова, подобно ISO, ISO Guide, ISO/TS, STM, API, DNV, ASME, SAE, так как действуют в условиях ограничения свободной конкуренции, экономической обособленности отдельных товаропроизводителей и рыночной системы хозяйствования, когда образование средней нормы прибыли – объективный закон рыночной экономики [15]. И так, в данном исследовании учитывается производственно-технический контекст (культура производства) России, в котором реализуются похожие, но все же разные по уровню требования экологической безопасности и оценки риска в ИСО и ГОСТ Р ИСО.

Учитывая вышесказанное, перед автором стоит цель проанализировать российские национальные стандарты по аспектам безопасности и сравнить их с международными документами ISO 31000:2018 и ISO 14001:2015. Из цели вытекают следующие задачи:

- 1) выяснить конкретные преимущества ИСО-стандартов;
- 2) определить, насколько они терминологически корректны;
- 3) каков диапазон применения по идентификации риска;
- 4) могут ли они использоваться для оценки любого типа рисков.

В своей методологии автор следовал понятию «риска», представленного в стандарте ISO 31000:2018 и ISO 14001:2015. Необходимо отметить, что под термином «безопасность» имеется в виду «отсутствие недопустимого риска». От того, как определяют ключевое понятие «риск», зависит степень потенциального вреда здоровью людей, их имуществу или окружающей среде. Идентификация потенциального источника опасности также важна для последующей минимизации риска и оценки риска, оставшегося после принятых защитных мер, что очень важно для минимизации возможного эколого-экономического ущерба [16].

Методика исследования опирается также на понятие риска стандарта COSO ERM:2017 «Управление риском на предприятии» (Enterprise Risk Management¹⁰). Данный документ не дает собственного определения «риска» и опирается на концепцию риска, разработанную PricewaterhouseCoopers. В ней «риск» понимается как негативный аспект не-

определенного события (набора факторов), приход которого для фирмы может обернуться ущербом и/или выгодой. Последующая идентификация риска дает информацию о его порогах (организация пойдет на риск, если он ниже уровня воздействия, если выше, то он будет неприемлем).

Согласно ISO 31000:2018, «риск» является неопределенностью, влияющей негативно и/или позитивно на цели. ISO 31000:2018 определяет процессы риск-менеджмента как процедуры, практики и действия, направленные на осуществление коммуникации, консультирования, определение текущей ситуации во внешней и внутренней среде организации. Очевидно если не полное тождество формулировок PricewaterhouseCoopers и ISO 31000:2018, то их смысловая близость. При этом разработчики ISO 31000:2018 считают, что «риск» может быть терминологически охарактеризован как источник угроз (hazards), потенциальных событий (events), последствий (consequences), а также вероятность событий и/или последствий (likelihood). Анализ рисков включает подробное рассмотрение неопределенностей, источников риска, последствий, вероятности, событий, сценариев, средств контроля и их эффективности.

Методика исследования также строится на том, что понимание риска из ISO 41001:2015 служит основой для обоснования принципов экологической безопасности хозяйственной деятельности и создания универсальной модели для (1) идентификации и (2) оценки рисков, (3) планирования и (4) реализации запланированных мер по предотвращению рисков. Предметный анализ предполагает следующий вопрос, как соотносится понятие риска, неопределенности, управление риском, представленные в международных стандартах ISO 31000:2018 и ISO 41001:2015, с аспектами и требованиями безопасности, сформулированными в конкретных российских ГОСТах об управлении рисками [17].

Проблема риск-менеджмента в отечественных стандартах: Прежний российский ГОСТ Р ISO 31000-2010 и действующий ГОСТ Р ISO 31000-2019, разработанные на основе ISO 31000, оцениваются как полезные документы. В них понятие риска определяется в соответствии с ISO 31000 и служит для прояснения менеджмента любых типов риска: как влияния неопределенности на цели. Риск описывается формулой:

$$\text{Риск} = \text{Вероятность} \times \text{Тяжесть события}, \quad (1)$$

где Тяжесть события означает значительность последствий; стохастические условия реали-

¹⁰ URL: <https://www.coso.org/documents/2017-coso-erm-integrating-with-strategy-and-performance-executive-summary.pdf> (дата обращения: 01.11.2022)

зации решения; подверженность возможности потерять неблагоприятные или благоприятные обстоятельства; шанс или ситуацию ожидаемых потерь или достижения цели; интенсивность, размер и т.д. того, что ценят люди (жизни, окружающей среды, денег и т.д.). Потери и выгоды, например, выраженные в деньгах или числе погибших, являются способами определения серьезности последствий. При этом здесь речь идет о рисках как воздействию неопределенности (условий недостатка информации) на поставленные цели. Следует отметить, что приведенная формула не является полной. Вероятность не охватывает все аспекты проблемы экологического менеджмента. Чтобы объяснить это, нам нужно сначала ввести два общих способа интерпретации вероятности: классическую интерпретацию относительной частоты и субъективную байесовскую интерпретацию.

Согласно классической парадигме относительной частоты вероятность интерпретируется как повторяющееся бесконечное число раз. События происходят, если анализируемая ситуация гипотетически «повторялась». Следовательно, оценки риска могут быть более или менее точными по сравнению с лежащим в основе истинным риском. В этом случае неопределенности в оценках могут быть очень большими и их трудно выразить.

С точки зрения байесовской перспективы, вероятность представляется как мера неопределенности событий и последствий, рассматриваемая аналитиком риска и основанная на доступной исходной информации. В этом случае вероятность – это субъективная мера неопределенности, зависящая от доступного ее знания. Эталоном является некий стандарт, назначенный оценщиком риска, но при этом нет ссылки на правильную или истинную вероятность. Назначенные вероятности зависят от конкретных базовых знаний и могут давать неверные прогнозы.

Рассмотрим риск экологических последствий, связанных с работой морской нефтяной установки, где руководитель отдела обеспокоен износом некоторого критического оборудования. Регламент технического обслуживания гарантирует, что износ не вызовет проблем с безопасностью. Скажем, речь идет о специальной программе обслуживания для предотвращения подобного рода проблем. Итак, каков же риск от утечки нефти, который в нашем случае может быть вызван инцидентом, связанным с эксплуатацией оборудования. На основании справочной информации (исторических данных) о надлежащем техническом регламенте вероятность утечки, например, составляет 2 %. Понятно, что этот показатель

никоим образом не отражает обеспокоенность руководства работой установки. Расчеты нацелены на то, чтобы программа технического обслуживания была эффективной, но они упускают из виду следующее. Со временем добыча нефти может потребовать изменить условия эксплуатации. Проблемы с содержанием H_2S и CO_2 , образованием накипи, увеличением бактерий, эмульсиями и проч. факторами риска должны быть разрешены (к примеру, путем добавления соответствующих химикатов и добавок). Все эти факторы вызывают повышенную вероятность коррозии и других негативных условий, которые могут вызвать утечки. Однако за заданием соблюдать критерий в 2 % скрывается важный элемент неопределенности. При анализе риска выполняется целый ряд подобных назначений вероятностей. Тем самым скрытые неопределенности могут где-то привести к неожиданным последствиям. Неизвестно, где произойдет неприятная тяжесть событий, но, безусловно, такие события могут случиться.

В нашем случае указанные стандарты обеспечивают управление рисковыми событиями и дают возможность значительно повысить шансы организациям на успешное завершение проектов и экономический эффект. В них также указывается, что ГОСТ Р ИСО 31000-2019 может применяться к любой деятельности, включая процесс принятия решений на всех уровнях управления. С другой стороны, документ носит чисто рекомендательный характер, совершенно не обязателен для исполнения. Все это не позволяет принять основанные решения по функционированию экологически безопасных природно-техногенных комплексов.

Рассмотрим отечественный ГОСТ Р 51898-2002 от 05.06.2002 г. («Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты», ред. от 01.08.2018)¹¹, в котором даются руководящие принципы включения аспектов безопасности в разнообразные кодексы, стандарты и руководства (например, ГОСТ Р 22.0.01-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»¹² и т.д.).

В указанном документе используются такие термины, как «безопасность», «риск», «опасность», «событие, вызывающее ущерб». Рациональное принятие решений требует четкого и количественного способа выражения риска, чтобы его можно было должным обра-

¹¹ URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030314> (дата обращения: 01.02.2023)

¹² URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136692?ysclid=l9vovx664g999742542> (дата обращения: 07.01.2023)

зом проанализировать вместе со всеми другими затратами и выгодами в процессе принятия решений. Это говорит о том, что риск как фоновое значение всегда присутствует в хозяйственной деятельности, и, следовательно, остается только выбирать между рисками [18].

В указанном ГОСТе под «риском» понимается сочетание вероятности нанесения

ущерба и степени его тяжести (т.е. физического повреждения или другого вреда окружающей среде или здоровью людей). Соответственно, под безопасностью имеется в виду любой приемлемый риск возникновения события, приводящего к ущербу. На рис. 1 представлен процесс минимизации риска, согласно ГОСТ Р 51898-2002 (рис. 1).



Рис. 1. Процесс минимизации риска, согласно ГОСТ Р 51898-2002

Обращает на себя внимание основной недостаток данного ГОСТа. В блок-схеме понятие «неопределенность» вообще не упомянуто, хотя само по себе понятие риска включает в себя представление как неопределенности, так и возможных убытков или ущерба. Из этого анализа, казалось бы, вытекает следующая формула определения риска:

$$R = U + C, \quad (2)$$

где U означает неопределенность (когда случайность исходов нельзя выразить в виде конкретных вероятностей), C – ущерб.

Неопределенность связана с недостатком и отсутствием знаний, в данном случае, относительно того, каким будет ущерб в рублях. Неопределенность относится как к событию, так и последствиям, учитывая, что это событие произошло. Важно, чтобы одним из измерений была неопределенность, а не вероятность. Концепция риска должна охватывать неопределенность сверх вероятности. Вероятности и ожидаемые значения не могут быть

идеальными инструментами для выражения неопределенности.

Далее, неопределенность вызывает разную степень беспокойства у разных людей. Поэтому, когда неопределенность прибавляется к ущербу, то этим постулируется разная степень тревоги оценщика. Риски могут привести к потере контроля, к неприятным неожиданностям, к неуверенности в собственной компетентности, к более тяжелым последствиям. Эти реакции могут сопровождать положительный результат, который может принести пользу, избегая потерь. Самое главное, тревога может основываться на том, что мы не знаем, каков будет результат. Если сторона, на которую мы полагаемся, может использовать свою власть непредсказуемо, также возрастает неопределенность, даже если эта сторона могла бы использовать свою власть для нашей выгоды, потому что мы не уверены, будет ли эта сторона продолжать использовать свою власть таким образом в будущем.

Однако в стандарте, как уже было указано, о неопределенности ничего не говорится. Согласно данному ГОСТу, формула риска имеет вид:

$$R = P \times C, \quad (3)$$

где P – вероятность, C – ущерб.

Различие между риском и неопределенностью заключается в том, что риск – это событие, не предусмотренное базовым планом проекта (дискретный риск). Это определение похоже на то, которое можно увидеть в матрице рисков. Событие характеризуется вероятностью возникновения и ожидаемым воздействием, если событие действительно произошло. Неопределенность же в отношении базового плана проекта – это фундаментальная неспособность точно предсказать исход будущего события. Неопределенность характеризуется распределением вероятностей, которое основано на сочетании предшествующего опыта аналитика и исторических данных. Таким образом, неопределенность – это не неизвестный риск. В условиях неопределенности полностью отсутствует фоновая информация о событии, даже если оно было идентифицировано. В случае неизвестного риска некоторая исходная справочная информация была упущена из виду в процессе идентификации рисков ситуации.

Действительно, в ряде ведомственных стандартов риск предлагается рассчитывать как произведение вероятности аварии на объекте и потерь, понесенных окружающей природной средой непосредственно вследствие техногенного происшествия; ущерб же трактуется как денежная форма причинения негативного техногенного воздействия и его последствий на конкретную экосистему (например, «Временное методическое руководство по оценке экологического риска деятельности нефтебаз и автозаправочных станций»¹³).

Следует еще раз отметить, что риск указывает на событие, которое может случиться или не случиться. Но если оно наступает, возможны три исхода: негативный (потери, ущерб, проигрыш), нулевой (нет ни потерь, ни выгод), позитивный (выгоды, прибыль, выигрыш).

Ясно, что если непрестанно избегать риска, то невозможно принять решение об обеспечении безопасности окружающей среды от техногенного воздействия. Так называемая, «без-рисковая» зона, предшествующая «дереву событий» есть, собственно говоря, лишь

некоторое допущение, инициирующее дальнейший процесс выигрыша или проигрыша. Как уже говорилось, фоновое значение риска присуще всей природно-технической системе, поскольку «без-рисковое» состояние также определено относительно риска, т.е. опасность и ущерб заложены в любое отношение к природной среде, потенциально присутствуют в неопределенной степени. Поэтому ряд авторов количественную характеристику риска сопоставляют с неопределенностью [19–21].

Неопределенность отсылает ко многим возможным исходам, ничего не говоря об их вероятности. Риск же – к ситуации с конечным числом исходов, значения частоты вероятности которых известны. Риски можно страховать. Неопределенность же не страхуема. Тем не менее быстрый техногенный прогресс связан именно с неопределенностью. Скажем, согласно закону больших чисел, случайная величина получает значения среднего математического ожидания и служит для оценки вероятности больших отклонений, т.е. при большом числе случайных величин достоверно известно, что их среднее арифметическое как случайная величина бесконечно мало отличается от неслучайной нормальной величины значения ее среднего математического ожидания. Другими словами, действие совокупности случайных факторов дает результат, который почти не зависит от случая. Здесь имеет место известное приближение расчетов вероятных величин к константе [22].

Но возникает проблема: если в рисковом решении не будет фактора случайности, случайных параметров, случайной цепи событий, то как быть с альтернативностью и стохастичностью? Если критерии рискового решения будут основаны на достижении поставленной задачи, отличаться непротиворечивостью нормативным актам, следовать современным научно-техническим требованиям, направлены на борьбу с риском потерь и рисковыми последствиями, то такого рода стремление не проиграть превратит риск в спускаемые сверху директивы. Произойдет фактическая девальвация риска. В последнем случае не может быть и речи о результативности и конкурентоспособности в хозяйственной деятельности. Напротив, в ситуации риска на первый план выходит корреляция вероятных потерь и значимости конечного результата и выигрыша [23].

¹³ URL: http://snipov.net/c_4654_snip_59538.htm (дата обращения: 01.02.2023)) и т.д.

Анализируя многочисленные определения риска, следующие ключевые определения можно назвать основными чертами ситуации риска. В ней:

1) должны быть альтернативные решения, так как у нас нет точного знания последствий антропогенного вмешательства в природу и нет точного соответствия между задуманным и осуществляемым из-за подверженности ошибкам (здесь необходимо отметить, что риск-менеджер имеет дело с выбором: а) более надежный и приемлемый, но меньший успех или б) ожидаемый с меньшей уверенностью и сомнением, но больший выигрыш; очевидно, что больший успех как некая провокация достичь невозможной цели говорит о нежелании вообще устранять неопределенность из практики);

2) при расчете риска на основе обработки данных проявляется заинтересованность в будущей большой выгоде, успех которой маловероятен и крайне не определен, и, напротив, в случае малого, но гарантированного успеха побуждения принимать рискованные решения у индивида не возникает.

3) реализуется стохастический характер события или действия, определяющий один из возможных исходов осуществления решения;

4) после принятия решения развитие рискованной ситуации должно привести к возникновению потерь или получению дополнительных преимуществ и выгод.

Риск не может быть понят вне двумерной комбинации (1) событий и (2) последствий этих событий, а также связанных с ними (3) неопределенностей, что согласуется со смыслом стандарта ISO 31000:2018. Но указанный аспект оценки риска отсутствует в стандарте ГОСТ Р 51898-2002.

Следующие недостатки присущи стандарту ГОСТ Р 51898-2002. В случае расчета оптимального сценария экологической безопасности конкретного объекта строительства в течение всего жизненного цикла его службы анализ и оценка неопределенности могут быть затруднены или даже невозможны. Так как принцип несогласованности является врожденным для любого моделирования, думать, что для любой ситуации «риск – это сочетание вероятности и последствий», – это значит впасть в заблуждение и способствовать ошибочным суждениям по оценке риска. Особенно, когда речь идет о единственном сценарии развития событий. Следует отметить, что одноточечные оценки риска могут быть дополнены применением множественных дескрипторов риска, к которым относятся методы оценки вероятностного результата. В рамках вероят-

ностно-математической модели формула «риск – это сочетание вероятности и последствий» также не приемлема. Величина риска, а, следовательно, ущерба рассчитывается на основе теории вероятности, чтобы получить характеристики случайного ущерба: математическое ожидание в качестве среднего ущерба и дисперсию как показатель разброса значений. К тому же в процессе анализа рисков систематизируются имеющиеся знание и неопределенность (!) по отношению к изучаемым явлениям, системам и видам деятельности. Иначе говоря, поскольку решения принимаются в рамках недостаточной информации, на основе случайных параметров и процесса развития ситуации, неизбежности альтернативности варианта действий, важно добиться идентификации вероятности наступления события, интенсивности его воздействия на экосистему, возможности выявления/контроля. Очевидно, что вероятностно-математическая модель определяется алгоритмом, с помощью которого она была создана. Математическое моделирование помогает соблюсти соответствие заданным требованиям, избежать непредвиденных ошибок и оптимизировать производительность системы [24].

Обратимся к процессу оценки экологического риска, представленному в ГОСТ Р 14.09-2005 от 30.12.2005 г. (Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента¹⁴). Для проведения эффективной природоохранной деятельности требуется развитие сценарного подхода [18]. Анализ риска обусловлен здесь отсылкой к ГОСТу Р 51898-2002, т.е. рассматривается как «вероятность, умноженная на последствия». Итеративный процесс с целью минимизировать риск (рис. 2) не отличается от приведенного ранее на рис. 1.

Хотя акцент в стандарте сделан на интерактивность процесса минимизации риска, чтобы подчеркнуть направленность на эффективность управления рисками (выделение необходимых ресурсов, назначение ответственных лиц, наделение их необходимыми полномочиями), тем не менее ограниченная методика понимания рискованной терминологии не позволит предприятиям (в частности, в жилищном фонде) полностью реализовать коммуникативную суть данного стандарта. Причина недоработки заключается в том, что неопределенность относится как к событию, так и к последствиям его возникновения (что зафиксировано в ISO 31000:2018, но не упомянуто в ГОСТ Р 14.09-2005).

¹⁴ (URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200077552> (дата обращения: 01.02.2023))

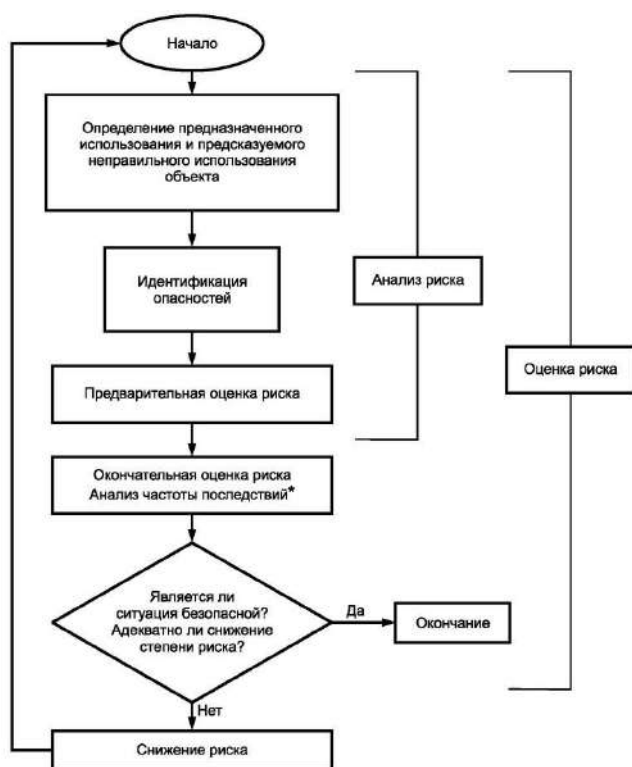


Рис. 2. Итеративный процесс с целью минимизировать экологический риск (ГОСТ Р 14.09-2005)

Таким образом можно сделать вывод, что исследование подтвердило исходную гипотезу о преимуществе международного стандарта ISO 31000:2018 и непроработанности ряда российских национальных стандартов по безопасности (ГОСТ Р 51898-2002 и ГОСТ Р 14.09-2005). Проведенный анализ позволяет выявить основные их недостатки, а именно:

1) главная цель риск-менеджмента, провозглашенная в ISO 31000:2018, т.е. создание, развитие и защита ценностей организации (фирмы), не может быть полностью реализована в российских ГОСТах;

2) в действующем ГОСТ Р 51898-2002 нет конкретных ответов об обеспечении надлежащей и адекватной количественной оценке рисков, выявлении их допустимого уровня и возможного ущерба;

3) концептуальный подход к безопасности, прописанный в ГОСТ Р 14.09-2005, излишне абстрактен и неадекватен, чтобы рационально оценить экологические риски, в ряде случаев не сопоставимые линейно (отчего

остается непонятным, какой риск считается допустимым);

4) бессмысленно считать риск приемлемым, если не принять во внимание его сочетание с сопутствующими затратами и выгодами. Процедурой измерения неопределенности, или вычислением приемлемого риска, предполагается сценарный подход, который не упоминается в представленных стандартах;

5) стандарт ISO 14001, является документом устойчивой направленности с целью поддержать долгосрочную жизнеспособность бизнеса. С позиций поддержания безопасности окружающей среды, он не направлен на достижение конечного результата и ориентируется на концепцию непрерывного улучшения. Обычные оперативные природоохранные мероприятия, прописанные в российских стандартах, не могут привести к снижению производственных затрат и выходу компаний на международный уровень экономии средств и ресурсов;

6) согласно ISO 14001, показателями эффективности выступают лишь промежуточные значения, достигнув которых работодатели смогут планировать и совершенствовать поставленные цели, обеспечивая тем самым устойчивость и безопасность природно-техногенных систем жизнеобеспечения. Российские стандарты через систему предельных показателей не могут регулировать разные по энергоэффективности и условиям экологической безопасности предприятия для достижения устойчивого состояния окружающей среды.

Преимущества международных стандартов ISO 31000:2018 и ISO 14001:2015 заключаются:

1) в разработке единой стратегии ресурсосберегающего производства и принципов принятия эффективных и экологически безопасных решений;

2) они максимально терминологически корректны и представлены в действующих российских стандартах (напр., ГОСТ Р ИСО 31000-2019, ГОСТ Р ИСО 14001-2016);

3) данные стандарты имеют универсальный диапазон применения по идентификации рисков;

4) они применимы для оценки любого типа рисков как с положительными, так и отрицательными последствиями. Все это обеспечивает максимальный эколого-экономический эффект.

Список литературы

1. Crispin G. The essence of risk identification in project risk management: An overview. *International Journal of Science and Research*, 2020, vol. 9, iss. 2, pp. 1553–1557. DOI: 10.21275/SR20215023033.
2. Gallop D., Willy C., Bischoff J. How to catch a black swan: Measuring the benefits of the premortem technique for risk identification. *Journal of Enterprise Transformation*, 2016, vol. 6, issue 2, pp. 87–106. DOI: 10.1080/19488289.2016.1240118.
3. Rausand M., Haugen S. *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*. London: Wiley, 2020. 784 p.
4. Matuszak-Flejszman A., Paliwoda B. Influence of the Implemented Management Systems on Risk-Based Thinking in Organizations – A Review. *Proceedings of the 36th International Business Information Management Association (IBIMA)*. Cordoba: IBIMA, 2022, pp. 6644–6651.
5. Link S., Naveh E. Standardization and discretion does the environmental standard ISO 14001 lead to performance benefits? *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2016, vol. 53, iss. 4, pp. 508–519. DOI: 10.1109/TEM.2006.883704.
6. Сравнение версий национального стандарта Российской Федерации «Менеджмент риска. Принципы и руководство» (ГОСТ Р ИСО 31000:2019 и ГОСТ Р ИСО 31000:2010) с учетом первоисточников / Б. А. Кушнин, С. Д. Фурта, А. Ю. Лякин [и др.] // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2022. Т. 13. № 2. С. 134–150. DOI: 10.17747/2618-947X-2022-2-134-150.
7. Смирнова О. П., Вавилова М. А. Особенности внедрения системы экологического менеджмента в промышленности // *Естественно-гуманитарные исследования*. 2022. Т. 39. № 1. С. 303–308. DOI: 10.24412/2309-4788-2022-1-39-303-308.
8. Шпаков А. С., Бурдонов А. Е. Основные проблемы на пути внедрения экологического менеджмента в Российской Федерации // *Экономика и экологический менеджмент*. 2019. № 1. С. 154–162.
9. Роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства / Н. Г. Гаджиев, Коноваленко С. А., Трофимов М. Н. [и др.] // *Юг России: экология, развитие*. 2021. Т. 16. № 3. С. 200–214. DOI 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214.
10. Новикова Е. В. Эколого-правовое регулирование на этапе развития зеленой экономики в России // *Экологическое право*. 2020. № 4. С. 9–16. DOI 10.18572/1812-3775-2020-4-9-16.
11. Современный зеленый курс России: проблемы и перспективы реализации / Н. Г. Гаджиев, С. А. Коноваленко, М. Н. Трофимов // *Юг России: экология, развитие*. 2022. Т. 17. № 3. С. 197–207. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-3-197-207
12. Гиззатуллин Р. Х. Проблемы правового регулирования экологического нормирования // *Правовое государство: теория и практика*. 2014. Т. 36. № 2. С. 62–66.
13. Петрова Т. В. Проблемы нормирования воздействия на окружающую среду в российском законодательстве // *Правоведение*. 2018. Т. 62. № 4. С. 640–650. DOI: 10.21638/spbu25.2018.404.
14. Блинкин В. Л. Методы анализа экзотических составляющих рисков // *Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях*. 1997. Вып. 3. С. 18–36.
15. Сорокин А. В. Общая экономика или модель рыночной экономики: Превращение прибыли в среднюю прибыль. «Голландская болезнь» как результат неравенства отраслевых норм прибыли. Закон средней прибыли или почему цена на нефть должна понижаться? Межотраслевая и внутриотраслевая конкуренция // *Проблемы современной экономики*. 2017. Т. 61. № 1. С. 190–196.
16. Awareness and attitude of Latvian construction companies towards sustainability and waste recycling / T. Tambovceva, D. Bajare, M. V. Tereshina [et al.] // *Журнал Сибирского федерального университета. Гуманитарные науки*. 2021. Т. 14. № 7. С. 942–955.
17. Smirnova E. Environmental risk analysis in construction under uncertainty. *Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage*. Huerta, I. Menéndez Pidal de Nava (Eds.). London: CRC Press, 2020, pp. 222–227. DOI: 10.1201/9781003129097-47.
18. Larionov A., Nezhnikova E., Smirnova E. Risk assessment models to improve environmental safety in the field of the economy and organization of construction: A case study of Russia. *Sustainability*, 2021, vol. 13, issue 24, pp. 13539. DOI: 10.3390/su132413539.
19. Andersen T. J., Young P. C. *Strategic Risk Leadership: Engaging a World of Risk, Uncertainty, and the Unknown*. Routledge: Abingdon, 2020. 164 p.
20. Voorhees J., Woellner R. A., Bell C. L. *International Environmental Risk Management: A Systems Approach*. Boca Raton: CRC Press, 2022. 262 p.
21. Jones A. *Risk, Opportunity, Uncertainty and Other Random Models*. Abingdon, Oxon: Routledge, 2019. 316 p.

22. Использование интегрального показателя экологического риска для обоснования природоохранных решений в условиях неопределенности на примере накопителей жидких промышленных отходов / А. В. Хохряков, П. А. Рыбников, Е. М. Цейтлин [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 11–1. С. 71–89. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_71.

23. Garvey B., Humzah D., Le Roux S. Uncertainty Deconstructed: A Guidebook for Decision Support Practitioners. Cham: Springer, 2022. 304 p.

24. Maurya S. P., Yadav A. K., Singh R. P. Modeling and Simulation of Environmental Systems: A Computation Approach. Boca Raton: CRC Press, 2022. 356 p.

References

1. Crispin G. The essence of risk identification in project risk management: An overview. International Journal of Science and Research, 2020, vol. 9, iss. 2, pp. 1553–1557. DOI: 10.21275/SR20215023033.

2. Gallop D., Willy C., Bischoff J. How to catch a black swan: Measuring the benefits of the premortem technique for risk identification. Journal of Enterprise Transformation, 2016, vol. 6, issue 2, pp. 87–106. DOI: 10.1080/19488289.2016.1240118.

3. Rausand M., Haugen S. Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications. London: Wiley, 2020. 784 p.

4. Matuszak-Flejszman A., Paliwoda B. Influence of the Implemented Management Systems on Risk-Based Thinking in Organizations – A Review. Proceedings of the 36th International Business Information Management Association (IBIMA). Cordoba: IBIMA, 2022, pp. 6644–6651.

5. Link S., Naveh E. Standardization and discretion does the environmental standard ISO 14001 lead to performance benefits? IEEE Transactions on Engineering Management, 2016, vol. 53, iss. 4, pp. 508–519. DOI: 10.1109/TEM.2006.883704.

6. Sravneniye versiy natsional'nogo standarta Rossiyskoy Federatsii «Menedzhment riska. Printsipy i rukovodstvo» (GOST R ISO 31000:2019 I GOST R ISO 31000:2010) s uchetom pervoistochnikov pervoistochnikov [Comparison of versions of the national standard of the Russian Federation «Risk management. Principles and guidance» (GOST R ISO 31000:2019 and GOST R ISO 31000:2010), taking into account primary sources] / B. A. Kushnin, S. D. Furta, A. Yu. Lyakin [et al.]. *Strategicheskiye resheniya i risk-menedzhment*, 2022, vol. 13, is-

sue 2, pp. 134–150. DOI: 10.17747/2618-947X-2022-2-134-150.

7. Smirnova O. P., Vavilova M. A. Osobennosti vnedreniya sistemy ekologicheskogo menedzhmenta v promyshlennosti [Features of the implementation of the environmental management system in the industry]. *Yestestvenno-gumanitarnyye issledovaniya*, 2022, vol. 39, issue 1, pp. 303–308. DOI: 10.24412/2309-4788-2022-1-39-303-308.

8. Shpakov A. S., Burdonov A. Ye. Osnovnyye problemy na puti vnedreniya ekologicheskogo menedzhmenta v Rossiyskoy Federatsii [The main problems on the way to the implementation of environmental management in the Russian Federation]. *Ekonomika i ekologicheskoy menedzhment*, 2019, issue 1, pp. 154–162.

9. Rol' i znacheniyе ekologicheskoy bezopasnosti v sisteme obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti gosudarstva [The role and importance of environmental safety in the system of ensuring the economic security of the state] / N. G. Gadzhiyev, S. A. Konovalenko, M. N. Trofimov [et al.]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*, 2021, vol. 16, issue 3, pp. 200–214. DOI 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214.

10. Novikova E. V. Ekologo-pravovoye regulirovaniye na etape razvitiya zelenoy ekonomiki v Rossii [Ecological and legal regulation at the stage of development of the green economy in Russia]. *Ekologicheskoye pravo*, 2020, issue 4, pp. 9–16. DOI 10.18572/1812-3775-2020-4-9-16.

11. Sovremennyy zelenyy kurs Rossii: problemy i perspektivy realizatsii [Russia's modern green policy: Problems and prospects for implementation] / N. G. Gadzhiyev, S. A. Konovalenko, M. N. Trofimov [et al.]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*, 2022, vol. 17, issue 3, pp. 197–207. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-3-197-207.

12. Gizzatullin R. H. Problemy pravovogo regulirovaniya ekologicheskogo normirovaniya [Problems of legal regulation of environmental standardization]. *Pravovoye gosudarstvo: teoriya i praktika*, 2014, vol. 36, issue 2, pp. 62–66.

13. Petrova T. V. Problemy normirovaniya vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu v rossiyskom zakonodatel'stve [Problems of regulation of environmental impact in Russian legislation]. *Pravovedeniye*, 2018, vol. 62, issue 4, pp. 640–650. DOI: 10.21638/spbu25.2018.404.

14. Blinkin V. L. Metody analiza ekzogennykh sostavlyayushchikh riskov [Methods for the analysis of exogenous components of risks]. *Problemy bezopasnosti pri chrezvychaynykh situatsiyakh*, 1997, issue 3, pp. 18–36.

15. Sorokin A. V. Obschchaya ekonomika ili model' rynochnoy ekonomiki: Prevrashcheniye

pribyli v srednyuyu pribyl'. «Gollandskaya bolezn'» kak rezul'tat neravenstva otraslevykh norm pribyli. Zakon sredney pribyli ili pochemu tsena na neft' dolzhna ponizhat'sya? Mezhotraslevaya i vnutri-otraslevaya konkurenciya [General economy or market economy model: Turning profit into average profit. «Dutch disease» as a result of the inequality of industry profit rates. The law of average profit or why the price of oil should go down? Interbranch and intrabranсh competition]. *Problemy sovremennoy ekonomiki*, 2017, vol. 61, issue 1, pp. 190–196.

