

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 (50), 2024



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, зарубежные страны.

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)

Никифоров Александр Леонидович, доктор технических наук, старший научный сотрудник

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Научный редактор:

Ульев Дмитрий Андреевич, кандидат технических наук, доцент,

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 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 отделения УНК ПиПАСР 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)

Баусов Алексей Михайлович – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») 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, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, главный научный сотрудник, профессор кафедры технологии керамики и электрохимических производств 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)

Горинова 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, доцент, профессор кафедры 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, директор Регионального учебно-методического центра 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)

Овчинников Александр Александрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

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)

Соколов Александр Михайлович – д-р техн. наук, доцент, советник РААСН, профессор кафедры высоковольтной электроэнергетики, электротехники и электрофизики ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (Россия, г. Иваново)

Степанов Сергей Гаврилович – 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)

Телличено Валерий Иванович – д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик РААСН, президент ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский 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 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 27.03.2024 г. Формат 60x90 1/8. Усл. печ. л. 16,6. Тираж 100 экз. Заказ № 181.

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

© Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, 2024

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

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

Бушуева М. А., Степанова С. М., Горинова С. В. Оценка уровня информационной и инвестиционной составляющих экономической безопасности в экосистеме региональной экономики.....	5
Bushueva M. A., Stepanova S. M., Gorinova S. V. Assessment of the level of information and investment components of economic security in the ecosystem of the regional economy	5
Данилов П. В., Кокурин А. К., Дашевский А. Р., Горский В. Е. Система поддержки принятия управленческих решений при авариях с выбросом (разливом) аварийно химически опасных веществ.....	11
Danilov P. V., Kokurin A. K., Dashevskij A. R., Gorskiy V. E. Management decision support system in the event of accidents involving the release (spill) of chemically hazardous substances	11
Джафарова А. А. Методика идентификации модели управления эффективностью эвакуации из учреждений клубного типа	21
Dzhafarova A. A. Methodology for identifying a model for managing the effectiveness of evacuation from club-type institutions	21
Ермилов А. В., Никишов С. Н., Кузнецов А. В., Бубнов А. Г. Поддержка принятия управленческих решений выбора оптимальной боевой позиции лафетного ствола с осциллятором	30
Ermilov A. V., Nikishov S. N., Kuznetsov A. V., Bubnov A. G. Management decision support for choosing the optimal combat position of the carriage barrel with an oscillator	30
Колеров Д. А., Куватов В. И. Математическая модель и алгоритм поддержки принятия решений при обнаружении судов терпящих бедствие	37
Kolerov D. A., Kyvatov V. I. Mathematical model and algorithm for supporting decision making when detecting vessels in distress	37
Сараев И. В., Семенов А. Д., Кнутов М. С., Жигалова Д. А. Анализ основных нормативных правовых актов в области системы управления материально-техническим обеспечением МЧС России.....	44
Saraev I. V., Semenov A. D., Knutov M. S., Zhigalova D. A. Analysis of the main regulative legal acts in the field of the management system material and technical support of the EMERCOM of Russia system....	44
Хабибулин Р. Ш., Кадиев Ш. К. Анализ информационных ресурсов и программных средств для предупреждения и ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций	50
Habibulin R. Sh., Kadiev Sh. K. Analysis of information resources and software tools for the prevention and elimination of fires and emergencies	50

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
FIRE SAFETY (TECHNICAL)

Буцынская Т. А., Членов А. Н. Выбор вида автоматической установки пожаротушения на основе функции полезности Харрингтона-Менчера.....	57
Butcinskaya T. A., Chlenov A. N. Selection of the type of automatic fire extinguishing installation based on the Harrington-Mencher utility function.....	57
Кузьмина Н. Н., Циркина О. Г. Экологический аспект придания текстильным материалам огнезащитных свойств.....	65
Kuzmina N. N., Tsirkina O. G. Ecological aspect of giving textile materials flame retardant properties.....	65
Мансуров Т. Х. Исследование процесса интумесценции огнезащитного кабельного покрытия на водной основе	76
Mansurov T. H. Study of the intumescence process of water-based fire retardant cable coating.....	76
Новичкова Н. Ю., Легкова И. А., Ульева С. Н., Бубнов А. Г. Пожарные рукава – требования по производству, эксплуатации и хранению. Мировой опыт	84
Novichkova N. Yu., Legkova I. A., Ulyeva S. N., Bubnov A. G. Fire hoses – requirements for production, operation and storage: world experience	84