16. Awareness and attitude of Latvian construction companies towards sustainability and waste recycling / T. Tambovceva, D. Bajare, M. V. Tereshina [et al.]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Gumanitarnyye nauki*, 2021, vol. 14, issue 7, pp. 942–955.

17. Smirnova E. Environmental risk analysis in construction under uncertainty. Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage. Huerta, I. Menéndez Pidal de Nava (Eds.). London: CRC Press, 2020, pp. 222–227. DOI: 10.1201/9781003129097-47.

18. Larionov A., Nezhnikova E., Smirnova E. Risk assessment models to improve environmental safety in the field of the economy and organization of construction: A case study of Russia. *Sustainability*, 2021, vol. 13, issue 24, pp. 13539. DOI: 10.3390/su132413539.

19. Andersen T. J., Young P. C. Strategic Risk Leadership: Engaging a World of Risk, Uncertainty, and the Unknown. Routledge: Abingdon, 2020. 164 p.

20. Voorhees J., Woellner R. A., Bell C. L. International Environmental Risk Management: A Systems Approach. Boca Raton: CRC Press, 2022. 262 p.

21. Jones A. Risk, Opportunity, Uncertainty and Other Random Models. Abingdon, Oxon: Routledge, 2019. 316 p.

22. Ispol'zovaniye integral'nogo pokazatelya ekologicheskogo riska dlya obosnovaniya prirodookhrannykh resheniy v usloviyakh neopredelennosti na primere nakopiteley zhidkikh promyshlennykh otkhodov [Using an integral indicator of environmental risk to justify environmental decisions under conditions of uncertainty on the example of liquid industrial waste storage tanks] / A. V. Khokhryakov, P. A. Rybnikov, Ye. M. Tseytlin [et al.]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)*, 2021, vol. 11–1, pp. 71–89.

23. Garvey B., Humzah D., Le Roux S. Uncertainty Deconstructed: A Guidebook for Decision Support Practitioners. Cham: Springer, 2022. 304 p.

24. Maurya S. P., Yadav A. K., Singh R. P. Modeling and Simulation of Environmental Systems: A Computation Approach. Boca Raton: CRC Press, 2022. 356 p.

Смирнова Елена Эдуардовна

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Россия, г. Санкт-Петербург

e-mail: esmirnovae@yandex.ru

Smirnova Elena Eduardovna

Ph. Sci. Tech., Docent

Federal State budgetary educational Institution of higher Education

«Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»,

Russia, Saint Petersburg

e-mail: esmirnovae@yandex.ru

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

УДК 614.841

**ВЕРОЯТНОСТНЫЕ АСПЕКТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ АВАРИИ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

В. В. БУТИН¹, А. В. АНТОНОВ², Р. Г. ШУБКИН¹

¹ Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, Красноярский край, г. Железногорск

² Главное управление МЧС России по Красноярскому краю,
Российская Федерация, г. Красноярск

E-mail: pch.39@mail.ru, sanches12@mail.ru, knd@sibpsa.ru

Пожары и взрывы на предприятиях хранения и переработки растительного сырья сопровождаются значительными разрушениями оборудования, зданий и сооружений. Для проведения оценки пожарного риска и целенаправленной разработки превентивных противопожарных мероприятий необходимы вероятностные характеристики возникновения пожаров и взрывов. Однако необходимая справочная информация для предприятий хранения и переработки растительного сырья в методиках и руководствах отсутствует. Целью статьи является рассмотрение возможности применения расчетного подхода к определению указанных параметров.

Ключевые слова: предприятия хранения и переработки растительного сырья, вероятность пожара, вероятность взрыва, вероятность отказа, теория надежности, сценарии развития аварии.

**PROBABILISTIC ASPECTS OF THE OCCURRENCE AND DEVELOPMENT
OF ACCIDENTS AT THE ENTERPRISES OF STORAGE AND PROCESSING
OF PLANT RAW MATERIALS**

V. V. BUTIN¹, A. V. ANTONOV², R. G. SHUBKIN¹

¹ Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Krasnoyarsk Territory, Zheleznogorsk

² The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Krasnoyarsk Territory,
Russian Federation, Krasnoyarsk

E-mail: pch.39@mail.ru, sanches12@mail.ru, knd@sibpsa.ru

Fires and explosions at plants for the storage and processing of plant raw materials are accompanied by significant destruction of equipment, buildings and structures. Probabilistic characteristics of the occurrence of fires and explosions are necessary for the assessment of fire risk and the purposeful development of preventive fire-fighting measures. However, the necessary background information for the storage and processing of plant raw materials is not available in the methods and manuals. The purpose of the article is to consider the possibility of applying a computational approach to determining these parameters.

Key words: enterprises of storage and processing of plant raw materials, probability of fire, probability of explosion, probability of failure, reliability theory, scenarios of accident development.

Введение

Анализ статистических данных о пожарах и взрывах на предприятиях хранения и переработки растительного сырья свидетель-

ствует о том, что наибольшее их количество имеет место на складах (45 %), элеваторах (33 %), мукомольных производствах (22 %) ¹.

Пожары и взрывы на производствах хранения и переработки растительного сырья сопровождаются значительными разрушениями оборудования, зданий и сооружений. Наиболее разрушительные последствия имеют место на элеваторах (45 %), мукомольных (35 %) и комбикормовых заводах (20 %). Основными причинами пожаров и взрывов на данных объектах являются нарушения правил эксплуатации или неисправность оборудования (34 %); самовозгорание сырья и продуктов его переработки (22 %); проведение огневых работ; нарушение правил эксплуатации зерносушильных установок (12 %); нарушение правил пожарной безопасности (6 %) [1]. Основными источниками зажигания являются искрообразование, нагрев узлов оборудования, разряды статического электричества, короткие замыкания, сход приводных ремней и транспортерных лент, сварочные работы и т.д.

Для проведения оценки пожарного риска на предприятиях хранения и переработки растительного сырья и целенаправленной разработки превентивных противопожарных мероприятий необходимо, в качестве исходных данных, использовать вероятностные характеристики возникновения пожаров и взрывов. Однако имеющейся справочной информации о данных характеристиках в настоящее время недостаточно, так в официальных методиках определения расчетных величин пожарного риска [2, 3] и в пособиях ВНИИПО МЧС России по их применению [4, 5] – необходимые данные отсутствуют. В связи с этим, в настоящей работе, предлагается рассмотреть расчетный подход к определению вероятности возникновения и развития пожаров и взрывов на предприятиях хранения и переработки растительного сырья.

Методы исследования

Согласно теории надежности отказ технического устройства, возможно рассматривать как случайное событие. При этом вероятность возникновения отказа можно рассчитать, используя экспоненциальный закон распределения вероятностей. В качестве исходных данных предлагается использовать информацию, содержащуюся в документации на соответствующее техническое устройство, прежде всего такой показатель, как средняя наработка на отказ T_0 .

Математическое выражение для определения вероятности отказа i -го технического устройства, согласно указанному экспоненциальному закону распределения вероятностей, имеет вид:

$$Q_i = 1 - \exp(-T/T_0), \quad (1)$$

где T – расчетный период времени, для которого определяется вероятность отказа технического устройства, ч;

T_0 – средняя наработка на отказ рассматриваемого технического устройства, ч.

Среднюю наработку на отказ T_0 возможно рассчитать, зная интенсивность отказов:

$$T_0 = 1/\lambda, \quad (2)$$

где λ – интенсивность отказов технического устройства, ч⁻¹.

Пылящие технологические процессы, протекающие в объеме производственных помещений, осуществляются, как правило, в защитных коробах. Поэтому, чтобы при аварии технологического оборудования произошел выброс пыли в производственное помещение, необходимо сочетание двух условий: возникновение отказа технического устройства (ТУ) и возникновение отказа защитного короба (ЗК). В этом случае вероятность аварии (А), сопровождающейся выбросом пыли в производственное помещение, будет определяться по закону пересечения вероятностей двух случайных событий:

$$Q(A) = Q(TУ) \cdot Q(ЗК), \quad (3)$$

где $Q(TУ)$ – вероятность отказа технического устройства, $Q(ЗК)$ – вероятность отказа защитного короба.

Для определения возможных сценариев развития аварии может быть использован метод дерева неисправностей². Сценарии развития аварии, согласно данному методу, отображаются в виде последовательности событий (от исходного до конечного). При этом используются условные вероятности реализации тех или иных вариантов развития событий. Вероятности реализации сценариев развития аварии определяются путем перемножения условных вероятностей соответствующих событий.

В качестве условных вероятностей воспламенения горючих сред могут быть использованы справочные данные [2]. Заметим, что указанные справочные данные приведены для газозвоздушных, паровозвоздушных смесей и жидкостных аэрозолей. Однако распространение пламени по пылевозвоздушной смеси происходит по тому же механизму, что и в жидкост-

² ГОСТ Р 27.302-2009 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1249-ст.

ной аэрозоли. Под действием теплового потока, распространяющегося от высокотемпературной зоны, частицы, приближающиеся к этой зоне, успевают испариться (или разложиться до парообразного состояния) еще до момента воспламенения. Фронт пламени в этом случае распространяется по паровоздушной смеси. Реакция между горючим и окислителем протекает в кинетической области, подчиняясь зако-

номерностям тепловой теории [6]. Таким образом, пылевая аэрозоль по механизму горения подобна жидкостной аэрозоли, поскольку в обоих случаях перед воспламенением микрочастицы пыли и микрокапли жидкости переходят в пар. Поэтому справочные данные [2], касающиеся жидкостей, возможно применять к пылевоздушным смесям (табл.).

Таблица. Условные вероятности воспламенения пылевоздушных смесей при выходе из технологического оборудования

Массовый расход вещества, кг/с	Условная вероятность		
	мгновенного воспламенения	последующего воспламенения	взрыва при последующем воспламенении
Малый (<1)	0,005	0,005	0,050
Средний (1–50)	0,015	0,015	0,050
Большой (>50)	0,040	0,042	0,050
Полный разрыв	0,050	0,061	0,100

Результаты и обсуждение

Рассмотрим аварию оборудования на типовом мукомольном предприятии. При рассматриваемой аварии в производственное помещение происходит выброс мучной пыли. В качестве инициирующего аварийного события принята авария нории (устройства для подъёма сыпучих материалов в вертикальном направлении).

Отказ нории может быть связан с выходом из строя мотор-редуктора, тормоза обратного хода, обрывом ленты, неисправности электроаппаратуры, подшипниковых узлов и т.д. Согласно технической документации³ средняя наработка на отказ для нории составляет $T_0 = 8000$ ч. Вероятность отказа механизмов нории в течение года (расчетный период $T = 8760$ часов) по формуле (1) составит:

$$Q(TY) = 1 - \exp(-T/T_0) = 1 - \exp(-8760/8000) = 0,665.$$

Что касается отказа защитного корпуса нории, то он может произойти в результате разрушения механических соединений башмака (основание нории) и шахты (вертикальный короб нории). Интенсивность отказа механических соединений составляет: $\lambda = 0,02 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$ [7]. Средняя наработка на отказ для защитного короба нории по формуле (2) составит:

$$T_0 = 1/\lambda = 1/0,02 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^7 \text{ ч.}$$

Вероятность разрушения защитного короба нории в течение года по формуле (1) будет равна:

$$Q(3K) = 1 - \exp(-T/T_0) = 1 - \exp(-8760/5 \cdot 10^7) = 1,8 \cdot 10^{-4}.$$

Таким образом, вероятность возникновения аварии нории, связанной с выбросом пыли в производственное помещение, в течение года по формуле (3) составит:

$$Q(A) = Q(TY) \cdot Q(3K) = 0,665 \cdot 1,8 \cdot 10^{-4} = 1,2 \cdot 10^{-4}.$$

Рассмотрим, как будет развиваться авария. Для анализа развития аварии было построено дерево событий, представленное на рисунке ниже. При построении использовались данные об условных вероятностях воспламенения пылевоздушной смеси из приведенной таблицы для случая «полного разрыва»: условная вероятность мгновенного воспламенения – 0,05; условная вероятность последующего воспламенения – 0,061; условная вероятность взрыва при последующем воспламенении – 0,1.

Если при аварии воспламенение мучной пыли (от какого-либо источника зажигания) произойдет в момент ее выброса, то взрыва не последует, поскольку в производственном помещении не успеет образоваться пылевоздушное облако. В этом случае в помещении может возникнуть только пожар (сценарий Г1).

³ Нория НЗ // ЗАО ПКФ «Экспресс-Агро». URL: <http://www.expressagro.ru/transportnoe-oborudovanie/norii/noriya-nz> (дата обращения: 05.03.2023).

Если мгновенного воспламенения в момент аварии не произойдет, то через некоторое время (несколько секунд) в помещении может образоваться пылевоздушное облако. Для его образования должен произойти отказ системы аварийной вентиляции, в противном случае выброшенная пыль будет откачана в систему аспирации. Условная вероятность срабатывания системы аварийной вентиляции

может быть принята равной 0,8 [3]. Таким образом, если при аварии происходит выброс пыли в помещение и система аварийной вентиляции отказывает, то образуется пылевоздушное облако. Если происходит последующее воспламенение облака, то будет отмечаться взрыв (сценарий Г2). Если последующего воспламенения не произойдет, то опасность будет отсутствовать (сценарий Г3).

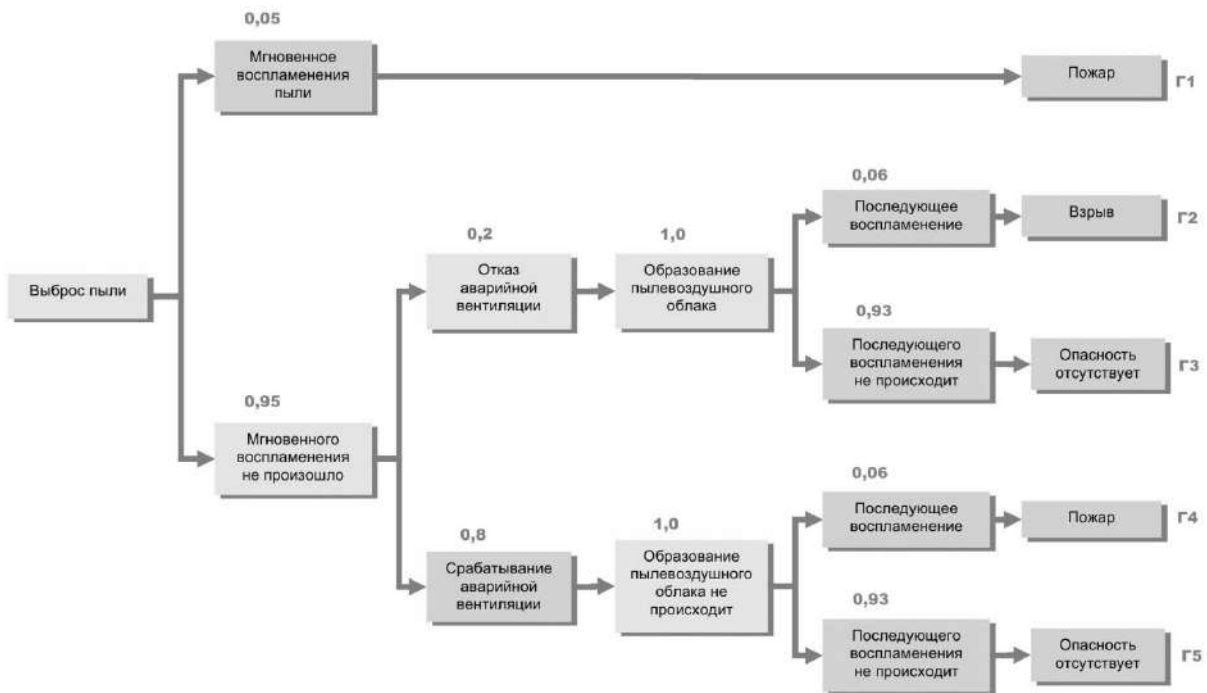


Рисунок. Дерево событий при выбросе мучной пыли в производственное помещение

Если же система аварийной вентиляции при аварии будет исправно выполнять свои функции, то концентрация пыли в помещении будет снижена до безопасных значений, и при последующем воспламенении станет возможным только пожар (сценарий Г4). При отсутствии последующего воспламенения опасность будет отсутствовать (сценарий Г5).

Опасность для персонала, находящегося в производственном помещении, представляют сценарий Г1 (пожар), сценарий Г4 (пожар) и сценарий Г2 (взрыв). Сценарии Г3 и Г5 опасности не представляют. Значения условных вероятностей реализации опасных сценариев развития аварии (А) будут равны:

$$Q(\Gamma1|A) = 0,05;$$

$$Q(\Gamma2|A) = 0,95 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 0,061 = 0,016;$$

$$Q(\Gamma4|A) = 0,95 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,061 = 0,046.$$

Зная условные вероятности реализации опасных сценариев развития аварии $Q(\Gamma1|A)$, $Q(\Gamma2|A)$, $Q(\Gamma4|A)$, возможно определить вероятность наступления того или иного опасного сценария в течение года:

$$Q(\Gamma1) = Q(\Gamma1|A) \cdot Q(A) = 0,05 \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 10^{-6};$$

$$Q(\Gamma2) = Q(\Gamma2|A) \cdot Q(A) = 0,016 \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} = 1,9 \cdot 10^{-6};$$

$$Q(\Gamma4) = Q(\Gamma4|A) \cdot Q(A) = 0,046 \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} = 5,5 \cdot 10^{-6}.$$

Какой из полученных сценариев развития аварии при его реализации окажется более опасным, возможно оценить после проведения дополнительных расчетов по определению времени эвакуации персонала из производственного помещения, времени блокирования эвакуационных путей и выходов опасными факторами пожара (взрыва), а также расчетов по определению условной вероятности поражения человека данными опасными факторами.

Таким образом, в случае отсутствия справочной информации о вероятности возникновения пожаров и взрывов на предприятиях хранения и переработки растительного сырья, возможно использовать расчетные методы теории надежности. Исходные данные для расчетов могут быть получены из технической

документации о надежности применяемого технологического оборудования. С помощью подобных расчетов представляется возможным получить вероятностные характеристики возникновения и развития аварии, которые, в свою очередь, могут быть использованы для оценки величины пожарного риска.

Список литературы

1. Лукин А. Е., Потапова С. О. Анализ опасностей и риска при эксплуатации элеватора // *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*, 2018. № 9. С. 531–535.

2. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (с изменениями на 14.12.2010). Приказ МЧС России от 10.07.2009. № 404 // *Пожарная безопасность*, № 3, 2009, С. 35–36

3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (с изменениями на 2 декабря 2015 года). Приказ МЧС России № 382 от 30.06.2009 // *Российская газета*, № 161, 28.08.2009.

4. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д. М. Гордиенко, Ю. Н. Щебеко, А. Ю. Щебеко [и др.]. М.: ВНИИПО, 2012. 242 с.

5. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» / А. А. Абашкин, А. В. Карпов, Д. В. Ушаков [и др.]. М.: ВНИИПО, 2014. 247 с.

6. Корольченко А. Я. Процессы горения и взрыва. М.: Пожнаука, 2007. 266 с.

7. Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по пожарной и пожарной опасности» / И. М. Смолин [и др.]. М.: ВНИИПО, 2014. 147 с.

14.12.2010). Приказ МЧС России от 10.07.2009. № 404 [On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities (as amended on 12/14/2010). Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 10.07.2009. No. 404] // *Pozharnaya bezopasnost'*, issue 3, 2009, pp. 35–36

3. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyakh, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnykh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti (s izmeneniyami na 2 dekabrya 2015 goda). Prikaz MCHS Rossii № 382 ot 30.06.2009 [On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard (with changes as of December 2, 2015). Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia No. 382 dated 06/30/2009] // *Rossiyskaya gazeta*, issue 161, 28.08.2009.

4. *Posobie po opredeleniyu raschetnykh velichin pozharnogo riska dlya proizvodstvennykh ob"ektov* [A guide to determining the design values of fire risk for production facilities] / D. M. Gordienko, Yu. N. Shchebeko, A. Yu. Shchebeko [et al.]. М.: ВНИИПО, 2012. 242 p.

5. *Posobie po primeneniyu «Metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyakh, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnykh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti»* [Manual for the application of «Methods for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard»] / A. A. Abashkin, A. V. Karpov, D. V. Ushakov [et al.]. М.: ВНИИПО, 2014. 247 p.

6. Korol'chenko A. Ya. *Processy goreniya i vzryva* [Combustion and explosion processes]. М.: Pozhnauka, 2007. 266 p.

7. *Posobie po primeneniyu SP 12.13130.2009 «Opredelenie kategorij pomeshchenij, zdaniy i naruzhnykh ustanovok po pozharnoj i pozharnoj opasnosti»* [Manual for the application of SP 12.13130.2009 «Definition of categories of premises, buildings and outdoor installations for fire and fire hazard»] / I. M. Smolin [et al.]. М.: ВНИИПО, 2014. 147 p.

References

1. Lukin A. E., Potapova S. O. Analiz opasnostej i riska pri ekspluatácii elevatora [Hazard and risk analysis during elevator operation] // *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*, 2018, issue 9, pp. 531–535.

2. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennykh ob"ektah (s izmeneniyami na

Бутин Вадим Валерьевич

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, Красноярский край, г. Железногорск
Магистрант по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность

Butin Vadim Valerievich

Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Krasnoyarsk Territory, Zheleznogorsk
Master's student in the field of training 20.04.01 Technosphere security
E-mail: pch.39@mail.ru

Антонов Александр Викторович

Управление надзорной деятельности и профилактической работы
Главное управление МЧС России по Красноярскому краю,
Российская Федерация, г. Красноярск

Заместитель начальника управления – начальник нормативно-технического отдела, канд. техн. наук

Antonov Alexander Viktorovich

Department of Supervision and Preventive Work
The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Krasnoyarsk Territory,
Russian Federation, Krasnoyarsk
Deputy Head of the Department - Head of the Normative and Technical Department
Candidate of Engineering Sciences
E-mail: sanches12@mail.ru

Шубкин Роман Геннадьевич

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, Красноярский край, г. Железногорск
Начальник кафедры контрольно-надзорной деятельности

Shubkin Roman Gennadievich

Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Krasnoyarsk Territory, Zheleznogorsk
Head of the Department of Control and Supervisory Activities
E-mail: knd@sibpsa.ru

УДК 614.835.3

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

М. О. ГОРЯЧЕВА, Ю. Е. АКТЕРСКИЙ, Д. Ю. МИНКИН

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

E-mail: goryacheva.97@inbox.ru, akterskij.y@igps.ru, minkin@igps.ru

В статье рассмотрены проблемы обеспечения пожарной безопасности на объектах водородной энергетики и нефтегазового комплекса. В настоящее время Российской Федерацией принят ряд документов, позволяющих значительно активизировать и расширить масштабы производства водорода с целью постепенного перехода от использования традиционного топлива в качестве промышленного и транспортного энергоресурса к использованию экологически чистого водородного топлива. Снизить пожарный риск на таких объектах возможно методом раннего обнаружения возгорания и последующим приведением в действие систем автоматической пожарной защиты объекта. Разработка и совершенствование научно-методического аппарата снижения пожарного риска на опасных производственных объектах водородной энергетики и нефтегазового комплекса на основе адаптивной технологии гарантированного предотвращения пожаров позволит минимизировать пожарный риск на таких объектах, что сократит риски материального вреда, а также вреда жизни и здоровью сотрудников и жителей близлежащих населенных пунктов.

Ключевые слова: водород, нефтегазовая отрасль, водородное топливо, водородные заправки, пожарная опасность

PROBLEMS OF ENSURING FIRE SAFETY AT OBJECTS OF HYDROGEN ENERGY AND OIL AND GAS COMPLEX

M. O. GORYACHEVA, Yu. E. AKTERSKIY, D. Yu. MINKIN

St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia
Russian Federation, St. Petersburg

E-mail: goryacheva.97@inbox.ru, akterskij.y@igps.ru, minkin@igps.ru

The article deals with the problems of ensuring fire safety at the facilities of hydrogen energy and oil and gas complex. Currently, the Russian Federation has adopted a number of documents that make it possible to significantly activate and expand the scale of hydrogen production in order to gradually transition from the use of traditional fuel as an industrial and transport energy resource to the use of environmentally friendly hydrogen fuel. It is possible to reduce the fire risk at such facilities by early detection of fire and subsequent activation of automatic fire protection systems of the facility. The development and improvement of the scientific and methodological apparatus for reducing fire risk at hazardous production facilities of hydrogen energy and oil and gas complex on the basis of adaptive technology of guaranteed fire prevention will minimize fire risk at such facilities, which will reduce the risks of material harm, as well as harm to the life and health of employees and residents of nearby settlements.

Key words: hydrogen, oil and gas management, hydrogen fuel, hydrogen filling stations, fire hazard

Введение

Вопрос применения углеводородного топлива в качестве энергоресурса в 21 веке не теряет своей актуальности, но внедрение водорода, в качестве энергоносителя, является перспективным направлением в энергетике в ближайшем будущем. Исходя из вышеизло-

женного, не менее актуальным остается вопрос об обеспечении безопасности и снижении пожарного риска промышленных и транспортных объектов водородной энергетики и нефтегазового комплекса. Проблемы обеспечения их пожарной безопасности имеют много общего и тесно взаимосвязаны между собой. Одной из широко применяемых технологий получения водорода является переработка углеводородного сырья (метана). Однако есть и суще-

ственные отличия, которые при широком производстве и использовании водородного топлива обязательно должны учитываться. С точки зрения обеспечения пожарной безопасности, указанные особенности, с учетом некоторых допущений, позволяют отнести перспективные объекты водородной энергетики к объектам нефтегазовой отрасли.

В Российской Федерации нефтегазовая отрасль на сегодняшний день является основой экономики страны, обеспечивающей жизнедеятельность всех остальных производственных и непроизводственных отраслей. Аварии на предприятиях имеют очень тяжелые последствия, как для экологии страны, так и для экономики в целом. Согласно статистике в 2021 году основными видами аварий на производственных объектах нефтегазовой отрасли были взрывы, пожары, разрушения технологических устройств и аппаратов. Экономический и экологический ущерб от таких аварий колоссальный [1].

В настоящее время принята Энергетическая стратегия на период до 2035 года, которая предполагает реализацию плавного перехода от углеводородного топлива к использованию водорода в качестве энергоносителя.

Применение водородного топлива является особенно актуальным для автомобильного транспорта. Это связано с высокой экологичностью и энергетической эффективностью указанного вида топлива. Использование водородного топлива для автомобилей позволяет практически полностью исключить выбросы в окружающую среду вредных продуктов сгорания.

Цель работы – обоснование необходимости применения новых подходов и поиск методов, обеспечивающих решение проблемы снижения пожарного риска на объектах нефтегазового комплекса.

Материалы и методы исследования

Исследованию безопасной эксплуатации и хранению водорода, а также безопасности на предприятиях нефтегазовой отрасли в целом посвящено немало трудов как отечественных, так и зарубежных ученых. Все это помогает расширить знания и углубить исследования в области безопасного хранения и эксплуатации водорода, а также позволяет усовершенствовать уже имеющиеся подходы к обеспечению комплексной безопасности на объектах нефтегазового комплекса. В работе использован кластерный анализ, а также методы системного анализа и синтеза.

Результаты исследования и их обсуждение

Водород является важнейшей составляющей постепенного перехода от углеводородного сырья к использованию водорода в качестве энергоносителя, так как водород сам по себе – экологически чистое топливо. Производство водорода во всем мире принято разделять по цветам:

- «Зеленый» водород – производится с помощью метода электролиза воды;
- «Желтый» водород – производят с помощью метода электролиза с использованием атомных электростанций;
- «Бирюзовый» водород – производят с помощью метода пиролиза метана (природный газ);
- «Голубой» водород – производят с помощью паровой конверсии метана;
- «Серый» водород – производят с помощью риформинга ископаемых источников энергии. При производстве такого водорода в атмосферу выделяется колоссальное количество CO_2 ;
- «Бурый» водород – производят с помощью газификации и паровой конверсии угля [2-4].

Российская Федерация владеет огромными запасами углеводородов для обеспечения внедрения масштабного использования водородной энергетики.

Согласно задачам Энергетической стратегии до 2035 года, Российская Федерация нацелена на производство и потребление водорода, вхождение государства в число мировых лидеров по производству и экспорту водорода¹. В комплекс мер, способствующих решению поставленных задач, входят:

- законодательная поддержка производства водорода, а также государственная поддержка по созданию инфраструктуры транспортировки водорода и его потребления;
- наращивание масштабов производства водорода из природного газа;
- увеличение спроса на топливные элементы на внутреннем рынке, необходимые для транспорта, работающего на водородном топливе;
- разработка и внедрение нормативно-правовой базы, регламентирующей безопасность водородной энергетики;
- развитие международного сотрудничества в области совместного развития водородной энергетики.

¹ Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р.

Российской Федерацией был утвержден ряд документов. Один из них – План развития водородной энергетики, целью которого является организация первоочередных работ в области высокопроизводительной экспортно-ориентированной водородной энергетики и концепция водородной энергетики, которая определяет цели, задачи и стратегические инициативы по развитию водородной энергетики. В концепции содержатся три основных периода развития водородной энергетики:

- Среднесрочный период до 2024 года;
- Долгосрочный период до 2035 года;
- Ориентиры на перспективу до 2050 года.

В связи с наращиванием темпа внедрения водородной энергетики в повседневную жизнедеятельность, необходима разработка методики снижения взрывопожарной опасности на объектах нефтегазовой отрасли [5-7].

Установлено, что одним из эффективных методов для снижения пожарной опасности на опасных объектах нефтегазового комплекса является метод обнаружения возгорания на раннем этапе его возникновения. В связи с этим необходима разработка и широкое применение новых методов обнаружения факторов, приводящих к возникновению пожаро- и взрывоопасных ситуаций на раннем этапе их появления, что позволит своевременно привести в действие систему пожарной автоматики объекта. Благодаря своевременному реагированию на очаг возгорания, сократятся материальные потери от взрывопожароопасных ситуаций, и сведутся к минимуму риски причинения вреда здоровью и жизни сотрудников таких предприятий, а также жителей близлежащих населенных пунктов.

Разработка структуры и принципов функционирования адаптивной системы гарантированного предотвращения пожаров на объектах нефтегазового комплекса позволит снизить пожарный риск на таких объектах [8]. Адаптивные системы управления – это системы, способные автоматически приспособиться к изменению свойств объекта управления, а также к внешним условиям, тем самым обеспечивая необходимое качество управле-

ния за счет изменения структуры и параметров устройства.

Данная система должна соответствовать следующим требованиям:

- автономно функционировать вне зависимости от внешних условий (сбой в электрической сети, отключение электричества на объекте защиты и т.д.);
- быть адаптирована к пожарной нагрузке объекта нефтегазовой отрасли;
- обладать интеллектуальными возможностями, а также способностью поддержки принятия решения ответственным лицом.

Учитывая перечисленные требования, в структуру адаптивной системы раннего обнаружения возгораний на объектах нефтегазового комплекса должны входить следующие компоненты и подсистемы:

- центральная подсистема управления (ЦПУ), которая должна обеспечивать мониторинг, оповещение и эвакуацию персонала, работающего на объекте;
- рабочие места (РМ) для дежурных диспетчеров, обеспечивающих поддержку принятия решений;
- коммуникационное оборудование, необходимое для передачи информационных и управляющих сигналов;
- подсистема, адаптивная к пожарной нагрузке объекта нефтегазового комплекса и масштабируемая в зависимости от расширения данного объекта;
- интеллектуальная подсистема, обеспечивающая оповещение и управление эвакуацией людей при пожаре.

Предлагается схема данной системы, представленная на рисунке.

Предполагаемая адаптивная система раннего обнаружения возгораний на объектах нефтегазового комплекса позволит вести непрерывный мониторинг на всей территории объекта защиты и сможет отслеживать такие параметры как:

- максимально допустимую температуру;
- скорость нарастания температуры;
- появление дыма в небольшой концентрации в помещении защищаемого объекта.



Рисунок. Структурная схема адаптивной системы раннего обнаружения возгораний на объектах нефтегазового комплекса

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что снижение пожарного риска до безопасного значения на опасных объектах водородной энергетики и нефтегазового комплекса дости-

гается на основе предложенной адаптивной системы раннего обнаружения возгораний на объектах нефтегазового комплекса, которая включает в себя представленные на рисунке компоненты и подсистемы.

Список литературы

1. Актерский Ю. Е., Горячева М. О. Анализ направлений комплексного использования углеводородных и водородных энергетических ресурсов на территории Российской Федерации // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб: Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2022. С. 211–213.

2. Rigas F., Sklavounos S. Evaluation of hazards associated with hydrogen storage facilities // International Journal of Hydrogen Energy 30 (2005) Eng. pp. 1501–1510.

3. Saloua B., Mounira R. and M M 2019 Fire and Explosion Risks in Petrochemical Plant: Assessment, Modeling and Consequences Analysis J. Fail. Anal. Prev. 19.

4. Ouffroukh L. A., Chaib R., Ion V. and Khochmane L 2018 Analysis of risk and the strengthening of the safety technical barriers: Application of Skikda (Algeria) oil refining complex World J. Eng. 99-109.

5. Кулагин В. А., Грушевенко Д. А. Сможет ли водород стать топливом будущего? // Теплоэнергетика. 2020. № 4. С. 1–14.

6. Тимофеев Д. И. Водородный переход в локальной энергетике: зарубежный опыт и российские перспективы // Энергетическая политика. 2019. № 4 (142). С. 86–95.

7. Актерский Ю. Е., Смирнов А. С. Повышение эффективности снижения рисков чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 1. С. 1–10.

8. Актерский Ю. Е., Шидловский Г. Л., Мотыженкова М. Г. Адаптивная система раннего обнаружения возгораний на этапах строительства и ремонта судов класса «Aframax» // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 4 (56). С. 26–31.

References

1. Akterskiy Yu. E., Goryacheva M. O. Analiz napravlenij kompleksnogo ispol'zovaniya

uglevodorodnyh i vodorodnyh energeticheskikh resursov na territorii Rossijskoj Federacii [Analysis of the directions of integrated use of hydrocarbon and hydrogen energy resources in the territory of the Russian Federation] *Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. SPb: Sankt-Peterburgskiy universitet gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS RF 2022. pp. 211–213.

2. Rigas F., Sklavounos S. Evaluation of hazards associated with hydrogen storage facilities // International Journal of Hydrogen Energy 30 (2005). pp. 1501-1510.

3. Saloua B., Mounira R. and M M 2019 Fire and Explosion Risks in Petrochemical Plant: Assessment, Modeling and Consequences Analysis J. Fail. Anal. Prev. 19.

4. Ouffroukh L. A., Chaib R., Ion V. and Khochmane L 2018 Analysis of risk and the strengthening of the safety technical barriers: Application of Skikda (Algeria) oil refining complex World J. Eng. 99-109

5. Kulagin V. A., Grushevenko D. A. Smozhet li vodorod stat' toplivom budushchego? [Could hydrogen be the fuel of the future?]. *Termoenergetika*, 2022, issue 4, pp. 1–14.

6. Timofeev D. I. Vodorodnyj perekhod v lokal'noj energetike: zarubezhnyj opyt i rossijskie perspektivy [Hydrogen transition in local energy: foreign experience and Russian prospects], *Energeticheskaya politika*, 2019, vol. 4 (142), pp. 86–95.

7. Akterskiy Yu. E., Smirnov A. S. Povyshenie effektivnosti snizheniya riskov chrezvychajnyh situacij na opasnyh proizvodstvennyh ob'ektah neftegazovogo kompleksa [Improving the efficiency of reducing the risks of emergency situations at hazardous production facilities of the oil and gas complex]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii»*, 2022, issue 1, pp. 1–10.

8. Akterskiy Yu. E., Shidlovskiy G. L., Motyzenkova M. G. Adaptivnaya sistema ranнего обнаружения возгораний на этапах строительства и ремонта судов класса «Aframax» [Adaptive system for early detection of fires at the stages of construction and repair of ships of the class «Aframax»]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2020, vol. 4 (56), pp. 26–31.

Горячева Мария Олеговна

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

адъюнкт

E-mail: goryacheva.97@inbox.ru

Goryacheva Maria Olegovna

St. Petersburg University of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, St. Petersburg

adjunct

E-mail: goryacheva.97@inbox.ru

Актерский Юрий Евгеньевич

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

доктор военных наук, профессор

E-mail: akterskij.y@igps.ru

Akterskiy Yuriy Yevgen'yevich

St. Petersburg State Fire Service EMERCOM of Russia
Russian Federation, St. Petersburg

doctor of military sciences, professor

E-mail: akterskij.y@igps.ru

Минкин Денис Юрьевич

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

доктор технических наук, профессор

E-mail: minkin@igps.ru

Minkin Denis Yurievich

St. Petersburg State Fire Service EMERCOM of Russia
Russian Federation, St. Petersburg

doctor of technical sciences, professor

E-mail: minkin@igps.ru

УДК 614.842.68

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИДЕНТИФИКАТОРЫ БЫТОВЫХ ПРОПАНОВЫХ БАЛЛОНОВ ДЛЯ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

Н. О. ДЕВЯТКИН¹, А. С. КРИВОРОГОВА^{1,2}, А. Ю. ПОНУКАЛИН¹, В. С. КИРИЛЛОВ¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»
Российская Федерация, г. Екатеринбург,

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Судебно-экспертное учреждение Федеральной Противопожарной Службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Свердловской области»
Российская Федерация, г. Екатеринбург

E-mail: liopiy@yandex.ru, asi85@yandex.ru, alexei.ponukalin@yandex.ru, vladislav3090@mail.ru

В статье проведен анализ пожаров и последствий за 2019–2021 годы на объектах защиты с пропановыми газовыми баллонами. Выделен и описан ряд характерных пожаров и их последствий на территории Российской Федерации (РФ) на объектах хранения и эксплуатации сжиженных углеводородных газов. Описан способ хранения пропана в баллонах, а также исследована пожарная опасность при эксплуатации баллонов со сжиженным газом. Проведен анализ требований нормативных документов о хранении газовых баллонов на объектах защиты, нанесения на них идентификаторов, а также боевых действий пожарной охраны в условиях возможного взрыва при тушении пожаров и ликвидации их последствий. Рассмотрен вопрос работы звеньев газодымозащитной службы (ГДЗС) в условиях снижения видимости в дыму. Предложено три варианта нанесения идентификаторов на бытовые газовые баллоны для обнаружения их в условиях пожара звеньями ГДЗС. Поставлен и описан эксперимент по обнаружению звеньями макета бытового пропанового баллона с тремя вариантами нанесения идентификаторов в условиях приближенных к пожару.

Ключевые слова: газодымозащитная служба, пропановый баллон, взрыв, идентификатор, светоотражающая лента, дымовой пожарный извещатель.

ADDITIONAL IDENTIFIERS OF HOUSEHOLD PROPANE CYLINDERS FOR THEIR DETECTION IN FIRE CONDITIONS.

N. O. DEVIATKIN¹, A. S. KRIVOROGOVA^{1,2}, A. Y. PONUKALIN¹, V. S. KIRILLOV¹

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Yekaterinburg

² Federal State Budgetary Institution «Forensic Expert Institution of the Federal Fire Service «Testing Fire Laboratory» in the Sverdlovsk region»
Russian Federation, Yekaterinburg

E-mail: liopiy@yandex.ru, asi85@yandex.ru, alexei.ponukalin@yandex.ru, vladislav3090@mail.ru

The article analyzes fires and consequences for 2019–2021 at protection facilities with propane gas cylinders. A number of characteristic fires and their consequences on the territory of the Russian Federation (RF) at the facilities of storage and operation of liquefied petroleum gases are identified and described. The method of storing propane in cylinders is described, as well as the fire hazard during the operation of cylinders with liquefied gas is investigated. The analysis of the requirements of regulatory documents on the storage of gas cylinders at protection facilities, the application of identifiers on them, as well as the combat actions of fire protection in conditions of a possible explosion when extinguishing fires and eliminating their consequences. The issue of the operation of the gas and smoke protection service (GDZS) links in conditions of reduced visibility in smoke is considered. Three variants of applying identifiers to household gas cylinders for detecting them in fire conditions by GDZS links are proposed. An experiment was set up and de-

scribed to detect the layout of a household propane cylinder with three variants of applying identifiers in conditions close to a fire.

Keywords: gas and smoke protection service, propane cylinder, explosion, identifier, reflective tape, smoke detector.

Число чрезвычайных происшествий (далее – ЧП), связанных со взрывами сжиженных углеводородных газов (СУГ) в РФ ежегодно увеличивается. В 2021 году было зафиксировано 374 взрыва, что на 4 % больше по сравнению с предыдущим годом (2020 год – 361). В 2020 году в результате взрывов пострадало 1502 и погибло 123 человека, а в 2021 – пострадало 1799 (увеличение на 17 %) и погибло 143 человека (увеличение на 14 %). За прошедшие 9 месяцев 2022 года зарегистрировано 37 взрывов, в результате которых пострадало 49 и погибло 6 человек¹. В данную статистику вошли все ЧП, связанные со взрывами газа, произошедшие как на предприятиях различной отрасли, так и в жилом секторе, однако, стоит отметить, что более 85 % ЧП приходится именно на жилищный фонд. Одно из крупных ЧП произошло 19 ноября 2022 года в поселке городского типа Тымовское Тымовского района Сахалинской области, где в результате взрыва бытового газа произошло частичное обрушение перекрытия одного из подъездов пятиэтажного многоквартирного жилого дома и погибли 9 человек. Также, в ходе разбора завалов, под обломками были найдены 7 пострадавших. Предварительная причина взрыва – нарушение правил эксплуатации бытовых газовых устройств (баллонов)².

При нарушении правил эксплуатации газовых баллонов возникает угроза жизни и здоровью не только гражданам, но и участникам тушения пожаров. Данные анализа травматизма и гибели личного состава в системе МЧС России за 2019–2021 гг, предоставленные Департаментом кадровой политики МЧС России вследствие взрывов газовых баллонов во время тушения пожаров представлены в табл. 1.

Таблица 1. Анализ травматизма и гибели личного состава МЧС России

Год	Травмировано, чел.	Погибло, чел.
2019	4	0
2020	5	2
2021	3	0

¹ <https://gas-vector.com/information/helpful-information/>

² <https://www.interfax.ru/russia/873256>

В 2021 году участниками тушения пожаров были получены травмы при следующих обстоятельствах:

– 14 июня 2021 г., во время тушения пожара на автогазозаправочной станции «Еврогаз», при прокладке рабочей линии, произошел взрыв автомобильного прицепа (цистерны), наполненного газом. В результате взрыва получили ожоги различной степени тяжести двое сотрудников Главного управления МЧС России по Новосибирской области;

– 16 июня 2021 г., во время тушения пожара дачного домика в СНТ «Прибор-2000» произошел взрыв газового баллона. В результате взрыва получил ожог лицевой части один из сотрудников Главного управления МЧС России по Саратовской области³.

Можно предположить, что травмирование и гибель личного состава на пожаре в результате взрыва происходит в связи с отсутствием своевременной и точной информации о местоположении газовых баллонов у руководителя тушения пожара, владея которой возможно предотвратить взрыв или снизить его опасные последствия для участников тушения пожара [1].

Бытовые газовые баллоны представляют собой металлический резервуар, заполняемый сжиженным газом с рабочим давлением 16 атм. (1,6 МПа). Для различных объемов газовых баллонов заводами изготовителями установлены диапазоны давлений разрушения:

– для баллонов вместимостью 5 л давление разрушения составляет 12–16 МПа (120–160 атм.);

– для баллонов вместимостью 27 л давление разрушения составляет 7,5–13 МПа (75–130 атм.);

– для баллонов вместимостью 50 л давление разрушения составляет 7,5–12 МПа (75–120 атм.).

На промышленных предприятиях используются баллоны вместимостью 40 литров, которые рассчитаны на давление в 1,5 раза превышающее рабочее давление газа. Однако при попадании баллонов с газом в очаг пожара, или в условия повышенных температур, указанный диапазон давлений может умень-

³ <https://www.vzsar.ru/news/2021/06/17/na-dache-pod-saratovom-pri-vzryve-gazovogo-ballona-postradal-pojarnyy.html>

шаться. При нахождении заполненного газового баллона в очаге пожара, герметичный резервуар ведет себя в соответствии с уравнением Менделеева-Клапейрона.

При воздействии открытого огня на газовый баллон с горючим газом происходит нагрев стенок корпуса сосуда. Сжиженный газ нагревается и расширяется, из-за чего давление внутри емкости растет. Стенки баллона, ослабленные нагревом, не выдерживают термического воздействия, и корпус разрушается с мгновенным воспламенением горючего газа.

Ударная взрывная волна, осколочные потоки в виде полей, образующиеся из разорванных осколков баллона, повышенное тепловое воздействие, вероятность возникновения огненного шара, отравление газами, высокая температура струйного факела, возникающего из-за утечки вещества – являются основными поражающими факторами при взрыве газового баллона. Также, вероятно возникновение новых очагов пожаров и взрывов, которые могут сопровождаться пироженным выбросом газов (пламени). Детонация газового баллона, находящегося в зоне пожара вызывает волну сжатия, которая приводит к разрушениям строительных конструкций, обвалам зданий, затруднению поиска людей. Так же последствия детонации могут привести к разрушению рукавных линий, уже проложенных спасателями, повреждению водопроводов, загоранию проездов спасательных подразделений к месту пожара и пр.

Сотрудниками ВНИИПО были проведены испытания газового баллона в условиях нахождения его в очаге пожара. Для этого они использовали 50-литровый газовый баллон на открытой площадке, для качественной и количественной оценки поведения баллона в условиях высокотемпературного воздействия. В результате нагрева, происходит снижение прочности стенок баллона. При достижении давления 5,3–8,5 МПа, происходит разгерметизация баллона. Последующий после разгерметизации взрыв происходит спустя 210 секунд от начала теплового воздействия. Максимальный подлет осколков по вертикали достигает 30 м, максимальный радиус разлета осколков составляет 250 м. При определенных условиях, высока вероятность возникновения огненного шара, достигающего в диаметре 10 м [2].

Исходя из приведенной выше статистики по пожарам с газовыми баллонами пропана и, несмотря на обязательные требования

п. 57⁴, баллоны на объектах защиты хранятся, как правило, по месту непосредственной их эксплуатации, что является нарушением. Тем самым повышается риск пожароопасных ситуации, влекущих за собой не только угрозу для жизни и здоровья находящихся на объекте защиты людей, но и участникам тушения и ликвидации возможного пожара.

При проведении боевых действий по тушению пожаров на месте пожара руководителем тушения пожара определяется направление, на котором использование сил и средств подразделений пожарной охраны, участвующих в проведении боевых действий по тушению пожаров, в данный момент времени обеспечивает наиболее эффективные условия для выполнения основной боевой задачи.

Данное понятие носит название «решающее направление» Оно всегда одно, но может меняться в зависимости от складывающейся обстановки на пожаре.

Вторым по значимости принципом определения решающего направления является угроза взрыва, в случае возникновения которой силы и средства подразделений пожарной охраны сосредоточиваются и вводятся на направлениях, обеспечивающих предотвращение взрыва⁵. От того, как быстро звено ГДЗС обнаружит вероятный источник возникновения взрыва (например, баллоны с газом), зависит успешное выполнение боевой задачи, сохранность жизни, здоровья людей и имущества, а также создание безопасных условий для локализации и тушения пожара.

Основным препятствием при поиске газовых баллонов для звеньев ГДЗС в условиях пожара является опасный фактор – снижение видимости в дыму.

Дым во время пожара представляет собой высокодисперсный аэрозоль с мельчайшими частичками твердых тел или капель жидкости, которые находятся во взвешенном состоянии в газовой среде (обычно в воздухе).

Снижение видимости в дыму происходит за счет рассеяния и поглощения энергии падающей световой волны по мере прохождения ее через вещество. [3,4].

⁴ Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации»

⁵ Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» (с изменениями и дополнениями)

В настоящее время в соответствии с табл. 1⁶ идентификаторами газового баллона с пропаном является окраска корпуса в красный цвет с нанесением надписи «ПРОПАН» белого цвета.

Целью настоящего исследования является выявление наиболее эффективного способа применения дополнительных идентификаторов газовых баллонов для обнаружения в условиях пожара.

Основные задачи заключались в проведении экспериментального исследования и описании полученных результатов по обнаружению макета газового баллона в условиях имитируемого снижения видимости в дыму при различном способе нанесения дополнительных идентификаторов на корпус баллона.

В связи с изложенными положениями нормативных документов, в целях быстрого предотвращения угрозы взрыва на месте пожара, предлагается в качестве идентификатора применить обмотку корпуса баллона светоотражающей лентой шириной 3-5 см в четырех местах на удалении 20-25 см друг от друга для визуального обнаружения в условиях снижения видимости в дыму (рис. 1). В качестве звукового идентификатора предлагается использовать извещатель пожарный дымовой оптико-электронный автономный ИП 212-142 (ДИП), предназначенный для обнаружения загораний, сопровождающихся появлением дыма малой концентрации в закрытых помещениях различных зданий и сооружений, путем регистрации отраженного от частиц дыма оптического излучения и выдачи тревожных извещений в виде громких звуковых сигналов. ДИП предлагается закрепить в верхней части корпуса баллона (рис. 2). Также предлагается комбинированный способ использования идентификаторов (рис. 3).

Сотрудниками института был проведен эксперимент для определения эффективности применения данных идентификаторов на пропановых баллонах для обнаружения их в условиях, приближенных к реальному пожару звеньями газодымозащитной службы.



Рис. 1. Макет газового баллона с визуальным идентификатором (светоотражающая лента)



Рис. 2. Макет газового баллона со звуковым идентификатором (ДИП)



Рис. 3. Макет газового баллона с комбинированным способом использования идентификаторов (ДИП и светоотражающая лента)

⁶ ГОСТ 26460-85 «Продукты разделения воздуха. Газы. Криопродукты. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение. Air separation products. Gases. Cryogenics. Packing, marking, transportation and storage»

Для проведения эксперимента из числа курсантов института 4-го года обучения (опыт практических тренировок с дыхательными аппаратами на сжатом воздухе (ДАСВ) около 2 лет) сформированы 3 звена ГДЗС по 3 человека в каждом, с положенным минимумом экипировки в соответствии с п. 29⁷ и выставлением поста безопасности. В качестве макета пропанового баллона использовался пустой газовый баллон темно-красного цвета, объемом 50 л, диаметром 299 мм, высотой 980 мм, толщиной стенок ~ 3 мм, массой ~ 22 кг. Каждому звену была поставлена условная задача по поиску макета газового баллона в фрагменте двухэтажного здания на одном из этажей несложной планировки (рис. 4), точное расположение не указывалось. Выполнение условной задачи производилось каждым звеном по

отдельности. Местоположение баллона изменялось каждый раз с заходом в условную зону непригодной для дыхания среды (НДС) нового звена с удалением от входа в здание внутрь помещения на расстояние примерно 15–20 метров. Для имитации условий, приближенных к реальности, было создано плотное искусственное задымление при помощи генератора дыма Involight FM1500 (время работы ~5 мин перед каждым заходом нового звена ГДЗС). Климатические условия проведения эксперимента, зафиксированные термогигрометром в составе прибора «Константа-К6ц» и барометром-анероидом М-67: температура окружающей среды – 1°С, атмосферное давление – 97,2 кПа, влажность воздуха – 97 %.



Рис. 4. Планировки этажей фрагмента здания учебно-тренировочной площадки

⁷ Приказ МЧС РФ от 9 января 2013 г. № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде»

Каждое звено осуществляло поиск газового баллона при четырех различных условиях:

1. Макет баллона находится в здании без каких-либо идентификаторов (далее – Условие № 1).

2. Макет баллона находится в здании и на него нанесена светоотражающая лента (далее – Условие № 2).

3. Макет баллона находится в здании и на него прикреплен ДИП (далее – Условие № 3).

4. Макет баллона находится в здании и на него нанесена светоотражающая лента и прикреплен ДИП (далее – Условие № 4).

При помощи секундомера СОСпр-2Б-2 фиксировалось время от захода звена в условную зону с НДС до подачи сигнала постовому на посту безопасности о нахождении газового баллона командиром звена ГДЗС по средствам радиосвязи (рис. 5).

Результаты эксперимента приведены в табл. 2.



Рис. 5. Выполнение условной задачи участниками эксперимента

Таблица 2. Результаты эксперимента

	Временные показатели Условие № 1, с	Временные показатели Условие № 2, с	Временные показатели Условие № 3, с	Временные показатели Условие № 4, с
Звено ГДЗС № 1	113	42	48	26
Звено ГДЗС № 2	128	51	54	31
Звено ГДЗС № 3	121	46	50	30
Среднее время выполнения условной задачи звеном ГДЗС	121	46	51	29

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о существенном увеличении скорости обнаружения макета газового баллона при нанесенных идентификаторах, относительно варианта без нанесения, при одинаковых условиях проведения эксперимента (условие № 2 ~ в 3 раза быстрее, условие № 3 ~ в 2,5 раза, условие № 4 ~ в 4 раза).

При опросе участников эксперимента установлено, что наиболее быстрому обнаружению макета в условиях снижения видимости в дыму способствует визуальное восприятие контура баллона, получаемое при отражении луча света пожарного фонаря от ленты, нанесенной на поверхность макета (рис. 6).



Рис. 6. Идентификация баллона в условиях снижения видимости в дыму

Звуковое восприятие индикации местонахождения макета, создаваемое при помощи ДИП, несколько проблематично, так как создаваемый уровень шума извещателем (от 85 до 120 дБ на расстоянии 1 м) в соответствии с ⁸ сильно ослабляется из-за прохождения звука через межкомнатные двери, перекрытия, штабели пожарного мусора, под которыми может находиться макет, экипировку пожарного, а также наложения на окружающие звуки, возникающие при работе звена ГДЗС в создавшихся условиях.

Выводы

1) Проведенное исследование позволяет утверждать, что при четырех различных специально созданных ситуациях свою эффективность показал комбинированный способ

Список литературы

1. Гринченко Б. Б., Чистяков И. М., Захаров Д. Ю. Тренажер для отработки действий газодымозащитников в условиях возможного взрыва газовых баллонов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-й годовщине образования гражданской обороны. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 341

2. Тактика действий подразделений пожарной охраны в условиях возможного взрыва газовых баллонов в очаге пожара: Рекомендации / М. М. Верзилин, Л. И. Савельев, Ю. И. Шебеко [и др.]. М.: ВНИИПО, 2001. 29 с.

3. Серебренников Д. С., Литвинцев К. Ю. Обзор моделей распространения дыма и определения дальности видимости // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ips.mos.ru/ttb>). № 1 (35) – февраль 2011.

4. Влияние снижения видимости на пожаре на работу звеньев ГДЗС / И. М. Чистяков, В. В. Кичайкин, И. А. Краснов [и др.] // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 1. № 1 (7). С. 346–347.

References:

1. Grinchenko B. B., Chistyakov I. M., Zakharov D. Yu. Trenazher dlya otrabotki deystviy gazody-mozashchitnikov v usloviyakh vozmozh-

нанесения дополнительных идентификаторов на корпус газового баллона. Необходимо акцентировать внимание на том, что использование ДИП в качестве маркера показало свою неэффективность.

2) Применение светоотражающих элементов при окраске пропановых бытовых баллонов позволит существенно повысить скорость их обнаружения в условиях реального пожара, тем самым предотвратить угрозу возможного взрыва и причинения ущерба здоровью людей и личного состава, задействованного при тушении и ликвидации последствий пожаров. Полученные в ходе экспериментального исследования результаты могут быть учтены при разработке новых нормативных документов в области пожарной безопасности.

nogo vzryva gazovykh ballonov // [Simulator for testing the actions of gas and smoke protectors in conditions of a possible explosion of gas cylinders] // *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-y godovshchine obrazovaniya grazhdanskoy oborony*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2022. P. 341

2. *Taktika deystvij podrazdelenij pozharnoy ohrany v usloviyakh vozmozhnogo vzryva gazovykh ballonov v ochage pozhara: Rekomendacii* [Tactics of actions of fire departments in the conditions of a possible explosion of gas cylinders in the fire: Recommendations]. M. M. Verzhilin, L. I. Savel'ev, Yu. I. Shebeko [et al.]. M.: VNIIPPO, 2001. 29 p.

3. Serebrennikov D. S., Litvincev K. Yu. Obzor modelej rasprostraneniya dyma i opredele-niya dal'nosti vidimosti [Overview of Smoke Propagation and Visibility Models]. *Internet-zhurnal «Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti»* (<http://ips.mos.ru/ttb>) vol. 1 (35) – fevral' 2011.

4. Vliyanie snizheniya vidimosti na pozhare na rabotu zven'ev GDZS [The effect of reduced visibility in the heat on the operation of the GDZS links]. I. M. Chistyakov, V. V. Kichajkin, I. A. Krasnov [et al.]. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*, 2016, vol. 1. issue 1 (7), pp. 346–347.

⁸ Извещатель пожарный дымовой оптико-электронный автономный ИП 212-142. Паспорт ПАСН.425232.007 ПС. Редакция 7, ООО «КБ Пожарной Автоматики»

Девяткин Никита Олегович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Российская Федерация, г. Екатеринбург

научный сотрудник отделения планирования, организации и координации научных исследований научно-исследовательского отдела

E-mail: liopiy@yandex.ru,

Devyatkin Nikita Olegovich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

Russian Federation, Yekaterinburg

Researcher of the Department of Planning, Organization and Coordination of Scientific Research of the Research Department

E-mail: liopiy@yandex.ru

Криворогова Анастасия Сергеевна

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Судебно-экспертное учреждение Федеральной Противопожарной Службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Свердловской области»

Российская Федерация, г. Екатеринбург

инженер сектора исследовательских и испытательных работ в области пожарной безопасности

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Российская Федерация, г. Екатеринбург

адъюнкт 4 года обучения

E-mail: asi85@yandex.ru,

Krivorogova Anastasia Sergeevna

Federal State Budgetary Institution «Forensic Expert Institution of the Federal Fire Service

«Testing Fire Laboratory» in the Sverdlovsk region»

Russian Federation, Yekaterinburg

engineer of the sector of research and testing works in the field of fire safety

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ural Institute of State Fire Service

of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences

of Natural Disasters»

Russian Federation, Yekaterinburg

associate 4 years of study

E-mail: asi85@yandex.ru,

Понукалин Алексей Юрьевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям

и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Российская Федерация, г. Екатеринбург

старший преподаватель кафедры пожарно-прикладной подготовки учебно-научного комплекса

пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ

E-mail: alexei.ponukalin@yandex.ru

Ponukalin Alexey Yurievich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ural Institute of the State Fire Service

of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences

of Natural Disasters»

Russian Federation

Senior Lecturer of the Department of Fire-Applied Training of the Educational and Scientific complex of Fire

Extinguishing and Emergency Rescue Operations

E-mail: alexei.ponukalin@yandex.ru

Кириллов Владислав Сергеевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Российская Федерация, г. Екатеринбург

преподаватель кафедры пожарно-прикладной подготовки учебно-научного комплекса пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ

E-mail: vladislav3090@mail.ru

Kirillov Vladislav Sergeevich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

Russian Federation, Yekaterinburg

Lecturer of the Department of Fire-applied Training of the Educational and Scientific Complex of Fire Extinguishing and Emergency Rescue Operations

E-mail: vladislav3090@mail.ru

УДК 331.467

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РАССЛЕДОВАНИЯ АВАРИИ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ

И. В. КЛИМОВА¹, Н. В. САЗАНОВА¹, А. Н. МАХНЁВА²

¹ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,

² ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
Российская Федерация, г. Тюмень

E-mail: bgd4@mail.ru, natalioosazanova@yandex.ru, mahnjovaan@tyuiu.ru

В статье, с помощью различных методов анализа причин происшествий, используемых в международной практике (временная шкала, «дерево причин», «рыбья кость Исикавы», «анализ причинно-следственных связей»), проведено расследование причин аварии, произошедшей на нефтебазе. Также осуществлена оценка состояния промышленной безопасности нефтебазы в соответствии с законодательством Российской Федерации в области промышленной безопасности по разработанной методике. На основе проведенного анализа причин аварии подобраны корректирующие мероприятия, позволяющие не допустить подобных происшествий при эксплуатации опасного производственного объекта в будущем.

Ключевые слова: опасный производственный объект, промышленная безопасность, техническое расследование причин аварии, методы анализа причин происшествий.

THE EXPERIENCE OF ACCIDENT INVESTIGATION ON HAZARDOUS PRODUCTION FACILITY OF OIL PRODUCTS SUPPLY

I. V. KLIMOVA¹, N. V. SAZANOVA¹, A. N. MAKHNEVA²

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
Russian Federation, St. Petersburg

² Industrial University of Tyumen
Russian Federation, Tyumen

E-mail: bgd4@mail.ru, natalioosazanova@yandex.ru, mahnjovaan@tyuiu.ru

In the article the accident investigation that occurred at oil base has been carried out by various methods of analysis of accidents causes used in international practice (timeline, «tree of causes», «fish bone», «cause-and-effect analysis»). The assessment of state of industrial safety of oil base in accordance with legislation of Russian Federation in industrial safety was made by proposed methodology. Based on this analysis of accidents causes, the corrective actions, allowing to prevent similar accidents during operation of hazardous production facility in future, have been proposed.

Key words: hazardous production facility, industrial safety, accident investigation, methods of analysis of accidents.

Введение

Каждая авария или инцидент подлежат обязательному техническому расследованию их причин, данная процедура регламентируется Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объ-

ектов»¹. Порядок проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения, утвержденный приказом Ростехнадзора от 8 декабря 2020 года

¹ О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2022. 52 с.

№ 503², описывает порядок проведения расследования, а также указывает на необходимость выявления технических, организационных и иных причин аварий и инцидентов на опасных производственных объектах (ОПО). Однако, используемый в международной практике превентивный метод [1], предполагающий выявление не только перечисленных выше причин, но и определения также системных причин^{3,4,5} [2], позволяет обратить внимание на недостатки в системе управления промышленной безопасностью (СУПБ) организации, применить мероприятия по ее совершенствованию, а в дальнейшем, исключить случаи аварий и инцидентов.

Опасные производственные объекты нефтегазовой промышленности являются «лидерами» по частоте возникновения аварий и инцидентов. Поскольку данный сектор значим для экономики РФ в целом, то авторы статьи рекомендуют обратить на него особое внимание и подходить более качественно как к расследованию аварий и инцидентов, так и анализу причин их возникновения.

Проблема, затронутая в данной статье, указывает, что на данный момент в законодательстве РФ нет четкой методологии расследования причин аварий и инцидентов. В свою очередь, несмотря на то, что в последние годы наблюдается тенденция к снижению количества аварий и инцидентов на ОПО нефтегазового комплекса (о чем свидетельствуют, в том числе, вырезки из «Молний», представленных на сайте Ростехнадзора во вкладке «Уроки, извлеченные из аварий»⁶), вопросам обеспечения промышленной безопасности на указанных ОПО уделяется повышенное внимание, в том числе и на государственном уровне.

² Об утверждении Порядка проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения: приказ Ростехнадзора от 08.12.2020 № 503. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191697>.

³ IEC 62740:2015. Root cause analysis (RCA). URL: https://www.researchgate.net/publication/350471133_Standard_RCA_IEC_627402015_RCA_Root_cause_analysis.

⁴ IEC TR 63039:2016. Probabilistic risk analysis of technological systems – Estimation of final event rate at a given initial state. URL: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/23202/59bfa4f3f538419e96fa5735eda8f5f7/IEC-TR-63039-2016.pdf>.

⁵ IEC 62502:2010. Analysis techniques for dependability – Event tree analysis. URL: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec62502%7Bed1.0%7Ddb.pdf.

⁶ Надзор за объектами нефтегазового комплекса. Уроки, извлеченные из аварий // Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/>.

Цель данной работы: с помощью различных методов анализа причин⁷ провести расследование причин аварии, произошедшей на одном из ОПО нефтегазовой промышленности.

Задачи:

- осуществить сбор материалов по расследованию причин аварии на ОПО;
- построить временную шкалу аварии;
- отразить причины аварии в «дереве причин»;
- провести анализ причин с помощью метода «рыбья кость Исикавы»;
- выполнить полный анализ причин, выявляя непосредственные, базовые и системные причины;
- осуществить оценку соответствия ОПО требованиям промышленной безопасности по разработанной методике [3];
- на основе анализа причин аварии подобрать корректирующие мероприятия для данной компании.

Основная часть

Приведем случай аварии на ОПО с наименованием «Площадка нефтебазы по хранению и перевалке нефти и нефтепродуктов» (далее – нефтебаза).

1. Общее описание объекта

Организация, эксплуатирующая нефтебазу, является предприятием по приему, хранению и отгрузке нефтепродуктов, основным видом деятельности которой выступает производство нефтепродуктов (мазут и битум). Данный ОПО относится к 3 классу опасности, согласно приложению 2¹.

2. Место аварии

Исходя из материалов расследования, местом аварии является подземная приемная емкость РГС-250 (объем – 250 м³), установленная на площадке нефтебазы. Емкость предназначена для приема нефтепродуктов в резервуары из железнодорожных цистерн.

3. Описание происшествия

11.12.2021 в 20 часов 00 минут на смену заступила бригада №1 в составе: оператор товарный (5 разряд) К. и сливщики-разливщики (3 разряд) А. и Б. Заместитель директора Ш. провел инструктаж и выдал задание на рабочую смену: план работы заключался в сливе нефтепродукта из двух железнодорожных цистерн через нижнее устройство слива в подземную приемную емкость, его подогреве и перекачки в РВС-1.

11.12.2021 в 20.10 К. и А. приступили к работам по сливу нефтепродуктов из первой

⁷ IEC 31010:2019 «Risk management – Risk assessment techniques». URL: <https://www.iso.org/standard/72140.html>.

железнодорожной цистерны через нижний сливной прибор железнодорожных цистерн. Нефтепродукт самотеком поступал в подземную приёмную ёмкость РГС-250 через сливной лоток, облицованный металлом. После слива половины железнодорожной цистерны (30 м³) К. открыл краны регистров для обогрева сливаемого нефтепродукта. Для подогрева нефтепродукта по дну приёмной ёмкости проложен змеевик, который представляет собой внутренний трубопровод с теплоносителем (термальное масло). Слив проходил в штатном режиме. Подогрев продукта в подземной приёмной ёмкости РГС-250 осуществлялся в течение 2,5–3 часов. К. открыл задвижки на РВС-1 и приступил к запуску полупогружного насоса № 2. Насос № 2 запустился, пошла перекачка нефтепродукта в РВС-1. После того, как упало давление на полупогружном насосе № 2, запустили полупогружной насос № 1. Примерно через 10 минут после начала работы полупогружного насоса № 1 сливщик-разливщик А. почувствовал запах оплавленной электропроводки, о чем немедленно сообщил товарному оператору К. и побежал закрывать задвижку на входе в РВС-1, одновременно с этим, К. побежал отключать насос. Сделав пару шагов в сторону РВС, А. услышал взрыв и увидел открытое горение на насосе № 1.

По материалам расследования были установлены следующие причины аварии:

1) Технические причины аварии

Пары легковоспламеняющихся фракций остаточного продукта гидрокрекинга гудрона (ОПГГ) воспламенились в результате короткого замыкания в обмотке статора электродвигателя насоса вследствие применения не предусмотренного проектом общепромышленного электродвигателя 5АИ 225 М4, не имеющего взрывозащиты электрооборудования, с отсутствием устройств внешней защиты электродвигателя, реле защиты от короткого замыкания, внешней защиты от перегрузок двигателя, а также плавких предохранительных выключателей. Конструктивные особенности опорной плиты полупогружных насосов в виде наличия сквозных отверстий между опорными плитами и внутренним пространством приёмной ёмкости способствовали созданию аварийной загазованности на площадке установки электродвигателей полупогружных насосов.

2) Организационные причины

1. Произведена замена опасного вещества, обращающегося на опасном производственном объекте, без разработки мер по максимальному снижению взрывоопасности технологических блоков, в том числе предотвращению взрывов внутри технологического оборудования, а также без учета физико-

химических свойств ОПГГ. На объекте предусмотрены прием, хранение и отгрузка мазута, а фактически осуществлялись прием, хранение и отгрузка ОПГГ.

2. Производственная инструкция по сливу и наливу нефтепродуктов на нефтебазе не содержит разделов: порядок выполнения операции по перекачке нефтепродукта с наименованием ОПГГ; меры обеспечения безопасности при проведении сливо-наливных операций, а именно порядок и продолжительность подогрева сырья в приёмной ёмкости РГС-250; порядок отбора проб из приёмной ёмкости РГС-250; порядок определения и фиксации показаний температуры сырья и уровня нефтепродукта в приёмной ёмкости РГС-250. Кроме этого, в инструкции не регламентирована температура подогрева нефтепродуктов и время нахождения нефтепродуктов в подземной приёмной ёмкости РГС-250 после окончания слива.

4. Неудовлетворительное осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на ОПО за выполнением работниками технологических операций по сливу нефтепродуктов из железнодорожных цистерн в приёмную ёмкость РГС-250.

5. Не организована работа по поддержанию надежного и безопасного уровня эксплуатации и ремонта насосного оборудования электродвигателей 5АИ 225 М4.

3) Прочие причины аварии

Несвоевременное проведение аттестации в области промышленной безопасности руководителей и специалистов эксплуатирующей организации (директор не аттестован по области аттестации А.1, заместитель директора – Б.1.7).

В материалах расследования аварии описаны события развития аварии с указанием времени, но для детального понимания последовательности событий аварии нами была создана временная шкала. Указанная шкала по минутно отражает события – конкретные действия работников в цепочке развития аварийной ситуации и соответствующие этим действиям условия – рабочие условия и условия окружающей среды (рис. 1, 2).

В международной практике зачастую используется метод Исикавы для выявления возможных причин желательного или нежелательного эффекта, события или проблемы.

Возможные факторы, способствующие появлению эффекта, событий, проблем объединяются в укрупненные категории, охватывающие человеческие, технические и организационные причины. На основе материалов рассле-

дования аварии на нефтебазе составлена диаграмма «рыбья кость Исикавы» (рис. 3).

Более сложным методом анализа причинно-следственных связей для выявления нескольких корневых причин происшествия

является «дерево причин». В данной работе указанный метод был также рассмотрен в рамках технического расследования причин аварии (рис. 4).

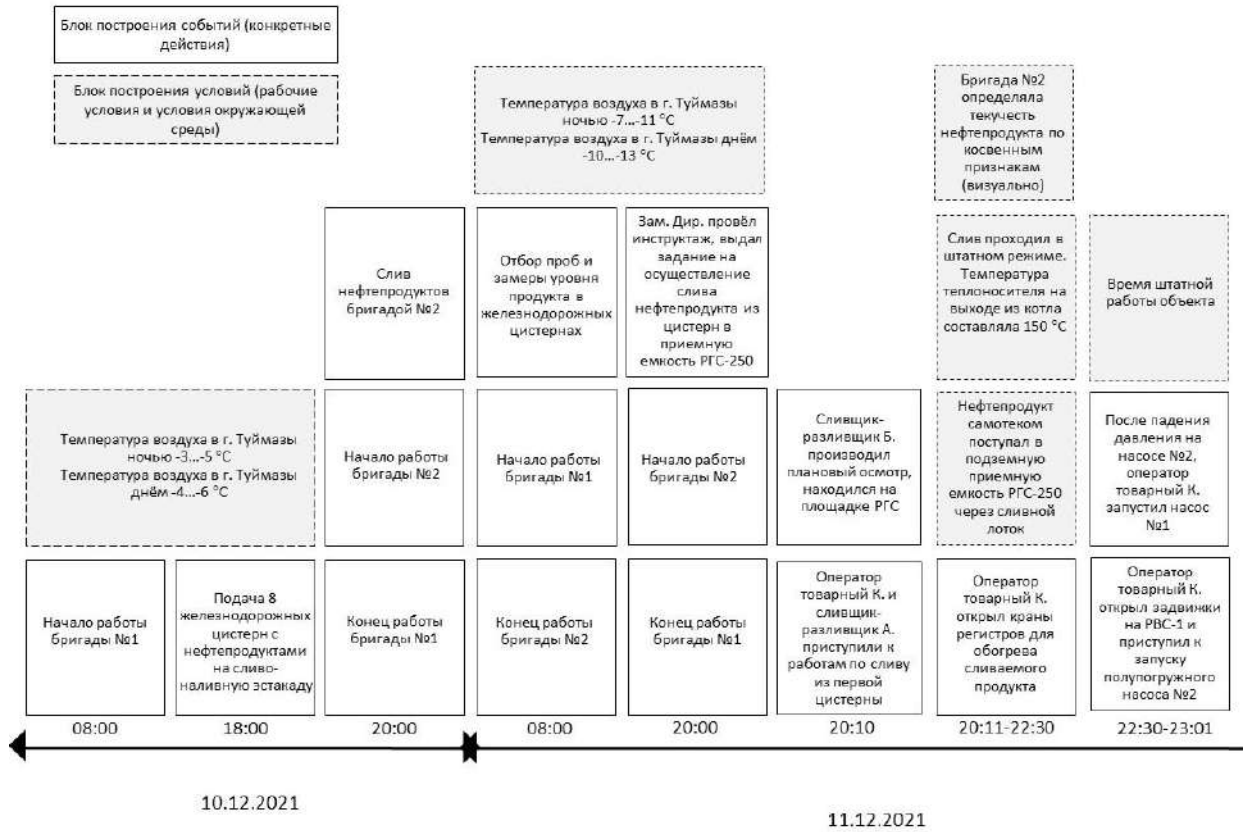


Рис. 1. Начало временной шкалы



Рис. 2. Окончание временной шкалы

Западными нефтегазовыми компаниями причины происшествия подразделяются на непосредственные, базовые и системные (метод «анализ причинно-следственных связей»).

Непосредственными причинами в рамках этого анализа являются конкретные действия/бездействия участников происшествия, а также берется во внимание обстановка, при которой произошло происшествие.

Базовые причины определяются следующими показателями:

- техническими (технические устройства (ТУ), материалы и др.);
- организационными (стандарты, правила, уровень обучения, коммуникация и др.),

а также общим физико-психологическим состоянием работника.

Системные причины указывают на несовершенство СУПБ.

Попробуем на основе данных, приведенных в материалах расследования причин аварии, из непосредственных причин выявить базовые и системные.



Рис. 3. Диаграмма «рыбья кость Исикавы»



Рис. 4. Диаграмма «дерево причин»

В табл. 1 отражены непосредственные, базовые и системные причины аварии, а также

приводятся пояснения, почему возникли данные причины.

Таблица 1. Классификация причин аварии

Базовые причины	Системные причины
Непосредственная причина – несоблюдение существующих правил и процедур [Опорная плита полупогружных насосов имела сквозные отверстия между опорными плитами и внутренним пространством приемной емкости, способствующие созданию аварийной загазованности]	
Неадекватная разработка стандартов [Могли не учесть при проектировании]	Отсутствие обучения высшего руководства по вопросам промышленной безопасности (ПБ)
Анализ и оценка рисков [Не были проведены]	Отсутствие справочников и сборников по ПБ
	Отсутствие обучения высшего руководства по вопросам ПБ
	Отсутствие справочников и сборников по ПБ
Низкая квалификация сотрудников службы по промышленной и экологической безопасности	
Непосредственная причина – неблагоприятные погодные условия [На момент аварии была низкая температура окружающей среды, из-за которой было необходимо дополнительно подогревать нефтепродукты]	
Недостаток опыта [Персонал мог не знать, как правильно проводить работу при низких температурах]	Не проведен анализ потребностей обучения
	Несовершенство системы обучения
	Отсутствие стажировки персонала
Неполная инструкция [В инструкции не прописан порядок действий при низкой температуре]	Не проведена оценка опасностей и анализ риска возникновения аварий
Непосредственная причина – несоответствующие инструкции и процедуры [По результатам проверки документации, на момент аварии в инструкции не предусматривалось технологической операции по сливу и наливу нефтепродуктов с содержанием ОПГГ]	
Попытка сократить время проведения технологической операции [Специалист по ПБ не осуществил надлежащий контроль, сэкономив время]	Недостаточный контроль со стороны руководителя
	Недобросовестное отношение к работе со стороны персонала
	Некачественный профессиональный отбор при трудоустройстве
	Отсутствие регулярного мониторинга сливного устройства
Неправильный пример руководителя	Низкий уровень квалификации высшего руководства
	Отсутствие запланированных контрольных обходов территории нефтебазы
	Низкие требования к знаниям у руководителей при приеме на работу
Нечеткие отношения подчиненности [Руководитель мог на словах сказать о необходимости переработки инструкции специалисту]	Низкие требования к знаниям у руководителей при приеме на работу
	Низкий уровень квалификации высшего руководства
Недостаточный опыт у специалиста [Не умеет правильно корректировать инструкции]	Потребность в обучении
	Некачественный профессиональный отбор при трудоустройстве
Непосредственная причина – отсутствие защитных устройств оборудования / Несоответствие оборудования фактическим условиям эксплуатации [Используемые электродвигатели были не во взрывозащищенном исполнении]	
Неадекватная идентификация и оценка возможного ущерба	Экономия денежных средств на привлечении сторонней организации для переработки локальных документов
	Отсутствие проверки соблюдения правил безопасности
Непосредственная причина – не осуществлена тщательная проверка [Сливщики текучесть нефтепродукта проверяли визуально, без использования специальных приборов]	

Базовые причины	Системные причины
Низкая мотивация	Некачественный профессиональный отбор при трудоустройстве
	Потребность в обучении
Усталость от длительности работы	Умственное и физическое утомление персонала
	Недостаточный производственный контроль
	Отсутствие учета мнения сотрудников
	Неправильная организация труда и отдыха
Непосредственная причина – не осуществлен контроль [Отсутствие контроля со стороны должностных лиц]	
Низкая дисциплина	Некачественный профессиональный отбор при трудоустройстве
	Отсутствие внутренних аудитов
Недопустимое поведение	Некачественный профессиональный отбор при трудоустройстве
	Отсутствие внутренних аудитов
Неадекватный инструктаж	Отсутствие обучения и повышения квалификации по ПБ
	Отсутствие проверки знаний (компетентности) сотрудника перед приемом на работу

Известна методика оценки соответствия ОПО нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности [3], позволяющая оценить состояние промышленной безопасности ОПО в соответствии с законодательством РФ [4, 5]. С использованием предложенной методики в 2021-2022 гг., в рамках аудита промышлен-

ной безопасности, была проведена оценка соответствия нефтебазы требованиям промышленной безопасности. Результаты оценки соответствия нефтебазы требованиям промышленной безопасности с использованием инструмента визуализации «объектограмма безопасности» представлены на рис. 5.

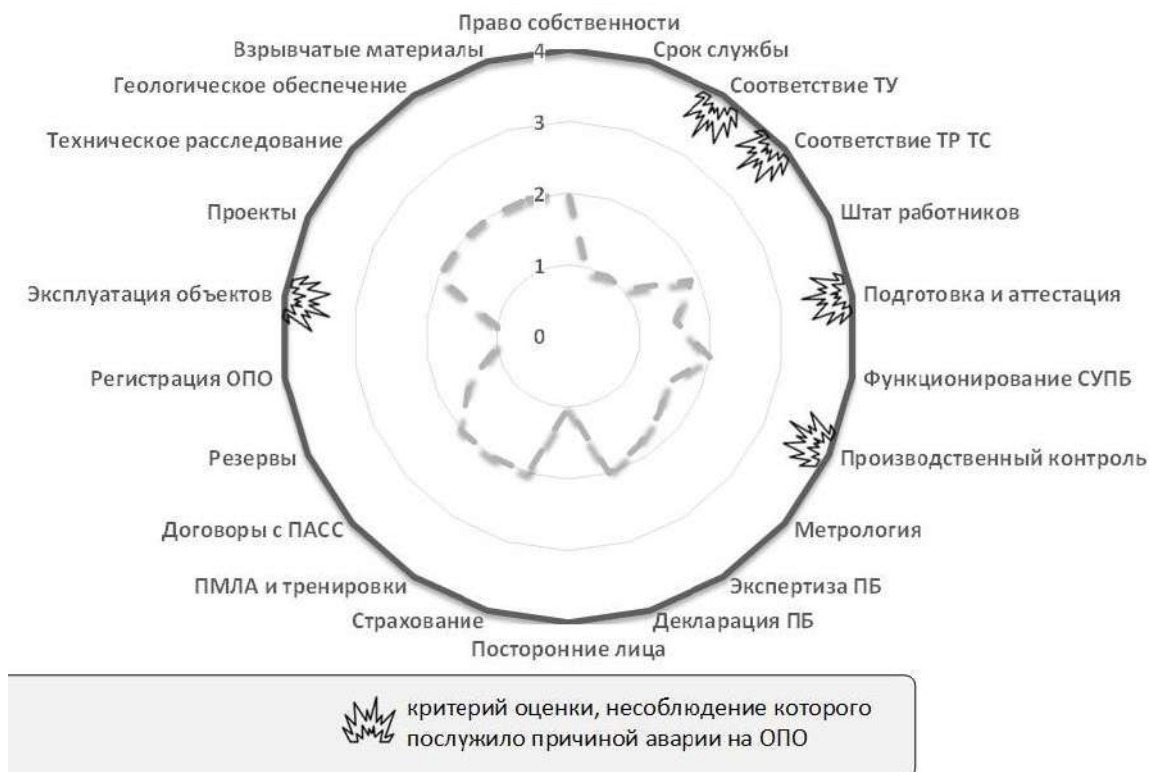


Рис. 5. «Объектограмма безопасности» нефтебазы

Основной целью проводимой оценки было определение причин произошедшей ранее аварии на объекте. Нарушения (несоответствия) требованиям промышленной безопасности, выявленные в ходе аудита, ранжировались в соответствии с предложенным перечнем критериев оценки деятельности организаций в области промышленной безопасности (далее – критерии оценки).

Состояние промышленной безопасности нефтебазы нанесено на кривую безопасности (рис. 6). В соответствии с рис. 6 видно, что требования промышленной безопасности на нефтебазе соблюдаются фрагментарно. Э₀-Э₄ – системный показатель результативности деятельности ОПО в области ПБ.

Если представить критерии оценки предлагаемой методики в качестве неких барьеров, которые не дают причине аварии перейти в опасное событие, а также могут смягчить последствия от аварии, то можно сформировать перечень нарушений, которые гипотетически являются факторами, способными привести к нежелательным событиям на нефтебазе, таким как аварии и инциденты. На основании вышесказанного, после осуществления анализа причин возникновения аварии на нефтебазе, можно предложить следующие корректирующие мероприятия, позволяющие избежать повторения аварийной ситуации в дальнейшем, а именно:

– провести аттестацию руководителей по области аттестации А.1 и Б.1.7;
 – пересмотреть и отредактировать инструкцию по безопасному сливу-наливу нефтепродуктов, содержащих ОПГГ;
 – провести обучение и инструктаж работников, осуществляющих работы по сливу-наливу нефтепродуктов;
 – заменить двигатели на более безопасные;
 – повысить качество осуществления производственного контроля на ОПО.



Системный показатель результативности деятельности ОПО в области промышленной безопасности

Рис. 6. «Кривая безопасности» нефтебазы

Заключение

В ходе работы проведен анализ причин аварии на нефтебазе с использованием превентивного метода, применяемого в международной практике и позволяющего выявить предпосылки к возникновению аварий. С целью определения причин аварии были использованы следующие методы (или инструменты): временная шкала, «рыбья кость Исикавы», «дерево причин», «анализ причинно-следственных связей». Наиболее детальным методом в данном случае выступил «анализ причинно-следственных связей». Прочие описываемые в статье инструменты также хорошо себя зарекомендовали, однако было установлено, что для их использования необходим большой объем исходных данных.

Представлены результаты оценки соответствия нефтебазы требованиям промышленной безопасности, осуществленной по методике, разработанной в соответствии с законодательством РФ в области промышленной безопасности. Установлено, что результаты указанной оценки могут применяться при расследовании аварий и инцидентов на ОПО, также для оценки возможных рисков, связанных с указанными нежелательными событиями.

Можно сделать вывод, о том, что достаточно затруднительно подобрать метод для расследования причин аварии, который бы в

полной мере отражал системные причины аварии. В свою очередь, без полной картины развития аварийной ситуации сложно подобрать перечень мероприятий, направленных на предупреждение возникновения подобных происшествий в дальнейшем. Таким образом, определено, что более полная картина происшествия вырисовывается в том случае, когда используются одновременно несколько методов определения причин аварии.

Перечень сокращений

ВНМД – внутренний нормативно-методический документ, МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, НПА – нормативный правовой акт, ОПГГ – остаточный продукт гидрокрекинга гудрона, ОПО – опасный производственный объект, ПАСС – профессиональная аварийно-спасательная служба, ПБ – промышленная безопасность, ПК – производственный контроль, РВС – резервуар вертикальный стальной, РГС – резервуар горизонтальный стальной, РФ – Российская Федерация, СУПБ – система управления промышленной безопасностью, ТР ТС – Технический регламент Таможенного союза, ТУ – техническое устройство.

Список литературы

1. Солодовников А. В., Акбашев Н. Р. Российский и зарубежный опыт технического расследования аварий и инцидентов на опасных производственных объектах // Промышленность и безопасность. 2013. № 2 (54). URL: <https://library.fsetan.ru/doc/rossijskij-i-zarubezhnyj-opyit-tehnicheskogorassledovaniya-avarij-i-intsidentov-na-opasnyih-proizvodstvennyih-obektah/> (дата обращения: 25.01.2023)
2. Ishikawa K. Guide to Quality Control. Asia Productivity Organization, 1986, 225 p.
3. Солодовников А. В. Махнёва А. Н. Методика оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности: учебно-методическое пособие. Тюмень: ТИУ, 2022. 50 с.
4. Солодовников А. В., Махнёва А. Н. Особенности проведения оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности // Нефтегазовое дело. 2019. № 1. С. 13–28.
5. Солодовников А. В. Шабанова В. В., Махнёва А. Н. К методологическим вопросам оценки соответствия опасных производствен-

ных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. № 6 (134). С. 126-136.

References

1. Solodovnikov A. V., Akbashev N. R. Rossijskij i zarubezhnyj opyt tekhnicheskogo rassledovaniya avarij i incidentov na opasnyh proizvodstvennyh ob'ektah [Russian and foreign experience in the technical investigation of accidents and incidents at hazardous production facilities]. *Promyshlennost' i bezopasnost'*, 2013, vol. 2 (54), URL: <https://library.fsetan.ru/doc/rossijskij-i-zarubezhnyj-opyit-tehnicheskogo-rassledovaniya-avarij-i-intsidentov-na-opasnyih-proizvodstvennyih-obektah/>. (data obrashcheniya: 25.01.2023)
2. Ishikawa K. Guide to Quality Control. Asia Productivity Organization, 1986, 225 p.
3. Solodovnikov A. V. Mahnyova A. N. *Metodika ocenki sootvetstviya opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov neftegazodobyvayushchih proizvodstv trebovaniyam promyshlennoj bezopasnosti: uchebno-metodicheskoe posobie* [Methodology for assessing the compliance of hazardous industrial facilities of oil and gas production with

the requirements of industrial safety: educational and methodological manual]. Tyumen': TIU, 2022. 50 p.

4. Solodovnikov A. V., Mahnyova A. N. Osobennosti provedeniya ocenki sootvetstviya opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov neftegazodobyvayushchih proizvodstv trebovaniyam promyshlennoj bezopasnosti [Features of assessing the compliance of hazardous production facilities of oil and gas production facilities with industrial safety requirements]. *Neftegazovoe delo*, 2019, issue 1, pp. 13–28.

5. Solodovnikov A. V. Shabanova V. V., Mahnyova A. N. K metodologicheskim voprosam ocenki sootvetstviya opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov neftegazodobyvayushchih proizvodstv trebovaniyam promyshlennoj bezopasnosti [On methodological issues of assessing the compliance of hazardous production facilities of oil and gas production facilities with industrial safety requirements]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov*, 2021, vol. 6 (134), pp. 126–136.

Климова Ирина Викторовна

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

кандидат технических наук, доцент Высшей школы техносферной безопасности

E-mail: bgd4@mail.ru

Klimova Irina Viktorovna

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

Russian Federation, St. Petersburg

Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Higher School of Technosphere Safety

E-mail: bgd4@mail.ru

Сазанова Наталья Валерьевна

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

магистрант Высшей школы техносферной безопасности

E-mail: natalioosazanova@yandex.ru

Sazanova Natalia Valeryevna

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

Russian Federation, St. Petersburg

Master's student of the Higher School of Technosphere Safety

E-mail: natalioosazanova@yandex.ru

Махнёва Арина Николаевна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,

Российская Федерация, Тюмень

старший преподаватель кафедры техносферной безопасности

E-mail: mahnjovaan@tyuiu.ru

Makhneva Arina Nikolaevna

Industrial University of Tyumen

Russian Federation, Tyumen

senior lecturer of Department «Technosphere safety»

E-mail: mahnjovaan@tyuiu.ru

УДК 614.842.847

ВЕДОМСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ КАК СРЕДСТВО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ В САДОВОДЧЕСКОМ НЕКОММЕРЧЕСКОМ ТОВАРИЩЕСТВЕ ЧЕРЕКСКОГО РАЙОНА КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

А. А. ЛАЗАРЕВ, А. Х. КАЗАКОВ, О. Е. СТОРОНКИНА, А. М. МОЧАЛОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: kgn@edufire37.ru, oleg1968@mail.ru

Сельскохозяйственные угодья занимают важное место в структуре городских земель, на таких землях расположены садоводческие товарищества. Садоводческие товарищества окружают крупные города и небольшие населенные пункты; дачи и огороды играют роль индивидуальных подсобных хозяйств и зон отдыха. В России площадь таких земель составляет около 1,5 млн га. Кабардино-Балкария (КБР) не является исключением. В настоящее время общая площадь земель составляет 1 247 тыс. га, что равно 2,1 % от земельного фонда Южного Федерального округа. Сельскохозяйственные угодья составляют 51 % от всего земельного фонда КБР, из них земли под многолетние насаждения 7 600 га.

Садоводческие экосистемы существенно отличаются от соседних городских и сельскохозяйственных экосистем в части касающейся характеристик почвы и растительного покрова, что делает их уязвимыми к воздействию пожаров. С целью снижения количества пожаров и их последствий предлагается внедрение ведомственного контроля за соблюдением обязательных требований пожарной безопасности. С этой целью в работе приведен проект приказа о создании в садоводческих некоммерческих товариществах (далее, СНТ) данного вида контроля, а также перечень прав и обязанностей инструкторов, привлекаемых к организации и осуществлению ведомственного контроля.

В статье приведены результаты анкетирования экспертов по вопросам организации и осуществления ведомственного контроля, с целью определения оптимальной периодичности контрольных и профилактических мероприятий в СНТ, состава соответствующих комиссий, а также порядка составления предписания об устранении выявленных нарушений и ряду других вопросов. Целью реализации предлагаемого вида контроля в долгосрочной перспективе является снижение риска возникновения пожаров и степени их негативных последствий на территории садоводческих некоммерческих товариществ.

Для проведения исследования использовался метод экспертных оценок. По результатам анкетирования экспертов исследованы сводные матрицы рангов, проведен анализ значимости исследуемых факторов, оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов с применением коэффициента конкордации, дана оценка его значимости.

Ключевые слова: контрольное (надзорное) мероприятие, ведомственный пожарный надзор, пожарная безопасность, садоводческое некоммерческое товарищество.

DEPARTMENTAL CONTROL AS A MEANS OF FIRE PREVENTION IN THE HORTICULTURAL NON-PROFIT PARTNERSHIP OF THE CHEREKSKY DISTRICT OF THE KABARDINO-BALKAR REPUBLIC

A. A. LAZAREV, A. H. KAZAKOV, O. E. STORONKINA, A. M. MOCHALOV

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: kgn@edufire37.ru, oleg1968@mail.ru

Agricultural lands occupy an important place in the structure of urban lands, horticultural associations are located on such lands. Horticultural associations surround large cities and small settlements; cottages and vegetable gardens play the role of individual subsidiary farms and recreation areas. In Russia, the area

of such lands is about 1.5 million hectares. Kabardino-Balkaria is no exception. Currently, the total land area is 1,247 thousand hectares, which is equal to 2.1 % of the land fund of the Southern Federal District. Agricultural land accounts for 51 % of the total land fund of the CBD, of which 7,600 hectares are land for perennial plantings.

Horticultural ecosystems differ significantly from neighboring urban and agricultural ecosystems in terms of soil and vegetation characteristics, which makes them vulnerable to the effects of fires. In order to reduce fires and their consequences, it is proposed to introduce departmental control over compliance with mandatory fire safety requirements. For this purpose, the paper presents a draft order on the creation of this type of control in the SNT, as well as a list of the rights and obligations of instructors involved in the organization and implementation of departmental control.

The article presents the results of a survey of experts on the organization and implementation of departmental control, in order to determine the optimal frequency of control and preventive measures in the SNT, the composition of the relevant commissions, as well as the procedure for drawing up an order to eliminate the identified violations and a number of other issues. The purpose of implementing the proposed type of control in the long term is to reduce the risk of fires and the degree of their negative consequences on the territory of horticultural non-profit partnerships.

To conduct the study, the method of expert assessments was used. Based on the results of the questioning of experts, summary matrices of ranks were compiled, an analysis of the significance of the studied factors was carried out, an assessment of the average degree of agreement between the opinions of all experts using the concordance coefficient was given, and an assessment of its significance was given.

Key words: control (supervisory) event, departmental fire supervision, fire safety, horticultural non-profit partnership.

Согласно статистическим данным МЧС России основными причинами возникновения пожаров в СНТ являются:

- использование открытого огня и курение вне специально оборудованных мест, зачастую, вблизи горючих материалов;
- неисправное состояние, нарушения требований пожарной безопасности при эксплуатации теплогенерирующего, в том числе печного отопления, технологических установок, автотехники;
- монтаж, использование силового, осветительного оборудования, электрических трасс с нарушениями установленных требований;
- эксплуатация электронагревательных приборов «кустарного» производства;
- нарушение правил хранения, обращения с ЛВЖ, горючими жидкостями, сжатыми газами;
- несанкционированное выжигание сухой растительности на полях, территориях сельскохозяйственных предприятий, без учета противопожарных разрывов, метеорологической обстановки;
- длительная эксплуатация электросетей, установочного оборудования, находящегося в пожароугрожаемом состоянии, требующего ремонта, замены.

Пожары в СНТ приводят к гибели людей, уничтожению урожая, разрушению зданий, построек складского назначения, к ухуд-

шению экологической обстановки [1]. При этом, как правило, собственники участков и руководители садоводческих товариществ, по результатам происшедших пожаров, не делают должных выводов, и не уделяют вопросам обеспечения пожарной безопасности соответствующего внимания [2].

С целью обеспечения выполнения обязательных требований пожарной безопасности на территориях СНТ предлагается организовать ведомственный контроль, для этого необходимо разработать перечень полномочий лиц, которые будут привлекаться к его организации и проведению. А также определить порядок, сроки и периодичность проведения контрольных профилактических мероприятий в отношении объектов, с руководителями СНТ и собственниками участков. Опыт организации и осуществления ведомственного контроля, в настоящее время, имеется в ряде федеральных органов исполнительной власти [3, 4].

Для определения порядка осуществления ведомственного контроля за соблюдением обязательных требований пожарной безопасности в СНТ разработан перечень вопросов, ответы на которые должны дать эксперты в соответствующей области деятельности. Вопросы сведены в анкету (табл. 1), для каждого вопроса разработаны варианты ответов. В указанной таблице также представлено распределение ответов экспертов на заданные им вопросы.

Таблица 1. Анкета, применяемая в исследовании

Вопрос	Вариант ответа	Ответы экспертов
1. Как часто необходимо представителю ведомственного контроля в области пожарной безопасности обследовать участки СНТ в пожароопасный период?	1 раз в день	0
	1 раз в неделю	1
	1 раз в месяц	7
	1 раз в квартал	0
	1 раз в год	0
2. Как часто необходимо представителю ведомственного контроля в области пожарной безопасности обследовать участки СНТ в период установления постоянного снежного покрова?	1 раз в день	0
	1 раз в неделю	0
	1 раз в месяц	8
	1 раз в квартал	0
	1 раз в год	0
3. Какое количество представителей ведомственного контроля в области пожарной безопасности должно обследовать участки СНТ?	0 чел.	0
	1 чел.	0
	2 чел.	0
	3 чел.	8
	4 чел.	0
4. Какое количество экземпляров предписания необходимо составлять представителям ведомственного контроля в области пожарной безопасности по итогам обследования участков СНТ?	1 экземпляр	0
	2 экземпляра	8
	3 экземпляра	0
	4 экземпляра	0
	5 экземпляров	0
5. Какой срок устанавливается представителями ведомственного контроля в области пожарной безопасности на очистку участка от сухих горючих материалов (или покос травы)?	1 день	0
	5 дней	0
	7 дней	2
	10 дней	0
	14 дней	6
6. Какой срок устанавливается представителями ведомственного контроля в области пожарной безопасности на очистку 2 и более участков от сухих горючих материалов (или покос травы)?	1 день	0
	5 дней	0
	7 дней	3
	10 дней	0
	14 дней	5
7. Какой срок устанавливается представителями ведомственного контроля в области пожарной безопасности на обеспечение подъездов пожарной техники к источникам противопожарного водоснабжения?	1 день	0
	5 дней	0
	7 дней	8
	10 дней	0
	14 дней	0
8. Какой срок устанавливается представителями ведомственного контроля в области пожарной безопасности на очистку участков со сложным рельефом местности?	1 день	0
	5 дней	0
	7 дней	8
	10 дней	0
	14 дней	0
9. Какая периодичность проведения профилактических бесед с членами СНТ в течение пожароопасного периода?	1 раз за период	0
	1 раз в квартал	0
	1 раз в месяц	3
	1 раз в декаду	0
	1 раз в неделю	5
10. В каком случае собственником участка СНТ могут направляться ходатайства представителю СНТ о продлении сроков исполнения предписания, выданного СНТ?	ни в каком	0
	при значительных временных затратах	0
	в случае значительной стоимости затрат	1

Вопрос	Вариант ответа	Ответы экспертов
	при несогласии с предписанием	7
	при наличии обстоятельств непреодолимой силы	0

Степень согласованности мнений экспертов оценивалась по величине коэффициента конкордации в следующем порядке [5].

1. Определение состава экспертной комиссии, в которую вошло 8 экспертов ($m = 8$) – членов общественного контроля и государственных инспекторов по пожарному надзору Кабардино-Балкарской Республики, которые ранжируют 10 факторов ($n = 10$).

2. Проведение анкетного опроса с целью сбора мнений специалистов. Ранжирова-

ние оценок каждого эксперта проводили следующим образом. Направление исследования, которому эксперт дает максимальную оценку, присваивается ранг 1. Если среди оценок, данных каким-либо экспертом, есть одинаковые, то им присваивается один и тот же ранговый номер.

3. Составление сводной матрицы рангов на основе данных анкетного опроса экспертов (табл. 2).

Таблица 2. Сводная матрица рангов

№ пп / Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	2	2	2	2	2	2	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	1	1	1	1	1	1	1	1
5	4	4	4	4	4	4	2	2
6	4	4	4	4	4	2	2	2
7	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2
9	4	4	4	4	4	2	2	2
10	3	3	3	3	3	3	3	1

В связи с тем, что в матрице (табл. 2) имеются оценки с одинаковым ранговым номером (в оценках 2, 7 и 8-го экспертов), то необходимо провести их переформирование. Переформирование рангов проводили следующим образом: факторам, с одинаковым ранговым значением, присваивали новый ранг,

равный среднему арифметическому значению номеров мест, занимаемых ими в упорядоченном ряду. После переформирования рангов была построена новая матрица рангов (табл. 3).

Таблица 3. Новая матрица рангов

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	Сумма рангов	d	d ²
x ₁	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5	5	2	29	-15	225
x ₂	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5	5	6.5	33.5	-10.5	110.25
x ₃	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	8.5	9.5	10	60.5	16.5	272.25
x ₄	1	1	1	1	1	1	1	2	9	-35	1225
x ₅	9	9	9	9	9	10	5	6.5	66.5	22.5	506.25
x ₆	9	9	9	9	9	4.5	5	6.5	61	17	289
x ₇	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5	5	6.5	33.5	-10.5	110.25
x ₈	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5	5	6.5	33.5	-10.5	110.25
x ₉	9	9	9	9	9	4.5	5	6.5	61	17	289
x ₁₀	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	8.5	9.5	2	52.5	8.5	72.25
Σ	55	55	55	55	55	55	55	55	440		3209.5

где

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 44 \quad (1)$$

4. Далее проводилось распределение и анализ значимости исследуемых факторов (табл. 4).

Таблица 4. Расположение факторов по значимости

Факторы	Сумма рангов
x ₄	9
x ₁	29
x ₂	33.5
x ₇	33.5
x ₈	33.5
x ₁₀	52.5
x ₃	60.5
x ₆	61
x ₉	61
x ₅	66.5

5. Обобщение мнений всех экспертов путем расчета коэффициента конкордации. Для случаев, когда в матрице имеются связанные ранги, коэффициент рассчитывается по формуле 2:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 (n^3 - n) - m \cdot \sum T_i} \quad (2)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum (t_i^3 - t_i), \quad (3)$$

где T_i – число связей (видов повторяющихся элементов) в оценках i -го эксперта, t_i – количество элементов в i -й связке для i -го эксперта (количество повторяющихся элементов).

Таким образом, в рамках проведенного исследования по оценке значимости полученных коэффициентов установлено, что их величина не случайная, а полученные результаты имеют смысл и могут быть использованы в дальнейших исследованиях.

Таким образом, учитывая высокую степень согласованности мнений экспертов по вопросам, поставленным при проведении анкетирования, следует, что ведомственный контроль за соблюдением обязательных требований пожарной безопасности следует осуществлять по следующим рекомендуемым параметрам:

1. Обследовать участки СНТ должно не менее трех представителей ведомственного контроля в области пожарной безопасности.

2. Представители ведомственного контроля в области пожарной безопасности обязаны обследовать участки СНТ не реже одного раза в месяц в пожароопасный период, а также в период установления постоянного снежного покрова.

3. При выявлении в ходе обследования участка СНТ нарушений обязательных требований пожарной безопасности представители ведомственного контроля в области пожарной безопасности обязаны составить предписание об устранении нарушений таких требований в двух экземплярах (один для вручения собственнику участка, второй – для хранения и организации в дальнейшем контроля за устранением ранее выявленных нарушений). К

предписанию необходимо приложить фотографии и (или) видеозапись выявленных в ходе обследования нарушений.

4. При вынесении предписания об устранении выявленных нарушений представителями ведомственного контроля в области пожарной безопасности устанавливаются следующие сроки для устранения нарушений:

– на очистку участков от сухих горючих материалов (или покос травы) – 14 календарных дней;

– на обеспечение подъездов пожарной техники к источникам противопожарного водоснабжения – 7 календарных дней;

– на очистку участков со сложным рельефом местности – 7 календарных дней.

При этом собственником участка СНТ может направляться ходатайство о продлении сроков исполнения предписания, выданного ему, при несогласии с указанным в предписании сроком устранения нарушений. Ходатайство о продлении сроков должно быть подкреплено уважительной причиной, изложенной в ходатайстве.

5. Представители ведомственного контроля в области пожарной безопасности обязаны проводить профилактические беседы с членами СНТ в течение пожароопасного периода с периодичностью не менее одного раза в месяц.

С целью организации и осуществления ведомственного контроля за соблюдением обязательных требований пожарной безопасности в СНТ, руководителю СНТ необходимо издать соответствующий приказ, которым должно быть утверждено следующее:

– инструкция по организации и осуществлению ведомственного пожарного надзора в СНТ, в том числе профилактических мероприятий;

– круг вопросов, подлежащих проверке инструкторами;

– инструкторский состав ведомственного пожарного надзора;

– права и обязанности инструкторского состава ведомственного пожарного надзора;

– формы документов, применяемые инструкторским составом ведомственного пожарного надзора.

Список литературы

1. Сафонов М. А., Сафонова Т. И. Перспективы управления экологическим состоянием земель сельскохозяйственного использования // Государство. Политика. Социум: вызовы и стратегические приоритеты развития: сборник трудов Международного симпози-

ума по устойчивому региональному и городскому управлению. Екатеринбург, 2021. С. 219–225.

2. Бродникова Е. М. Пожарная безопасность в садоводческих, огороднических некоммерческих товариществах // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сборник материалов

XIV международной научно-практической конференции курсантов (студентов), слушателей и адъюнктов (аспирантов, соискателей): в 2-х т. Минск, 2020. Т. 1. С. 26–28.

3. Чистяков К. А. Ведомственный пожарный надзор как одно из средств обеспечения пожарной безопасности в уголовно-исполнительной системе российской федерации // *Ведомости уголовно-исполнительной системы*. 2020. № 12 (223). С. 69–74.

4. Колпин Н. Г. Ведомственный пожарный надзор в вооружённых силах российской федерации // *Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева*. 2017. № 4 (12). С. 166-171.

5. Шмерлинг Д. С. Экспертные оценки. Методы и применение / Статистические методы анализа экспертных оценок. М.: Наука, 1977. 284 с.

References

1. Safonov M. A., Safonova T. I. Perspektivy upravleniya ekologicheskim sostoyaniyem zemel' sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya [Prospects for managing the ecological state of agricultural land] // *Gosudarstvo. Politika. Sotsium: vyzovy i strategicheskiye priority razvitiya: sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma po ustoychivomu regional'nomu i gorodskomu upravleniyu*. Yekaterinburg, 2021, pp. 219–225.

2. Brodnikova E. M. Pozharnaya bezopasnost' v sadovodcheskikh, ogorodnicheskikh nekommercheskikh tovarishchestvakh [Fire safety in horticultural, horticultural non-profit partnerships] // *Obespecheniye bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: problemy i perspektivy: sbornik materialov XIV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii kursantov (studentov), slushateley i ad'yunktov (aspirantov, soiskateley): v 2-kh t.* Minsk, 2020, vol. 1, pp. 26–28.

3. Chistyakov K. A. Vedomstvennyy pozharnyy nadzor kak odno iz sredstv obespecheniya pozharnoy bezopasnosti v ugolovno-ispolnitel'noy sisteme rossiyskoy federatsii [Departmental fire supervision as one of the means of ensuring fire safety in the penitentiary system of the Russian Federation] // *Vedomosti ugolovno-ispolnitel'noy sistemy*, 2020, vol. 12 (223), pp. 69–74.

4. Kolpin N. G. Vedomstvennyy pozharnyy nadzor v vooruzhonnykh silakh rossiyskoy federatsii [Departmental fire supervision in the armed forces of the Russian Federation] / *Vestnik Voennoy akademii material'notekhnicheskogo obespecheniya im. generala armii A. V. Khruleva*, 2017, vol. 4 (12), pp. 166–171.

5. Shmerling D. S. Ekspertnyye otsenki. Metody i primeneniye [Expert assessments. Methods and application] // *Statisticheskiye metody analiza ekspertnykh otsenok*. M.: Nauka, 1977. 284 p.

Лазарев Александр Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры

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

candidate of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department

E-mail: kgn@edufire37.ru

Казиков Адам Хусейнович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

магистрант

Kazakov Adam Huseynovich

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

Master's student

Сторонкина Ольга Евгеньевна

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

кандидат химических наук, доцент кафедры

E-mail: oleg1968@mail.ru

Storonkina Olga Evgen'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 chemical sciences, associate professor

E-mail: oleg1968@mail.ru

Мочалов Антон Михайлович

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

старший преподаватель

E-mail: anton.mochalov.93@mail.ru

Mochalov Anton Mikhailovich

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

senior lecturer

E-mail: anton.mochalov.93@mail.ru

УДК 614.842.847

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОБЩЕСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА

А. А. ЛАЗАРЕВ, Т. А. МОЧАЛОВА, И. А. КУРУШИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: kgn@edufire37.ru

Статья посвящена актуальному вопросу осуществления общественного контроля в области пожарной безопасности, так как знание гражданами лицами правил пожарной безопасности помогает предотвращать и предупреждать нарушение требований пожарной безопасности.

Авторами проведено исследование практики осуществления общественного контроля в области пожарной безопасности торгового центра. На основе анализа нормативных правовых актов и собственных исследований предложен проверочный лист (чек-лист) для лиц, осуществляющих общественный контроль в области пожарной безопасности в торговых центрах, в основу которого положены действующие проверочные листы (списки контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований), применяемые должностными лицами органов государственного пожарного надзора МЧС России при осуществлении федерального государственного пожарного надзора. Показана необходимость подготовки и оценки готовности общественных контролеров к проведению общественного контроля пожарной безопасности торгового центра на практике сотрудниками государственного пожарного надзора.

Предложена модель регулирования отношений между представителями общественного контроля и органами государственного пожарного надзора в целях соблюдения обязательных требований пожарной безопасности в торговом центре.

Ключевые слова: общественный контроль, контрольное (надзорное) мероприятие, государственный пожарный надзор, пожарная безопасность, проверочный лист.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING PUBLIC CONTROL OF FIRE SAFETY IN A SHOPPING CENTER

A. A. LAZAREV, T. A. MOCHALOVA, I. A. KURUSHIN

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: kgn@edufire37.ru

The article is devoted to the topical issue of public control in the field of fire safety, since the knowledge of fire safety rules by civilians helps to prevent and prevent violations of fire safety requirements. The authors conducted a study of the practice of public control in the field of fire safety of the shopping center. Based on the analysis of regulatory legal acts and our own research, a checklist (checklist) is proposed for persons exercising public control in the field of fire safety in shopping centers, which is based on existing checklists (lists of checklists, the answers to which indicate compliance with or non-compliance by the controlled person with mandatory requirements) used by officials of the state fire supervision bodies of the EMERCOM of Russia in the implementation of federal state fire supervision. The necessity of training and assessing the readiness of public controllers to conduct public control of the fire safety of a shopping center in practice by employees of the state fire supervision is shown. A model for regulating relations between representatives of public control and state fire authorities in order to comply with the mandatory fire safety requirements in a shopping center is proposed.

Key words: public control, control (supervisory) measure, state fire supervision, fire safety, checklist.

Основной задачей каждого демократического государства является обеспечение конституционных прав и свобод его граждан. С целью контроля добросовестного и эффективного выполнения властью своих обязанностей, недопущения применения ею насилия, необходима обратная связь со стороны общества. Общество имеет возможность контролировать власть на этапах принятия решений, их реализации, оценки полученных результатов, посредством общественного контроля.

Само понятие общественного контроля, а также его цели, задачи, принципы, формы, субъекты, порядок взаимодействия субъектов общественного контроля с органами государственной власти и органами местного самоуправления определены законодательно¹.

В настоящее время общественный контроль осуществляется в различных сферах жизнедеятельности государства: здравоохранения и образования, правоохранительной, избирательной и экологической сферах и т.д. В него вовлечены как субъекты, опосредованные государством, так и граждане, и их объединения.

Изучению проблем развития института общественного контроля посвящено много научных исследований.

Автор работы [1] исследует общественные отношения, возникающие в процессе организации и функционирования института общественного контроля в Российской Федерации в области обеспечения безопасности государства. Автор отмечает ряд проблем законодательного характера, среди которых отсутствие отдельного федерального закона, посвященного основам общественного контроля в области обеспечения безопасности государства; отсутствие в действующем российском законодательстве четкого определения понятия «деятельности в области обеспечения безопасности государства». Выявлена также проблема организации и осуществления общественного контроля в области обеспечения безопасности государства без нарушения действующего законодательства о государственной тайне.

Авторы исследований [2, 3] изучают проблемы, возникающие при осуществлении общественного контроля органов внутренних дел. Отмечается, что общественный контроль органов внутренних дел неразрывно связан с развитием института общественных советов, как на федеральном, так и на региональном уровне, и их функционирование как подлинно

независимых по отношению к органам власти структур. Статья [4] посвящена ряду особенностей взаимодействия общественных формирований с представителями администрации исправительных учреждений. Авторы указывают на несовершенство законодательства в части участия заинтересованных лиц в общественных наблюдательных комиссиях, что может нести потенциальную угрозу режиму и безопасности функционирования исправительных учреждений в осуществлении контрольных полномочий.

Ряд авторов рассматривают роль общественного экологического контроля в обеспечении эффективной защиты конституционного права граждан как на благоприятную окружающую среду, так и на получение достоверной информации о ее состоянии. Например, авторы работы [5] выявляют ряд проблемных аспектов правового регулирования общественного экологического контроля. В частности, в законодательстве отсутствует детальный перечень субъектов осуществления общественного экологического контроля, не урегулирован порядок реакции органов власти на результаты общественного экологического контроля; к гражданам, изъявившим желание стать общественными инспекторами по охране окружающей среды, не предъявляется требований о наличии специального образования (природоохранного, юридического, экологического), что существенным образом влияет на качество их работы. Авторы работы [6] предлагают повысить эффективность деятельности общественных инспекторов по охране окружающей среды путем создания специализированных учебных курсов, которые потенциальные добровольцы должны будут освоить в обязательном порядке, а также пройти специализированные стажировки, направленные на более полное изучение системы законодательных актов Российской Федерации в области охраны окружающей среды.

Организации, осуществляющие общественный экологический контроль, проводят активную деятельность, благодаря которой государственные надзорные органы получают объективную картину по загрязнению водных объектов участков добычи россыпного золота на территории Сибири и Дальнего Востока [7]. При этом авторами отмечаются следующие основные проблемы, с которыми сталкиваются общественные организации: отсутствие в открытом доступе данных на сайтах территориальных органов Росприроднадзора; длительное время с момента обращения до утверждения внеплановой проверки или рейдового мероприятия; противоречия недропользовательского и природоохранного законодательств

¹ Федеральный закон от 21.07.2014 № 212-ФЗ «Об основах общественного контроля в Российской Федерации»

(законодательство о недрах не учитывает необходимость сохранения природных ресурсов и экосистем, что противоречит природоохранным нормам).

В научной литературе практически отсутствуют исследования в области осуществления общественного контроля пожарной безопасности. Данный вопрос, тем не менее, является актуальным на сегодняшний день, так как знание лицами, осуществляющими общественный контроль, правил пожарной безопасности помогает предотвращать и предупреждать нарушения обязательных требований пожарной безопасности на объектах массового пребывания людей. Осуществление общественного контроля – это важная роль в буднях активного гражданина (общественника), так как гражданин заинтересован в том, чтобы в местах массового пребывания людей происходило меньше несчастных случаев и происшествий. Общественники действуют от чистого сердца, в рамках презумпции добросовестности исполняют свой гражданский долг перед государством.

Целями совершенствования общественного контроля в области пожарной безопасности являются обеспечение реализации прав человека (права на жизнь, права на объединение, включая право создавать профессиональные союзы для защиты своих интересов²) и обеспечение учета общественного мнения.

Задачи:

- формирование и развитие у граждан правосознания (в области соблюдения обязательных требований пожарной безопасности);
- повышение уровня доверия граждан органам государственной власти;
- способствование недопущению, а также разрешению социальных конфликтов;
- реализация инициатив граждан, направленных на защиту гражданских прав и свобод;
- обеспечение транспарентности и повышение эффективности деятельности государственных органов;
- формирование в обществе нетерпимого отношения к проявлениям коррупции.

В качестве объекта осуществления общественного контроля соблюдения обязательных требований пожарной безопасности нами были выбраны торговые центры (далее – ТЦ), так как они являются местами с массовым пребыванием людей и вход на данные объекты доступен гражданам.

² Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.) (с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 г.).

Научная новизна данной работы заключается в том, что впервые разработана модель регулирования отношений между представителями общественного контроля и органами государственного пожарного надзора в целях соблюдения обязательных требований пожарной безопасности в торговом центре.

Ответственность за содержание ТЦ в надлежащем состоянии и обеспечение безопасности находящихся в нем людей лежит на руководителе или обладателе данного объекта на законных основаниях. Законодательно определены права и обязанности руководителей организаций в области пожарной безопасности³. Исходя из этого, именно руководитель организации, как никто другой, заинтересован в недопущении нарушений требований пожарной безопасности на объекте защиты.


В свою очередь, задачей общественников является указание собственнику на нарушения обязательных требований пожарной безопасности, подлежащих устранению.

С учетом изложенного, нами разработан проверочный лист (чек-лист) для лиц, осуществляющих общественный контроль в области пожарной безопасности в торговых центрах (табл.). В его основу положены действующие проверочные листы (списки контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований), применяемые должностными лицами органов государственного пожарного надзора МЧС России при осуществлении федерального государственного пожарного надзора, утвержденные Приказом МЧС России⁴.

³ Федеральный закон от 21.12.1994 ФЗ № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

⁴ Приказ МЧС России от 09.02.2022 № 78 «Об утверждении форм проверочных листов (списков контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований), применяемых должностными лицами органов государственного пожарного надзора МЧС России при осуществлении федерального государственного пожарного надзора».

Таблица. Список вопросов для общественного контроля пожарной безопасности торгового центра

№ п/п	Контрольные вопросы	Определяющий требования ПБ, нормативно-правовой акт	Ответы			Примечание
			да	нет	неприменимо	
Внешняя и прилегающая территория к торговому центру						
1.	Расчищены, исправны ли подъездные пути к ТЦ, наружным пожарным гидрантам, расположенным вблизи ТЦ (не заблокирован ли или не перекрыт проезд, очищены дороги от снега, не мешают ли деревья, рекламные баннеры, торговые палатки и т.п. для подъезда пожарной техники к зданию для установки пожарных лестниц, очищены или нет пожарные гидранты); имеются ли на люках гидранта/ов специальные условные обозначения, имеется ли конус красного цвета на люке пожарного гидранта, который сможет привлечь внимание.	п. 71 Правил ⁵				
2.	Имеется или нет на видном месте на здании знак/ки пожарной безопасности «Пожарный гидрант», указывающая направление движения к источникам противопожарного водоснабжения: 	п. 48 Правил				
В здании торгового центра						
3.	Не загромождены ли пути эвакуации и подходы к дверям эвакуационных выходов мебелью, навалами досок, коробок, мусора, других предметов? Нет ли на дверях эвакуационных выходов, запоров и замков, препятствующих их свободному открыванию?	п.п. «ж» п. 16, п. 27 Правил				
4.	Имеются ли в ТЦ огнетушители на видных местах, не препятствуют ли они безопасной эвакуации людей, а также имеют ли они подставки или крепление, чтобы исключить вероятность опрокидывания или падения?	п. 409 Правил				
5.	Имеются ли в ТЦ на видных местах планы эвакуации? Указана ли на них информация	п. 200 Приложения к Приказу ⁶				

⁵ Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации»

№ п/п	Контрольные вопросы	Определяющий требования ПБ, нормативно-правовой акт	Ответы			Примечание
			да	нет	неприменимо	
	о настоящем месте нахождения (для ориентира), направлении эвакуационного/ых пути/ей и выхода/ов? Отображена ли на плане эвакуации информация о месте расположения ручной кнопки оповещения о пожаре, пожарного оборудования, аптечки?	(далее - Приказ № 1190); п. 3.22 ГОСТ 34428-2018 ⁷				
6.	Выполнены ли в фотолюминесцентном исполнении следующие виды табличек, схем, знаков, указателей: – знаки пожарной безопасности (Пожарный кран, Огнетушитель и т.п.); – эвакуационные знаки, в том числе для инвалидов-колясочников (Указатель выхода, направление к эвакуационному выходу направо, направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх, пункт (место) сбора и т.п.); – знаки медицинского и санитарного назначения; – таблички с обозначением этажа, способа открывания механизма дверей и т.п.; – напольные указатели направления движения к эвакуационным выходам; – инструкции по действиям в случае пожара.	Приказ № 318, специальные технические условия				
7.	Оборудовано ли здание торгового центра автоматической пожарной сигнализацией, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, автоматическими установками пожаротушения?	Постановление Правительства ⁸				
8.	Соблюдено ли требование о том, что все двери, расположенные на путях эвакуации, и все двери эвакуационных выходов должны открываться по направлению выхода из здания?	ч. 1–2 ст. 53 Федерального закона ⁹ ; п. 4.2.22 СП 1.13130.2020 ¹⁰				
9.	Размещены ли на видных местах в ТЦ знаки «Курение и пользование открытым огнем запрещено»? Не допущено ли курение в общественных местах? Имеются ли специальные знаки	ст. 12 ФЗ ¹¹ п. 11 Правил				

⁶ Приказ от 13 февраля 2023 года № 318 (утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии) «Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»».

⁷ ГОСТ 34428-2018 Системы эвакуационные фотолюминесцентные. Общие технические условия. 21.12.2021

⁸ Постановление Правительства РФ от 1 сентября 2021 г. № 1464 «Об утверждении требований к оснащению объектов защиты автоматическими установками пожаротушения, системой пожарной сигнализации, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» (документ не вступил в силу).

⁹ Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

¹¹ Федеральный закон от 23.02.2013 № 15-ФЗ «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма, последствий потребления табака или потребления никотинсодержащей продукции».

№ п/п	Контрольные вопросы	Определяющий требования ПБ, нормативно-правовой акт	Ответы			Примечание
			да	нет	неприменимо	
	для обозначения мест отведенных для курения («Место курения»)? Оборудованы ли места для курения мусорными контейнерами?					
10.	Созданы ли условия для защиты и эвакуации при пожаре маломобильных групп населения и других физических лиц (обеспечено ли функционирование систем противодымной защиты безопасных зон, исправны ли противопожарные преграды (перегородки), обеспечены ли безопасные зоны соответствующими средствами индивидуальной защиты и связи с помещением пожарного поста)?	п. 47 Правил				

При разработке чек-листа в области пожарной безопасности для общественного контроля, было проведено исследование во взаимодействии с общественниками в торговом центре г. Ульяновска.

На первом этапе исследования общественники осуществляли общественный контроль пожарной безопасности ТЦ без взаимодействия с контролируемым лицом с использованием проверочного листа, утвержденного Приказом МЧС России⁴. По итогам контроля в ходе беседы с общественниками нами было установлено, что лицам, не имеющим профильного образования в области пожарной безопасности, сложно воспринимать пожарно-техническую терминологию и полноценно оценивать соблюдение обязательных требований пожарной безопасности в ТЦ. Общественники допускали ошибки, а также не смогли оценить ряд пунктов, так как не поняли их смысла.

На втором этапе исследования при осуществлении общественного контроля пожарной безопасности ТЦ без взаимодействия с контролируемым лицом общественниками был использован предложенный нами чек-лист. В результате в ходе проверки общественники смогли самостоятельно разобраться в терминологии и успешно осуществить надзорные мероприятия общественного контроля в области пожарной безопасности, не допустив при этом ошибок.

Очевидно, чтобы обеспечить и настроить работу с группой общественного контроля, необходимо непосредственное участие специалиста по пожарной безопасности с данной группой лиц. При непосредственном контакте появляется возможность дать разъяснения по ходу контрольных (надзорных) мероприятий. С целью достижения целей и задач по совершенствованию общественного контроля в области пожарной безопасности необходимо разработать модель взаимодействия органов государственного пожарного надзора (далее – ОГПН) с общественниками.

1 июля 2021 года в связи с изменением законодательства^{12,13,14} существенным образом изменились как методы и практики надзорной деятельности ОГПН, так и профилактической работы. Последняя стала более подробно регламентирована законодательством.

¹² Федеральный закон от 31 июля 2020 г. N 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

¹³ Постановление Правительства РФ от 12 апреля 2012 г. N 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре».

¹⁴ Постановление Правительства РФ от 16 апреля 2021 г. № 604 «Об утверждении Правил формирования и ведения единого реестра контрольных (надзорных) мероприятий и о внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2015 г. № 415».

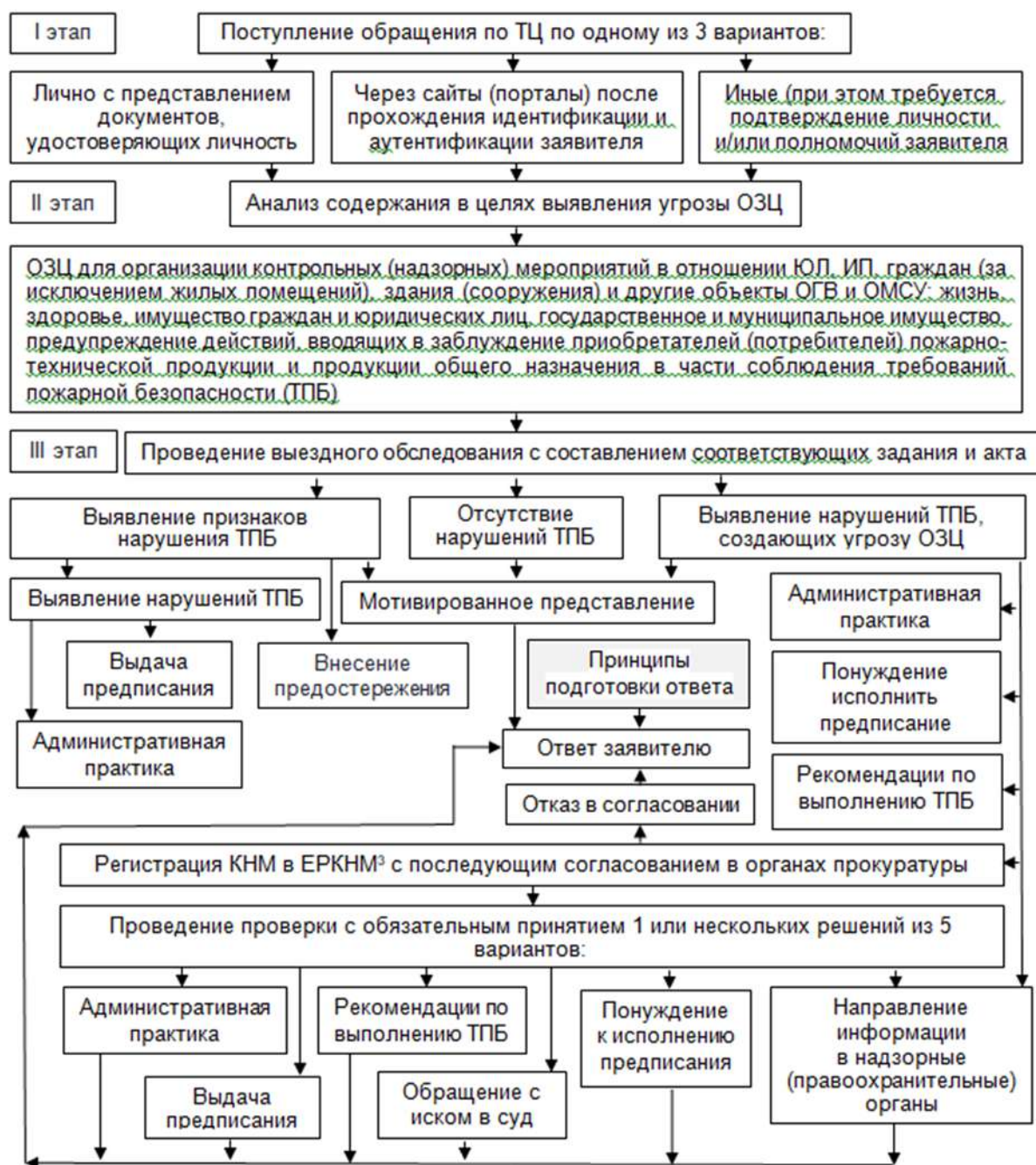


Рисунок. Модель рассмотрения обращения представителя общественного контроля по ТЦ в ОГПН с учетом ОЗЦ

Учитывая данные изменения и основываясь на анализе нормативных правовых актов, нами разработана модель рассмотрения ОГПН обращений с учетом охраняемых законом ценностей (далее – ОЗЦ). Указанная модель представлена на рисунке.

Таким образом, реализация описанного в статье алгоритма проведения общественного контроля пожарной безопасности торгового центра, а также использование разработанного

чек-листа позволят усовершенствовать деятельность ОГПН в соответствии с требованиями действующего законодательства. Результаты исследования показывают необходимость оценки готовности общественников к проведению общественного контроля пожарной безопасности ТЦ на практике. Сложные пожарнотехнические вопросы требуют более детального изучения общественниками с подробными разъяснениями сотрудниками ГПН.

Список литературы

1. Гончаров В. В. Деятельность в области обеспечения безопасности государства как объект общественного контроля в Российской Федерации: конституционно-правовой анализ // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 4. Правоведение. 2020. Т. 10. № 1. С. 13–20.
2. Матвеева Е. В., Митин А. А. Обеспечение общественного контроля в деятельности органов внутренних дел (на примере Кемеровской области) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2018. Т. 24. № 1. С. 65–72.
3. Шушалыкова Е. Ю., Мурзина Е. А. Общественный контроль в органах внутренних дел (на материалах УМВД России по республике Марий Эл) // Инновационные технологии управления и права. 2015. № 2 (12). С. 57–59.
4. Александров А. С., Баров Ю. А. Обеспечение режима и безопасности в исправительном учреждении при взаимодействии с субъектами общественного контроля: постановка проблемы // Вестник Кузбасского института. 2017. № 1 (30). С. 15–20.
5. Коновалов А. А., Шаговик И. Ю. К вопросу о роли общественного экологического контроля в реализации конституционных прав граждан на благоприятную окружающую среду и достоверную информацию о ее состоянии // Эпомен. 2022. № 68. С. 181–186.
6. Косиненко Н. Н., Федонкин Ю. Н. К вопросу деятельности общественных инспекторов по охране окружающей среды // Эпомен. 2021. № 63. С. 133–139.
7. Колпакова О. П., Пистер Д. Ю., Брехунов А. С. Взаимодействие общественных организаций с государственным экологическим надзором // Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция «Актуальные вопросы землеустройства, геодезии и природообустройства», посвященная 15-летию Института землеустройства, кадастров и мелиорации. ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова». Улан-Удэ, 2020. С. 101–105.

References

1. Goncharov V. V. Deyatel'nost' v oblasti obespecheniya bezopasnosti gosudarstva kak ob'yekt obshchestvennogo kontrolya v rossiyskoy federatsii: konstitutsionno-pravovoy analiz [Activities in the field of ensuring state security as an object of public control in the Russian Federation: constitutional and legal analysis]. *Vestnik Grod-*

nenskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Yanki Kupaly. Seriya 4. Pravovedeniye, 2020, vol. 10, issue 1, pp. 13–20.

2. Matveyeva Ye. V., Mitin A. A. Obespecheniye obshchestvennogo kontrolya v deyatelnosti organov vnutrennikh del (na primere Kemerovskoy oblasti) [Ensuring public control in the activities of internal affairs bodies (on the example of the Kemerovo region)]. *Vestnik Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018, vol. 24, issue 1, pp. 65–72.

3. Shushalykova Ye. Yu., Murzina Ye. A. Obshchestvennyy kontrol' v organakh vnutrennikh del (na materialakh UMVD Rossii po respublike Mariy El) [Public control in the internal affairs bodies (based on the materials of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Republic of Mari El)]. *Innovatsionnyye tekhnologii upravleniya i prava*, 2015, vol. 2 (12), pp. 57–59.

4. Aleksandrov A. S., Barov Yu. A. Obespecheniye rezhima i bezopasnosti v ispravitel'nom uchrezhdenii pri vzaimodeystvii s sub'yektami obshchestvennogo kontrolya: postanovka problemy [Ensuring Regime and Security in a Correctional Institution in the Interaction with the Subjects of Public Control: Statement of the Problem]. *Vestnik Kuzbasskogo instituta*, 2017, vol. 1 (30), pp. 15–20.

5. Konovalov A. A., Shagovik I. Yu. K voprosu o roli obshchestvennogo ekologicheskogo kontrolya v realizatsii konstitutsionnykh prav grazhdan na blagopriyatnyuyu okruzhayushchuyu sredyu i dostovernuyu informatsiyu o yeye sostoyanii [On the issue of the role of public environmental control in the implementation of the constitutional rights of citizens to a favorable environment and reliable information about its state]. *Epomen*, 2022, issue 68, pp. 181–186.

6. Kosinenko N. N., Fedon'kin Yu. N. K voprosu deyatelnosti obshchestvennykh inspektorov po okhrane okruzhayushchey sredy [On the issue of activities of public inspectors for environmental protection]. *Epomen*, 2021, issue 63, pp. 133–139.

7. Kolpakova O. P., Pister D. Yu., Brekhunov A. S. Vzaimodeystviye obshchestvennykh organizatsiy s gosudarstvennym ekologicheskim nadzorom [Interaction of public organizations with state environmental supervision]. *Vserossiyskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Aktual'nyye voprosy zemleustroystva, geodezii i prirodobustroystva», posvyashchennaya 15-letiyu Instituta zemleustroystva, kadaastrov i melioratsii. FGBOU VO «Buryatskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya imeni V. R. Filippova»*, Ulan-Ude, 2020, pp. 101–105.

Лазарев Александр Александрович

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

кандидат педагогических наук, кандидат технических наук, начальник кафедры, 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

candidate of pedagogical sciences, candidate of technical science, head of department, associate professor

E-mail: kgn@edufire37.ru

Мочалова Татьяна Александровна

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

кандидат биологических наук, заместитель начальника кафедры, доцент

E-mail: tatianamochalova_2507@mail.ru

Mochalova Tat'jana Aleksandrovna

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 biological sciences, deputy head of department, associate professor

E-mail: tatianamochalova_2507@mail.ru

Курушин Илья Андреевич

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

студент

E-mail: vip007073@gmail.com

Kurushin Ilya Andreevich

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

Student

E-mail: vip007073@gmail.com

УДК 614.84

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОЛАЗНОЙ СЛУЖБЫ В СОСТАВЕ СПСЧ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В. А. МАШТАКОВ, А. А. КОНДАШОВ, Е. В. БОБРИНЕВ, Е. Ю. УДАВЦОВА, С. И. РЮМИНА
Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха
E-mail: otdel_1_3@mail.ru, akond2008@mail.ru

С применением теории нечетких множеств разработана математическая модель для обоснования использования водолазной службы в составе специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС. Модель учитывает природно-климатические и географические особенности субъектов, показатели социального и технико-экономического развития и риски возникновения чрезвычайных ситуаций и пожаров. Также учитывается наличие сил и средств РСЧС в рассматриваемом и соседних субъектах Российской Федерации. Вычислена интегральная оценка необходимости использования водолазной службы в составе СПСЧ для каждого субъекта Российской Федерации. С использованием разработанной модели определены субъекты, в которых потребность в водолазной службе в составе СПСЧ наиболее высокая.

Ключевые слова: нечеткое множество, специализированная пожарно-спасательная часть, чрезвычайная ситуация, пожар, риск, водолазная служба.

JUSTIFICATION OF THE USE OF THE DIVING SERVICE AS PART OF SPECIALIZED FIRE AND RESCUE UNITS IN THE SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION

V. A. MASHTAKOV, A. A. KONDASHOV, E. V. BOBRINEV, E. Yu. UDAVTSOVA, S. I. RYUMINA
All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Balashikha
E-mail: otdel_1_3@mail.ru, akond2008@mail.ru

Using the theory of fuzzy sets, a mathematical model has been developed to justify the use of a diving service as part of specialized fire and rescue units of the federal fire service of the State Fire Service. The model takes into account the climatic and geographical features of the subjects, indicators of social and technical and economic development, and the risks of emergencies and fires. It also takes into account the availability of forces and means of the unified state system for the prevention and liquidation of emergency situations in the considered and neighboring subjects of the Russian Federation. An integral assessment of the need to use a diving service as part of specialized fire and rescue units for each subject of the Russian Federation has been calculated. Using the developed model, the subjects in which the need for the use of the diving service is the highest are identified.

Key words: fuzzy set, specialized fire and rescue unit, emergency, fire, risk, diving service

Для решения задач по тушению крупных пожаров в населенных пунктах и на объектах, по проведению аварийно-спасательных, водолазных и иных специальных инженерно-технических работ, связанных с ликвидацией пожаров, по ликвидации последствий техногенных и природных чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) [1–2] в территориальных гарнизо-

нах пожарной охраны в составе специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС (далее – СПСЧ) могут создаваться следующие службы и группы (приказ МЧС от 21.03.2014 № 129 «О внесении изменений в приказ МЧС России от 30.12.2005 № 1027 и признании утратившими силу приказов МЧС России и отдельных положений приказов МЧС России»):

- водолазная служба;
- медико-психологическая служба;

© Маштаков В. А., Кондашов А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Рюмина С. И., 2023

- служба телекоммуникации и связи;
- инженерная служба;
- служба радиационной и химической защиты;
- служба тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ;
- кинологовическая группа;
- группа пиротехнических работ;
- группа технического обеспечения и обслуживания;
- группа робототехнических средств и беспилотных летательных аппаратов.

Водолазная служба в составе СПСЧ создается для проведения аварийных, поисково-спасательных работ, своевременного обнаружения и оказания помощи пострадавшим в районах природных и техногенных ЧС, спасения людей, оказавшихся в экстремальных условиях водной среды.

В настоящей статье представлена математическая модель, разработанная с применением теории нечетких множеств [3–5], для обоснования необходимости использования водолазной службы в составе СПСЧ.

Сформирован перечень показателей, которые характеризуют необходимость использования СПСЧ и отдельных служб (групп) СПСЧ в субъектах Российской Федерации. Всего отобрано 34 показателя. Из этих показателей выделены те, которые характеризуют необходимость использования водолазной службы. Все показатели разбиты на три группы.

Природно-климатические и географические особенности субъекта характеризуют следующие показатели:

1. Площадь территории.
2. Площадь водной поверхности.
3. Длина береговой морской линии.
4. Среднегодовое количество осадков.
5. Средняя температура самого теплого месяца в году — июля.

Социальные и технико-экономические факторы включают следующие показатели:

1. Численность населения.
2. Уровень валового регионального продукта на душу населения.
3. Доля городского населения.
4. Количество гидродинамически опасных объектов.

В третью группу входят риски возникновения ЧС и пожаров, а также показатели, характеризующие наличие сил и средств РСЧС в рассматриваемом и соседних субъектах Российской Федерации:

1. Среднее расстояние до ближайшей СПСЧ, в которой есть водолазная служба;
2. Среднее расстояние до ближайшего подразделения сил РСЧС, в котором есть водолазная служба;
3. Наличие водолазной службы в составе СПСЧ в рассматриваемом субъекте Российской Федерации.
4. Риск ЧС, связанных с высоким уровнем вод, селями.

Для каждого показателя определена функция желательности, значения которой лежат в интервале от 0 до 1. Функция желательности показывает, какие значения показателя являются наиболее приемлемыми с точки зрения необходимости использования водолазной службы в составе СПСЧ. Вид функции желательности для показателей, значения которых меняются непрерывно, представлен в табл. 1.

Функция $\mu_1(x)$ используется для показателей, с увеличением значения которых возрастает потребность водолазной службы. Функция $\mu_2(x)$ применяется для показателей, большее значение которых соответствует меньшей востребованности водолазной службы. Граничные значения x_1 и x_2 для каждого показателя определяются путем анализа статистических данных.

Таблица 1. Вид функции желательности для показателей, значения которых меняются непрерывно

Значение x	Функция желательности	
	$\mu_1(x)$	$\mu_2(x)$
$x < x_1$	0	1
$x_1 \leq x \leq x_2$	$(x - x_1)/(x_2 - x_1)$	$(x_2 - x)/(x_2 - x_1)$
$x > x_2$	1	0

Для формализации показателей, задаваемых на качественном уровне, используются лингвистические оценки степени выраженности показателя. Функция желательности для таких показателей принимает дискретные значения.

Для каждой из трех групп показателей для каждого субъекта Российской Федерации определяется обобщенная оценка по формуле

$$w_m = \sum_{k=1}^{N_m} \alpha_{km} \mu_k(x_k), \quad (1)$$

где N_m – количество показателей в m -ой группе, α_{km} – весовой множитель для k -го показателя в m -ой группе, μ_k – функция желательности для k -го показателя, x_k – значение k -го показателя для субъекта Российской Федерации. Интегральная оценка необходимости использования водолазной службы в составе СПСЧ в субъекте Российской Федерации определяется по формуле

$$W = \sum_{m=1}^3 \beta_m w_m, \quad (2)$$

где β_m – весовой множитель для m -ой группы показателей.

Для определения весовых множителей для каждой группы показателей используется метод попарных сравнений на основе лингвистической шкалы оценок [6]. При сравнении i -го и j -го показателей ставится оценка a_{ij} в зависимости от степени важности этих показателей с точки зрения необходимости использования водолазной службы в составе СПСЧ от 1 (если показатели одинаково значимы) до 9 (если i -ый показатель строго предпочтительней j -го). Оценка сравнения j -го показателя с i -ым имеет обратное значение $1/a_{ij}$.

В качестве примера в табл. 2 приведена матрица попарных сравнений для показателей, характеризующих природно-климатические и географические особенности субъекта.

Таблица 2. Матрица парных сравнений для показателей, характеризующих природно-климатические и географические особенности субъекта РФ, с точки зрения необходимости использования водолазной службы в СПСЧ

№ показателя	1	2	3	4	5
1	1	0,25	0,25	0,33	1
2	4	1	1	3	3
3	4	1	1	3	3
4	3	0,33	0,33	1	2
5	1	0,33	0,33	0,50	1

Искомые значения весовых множителей $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$ для каждой группы показателей являются решением оптимизационной задачи,

$$S = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (a_{ij} \alpha_j - \alpha_i)^2 \rightarrow \min; \sum_{i=1}^N \alpha_i = 1, \quad (3)$$

которое находится методом неопределенных множителей Лагранжа [7]. Оптимизационная задача (3) сводится к системе из $N+1$ линейных уравнений, решением которой являются искомые весовые множители α_i и множитель Лагранжа λ .

Разработанная математическая модель была применена для определения необходимости использования водолазной службы в составе СПСЧ в каждом субъекте Российской Федерации. Значения показателей социально-экономического развития субъектов определены по данным Федеральной службы государственной статистики¹. Количество опасных объектов в субъектах определено с использованием данных [8]. Риски возникновения ЧС определены на основании анализа данных по видам источников возникновения и характера ЧС в субъектах Российской Федерации за период 2010-2021 гг.

Определение необходимости использования водолазной службы в составе СПСЧ проводилось в три этапа.

Сначала были определены субъекты Российской Федерации, в которых необходимо использовать в составе СПСЧ водолажную службу 1-го разряда. Для этого была рассчитана интегральная оценка W необходимости использования СПСЧ в каждом субъекте и определены ее минимальное W_{min} и максимальное W_{max} значения. В тех субъектах Российской Федерации, для которых выполнено условие

$$W \geq W_{гр} = \frac{2W_{max} + W_{min}}{3}, \quad (4)$$

предлагается использовать СПСЧ 1-го разряда (граничное значение $W_{гр}$ получено равным 0,650).

По результатам расчетов СПСЧ 1-го разряда предлагается использовать в шести субъектах Российской Федерации: в Московской, Свердловской и Ростовской областях, в Красноярском и Приморском краях и в г. Санкт-Петербурге. В СПСЧ 1-го разряда создается водолазная служба 1-го разряда.

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели. Федеральная служба государственной статистики. М. URL: https://www.gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm (дата обращения: 09.11.2022)

На втором этапе для остальных субъектов Российской Федерации были определены значения показателя «среднее расстояние до ближайшей СПСЧ, в которой есть водолазная служба» с учетом СПСЧ 1-го разряда и вычислены значения интегральной оценки необходимости использования водолазной службы в составе СПСЧ $W_{вод}$.

Водолажную службу 2-го разряда предлагается использовать в составе СПСЧ, если выполнено условие

$$W_{вод} \geq W_{вод,гр} = \frac{2W_{вод,max} + W_{вод,min}}{3}, \quad (5)$$

где $W_{вод,min}$ и $W_{вод,max}$ – минимальное и максимальное значения интегральной оценки $W_{вод}$ среди субъектов Российской Федерации, в которых нет СПСЧ 1-го разряда. Граничное значение $W_{вод,гр}$ получено равным 0,711.

На третьем этапе для оставшихся субъектов Российской Федерации было определено значение показателя «среднее расстояние до ближайшей СПСЧ» с учетом СПСЧ, в которой предлагается использовать водолажную службу 1-го или 2-го разрядов. Для каждого такого субъекта вычислялись значения интегральной оценки $W_{вод}$. Водолажную службу 3-го разряда предлагается использовать в СПСЧ в тех субъектах, для которых выполнено условие (5), при этом значения $W_{вод,min}$ и $W_{вод,max}$ определяются для тех субъектов Российской Федерации, в которых не используется водолажная служба 1-го или 2-го разрядов. Граничное значение $W_{вод,гр}$ для таких субъектов получено равным 0,631.

Распределение субъектов Российской Федерации по величине интегральной оценки необходимости использования водолажной службы в составе СПСЧ приведены на рисунке. Водолажную службу 1-го разряда предлагается использовать в 6 субъектах Российской Федерации (выделены черным цветом на рисунке), водолажную службу 2-го разряда – в

23 субъектах (выделены серым цветом), 3-го разряда – в 14 субъектах (выделены светло-серым цветом). В 42 субъектах Российской Федерации необходимость в водолажной службе в составе СПСЧ отсутствует (на рисунке показаны белым цветом).

Проведено сравнение результатов расчетов по математической модели с фактическим наличием водолажной службы в составе СПСЧ в субъектах Российской Федерации.

Из субъектов, вошедших в черную группу, водолажная служба создана в Московской и Ростовской областях, и в г. Санкт-Петербург.

Из субъектов, вошедших в серую группу, водолажная служба в составе СПСЧ есть только в Республике Карелия и в Камчатском крае. Заявили о потребности в данной службе в Главном управлении МЧС России по Ленинградской области.

Из субъектов, вошедших в светло-серую группу, водолажная служба в составе СПСЧ есть в Нижегородской и Челябинской областях.

Из субъектов, вошедших в белую группу, водолажная служба действует в составе СПСЧ в Белгородской, Владимирской, Калужской, Костромской, Тульской областях, в Республике Удмуртия, причем в Главном управлении МЧС России по Костромской области заявили об отсутствии потребности в данной службе, а в Главных управлениях МЧС России по Псковской области и г. Севастополя заявили о потребности в данной службе.

Была выполнена проверка существования статистической взаимосвязи между результатами расчетов по математической модели и фактическим наличием водолажной службы в составе СПСЧ в субъектах Российской Федерации с использованием χ^2 критерия Пирсона [9]. Полученные результаты можно отобразить в виде таблицы сопряженности (табл. 3).

Таблица 3. Таблица сопряженности для проверки взаимосвязи между результатами расчетов по математической модели и фактическим наличием или заявленной потребности в водолажной службе в составе СПСЧ в субъектах Российской Федерации

Разряд водолажной службы	Количество субъектов Российской Федерации, в которых		Общее количество субъектов Российской Федерации
	создана водолажная служба СПСЧ или есть потребность	отсутствует водолажная служба или нет потребности	
1-й разряд (черная группа)	3	3	6
2-й разряд (серая группа)	3	20	23
3-й разряд (светло-серая группа)	2	12	14
без разряда (белая группа)	7	35	42
Всего	15	70	85

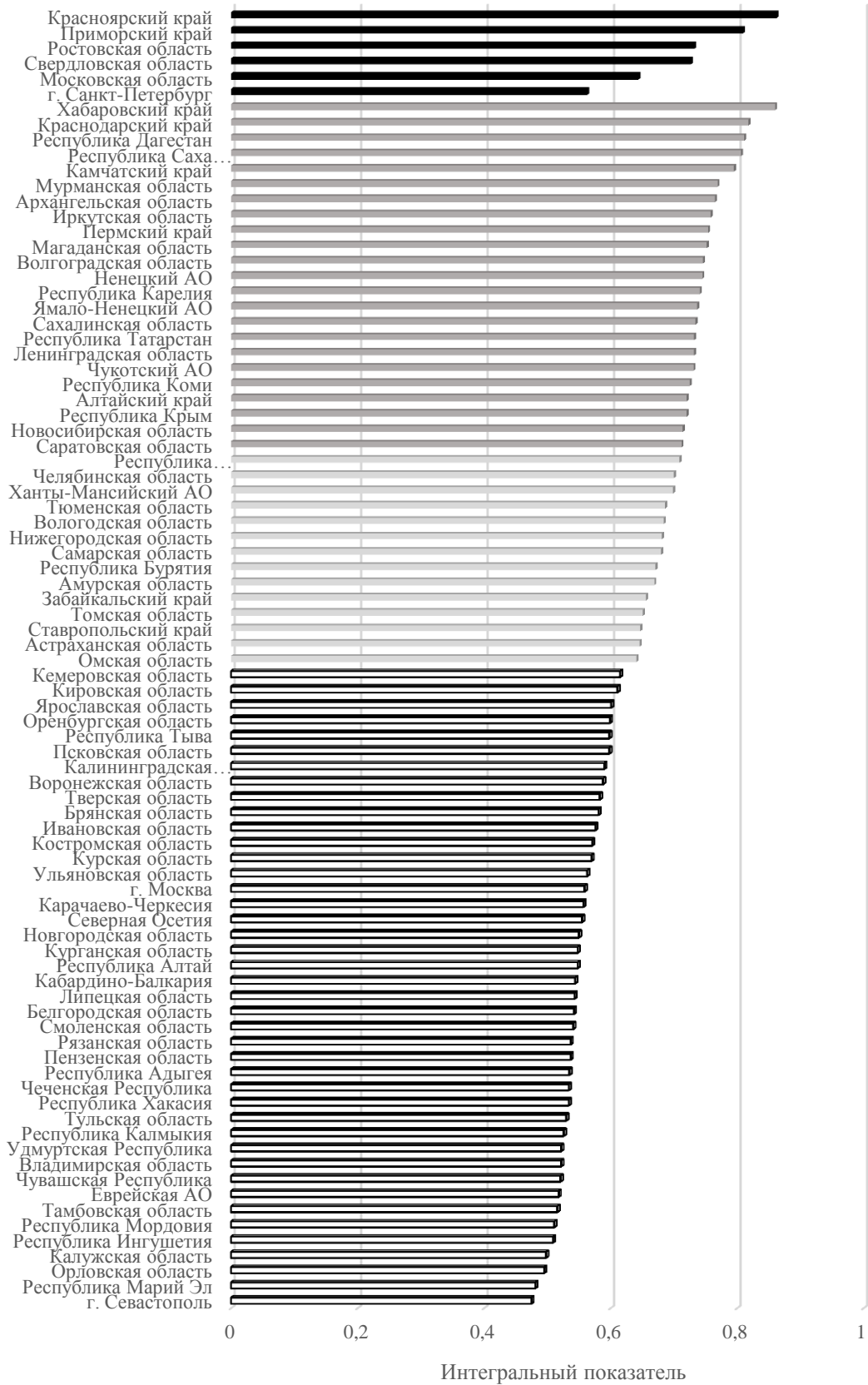


Рисунок. Распределение субъектов Российской Федерации по величине интегральной оценки необходимости использования водолазной службы в СПСЧ

Значение χ^2 -статистики для двухпольной таблицы 3 равно 4,77. Критическое значение критерия χ^2 для трех степени свободы при уровне значимости 0,05 составляет 7,82. Расчетное значение меньше критического, что говорит об отсутствии взаимосвязи между результатами расчетов по математической модели и фактическим наличием водолазной службы в составе СПСЧ в субъектах Российской Федерации. Это указывает на то, что водолазные службы в составе СПСЧ в настоящее время созданы без учета рисков возникновения ЧС и пожаров и других особенностей субъектов Российской Федерации. Использование предложенного в статье подхода позволит более дифференцированно подходить к созданию водолазной службы в составе СПСЧ и повысить эффективность функционирования данной службы и СПСЧ в целом.

Список литературы

1. Киселёв Д. В. Модели управления развитием специализированных пожарно-спасательных частей // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. № 3. С. 77–83.
2. Специализированные подразделения пожарной охраны: монография / Ш. Ш. Дагиров, М. В. Алешков, А. Д. Ищенко [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. 173 с.
3. Дилигенский Н. В., Дымова Л. Г., Севастьянов П. В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. М.: Издательство Машиностроение, 2004. 397 с.
4. Baruah, Hemanta K. The Theory of Fuzzy Sets: Beliefs and Realities // International Journal of Energy, Information and Communications, 2011, vol. 2, issue 2, pp.1–22.
5. Ulrich Höhle, Stephen Ernest Rodabaugh. Mathematics of fuzzy sets: logic, topology, and measure theory. The Handbooks of Fuzzy Sets Series. Springer, 1999. Vol. 3.
6. Миллер Д. А. Магическое число семь плюс-минус два: некоторые ограничения в нашей способности обрабатывать информацию // Инженерная психология. М.: Прогресс, 1964. С. 192–255.
7. Метод множителей Лагранжа: методическое пособие для студентов специальности 1-31 03 01-03 «Математика (экономическая деятельность)» / В. И. Бахтин, И. А. Иванишко, А. В. Лебедев [и др.]. Минск: БГУ, 2012. 40 с.

Таким образом, разработана математическая модель на основе теории нечетких множеств для обоснования необходимости использования водолажной службы в составе специализированных пожарно-спасательных частей. Модель учитывает природно-климатические и географические особенности субъектов, показатели социального и технико-экономического развития и риски возникновения ЧС и пожаров. Также учитывается наличие сил и средств РСЧС в рассматриваемом и соседних субъектах Российской Федерации. На основе разработанной модели проведены расчеты интегральной оценки для обоснования использования водолажной службы в составе СПСЧ для каждого субъекта Российской Федерации с учетом разрядности.

Разработанная модель может быть применена для обоснования использования других служб (групп) в составе СПСЧ.

8. Цаликов Р. Х., Акимов В. А., Козлов К. А. Оценка природной, техногенной и экономической безопасности России. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, 2009. 464 с.

9. Гржибовский А. М. Анализ номинальных данных (независимые наблюдения) // Экология человека. 2008. № 6. С. 58–68.

References

1. Kiselyov D. V. Modeli upravleniya razvitiem specializirovannykh pozharно-spasatel'nykh chastej [Management models for the development of specialized fire and rescue units]. *Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya*. 2020. No. 3. pp. 77-83.
2. *Specializirovannyye podrazdeleniya pozharной оhrany: monografiya* [Specialized fire protection units: monograph] / Sh. Sh. Dagirov, M. V. Aleshkov, A. D. Ishchenko [et al.]. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2017. 173 p.
3. Diligenskij N. V., Dymova L. G., Sevast'yanov P. V. *Nechetkoe modelirovanie i mnogokriterial'naya optimizaciya proizvodstvennykh sistem v usloviyah neopredelennosti: tekhnologiya, ekonomika, ekologiya* [Fuzzy modeling and multi-criteria optimization of production systems under uncertainty: technology, economics, ecology.]. M.: Izdatel'stvo Mashinostroenie, 2004. 397 p.
4. Baruah, Hemanta K. The Theory of Fuzzy Sets: Beliefs and Realities // International Journal of Energy, Information and Communications, 2011, vol. 2, issue 2, pp.1–22
5. Ulrich Höhle, Stephen Ernest Rodabaugh. Mathematics of fuzzy sets: logic, topology,

and measure theory. The Handbooks of Fuzzy Sets Series. Springer, 1999. Vol. 3.

6. Miller D. A. Magicheskoe chislo sem' plus-minus dva: nekotorye ogranicheniya v nashej sposobnosti obrabatyvat' informaciyu. In: *Zhenernaya psihologiya* [The magic number seven plus or minus two: some limitations in our ability to process information]. M.: Progress, 1964. pp. 192–255.

7. *Metod mnozhitelej Lagranzha: metodicheskoye posobiye dlya studentov spetsial'nosti 1-31 03 01-03 «Matematika (ekonomicheskaya deyatel'nost')»* [Lagrange multiplier method: methodical manual for students of the special-

ty 1-31 03 01-03 «Mathematics (economic activity)»] / V. I. Bahtin, I. A. Ivanishko, A. V. Lebedev [et al.]. Minsk: BGU, 2012. 40 p.

8. Calikov R. H., Akimov V. A., Kozlov K. A. *Ocenka prirodnoj, tekhnogennoj i ekonomicheskoy bezopasnosti Rossii* [Assessment of natural, man-made and economic security of Russia]. M.: FGU VNII GOCHS (FC) MCHS Rossii, 2009. 464 p.

9. Grzhibovskij A. M. Analiz nominal'nyh dannyh (nezavisimye nablyudeniya) [Nominal data analysis (independent observations)]. *Ekologiya cheloveka*, 2008, issue 6, pp. 58–68.

Маштаков Владислав Александрович

Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, Российская Федерация, г. Балашиха

начальник отдела

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Mashtakov Vladislav Aleksandrovich

All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Russian Federation, Balashikha

head of department

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Кондашов Андрей Александрович

Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: akond2008@mail.ru

Kondashov Andrey Alexandrovich

All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Russian Federation, Balashikha

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, leading researcher

E-mail: akond2008@mail.ru

Бобринев Евгений Васильевич

Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Bobrinev Evgeny Vasil'yevich

All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Russian Federation, Balashikha

Candidate of Biological Sciences, leading researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Удавцова Елена Юрьевна

Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Udavtsova Elena Yuryevna

All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Russian Federation, Balashikha

Candidate of Technical Sciences, leading researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Рюмина Светлана Игоревна

Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха

научный сотрудник

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Ryumina Svetlana Igorevna

All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Balashikha

research associate

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

УДК 614.843.3

ВЫБОР КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПОЖАРНОЙ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ С КРЕПЁЖНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ К НАПОРНОМУ ПОЖАРНОМУ РУКАВУ

И. В. САРАЕВ, А. Д. СЕМЕНОВ, А. Г. БУБНОВ, Д. А. ЛАЗАРЕНКО, А. П. ГУБАНОВ

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

E-mail: saraev-i-v@mail.ru, sad8_3@mail.ru, bubag@mail.ru, prepodavateltehnika@yandex.ru,
Gubanoff99@yandex.ru

В работе представлен общий вид разработанной принципиально новой конструкции рукавной соединительной головки крепления пожарных рукавов, которая обеспечит их надёжную фиксацию, что подтверждается результатами расчёта соответствующих показателей. Наряду с этим, решён ряд задач по соответствию вновь разработанного изделия требованиям условий эксплуатации соединительной арматуры. Конструкция изделия обеспечивает беспрепятственное крепление к рукавным соединительным головкам, находящимся на вооружении подразделений пожарной охраны, а также простое и интуитивное крепление, что позволяет обслуживать пожарный рукав без применения специализированного оборудования. Доказана возможность оперативного ремонта пожарного рукава, а также замены соединительной головки при повреждении рукава в стационарных и полевых условиях. Показано, что для изготовления соединительной головки целесообразно применять в качестве конструкционного материала ударопрочный пластик.

Ключевые слова: полугайка, соединительная головка, пожарный рукав, конструкция.

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A CONNECTING HEAD WITH A FASTENING ELEMENT TO THE PRESSURE FIRE HOSE

I. V. SARAEV, A. D. SEMENOV, A. G. BUBNOV, D. A. LAZARENKO, A. P. GUBANOV

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: saraev-i-v@mail.ru, sad8_3@mail.ru, bubag@mail.ru, prepodavateltehnika@yandex.ru,
Gubanoff99@yandex.ru

The paper presents a general view of a fundamentally new design of a hose connection head for fastening fire hoses, which will ensure their reliable fixation, which is confirmed by the results of calculating the corresponding indicators. Along with this, a number of tasks have been solved to ensure that the newly developed product meets the requirements of the operating conditions of the connecting fittings. The design of the product provides a seamless attachment to the hose coupling heads used by fire departments, as well as a simple and intuitive attachment, which allows you to service the fire hose without the use of specialized equipment. The possibility of prompt repair of a fire hose, as well as replacement of the connecting head in case of damage to the hose in stationary and field conditions, has been proven. It is shown that it is advisable to use impact-resistant plastic as a structural material for the manufacture of the connecting head.

Key words: half nut, connecting head, fire hose, construction.

Общеизвестно, что проблема пожаров не теряет свою актуальность для общества и государства, и приносит значительный

ущерб. По статистике¹ в России за 2021 год произошло более 390859 пожаров, это на 11 % меньше по сравнению с 2020 годом. При этом, на них погибло 8471 человек (+1.9 %, по срав-

© Сараев И. В., Семенов А. Д., Бубнов А. Г., Лазаренко Д. А., Губанов А. П., 2023

¹ Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: П 46 ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.

нению с 2020 г.), травмировано 8394 человека (-0,3 %, по сравнению с 2020 г.), материальный ущерб от пожаров составил более 16 млрд руб., а среднее время тушения пожара составило 16,62 мин. Таким образом, зная общее количество пожаров, причинённый ими материальный ущерб, а также среднее время тушения, можно рассчитать среднюю стоимость одной минуты пожара. В результате расчёта определено, что средняя стоимость одной минуты пожара составляет 2502 руб./мин.

При этом стоит отметить, что темп и продуктивность проведения боевых действий по тушению пожара (проведения спасательных работ) зависит от случайных и систематических факторов (подготовленность личного состава, исправность оборудования и др.), которые определяют время тушения пожара. Основным видом пожарного оборудования, без которого невозможно транспортировать огнетушащие вещества на тушение пожара – это напорные пожарные рукава (НПР).

Из вышеуказанного следует, что от надёжности НПР зависит продуктивность действий пожарно-спасательных подразделений МЧС России (ПСП) при тушении пожара. Вместе с тем известно, что более 80 % отказов пожарно-технического оборудования и вооружения приходится именно на долю НПР. Значительная часть отказов НПР приходится на деформацию соединительной арматуры, а также перетирание поверхности НПР в районе крепления к соединительной головке (СГ). Данный факт обязывает ПСП предъявлять повышенные требования к надёжности работы НПР, т.к. нарушение их целостности приводит к увеличению времени тушения на 5-8 мин [1], что существенно влияет на продуктивность ПСП и увеличению материального ущерба.

Ремонт НПР, в настоящее время, производится только в условиях ПСП и подразумевает технологические операции по вулканизации, наложению заплат, а также сокращение длины НПР, но длина НПР должна составлять не менее 17 метров². При этом стоит отметить, что все вышеперечисленные операции требуют значительных трудозатрат. Соединительная арматура, в настоящее время, крепится к НПР способом – «намотки проволокой». А ремонт НПР с деформированной соединительной арматурой подразумевает вывод рукава из боевого расчёта с последующей её заменой в

стационарных условиях ПСП при помощи специального оборудования и инструмента.

Стоит отметить, что ГОСТ устанавливает следующие требования к конструкционному материалу СГ – «... должны быть изготовлены из алюминиевых сплавов не выше II группы по ГОСТ 1583 или латуни по ГОСТ 17711, а также из других материалов, устойчивых к условиям эксплуатации»³. Таким образом, конкретных требований к материалу, из которого выполняются СГ – нет. Ввиду чего основным критерием к конструктивному материалу является величина циклов работы (условия эксплуатации). СГ должны обеспечивать стабильную работу без нарушения целостности и герметичности соединения, не менее 560 циклов работы, где под циклом понимается воздействие на СГ гидравлического давления 3 МПа (для DN 50) в течение 20 с при последующем снижении давления.

Цель работы – разработка конструкции, а также обоснование выбора конструкционного материала пожарной соединительной головки с крепёжным элементом к напорному пожарному рукаву с учётом требований нормативных документов.

Проблемой повышения эффективности эксплуатации пожарных рукавов различного диаметра занимаются как отечественные [2-6], так и зарубежные учёные [7-10].

Техническое обслуживание (ТО) пожарных рукавов осуществляется в соответствии со схемой (рис. 1).

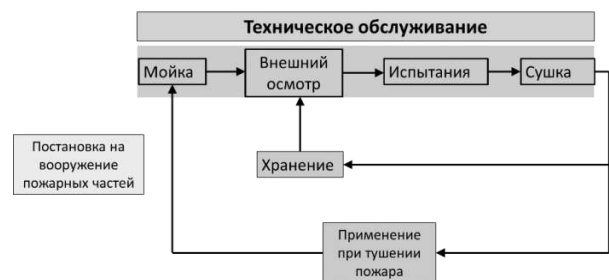


Рис. 1. Алгоритм эксплуатации напорных рукавов в ПСП¹

Технологическая цепочка ТО и ремонта рукавов, находящихся на вооружении ПСП, осуществляется на специализированных линиях обслуживания пожарных рукавов (ЛОПР), в условиях ПСП или на специализированных рукавных базах, обслуживающих несколько ПСП.

² Приказ МЧС России № 737 от 01.10.2020 «Об утверждении руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

³ ГОСТ Р 53279-2009. Техника пожарная. Головки соединительные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.

Все мероприятия по ТО, испытаниям, а также ремонту рукавов должны осуществляться только с применением технических средств, изготовленных в промышленных условиях, имеющих государственную поверку или аттестацию.

Из всего перечня технологических операций по обслуживанию НПР наиболее значимое для исследования представляет процесс их ремонта². В процессе эксплуатации НПР получают повреждения (порезы, проколы, порывы и т.п.), которые устраняются в результате ремонта. При этом стоит отметить, что НПР, получившие повреждения СГ и мест их крепления, оборудуются ими заново.

В соответствии с приказом МЧС России², НПР крепятся на пожарные соединительные головки мягкой оцинкованной проволокой (Ø 1,6-1,8 мм) в соответствии с ГОСТ 792-67⁴ или иной проволокой с сопоставимыми показателями качества. Витки проволоки, при накручивании, укладываются в специализированный разъем – канавку, на штуцере пожарной СГ. При переходе проволоки с одной канавки штуцера СГ на другую, свободные края проволоки скручиваются между собой в «косичку». Данный процесс повторяется до полной навязки проволоки на штуцер СГ, при этом острые концы конечной «косички» проволоки должны быть помещены в паз между смыкаемой частью СГ и её штуцером для исключения получения травм личным составом ПСП и зацепов при эксплуатации НПР, а также повреждений самого рукава в процессе его эксплуатации. При этом стоит отметить, что смыкаемая часть СГ должна беспрепятственно вращаться.

Навязка НПР⁵ на пожарные соединительные головки должна осуществляться на специальном оборудовании – станках, изготовленных по соответствующей технической документации, позволяющей контролировать усилие натяжения проволоки (40±2 кгс). Действия по навязке НПР на соединительные головки должны производиться строго в соответствии с инструкцией по эксплуатации ремонтного оборудования – станков.

Место изгиба НПР⁵ наиболее уязвимо, особенно в области его крепления к СГ, в связи с чем допускается, при навязке СГ на НПР, под проволоку устанавливать дополнительные отрезки рукава с тем же диаметром, что поз-

волит увеличить срок эксплуатации НПР до ремонта.

В приказе⁵, также указано, что НПР, наряду с навязкой проволоки, могут оборудоваться соединительной арматурой другими способами: например, с помощью различных хомутов, разжимных колец и т.д.

При разработке новой конструкции СГ, в ходе исследования, решались следующие задачи:

- 1) разрабатываемая СГ должна соответствовать требованиям, устанавливаемым условиями её эксплуатации;
- 2) конструкция должна иметь стандартные⁶ типоразмеры;
- 3) разрабатываемая конструкция должна обеспечивать надёжное крепление к НПР, находящимся на вооружении ПСП;
- 4) обеспечение простого и интуитивно-го крепления НПР к СГ;
- 5) возможность оперативного ремонта пожарного рукава, а также замены СГ при повреждении рукава;
- 6) возможность обслуживания пожарного рукава без задействования специализированного оборудования.

Таким образом, для быстрой замены СГ, при проведении ремонтных работ, разработано техническое решение по конструкции пожарной СГ с элементом крепления на напорные пожарные рукава (рис. 2).

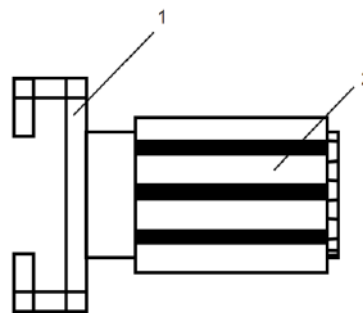


Рис. 2. Общий вид соединительной головки:

- 1 – головка соединительная;
- 2 – гайка с контролирующим элементом

Разработанная конструкция СГ представляет собой:

- 1 – гайку с контролирующим элементом, закреплённым на НПР, для его крепления на СГ;
- 2 – СГ, имеющая литую конструкцию, на корпусе которой, имеется резьбовое соединение и фиксирующие элементы, которые при накручивании гайки обеспечивают надёжное крепление НПР на СГ.

⁴ ГОСТ 792-67. Проволока низкоуглеродистая качественная. Технические условия.

⁵ Приказ МЧС России № 737 от 01.10.2020 «Об утверждении руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

⁶ ГОСТ Р 53279-2009. Техника пожарная. Головки соединительные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.

Резьбовой способ крепления элементов разработанной конструкции позволяет избежать перетираания НПР при навязке, а также позволяет производить оперативный ремонт вышедших из строя пожарных рукавов на месте пожара, без использования специального оборудования.

Одновременно с разработкой конструкции СГ стояла задача по определению требуемых усилий прижатия НПР к штуцеру разрабатываемой СГ. При расчётах принимаем допущение, что поверхность соединительной головки имеет гладкую поверхность, а также не имеет выступов (рис. 3).

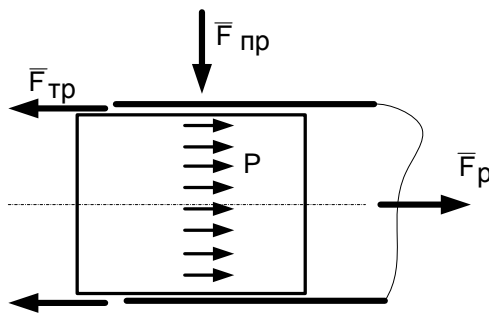


Рис. 3. Усилия, действующие на НПР и соединительную головку, подлежащие расчёту

Типовые технические характеристики соединительной арматуры представлены в ГОСТ Р 53279-2009⁷.

На НПР, надетый на штуцер СГ в продольном направлении, действует сила F_p , вызванная давлением перекачиваемой жидкости P .

Значение силы F_p , определяется как:

$$\overline{F_p} = P \cdot S, \quad (1)$$

где S – площадь сечения НПР.

Площадь сечения НПР находится как:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (2)$$

где d – диаметр НПР.

Для предупреждения срыва НПР со штуцера СГ значение силы F_p должно компенсироваться силой трения $F_{тр}$ материала НПР о материал штуцера СГ:

$$\overline{F_{тр}} > \overline{F_p}. \quad (3)$$

При этом сила трения $F_{тр}$:

$$\overline{F_{тр}} = k \cdot \overline{F_{пр}}, \quad (4)$$

где k – коэффициент трения; $F_{пр}$ – сила прижатия НПР.

Критическую силу прижатия $F_{пр}$ выразим, заменив силу трения $F_{тр}$ продольной силой F_p :

$$\overline{F_{пр}} = \frac{P \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot k}. \quad (5)$$

Согласно эксплуатационным характеристикам НПР, поставляемым на вооружение ПСП, давление составляет 16 атм. (1621,2 кПа). Коэффициент трения для пары трения резина-алюминий, $k = 0,51$; резина-пластик, $k = 0,2$; резина-латунь (медь), $k = 0,89$. По формуле (5) определяли величину требуемого усилия прижатия НПР.

В конструкции разработанной СГ применяется муфта с резьбовым соединением G 2 1/4" (табл. 1), при этом сила прижатия НПР ($F_{пр}$) распределяется равномерно по площади муфты.

С учётом данных табл. 1, значение момента закручивания на гайке для муфты НПР составит:

$$T_{зав} = F_{пр} \cdot R_{np}, \quad (6)$$

где $T_{зав}$ – момент закручивания, действующий на гайку, Нм; R_{np} – геометрические параметры резьбового соединения, мм.

$$R_{np} = \frac{d_2}{2} \cdot (tg(\beta + \rho') + f_{\tau} \frac{D_1}{d_2}), \quad (7)$$

где d_2 – средний диаметр резьбы, мм; β – угол подъёма витка резьбы, град. При расчётах принималось значение $\beta = 2,5^{\circ}$; ρ' – приведённый угол трения в резьбе, град.; f_{τ} – коэффициент трения на торце гайки $f_{\tau} = 0,2$ без смазки; D_1 – наружный диаметр опорной поверхности гайки (равный размеру «под ключ»), мм.

Приведённый угол трения в резьбе определялся по зависимости:

$$\rho'_0 = \frac{\rho}{0,87}, \quad (8)$$

где ρ – угол трения для материалов соответствующей резьбовой пары, град.

$$\rho = \arctg(f), \quad (9)$$

где f – коэффициент трения для материалов резьбовой пары из пластика $f = 0,46$; из латуни $f = 1$, из алюминиевого сплава $f = 1,05$.

Результаты расчётов усилий, действующих на НПР и СГ, а также параметров резьбового соединения представлены в табл. 2.

⁷ ГОСТ Р 53279-2009. Техника пожарная. Головки соединительные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.

Таблица 1. Параметры принятого резьбового соединения

Показатель	Значение
Диаметр, дюйм	2 ¼
Шаг резьбы (P), мм	2,309
Диаметр опорной поверхности «под ключ», мм	90
Внутренний диаметр ($d_1=D_1$), мм	62,75
Внешний диаметр ($d=D$), мм	65,71
Средний диаметр ($d_2=D_2$), мм	64,23

Таблица 2. Результаты расчётов усилий, действующих на НПР и соединительную головку, а также параметров резьбового соединения

№ п/п	Показатель	Значение показателя для материала корпуса		
		алюминий	пластик	латунь
1	Сила F_p , Н	3242,4		
2	Площадь проходного сечения S , м ²	0,002		
3	Сила терния F_{mp} , Н	3181,6		
4	Требуемое усилие прижатия $F_{пр}$, Н	6238,4	15908	3574,8
5	Геометрические параметры резьбового соединения $R_{пр}$, мм	56,2	27,94	53,31
6	Приведённый угол трения в крепёжной метрической резьбе ρ'_o , град.	53,3	28,4	51,7
7	Коэффициент трения для материалов резьбовой пары f	1,05	0,46	1
8	Угол трения для материалов резьбовой пары ρ , град	46,39	24,7	45
9	Момент закручивания на гайке для муфты $T_{зат}$, Нм	349,3	445,4	189,5
10	Оценочная стоимость материала для изготовления, руб/шт.*	500 ⁸	447,5 ⁹	850 ¹⁰

*средний вес ГР-50 составляет 250 г.

При анализе данных табл. 2 можно выделить оценочную стоимость реализации конструкции пожарной соединительной головки, которая составляет от 447,5 до 850 руб. (по стоимости материала). Таким образом, наиболее предпочтительным материалом для изготовления разработанной конструкции СГ представляется ударопрочный пластик, а в качестве его альтернативы может выступать алюминий и его сплавы, которые обеспечат:

- 1) создание достаточной продольной нагрузки при достаточных усилиях на муфте;
- 2) надёжное крепление гайки с контролирующим элементом;

⁸ Алюминий металлический [Электронный ресурс]. URL: <https://ochv.ru/magazin/folder/alyuminiy-metallicheskiy> (дата обращения: 31.01.2023).

⁹ https://market.yandex.ru/product--petg-prutok-bestfilament-1-75-mm/103390485?gfilter=23674510%3A1~1_101708794763&gfilter=24139073%3A24139073_Other_101708794763&gfilter=14871214%3A34185670_101708794763&clid=703&sku=101708794763&сра=1

¹⁰ Латунная чушка ЛСд [Электронный ресурс]. URL: <https://promportal.su/goods/44847588/latunnaya-chushka-lsd.htm> (дата обращения: 31.01.2023).

3) простоту и удобство сборки/разборки соединительной головки НПР с применением подручных средств.

Заключение

Таким образом, разработана принципиально новая конструкция рукавной соединительной головки крепления пожарных рукавов, которая обеспечит их надёжную фиксацию, что подтверждается результатами расчёта показателей по определению силы прижатия пожарного рукава к СГ, а также материала её конструкции. Наряду с этим, решены следующие задачи:

- 1) СГ соответствует требованиям условий её эксплуатации, что подтверждено расчётами;
- 2) конструкция СГ имеет установленные ГОСТ¹¹ типоразмеры;
- 3) предлагаемая конструкция обеспечивает беспрепятственное крепление к рукавным соединительным головкам, находя-

¹¹ ГОСТ Р 53279-2009. Техника пожарная. Головки соединительные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.

щимся на вооружении ПСП, а также простое и интуитивное крепление пожарного рукава к СГ;

4) имеется возможность оперативно-ремонта пожарного рукава, а также замены

СГ при повреждении рукава в стационарных и полевых условиях;

5) вновь разработанная СГ позволяет обслуживать пожарный рукав без применения специализированного оборудования.

Список литературы

1. Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И. В. Сараев, А. Г. Бубнов, В. Ю. Курочкин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 4. С. 66–71.

2. Обслуживание пожарных напорных рукавов диаметром более 150 мм в полевых условиях / А. Д. Семенов, А. Г. Бубнов, И. В. Сараев [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 4 (45). С. 107–115.

3. Сараев И. В., Семенов А. Д. Разработка конструкции устройства для крепления соединительной головки к напорному пожарному рукаву // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 4 (41). С. 111–116.

4. Анализ технического состояния и эксплуатации полужестких напорных пожарных рукавов в составе катушек пожарных автомобилей и напорных пожарных рукавов больших диаметров / В. И. Логинов, С. М. Дымов, С. М. Ртищев [и др.] // «Актуальные проблемы пожарной безопасности»: материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России: в 3 частях. М.: ВНИИПО, 2015. С. 188–193.

5. Смирнов А. А., Кнотов М. С. Разработка устройства для технического обслуживания пожарных рукавов в подразделениях пожарной охраны // «Научная дискуссия современной молодежи: актуальные вопросы, достижения и инновации»: сборник статей III Международной научно-практической конференции: в 2 частях. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2018, С. 61–63.

6. Семенов А. Д., Бубнов А. Г., Моисев Ю. Н. Особенности сушки пожарных напорных рукавов диаметром более 150 мм // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 2 (39). С. 88–95.

7. Sural Z. New test methods for the fire hydrant delivery hoses. *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*, 2007, vol. 6, issue 2, pp. 125–136.

8. Krasowski T. Using of fire hoses to construction of mobile, temporary oil dam. *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*, 2009, vol. 15, issue 3, pp. 201–207.

9. Popis Ja. The possibility of using fire hoses w - 75 in actions of rescuing drowning per-

sons. *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*, 2010, vol. 17, issue 1, pp. 141–145.

10. Research the influence of various factors on strength characteristics of pressure fire-hoses under internal hydraulic pressure / Zh. Myrkhalykov, M. Satayev, S. Stepanov [et al.]. *Industrial Technology and Engineering*, 2014, vol. 3 (12). pp. 5–9.

References

1. Otnositel'naya obshchaya pol'za - dopolnitel'nyy kompleksnyy kriteriy vybora pozharnykh rukavov [Relative overall benefit - an additional comprehensive criterion for the selection of fire hoses] / I. V. Sarayev, A. G. Bubnov, B. Yu. Kurochkin [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2015, vol. 24, issue 4, pp. 66–71.

2. Obsluzhivaniye pozharnykh napornykh rukavov diametrom boleye 150 mm v polevykh usloviyakh [Maintenance of fire pressure hoses with a diameter of more than 150 mm in the field] / A. D. Semenov, A. G. Bubnov, I. V. Sarayev [et al.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2022, vol. 4 (45), pp. 107–115.

3. Sarayev I. V., Semenov A. D. Razrabotka konstruksii ustroystva dlya krepleniya soyedinitel'noy golovki k napornomu pozharnomu rukavu [Development of the design of the device for fastening the connecting head to the pressure fire hose]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2021, vol. 4 (41), pp. 111–116.

4. Analiz tekhnicheskogo sostoyaniya i ekspluatatsii poluzhestkikh napornykh pozharnykh rukavov v sostave katushek pozharnykh avtomobiley i napornykh pozharnykh rukavov bol'shikh diametrov [Analysis of the technical condition and operation of semi-rigid pressure fire hoses as part of the coils of fire trucks and pressure fire hoses of large diameters] / V. I. Loginov, S. M. Dymov, S. M. Rtishchev [et al.]. «Aktual'nyye problemy pozharnoy bezopasnosti»: materialy XXVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 25-letiyu MCHS Rossii: v 3 chastyakh. M.: VNIPO, 2015. pp. 188–193.

5. Smirnov A. A., Knutov M. S. Razrabotka ustroystva dlya tekhnicheskogo obsluzhivaniya pozharnykh rukavov v podrazdeleniyakh pozharnoy okhrany [Development of a device for the maintenance of fire hoses in fire departments]. «Nauchnaya diskussiya sovremennoy molodozhi: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii»:

sbornik statey III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 2 chastyakh. Penza: MTSNS «Nauka i Prosveshcheniye», 2018. pp. 61–63.

6. Semenov A. D., Bubnov A. G., Moiseyev Yu. N. Osobennosti sushki pozharnykh napornykh rukavov diametrom boleye 150 mm [Features of drying fire pressure hoses with a diameter of more than 150 mm]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashchity*. 2021. vol. 2 (39). pp. 88–95.

7. Sural Z. New test methods for the fire hydrant delivery hoses. *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*, 2007, vol. 6, issue 2, pp. 125–136.

8. Krasowski T. Using of fire hoses to construction of mobile, temporary oil dam. *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*, 2009, vol. 15, issue 3, pp. 201–207.

9. Popis Ja. The possibility of using fire hoses w - 75 in actions of rescuing drowning persons. *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*, 2010, vol. 17, issue 1, pp. 141–145.

10. Research the influence of various factors on strength characteristics of pressure fire-hoses under internal hydraulic pressure / Zh. Myrkhalykov, M. Satayev, S. Stepanov [et al.]. *Industrial Technology and Engineering*, 2014, vol. 3 (12). pp. 5–9.

Сараев Иван Витальевич

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

E-mail: saraev-i-v@mail.ru

Saraev Ivan Vitalevitch

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: saraev-i-v@mail.ru

Семенов Андрей Дмитриевич

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

E-mail: sad8_3@mail.ru,

Semenov Andrey Dmitrievich

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: sad8_3@mail.ru.

Бубнов Андрей Германович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор химических наук, доцент

E-mail: bubag@mail.ru

Bubnov Andrey Germanovitch

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 chemical sciences, associate professor

E-mail: bubag@mail.ru

Лазаренко Дмитрий Александрович

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

E-mail: prepodavateltehnika@yandex.ru

Lazarenko Dmitry 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
E-mail: prepodavateltehnika@yandex.ru

Губанов Антон Павлович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: Gubanoff99@yandex.ru

Gubanov Anton Pavlovich

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: Gubanoff99@yandex.ru

УДК 614.841.411

РАЗРАБОТКА НОВОГО ПОДХОДА К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ И МАТЕРИАЛОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ОТКРЫТОГО ПЛАМЕНИ

Е. А. СИПЛАТОВ¹, А. Л. НИКИФОРОВ¹, Н. М. ПАНЕВ¹, В. А. МУСАТОВ²

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

² ФГБУ ВНИИПО МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха
E-mail: siplatov82@mail.ru

В представленной работе отмечена востребованность древесины и строительных материалов на ее основе. Проанализированы особенности внутреннего строения и физико-химических свойств древесины, описан процесс термического разложения древесины, основные принципы функционирования огнезащитных составов для древесины и материалов на ее основе. Обозначены разновидности огнезащитных составов, методы их применения, актуальность применения огнезащитных составов для снижения пожарной опасности древесины, а также основные направления исследований по повышению эффективности огнезащитных составов.

По итогам проведенных исследований в статье приведены результаты, полученные при оценке показателей пожарной опасности древесины, обработанной трёхкомпонентными смесевыми составами, приготовленными по различным технологиям, особенности технологий применения этих составов, а также сведения о перспективном способе огнезащиты древесины с помощью быстротвердеющих плёнообразующих составов и пен. Раскрыты некоторые особенности механизма защиты древесины, обработанной таким способом, процессы, происходящие при термическом воздействии на древесину с точки зрения не только пожарной опасности, но и огнестойкости конструкций из дерева, определена актуальность представленного метода и необходимость более глубокого изучения свойств механизмов действия таких огнезащитных составов.

Ключевые слова: горение древесины, воспламенение, газовая фаза, огнезащитный состав, термическое разложение, пиролиз.

DEVELOPMENT OF A NEW APPROACH TO ENSURE PROTECTION OF BUILDING STRUCTURES FROM WOOD AND MATERIALS BASED ON WOOD FROM EXPOSURE TO HIGH TEMPERATURES AND OPEN FLAME

E. A. Siplatov¹, A. L. Nikiforov¹, N. M. Panev¹, V. A. Musatov²

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 FSBI VNIIPPO of EMERCOM of Russia
Russian Federation, Balashiha
E-mail: siplatov82@mail.ru

In the presented work, the demand for wood and building materials based on it is checked. The features of the internal structure and physical and chemical properties of wood are analyzed, the process of thermal decomposition of wood is described, the basic principles of studying the structure of fire retardant compositions for wood and its base. Various applications of flame retardants, methods of their application, the relevance of flame retardants to reduce the fire hazard of wood, as well as the main areas of research to improve the effectiveness of flame retardants are indicated.

Based on the results of the research, the article presents the results obtained in assessing the fire hazard indicators of wood treated with three-component mixed compositions prepared using various technologies, the features of the technologies for using these compositions, as well as information on a promising method of fire protection of wood using fast-hardening film-forming compositions and foams. Some fea-

tures of the mechanism for protecting wood treated in this way are disclosed, the processes that occur during thermal action on wood from the point of view of not only fire hazard, but also the fire resistance of wood structures, the relevance of the presented method and the need for a deeper study of the properties of the mechanisms of action of such flame retardants are determined.

Key words: wood flame, ignition, pyrolysis, gas phase, flame retardant, thermal decomposition, pyrolysis.

Древесина – один из наиболее востребованных, экологически чистых материалов с высокими декоративными характеристиками. Спрос на древесину и конструктивные элементы из нее в процессе строительства зданий неуклонно растет. В связи с особенностями химического строения древесины и материалы на ее основе имеют высокую пожарную опасность. Как следствие – увеличиваются риски возникновения пожаров, которые наносят не только материальный ущерб, но также приводят к многочисленным травмам и человеческим жертвам.

Для решения актуальных задач по разработке современного подхода к решению существующих проблем применения огнезащитных составов требуется всестороннее изучение вопросов, связанных с механизмами деструкции древесины и материалов на ее основе, обусловленных термическим воздействием.

Процесс горения – это интенсивно протекающая химическая реакция активного окисления кислородом воздуха горючего вещества и продуктов, выделяющихся при его термодеструкции. Процессы пламенного горения и тления древесины и ее производных сопровождаются выделением большого количества тепловой энергии, интенсивными газо- и дымообразованием.

Горение древесины представляет собой последовательность физико-химических

процессов, которые усложняются неоднородностью строения древесины. Древесина и производимые из неё материалы, даже не подвергаясь прямому огневому воздействию, под действием высокой температуры разлагаются на смесь летучих соединений, содержащих, в том числе газообразные смолистые продукты, что в итоге приводит к пламенному горению. Последующее активное окисление образовавшегося полукокса сопровождается тлеющим горением. В связи с этим использование древесины ограничено в связи с её высокой пожарной опасностью и вытекающими из этого требованиями и правилами пожарной безопасности. Снижение пожарной опасности древесины и материалов на ее основе является актуальной задачей. Несмотря на огромное количество уже разработанных огнезащитных составов вопросы снижения пожарной опасности и защиты древесины от воздействия на нее опасных факторов пожара остается одним из приоритетных направлений пожарной науки. Для обеспечения пожарной безопасности и разработки методов и средств огнезащиты древесины и материалов на древесной основе необходимо четко представлять процессы, происходящие при её термическом разложении. На рис.1 схематично показаны тепловые потоки, которые возникают у поверхности древесины в процессе ее горения и влияют на рассматриваемый процесс.

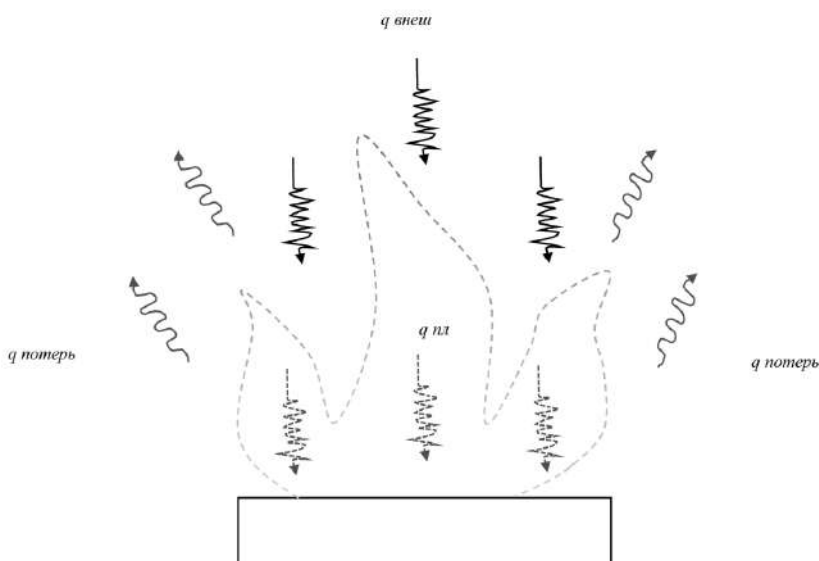


Рис. 1. Тепловые потоки, действующие на поверхность древесины в процессе ее горения

Остановимся на рассмотрении особенностей процесса горения древесины более детально.

Древесина является природным материалом. Основным элементом ее строения является растительная клетка, оболочка которой определяет основные химические свойства древесины как строительного материала в целом. Массив древесины – это вещество, имеющее в своем составе клеточные оболочки и характеризующееся прочно связанными между собой компонентами. В основном это стенки оболочек созревших древесных клеток, которые имеют слоистое строение и состоят из лигнина, а также из целлюлозы, гемицеллюлозы, пектина, которые в основе своей относятся к классу высокомолекулярных полисахаридов. Присутствующие в составе древесины минеральные вещества составляют всего 0,2–1,0 %. Основой клеточной стенки является целлюлоза, из которой формируются микрофибриллы, имеющие вид нитевидных струк-

турных элементов с промежутками между собой. Эти промежутки заполнены аморфным матриком из смеси полисахаридов, входящих в состав клеточной стенки (гемицеллюлозы), аморфного полимерного вещества желто-коричневого цвета (лигнина) и пектина. Микрофибриллы объединяются в ламеллы, примерно параллельные плоские ленты. Особенности термодинамических процессов горения древесины в первую очередь связаны с ее строением, в частности, с пористостью материала как гетерокапиллярной системы. Полости в клеточных стенках образуют капиллярные пространства первого порядка, заполненные смолами, красящими веществами, воздухом или водой. Непосредственно клеточная стенка включает в себя несколько слоев, пространства между которыми и внутри между цепями целлюлозы являются капиллярными пространствами второго порядка. Композиционный состав некоторых лигноцеллюлозных материалов приведен в табл. 1 [5].

Таблица 1. Химический состав абсолютно сухой древесины различных пород

Компонент	Массовое содержание компонента, %, для древесных пород					
	ель	сосна обыкновенная	пихта сибирская	лиственница сибирская	береза бородавчатая	осина
Целлюлоза	46,10	44,10	41,2	35,7	35,38	41,77
Лигнин	28,07	24,68	29,87	24,61	19,74	21,81
Гексозаны	12,65	15,24	11,3	15,33	4,92	3,61
Пентозаны	8,95	7,60	7,02	7,13	24,57	18,56

Характерной особенностью термодеструкции древесины является многостадийный процесс преобразования целлюлозы и лигнина в продукты термического разложения.

На первой стадии теплового воздействия на древесину происходит процесс раз-

ложения и газификации твердой массы. Следующая стадия – процесс горения, в начале которого наблюдается самовоспламенение летучих горючих газов – продуктов термического разложения – под действием внешних энергетических источников (рис. 2).

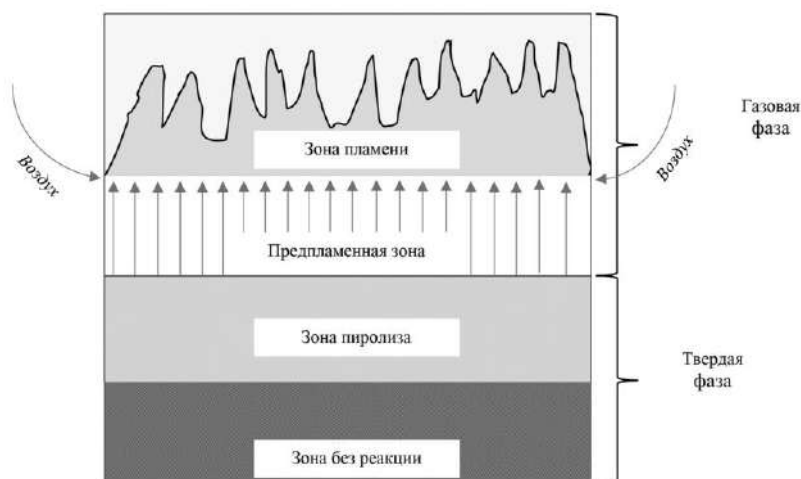


Рис. 2. Схема горения древесины

Схематически процесс горения можно представить в виде ряда характерных зон:

зона без реакции, в которой происходит поглощение горючим материалом тепловой энергии от источника воспламенения. Глубина этой зоны зависит от условий теплообмена и, как правило, составляет не более 5 мм;

зона термического разложения, в которой целлюлоза и лигнин разлагаются на газообразные продукты;

предпламенная зона (в газовой фазе) – зона, в которой начинается процесс воспламенения, инициированный дальнейшим термическим разложением низкомолекулярных летучих продуктов;

зона пламени (в газовой фазе), в которой протекает процесс окисления с выделением основной части тепла и развивается максимальная температура;

зона продуктов сгорания, в которой выделяются пары воды, оксид (CO) и диоксид углерода (CO₂), углеводороды различного химического строения и сажа [6].

Процесс термоокислительной деструкции химических соединений, входящих в состав строения древесины может быть представлен условной схемой последовательно протекающих стадий.

Так на первой стадии, в процессе постепенного нагрева древесины, при достижении температуры 180 °С в ее структуре начи-

нают происходить изменения. Древесные полимеры под воздействием высокой температуры начинают разлагаться на смесь летучих газов, смолу и углеродистый остаток. Сначала разлагается гемицеллюлоза (180–350 °С), затем целлюлоза (275–350 °С) и лигнин (250–500 °С). Считается, что термостабильность лигнина обусловлена его усиленной сетчатой структурой и высокой молекулярной массой [1].

Реакции сшивания молекулярных цепей дегидрируют целлюлозу, а реполимеризованный левоглюкозан начинает производить ароматические структуры, превращающиеся при температуре порядка 500 °С в графитовые углеродные структуры. Данный процесс называется пиролизом. В последние годы в научном сообществе наблюдается высокий интерес к пиролизу древесины [6]. К примеру, установлено, что основной пиролиз древесины протекает при температуре 225–500 °С, в то время, как обугленная поверхность древесины нагревается до 800 °С.

При достижении соответствующей концентрации продуктов термического разложения в воздухе, активная реакция окисления пиролизных газов приводит к пламенному горению. Напротив, окисление оставшегося угля приводит к тлению. Процессы пиролиза и горения древесины рассмотрены в работах [4–7]. Основные результаты данных исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2. Диапазоны температуры пиролиза и горения древесины

t °С	Процессы разложения и горения древесины
Менее 100 °С	Испарение химически несвязанной (физической) воды.
От 160 до 200 °С	Начинается медленное разложение трех полимерных компонентов древесины. Продукты разложения, образующиеся на этой стадии, негорючие (в основном вода или химическая вода).
От 200 до 225 °С	Разложение древесины по-прежнему идет очень медленно, большая часть образующихся газов – негорючие.
От 225 до 275 °С	Основной пиролиз, пламенное горение.
От 280 до 500 °С	Активное выделение газообразных продуктов горения (угарный газ, метан и т.д.). Видны частицы дыма. По мере разрушения физической структуры древесины быстро образуется уголь.
Свыше 500 °С	Формирование газообразных веществ завершено. Тление угля с образованием CO, CO ₂ и H ₂ O.

Для предотвращения воспламенения древесины необходимо исключить возникновение одной из составляющих «треугольника горения» (окислитель, горючее, источник зажигания), разорвать одну из связей данного «треугольника» или направить процесс термодеструкции

древесины в низкотемпературную область.

Из представленных в работе особенностей физико-химических процессов воспламенения и горения древесины можно сделать вывод, что необходимым условием продолжения горения является поступление в зону пла-

мени достаточных количеств горючих продуктов термического разложения и активного окислителя в виде присутствующего в атмосфере кислорода. Поэтому снижение основных показателей пожарной опасности может быть достигнуто реализацией трех факторов:

– создание на защищаемой поверхности теплоизолирующего барьера, препятствующего прогреву древесины до критических температур;

– прекращение доступа атмосферного кислорода к защищаемой поверхности древесины и выделение горючих продуктов горения;

– изменением состава продуктов термического разложения в сторону образования негорючих малолетучих соединений или соединений, ингибирующих процесс горения.

В настоящее время существует большое количество различных огнезащитных составов (далее – ОЗС) и методов их применения, которые подразделяются согласно ГОСТ¹ в соответствии с рис. 3.



Рис. 3. Классификация огнезащитных составов

Кроме представленного на рис. 3, ОЗС для древесины классифицируют:

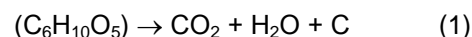
– по механизмам огнезащитного действия: физический (огнезащитные покрытия: краски, обмазки, интумесцентные лаковые покрытия) и химический (пропитка антипиренами, химическая модификация древесины);

– по способу нанесения огнезащитных средств: поверхностная и глубокая пропитка.

Наиболее распространенным химическим способом огнезащиты древесины является обработка её антипиренами – веществами, которые вводятся в структуру материала для снижения его горючести¹.

Способность антипиренов влиять на изменение характера протекания процесса термодеструкции древесины непосредственно

отражается на их эффективности. Механизм огнезащитного действия антипиренов направлен на протекание идеальной схемы термического разложения целлюлозы – основного компонента древесины, при которой происходит полная дегидратация макромолекул целлюлозы по формуле (1):



Такому протеканию реакции способствуют кислые катализаторы и соединения, образующие при повышенных температурах кислоты. При этом соответственно происходит уменьшение образования горючих продуктов разложения, таких как левоглюкозана, образующегося в результате пиролиза целлюлозы.

¹ ГОСТ Р 53292-2009. «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний».

Таким образом, снижение горючести достигается при:

- применении веществ и соединений, выделяющих при тепловом воздействии негорючие газы (носители газов), которые разбавляют газовую фазу (зону подготовки продуктов разложения к воспламенению) и замедляют физико-химические процессы, протекающие в ней;

- использование для огнезащиты целлюлозных материалов антипиренов, которые изменяют характер термодеструкции целлюлозы, смещая зону максимального разложения в низкотемпературную область.

На сегодняшний день на рынке представлен широкий ассортимент средств снижения пожарной опасности древесины и строительных изделий на её основе. Разработка новых рецептур огнезащитных средств является одним из актуальных направлений научно-исследовательской деятельности организаций, производящих работы и оказывающих услуги в области пожарной безопасности. Проведенный анализ индивидуальных антипиренов, массово применяемых при производстве смесовых огнезащитных составов позволил выделить из достаточно обширного списка пять наиболее часто применяющихся веществ [11, 12]:

- 1) жидкое стекло;
- 2) диаммонийфосфат;
- 3) карбамид (мочевина);
- 4) сода пищевая (гидрокарбонат натрия);
- 5) бишофит.

В работе [14] было предложено использовать данные вещества в смесовых композиционных составах, где в качестве растворителя использовалась вода, как альтернатива пожароопасным органическим растворителям, в роли закрепителя выступало жидкое стекло, а остальные вещества исполняли роль огнезащитной пропитки.

Приготовление составов из вышеперечисленных препаратов может осуществляться двумя способами. В первом способе предполагается растворение антипирена и закрепителя в отдельных ёмкостях и последующее смешивание с получением трёхкомпонентного состава (вода + антипирен + жидкое стекло), который на основании использования двух эффективных антипиренов фактически является бинарным, так как вода выступает только в качестве растворителя и по технологии удаляется в результате естественной сушки.

При реализации второго способа в одной ёмкости смешивались антипирен, растворитель и закрепитель, в качестве которого использовалось жидкое стекло. В этом случае предполагалось получить однородный жидкий композиционный состав.

Суть такой обработки заключалась в том, что растворенный в воде антипирен проникал в поры древесины, вытесняя из них воздух, а жидкое стекло после высыхания создавало на поверхности древесины твердую пленку, позволяющую защитить антипирен от вымывания и выветривания. Более того – жидкое стекло, являясь веществом негорючим, способствовало бы в данном случае более эффективной защите древесины от воспламенения и распространения пламени.

При реализации второго способа приготовления раствора в результате смешения компонентов образуется вязкий быстро твердеющий гель, что затрудняет обработку изделия традиционными методами нанесения. В связи с этим, для оценки огнезащитных свойств получившейся гелеобразной массы, обработка образцов древесины производилась методом погружения их в полученную смесь с последующей естественной сушкой в течение 6 часов на воздухе при комнатной температуре. Оценка изменения привеса образцов в ходе сушки показала, что этого времени достаточно для получения качественного огнезащитного покрытия. При проведении испытаний отмечалось, что в результате огневого или высокотемпературного воздействия наблюдалось вспенивание пленкообразующего покрытия, тогда как находящийся под ним древесный образец не обугливался и сохранял свою исходную структуру. Данное явление натолкнуло на мысль о принципиально новом подходе к обеспечению огнезащиты древесины. Традиционные пропиточные методы не обеспечивают защиту целлюлозы древесины от термодеструкции – данные методы обеспечивают защиту только от воспламенения и распространения пламени при наличии источника зажигания малой мощности. При тепловом воздействии такие материалы будут разрушаться, а строительные конструкции из них терять прочность. В то же время сохранение целостности и несущей способности строительных конструкций является важной составляющей обеспечения их огнезащиты. Интумесцентные составы, используемые в настоящее время для достижения этой цели дороги и не всегда удобны с точки зрения нанесения на изделие. На наш взгляд в качестве альтернативного метода можно было бы предложить использование быстротвердеющих пен. Такие составы могут быть разработаны на основе тех индивидуальных антипиренов, которые мы отметили ранее. При этом можно рассмотреть два способа обеспечения такой защиты. Первый предусматривает непосредственное образование тонких (до 5-7мм) вспененных слоев непосредственно на защищаемой поверхности при

двухстадийной обработке, когда пена образуется при взаимодействии компонентов на стадии нанесения второго слоя. Второй метод предусматривает формирование вспененных слоев регулируемой толщины посредством раздельной подачи компонентов на поверхность и смешении их непосредственно в процессе осаждения на защищаемую поверхность. Данный метод потребует разработки устройства для нанесения. Следует отметить, что данный метод может быть доработан для защиты ландшафтных объектов в виде минерализованных защитных полос.

Таким образом, основными задачами предлагаемого метода защиты строительных конструкций из древесины и ее производных от воздействия открытого пламени и высокотемпературных источников тепла являются:

- подбор компонентов, пригодных для получения быстротвердеющих пен;
- исследование защитной эффективности пены, нанесенной на поверхность изделия;
- разработка устройств и методов формирования вспененного состава на защищаемой поверхности;
- исследование долговечности и устойчивости защитных покрытий к действию окружающей среды (влажность, перепады температур, наличие ультрафиолетового излучения, механические повреждения, воздействие агрессивных сред).

Список литературы

1. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства. М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. 262 с.
2. Драздейл Д. Введение в динамику пожаров. М.: Строиздат, 1990, 326 с.
3. Роговин З. А. Химия целлюлозы. М.: «Химия», 1972. 520 с.
4. Новоселова Ю. В. Защита конструкций из древесины антипиренами на основе модифицированных силикатных композиций: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05. Братск, 2021. 202 с.
5. Павлович А. В., Дринберг А. С., Врублевский С. Б. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия для древесины. М.: ООО «Издательство «ЛКМ-пресс», 2022. 416 с.
6. Трушкин Д. В., Корольченко О. Н., Бельцова Т. Г. Горючесть древесины, обработанной огнезащитными составами // Пожаровзрывобезопасность. 2008, том 17, № 1, 29–33 с.
7. Панев Н. М., Никифоров А. Л., Сиплатов Е. А. Быстротвердеющая пена как пер-

Выводы

В связи с развитием новых строительных и деревообрабатывающих технологий, растущим интересом к использованию древесины и производимых из нее материалов в строительстве, как основного и отделочного строительных материалов, очевидна необходимость нового подхода к разработке огнезащитных составов, не только снижающих пожарную опасность древесины, но и новых методов применения этих составов.

На основании вышеизложенного материала, очевидно, что применение быстротвердеющих пенообразующих огнезащитных составов является весьма перспективным направлением, так как экономически такие составы более дешевы в применении. Учитывая тот факт, что эти составы не проникают внутрь древесины, в отличие от огнезащитных пропиточных составов, то и при термическом воздействии массив деревянной конструкции дольше сохраняет свои физические прочностные свойства. Это в свою очередь должно привести к повышению огнестойкости строительных конструкций из древесины.

Все это в комплексе имеет огромное практическое значение для обеспечения пожарной безопасности при использовании строительных и отделочных материалов из древесины и материалов на ее основе в строительстве.

спективный способ огнезащиты древесины // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-й годовщине образования гражданской обороны. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 140–143.

8. Lowden L. A., Hull T. R. Fire Science Reviews. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction, 2013, 2:4. <https://firesciencereviews.springeropen.com/articles/10.1186/2193-0414-2-4>

9. White R. H., Dietenberger M. A. Fire Safety. Wood Handbook – Wood as an Engineering Material, 2002, US Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, Ch. 17. https://workshopcompanion.com/KnowHow/Wood/Wood_Handbook/Ch17.pdf

10. Gass. Lignin pyrolysis products, lignans and resin acids as specific tracers of plant classes in emissions from biomass combustion / B. R. T. Simoneit, W. F. Rogge, M. A. Mazurek [et al.]. G.R., Environmental Sci. Technol, November 1, 1993, vol. 27, pp. 2533–2541. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es00048a034>.

11. Панев Н. М., Никифоров А. Л., Винокуров М. В. Оценка влияния состава огнезащитных обработок на показатель кислородного индекса древесины // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2017. № 3 (51). С. 92–96. EDN ZRXORN.

12. Перспективные вещества для использования в качестве антипиренов для древесины / Н. М. Панев, А. А. Александров, А. А. Воронцова [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: материалы XI Международной научно-практической конференции, посвященной году Пожарной Охраны России. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2016. С. 145–147.

13. Бельцова Т. Г., Корольченко О. Н. Распространение пламени по поверхности незащищенной древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2008. Т. 17. № 2. С. 52–55. EDN KNUAAB.

14. Самсонов М. А., Панев Н. М., Никифоров А. Л. Повышение стойкости сосновой древесины к воспламенению путём применения неорганических солей // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 291–296.

References

1. Aseyeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. *Goreniye drevesiny i yeye pozharoopasnyye svoystva* [Combustion of wood and its flammable properties]. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2010. 262 p.

2. Drazdeyl D. *Vvedeniye v dinamiku pozharov* [Introduction to fire dynamics]. M.: Stroizdat, 1990, 326 p.

3. Rogovin Z. A. *Khimiya tsellyulozy* [Chemistry of cellulose]. M.: «Khimiya», 1972. 520 p.

4. Novoselova Yu. V. *Zashchita konstruktivnykh iz drevesiny antipirenamy na osnove modifitsirovannykh silikatnykh kompozitsiy*. Diss. kand. tekhn. nauk [Protection of wood structures with flame retardants based on modified silicate compositions: Cand. tech. sci. diss.], Bratsk, 2021. 202 p.

5. Pavlovich A. V., Drinberg A. S., Vrublevskiy S. B. *Ognezashchitnyye vspuchivayushchiyesya pokrytiya dlya drevesiny* [Fire retardant intumescent coatings for wood]. M.: OOO «Izdatel'stvo «LKM-press», 2022. 416 p.

6. Trushkin D. V., Korol'chenko O. N., Bel'tsova T. G. *Goryuchest' drevesiny, obrabotannoy ognezashchitnymi sostavami* [Combustibility

of wood treated with flame retardants]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2008, vol. 17, issue 1, pp. 29–33.

7. Panev N. M., Nikiforov A. L., Siplatov Ye. A. *Bystrotverdeyushchaya pena kak perspektivnyy sposob ognezashchity drevesiny* [Rapid hardening foam as a promising method of wood fire protection]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'*: sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90- y godovshchine obrazovaniya grazhdanskoj oborony. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2022. pp. 140–143.

8. Lowden L. A., Hull T. R. *Fire Science Reviews*. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction, 2013, 2:4. <https://firesciencereviews.springeropen.com/articles/10.1186/2193-0414-2-4>

9. White R. H., Dietsberger M. A. *Fire Safety. Wood Handbook – Wood as an Engineering Material*, 2002, US Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, Ch. 17. https://workshopcompanion.com/KnowHow/Wood/Wood_Handbook/Ch17.pdf

10. Gass. Lignin pyrolysis products, lignans and resin acids as specific tracers of plant classes in emissions from biomass combustion / B. R. T. Simoneit, W. F. Rogge, M. A. Mazurek [et al.]. *G.R., Environmental Sci. Technol*, November 1, 1993, vol. 27, pp. 2533–2541. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es00048a034>.

11. Panev N. M., A.L. Nikiforov, Vinokurov M.V. *Otsenka vliyaniya sostava ognezashchitnykh obrabotok na pokazatel' kislorodnogo indeksa drevesiny* [Evaluation of the influence of the composition of flame retardant treatments on the oxygen index of wood]. *Sovremennyye naukoemkiye tekhnologii. Regional'noye prilozheniye*, 2017, vol 3 (51). pp. 92–96. EDN ZRXORN.

12. *Perspektivnyye veshchestva dlya ispol'zovaniya v kachestve antipirenov dlya drevesiny* [Promising substances for use as fire retardants for wood] / N. M. Panev, A. A. Aleksandrov, A. A. Vorontsova [et al.]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy godu Pozharnoy Okhrany Rossii*, Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2016, pp. 145–147.

13. Bel'tsova T.G., Korol'chenko O. N. *Rasprostraneniye plameni po poverkhnosti ognezashchishchennoy drevesiny* [Flame propagation over the surface of fire-unprotected wood]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2008, vol. 17. issue 2, pp. 52–55. EDN KNUAAB.

14. Samsonov M. A., Panev N. M., Nikiforov A. L. *Povysheniye stoykosti sosnovoy*

drevesiny k vosplamneniyu putom primeneniya neorganicheskikh soley [Increasing the resistance of pine wood to ignition by the use of inorganic salts]. *Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoy*

bezopasnosti ob"yektov: sbornik materialov VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2021. pp. 291–296.

Сиплатов Евгений Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
адъюнкт заочной формы обучения
E-mail: siplatov82@mail.ru

Siplatov Yevgeniy Aleksandrovich

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: siplatov82@mail.ru

Никифоров Александр Леонидович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, старший научный сотрудник
E-mail: anikiforoff@list.ru

Nikiforov Aleksandr Leonidovich

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, senior researcher
E-mail: anikiforoff@list.ru

Панев Никита Михайлович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук
E-mail: panm7@mail.ru

Panyov Nikita Mikhailovich

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: panm7@mail.ru

Мусатов Валерий Анатольевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение ФГБУ ВНИИПО МЧС России
Российская Федерация, г. Балашиха
Научный сотрудник
E-mail: vmusatov9@gmail.com

Musatov Valery Anatolyevich

Federal State Budgetary Institution FSBI VNIPO EMERCOM of Russia
Russian Federation, Balashikha
Research Associate
E-mail: vmusatov9@gmail.com

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS (TECHNICAL)**

УДК 669.1:66.018.8:66.018.8

**РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**

В. Е. РУМЯНЦЕВА^{1,2}, В. А. ОГУРЦОВ², А. В. МИТРОФАНОВ³, А. В. ОГУРЦОВ³, Н. С. ШПЕЙНОВА³

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

² ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,
Российская Федерация, г. Иваново,

³ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: varrym@gmail.com, ogurtzovvawork@mail.ru, and2mit@mail.ru,
ogurtsovav@mail.ru, shpejnova@mail.ru

Воздействие высоких температур на незащищенные бетонные и железобетонные конструкции является достаточно распространенным нежелательным процессом. Для оценки степени повреждения конструкций и их элементов после таких воздействий требуются надежные методы предсказательной аналитики. При этом очевидно, что подобные методики должны учитывать локальный характер протекающих процессов, а не рассматривать объект как единое целое с усреднением характеристик. В работе на основе разностной формулировки закона теплопроводности Фурье предложена одномерная математическая модель прогрева цилиндрической бетонной колонны при воздействии на нее высоких температур. В ходе проведения расчетных исследований были получены кинетические характеристики нагрева термически массивной колонны радиуса 20 см. Полученные результаты показали значительную пространственно-временную неоднородность параметров тепловых полей внутри колонны. Полученные результаты вычислительных экспериментов являются качественно непротиворечивыми, а предложенная модель может быть рассмотрена как достоверная научная основа для создания компьютерных методов поддержки предсказательной аналитики.

Ключевые слова: теплопроводность, теплоотдача, кинетика, численное моделирование, явная разностная схема

**CALCULATION OF THE TEMPERATURE REGIME OF A CYLINDRICAL STRUCTURE
UNDER THE INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURES**

**V. E. RUMYANTSEVA^{1,2}, V. A. OGURTSOV², A. V. MITROFANOV³,
A. V. OGURTSOV³, N. S. SHPEYNOVA³**

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 Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo State Polytechnic University»,
Russian Federation, Ivanovo

³ Federal State Budget Educational Establishment of Higher «Ivanovo State Power Engineering University»,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: varrym@gmail.com, ogurtzovvawork@mail.ru, and2mit@mail.ru,
ogurtsovav@mail.ru, shpejnova@mail.ru

Exposure to high temperatures on unprotected concrete and reinforced concrete structures is a fairly common undesirable process. Reliable methods of predictive analytics are required to assess the degree of damage to structures and their elements after such impacts. At the same time, it is obvious that such methods should take into account the local nature of the ongoing processes, and not consider the object as a whole with averaging characteristics. Based on the difference formulation of Fourier's law of thermal conductivity, a one-dimensional mathematical model of heating a cylindrical concrete column when exposed to high temperatures is proposed. In the course of computational studies, kinetic characteristics of heating of a thermally massive column with a radius of 20 cm were obtained. The obtained results showed a significant spatial-temporal heterogeneity of the parameters of thermal fields inside the column. The obtained results of computational experiments are qualitatively consistent, and the proposed model can be considered as a reliable scientific basis for creating computer methods to support predictive analytics.

Key words: thermal conductivity, heat transfer, kinetics, numerical modeling, explicit difference scheme

Введение

Бетонные конструкции и элементы, подверженные вследствие технологических процессов действию высоких температур, как правило, имеют защиту, поэтому изучение влияния воздействия температуры в таких случаях связано с исследованием функционирования ограждающих конструкций [1–2]. Однако воздействие на незащищенные бетонные конструкции высоких температур является, хотя и аварийным, но достаточно широко распространенным процессом [2–3].

В условиях пожара, продолжающегося 1–2 ч, температура окружающей бетонную конструкцию среды может достигать величин порядка 1000–1200 °С [2–3]. При работе в таких условиях неизбежны потери прочности бетона и элементов арматуры, а также изменения его упругопластических свойств. При этом не любое температурное воздействие приводит к необратимым изменениям физико-механических свойств. Так, если температура бетона не достигла 500 °С, его прочность может восстановиться до 90 % начального значения в течение года после воздействия температуры [3–5].

При более высоких значениях температур прочность бетона необратимо теряется, а кроме того продолжает снижаться после остывания, что обусловлено разрушением структуры затвердевшего цементного теста из-за разницы коэффициентов теплового расширения гелеобразной части цементного камня и инертных компонентов бетонной смеси, а также из-за химических процессов (например, дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$) [3].

Таким образом, для оценки повреждений и потери прочности бетонных и железобетонных конструкций необходимо иметь представление о температурных полях внутри этих конструкций. Кроме того, что отдельные элементы конструкции могут быть повреждены в разной степени в зависимости от интенсивно-

сти и продолжительности теплового воздействия. Иными словами, при оценке ущерба необходимо рассматривать конструкцию в качестве объекта с распределенными характеристиками, что, в свою очередь, требует наличия методов предсказательной аналитики, способных обеспечить такой вариант описания.

В настоящей работе предложена математическая модель для расчета теплового процесса в цилиндрической бетонной конструкции, рассматривающая тело конструкции как объект с распределенными параметрами.

Материалы и методы

Для математического описания переноса теплоты внутри цилиндрической колонны разработана явная разностная модель процесса, расчетную схему которой характеризует рис. 1. Цилиндрическая конструкция описывается как набор из счетного числа n цилиндрических ячеек фиксированной толщины Δr . Соседние цилиндрические ячейки имеют возможность обмениваться порциями теплоты через соответствующие цилиндрические поверхности. Эволюция радиального распределения температуры внутри конструкции рассчитывается на основе конечно-разностного решения уравнений нестационарной теплопроводности. Текущее распределение теплоты по слоям записывается в вектор-столбец теплового состояния бетона $Q = \{Q_i\}$, который имеет размерность $n \times 1$.

При описании теплового баланса i -го цилиндрического сегмента бетонной конструкции принимается во внимание, что он граничит с соседними слоями с номерами $(i+1)$ и $(i-1)$, откуда в рассматриваемый сегмент могут подаваться порции теплоты q_{i-1} и q_{i+1} .

$$q_{i-1}^k = \left[-\lambda_i^k \frac{(T_i^k - T_{i-1}^k)}{\Delta r} \right] (2\pi \cdot r_{i-1} \cdot L) \cdot \Delta t \text{ для } i = \overline{2, n}; \quad (1)$$

$$q_{i+1}^k = \left[-\lambda_i^k \frac{(T_i^k - T_{i+1}^k)}{\Delta r} L \right] (2\pi \cdot r_i) \cdot \Delta t \text{ для } i = \overline{1, n-1}, \quad (2)$$

где T_i – элемент вектора температур бетона в слоях $\mathbf{T} = \{T_i\}$, который имеет размерность $n \times 1$; L – высота колонны.

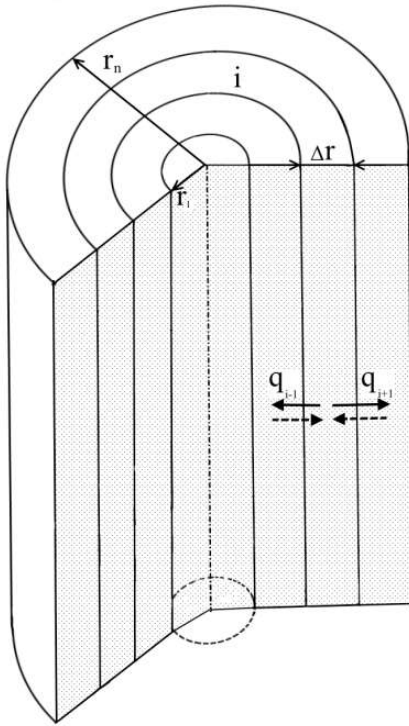


Рис. 1. Расчетная схема математической модели радиального теплопереноса в цилиндрическом бетонном элементе

Изменение температурных полей в колонне связано с изменением векторов теплоты, которое описывается при помощи следующих балансовых соотношений:

$$Q_i^{k+1} = Q_i^k + q_{i-1}^k + q_{i+1}^k \text{ для } i = \overline{2, (n-1)}; \quad (3)$$

$$Q_i^{k+1} = Q_i^k + q_{i+1}^k \text{ для } i = 1; \quad (4)$$

$$Q_i^{k+1} = Q_i^k + q_{i-1}^k + q_s^k \text{ для } i = n, \quad (5)$$

где q_s^k – количество теплоты, получаемое колонной через внешнюю поверхность в результате межфазного теплообмена за один (k -й) рекуррентный расчетный шаг.

Кинетика внешнего теплообмена бетонного элемента с окружающей средой описывается с использованием критериев, рассчитываемых по следующим соотношениям [6]:

$$Nu = 2,0 + 0,6 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re_p^{0,5}, \quad (6)$$

где Nu – числа Нуссельта; Re – число Рейнольдса; Pr – число Прандтля [6-7].

Коэффициент внешнего теплообмена колонна-среда α рассчитывается как [6-7]:

$$\alpha = Nu \cdot \lambda / (2 \cdot r_n). \quad (7)$$

Таким образом,

$$q_s^k = -\alpha \cdot (T_n^k - T_s) (2\pi r_n L) \frac{\Delta t}{dr}. \quad (8)$$

Соотношения (6)–(8) позволяют идентифицировать параметры предложенной модели (3)–(5), описывающей тепловой баланс в элементе конструкции.

Результаты и обсуждение

На рис. 2–3 представлены результаты численного исследования прогрева бетонной колонны при наружной температуре 800 °С. Радиус колонны представлен $n=10$ ячеек с $\Delta x=2$ см. На рис. 2 показана кинетика теплового процесса в трех ячейках колонны (на оси, на внешней поверхности и на расстоянии равном половине радиуса). Очевидно, что к моменту времени 225 мин все тело колонны достигает температуры источника, хотя отдельные зоны, расположенные на разном расстоянии от оси колонны подвергаются воздействию высокой температуры в разное время.

На рис. 3 представлены распределения температур вдоль радиуса колонны в различные моменты времени (задача решена в одномерной постановке). Полученные распределения также характеризуют колонну как объект с пространственно неоднородными и нестационарными характеристиками.

Полученные результаты вычислительных экспериментов являются качественно непротиворечивыми и соответствуют априорным знаниям о нестационарных тепловых процессах строительной теплотехники. Таким образом, разработанная математическая модель может быть рассмотрена как научно обоснованная база для построения методик расчета тепловых полей в строительных конструкциях при воздействии на них высоких температур.

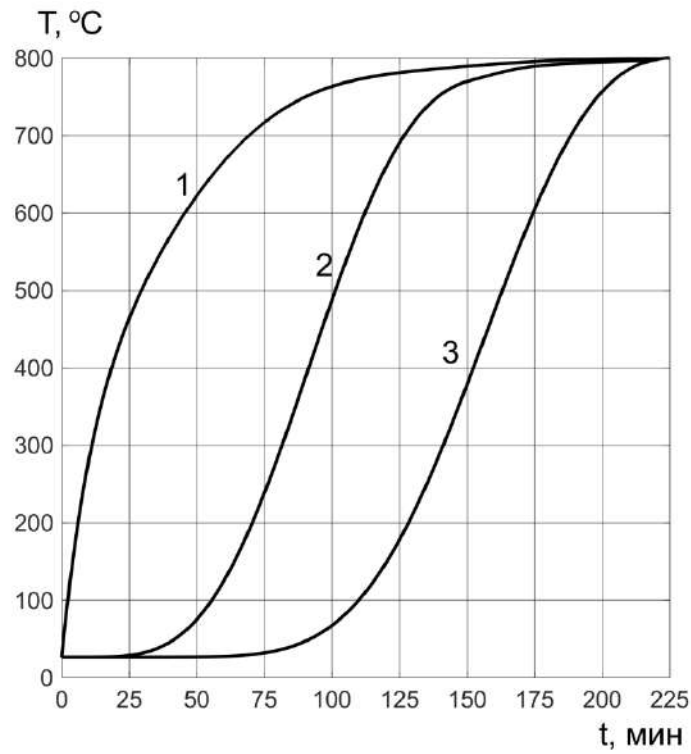


Рис. 2. Изменение температуры бетона со временем в различных точках колонны: 1 – температура поверхности, 2 – на расстоянии 10 см от поверхности, 3 – на оси колонны

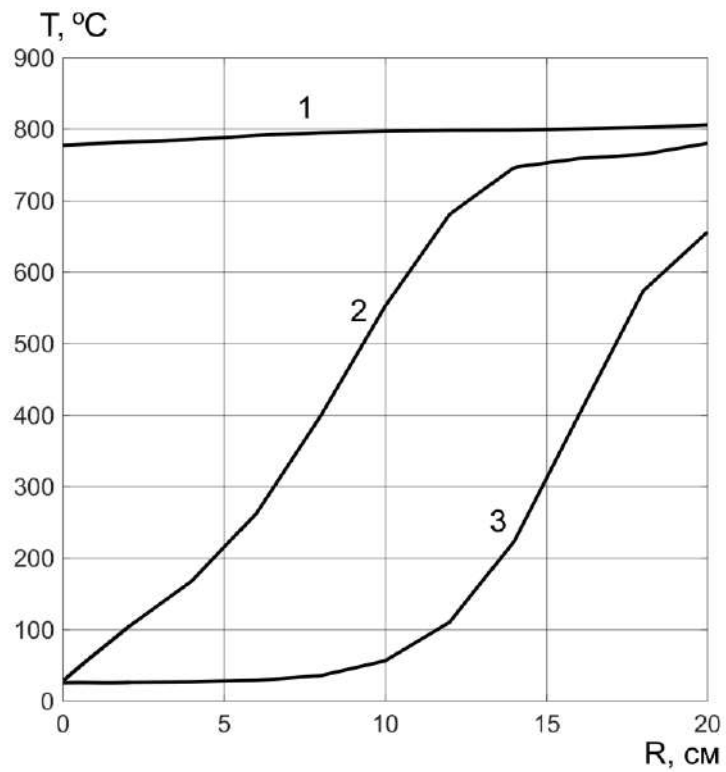


Рис. 3. Распределение температуры вдоль радиуса колонны в различные моменты времени: 1 – к моменту времени 220 мин, 2 – к моменту времени 120 мин, 3 – к моменту времени 60 мин

Заключение

Воздействие высоких температур на бетонные и железобетонные элементы конструкций вызывает снижение их несущей способности. В ряде случаев результат этих воздействий может быть необратимым, так как происходит разрушение структуры затвердевшего цементного теста. Однако без надежных моделей прогноза температурного поля внутри конструкции и продолжительности воздействия температуры сделать вывод о возможности дальнейшей эксплуатации можно лишь после экспериментального исследования. Наличие инструментов предсказательной аналитики в этом вопросе позволит облегчить поиск ответа о перспективах продолжения жизненного цикла конструкции.

В работе предложена одномерная математическая модель прогрева цилиндриче-

ской бетонной колонны при воздействии на нее высоких температур. Расчетная схема модели отвечает разностной формулировке закона теплопроводности Фурье, поэтому результаты вычислительных экспериментов находятся в качественном соответствии с теорией тепловых процессов. На основе разработанной математической модели возможно в дальнейшем построить расчетный метод химической деградации цементного камня. Сформированная таким образом аналитическая модель, позволит обобщить на единой основе данные обследования поврежденных конструкций, выполнить параметрическую идентификацию и построить компьютерный метод поддержки принятия решений при повреждении бетонных конструкций высокими температурами.

Список литературы

1. Милованов А. Ф. Железобетонные температуростойкие конструкции. М.: Издательство НИИЖБ, 2005. 234 с.
2. Работа и разрушение бетона в условиях высокой и низкой температуры / А. А. Парфенов, О. А. Сивакова, О. А. Гусарь [и др.] // Строительные материалы. 2019. № 3. С. 64–67. DOI 10.31659/0585-430X-2019-768-3-64-66.
3. Милованов А. Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. М.: Стройиздат, 1998. 304 с.
4. Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций / В. С. Федоров, В. Е. Левитский, И. С. Молчадский [и др.]. М.: АСВ, 2009. 410 с.
5. Ильин Н. А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1979. 128 с.
6. Bird R. B., Steward W. E., Lightfoot E. N. Transport Phenomena. NY.: John Wiley & Sons, Inc., 2002. 560 p.
7. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. I. / Под ред. Г. М. Островского. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. 848 с.

References

1. Milovanov A. F. *Zhelezobetonnye temperaturostoikiye konstruksii* [Reinforced concrete heat-resistant constructions]. M.: NIIZhB. 2005. 234 p.
2. Rabota i razrusheniye betona v usloviyakh vysokoy i nizkoy temperatury [Work and destruction of concrete in conditions of high and low temperature] / A. A. Parfenov, O. A. Sivakova, O. A. Gusar' [et al.]. *Stroitel'nyye materialy*, 2019, issue 3, pp. 64–67.
3. Milovanov A. F. *Stoikost' zhelezobetonnykh konstruksii pri pozhare* [Resistance of reinforced concrete structures in case of fire]. M.: Stroyizdat, 1998. 304 p.
4. *Ognestoikost' i pozharnaya opasnost' stroitel'nykh konstruksii* [Fire resistance and fire hazard of building constructions] / V. S. Fedorov, V. E. Levitskii, I. S. Molchadskii [et al.]. M.: ASV, 2009. 410 p.
5. Il'in N. A. *Posledstviya ognevogo vozdeistviya na zhelezobetonnye konstruksii* [The effects of fire exposure for concrete constructions]. M.: Stroyizdat, 1979. 128 p.
6. Bird R. B., Steward W. E., Lightfoot E. N. Transport Phenomena. NY.: John Wiley & Sons, Inc., 2002. 560 p.
7. *Novyy spravochnik khimika i tekhnologa. Protsessy i apparaty khimicheskikh tekhnologiy. Ch. I.* / Pod red. G. M. Ostrovskogo [The new handbook of chemist and technologist. Processes and apparatuses of chemical technologies. Ch. I.]. SPb.: ANO NPO «Professional», 2004. 848 p.

Румянцева Варвара Евгеньевна

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

профессор кафедры естественнонаучных дисциплин

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,

Российская Федерация, г. Иваново

директор Института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук,

зав. кафедрой естественных наук и техносферной безопасности

E-mail: varrym@gmail.com

Rumyantseva Varvara Evgenievna

doctor of technical sciences, professor, corresponding member of the RAACS

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

professor of the department of natural sciences

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Polytechnic

University»,

Russian Federation, Ivanovo

director of the Institute of information technology, natural sciences and humanities, head of the department

of natural sciences and technosphere safety

E-mail: varrym@gmail.com

Огурцов Валерий Альбертович

доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,

Российская Федерация, г. Иваново

профессор кафедры архитектуры и строительных материалов

E-mail: ogurtzovvawork@mail.ru

Ogurtsov Valery Albertovich

doctor of technical sciences, professor

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Polytechnic

University»,

Russian Federation, Ivanovo

Professor of the Department of Architecture and Building Materials

E-mail: ogurtzovvawork@mail.ru

Митрофанов Андрей Васильевич

доктор технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»,

Российская Федерация, г. Иваново

профессор кафедры прикладной математики

E-mail: and2mit@mail.ru

Mitrofanov Andrey Vasilyevich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Power Engineering

University»,

Russian Federation, Ivanovo

Professor of the Department of Applied Mathematics

E-mail: and2mit@mail.ru

Огурцов Антон Валерьевич

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»,

Российская Федерация, г. Иваново

доцент кафедры прикладной математики

E-mail: ogurtsovav@mail.ru

Ogurtsov Anton Valerievich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Power Engineering University»,

Russian Federation, Ivanovo

Associate Professor of the Department of Applied Mathematics

E-mail: ogurtsovav@mail.ru

Шпейнова Наталия Сергеевна

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»,

Российская Федерация, г. Иваново

аспирант кафедры прикладной математики

E-mail: shpejnova@mail.ru

Natalia Sergeevna Shpeynova

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Power Engineering University»,

Russian Federation, Ivanovo

Postgraduate student of Applied Mathematics Department

E-mail: shpejnova@mail.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 (экспликации) 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.

Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Современные проблемы гражданской защиты»,
тел.: (4932) 93-08-00 доб. 15-60; e-mail: journal@edufire37.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
№ 1 (46), 2023

16+

Дата выхода в свет 30.03.2023 г. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Формат 60 × 90 1/8. Усл. печ. л. 18,88. Тираж 100 экз.
Заказ № 86. 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