Попов В. И., Песикин А. Н., Пуганов М. В., Салихова А. Х. Открытые автостоянки: проблемы обеспечения пожарной безопасности.....	92
Popov V. I., Pesikin A. N., Puganov M. V., Salihova A. H. Open parking lots: problems of fire safety	92
Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А., Лазарев А. А. Методологические основы категорирования объектов надзора в целях организации надзорно-профилактической деятельности	99
Storonkina O. E., Mochalova T. A., Lazarev A. A. Methodological basis for categorizing objects of supervision for the purposes of organizing supervision and preventive activities.....	99
Топоров А. В., Киселев В. В., Кротова Н. А. Улучшение рабочих характеристик ручного немеханизированного пожарного инструмента	107
Torogov A. V., Kiselev V. V., Kropotova N. A. Improving the performance of manual non-mechanized fire fighting tools.....	107

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND FACILITIES (TECHNICAL)**

Чубучный Н. Ю., Кирьян А. П. Нормативные основы признания строения аварийным.....	114
Chubuchny N. Y., Kiryan A. P. Regulatory framework for recognizing the structure as an emergency	114

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

Румянцева В. Е., Строкин К. Б., Гальцев А. А., Коновалова В. С. Скорость коррозии стальной арматуры в бетоне с гидрофобной добавкой стеарата кальция в условиях воздействия микроорганизмов	119
Rumyantseva V. E., Strokin K. B., Gal'tsev A. A., Konovalova V. S. Corrosion rate of steel reinforcement in concrete with hydrophobic addition of calcium stearate under the influence of microorganisms	119

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

УДК 332.05:338.1

**ОЦЕНКА УРОВНЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ
И ИНВЕСТИЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В ЭКОСИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ**

М. А. БУШУЕВА¹, С. М. СТЕПАНОВА¹, С. В. ГОРИНОВА²

¹ Ивановский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова,
Российская Федерация, г. Иваново,

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

E-mail: Bush.mar@yandex.ru, Stepanova.swet@yandex.ru, s.v.gorinova@mail.ru

Проведенное исследование посвящено уточнению комплекса показателей для оценки состояния экосистемы региональной экономики. В целях принятия эффективных и своевременных управленческих решений по корректировке стратегии развития региона, выбора приоритетных целевых программ необходимо учитывать факторы цифрового развития в комплексе с инвестиционной привлекательностью. Проведенный экспертный опрос подтвердил это требование.

Для оценки уровня инвестиционной и информационной составляющих экономической безопасности Ивановской области и смежных с ней регионов была предложена методика, основанная на изучении статистических данных и проведена стратификация близлежащих регионов с применением критериальной шкалы интегрального показателя. Практическая применимость результатов исследования заключается в информационном обеспечении управленческих решений в отношении устойчивого развития и экономической безопасности Ивановской области.

Ключевые слова: экосистема региональной экономики, устойчивое развитие, экономическая безопасность, цифровизация, инвестиционная привлекательность.

**ASSESSMENT OF THE LEVEL OF INFORMATION AND INVESTMENT COMPONENTS
OF ECONOMIC SECURITY IN THE ECOSYSTEM OF THE REGIONAL ECONOMY**

M. A. BUSHUEVA¹, S. M. STEPANOVA¹, S. V. GORINOVA²

¹ Federal State Educational Institution of Higher Education «Plekhanov Russian University of Economics»
Russian Federation, Ivanovo

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: Bush.mar@yandex.ru, Stepanova.swet@yandex.ru, s.v.gorinova@mail.ru

The conducted research is devoted to the refinement of a set of indicators for assessing the state of the ecosystem of the regional economy. In order to make effective and timely management decisions on adjusting the development strategy of the region, choosing priority target programs, it is necessary to take into account the factors of digital development in combination with investment attractiveness. An expert survey confirmed this requirement.

To assess the level of investment and information components of the economic security of the Ivanovo region and adjacent regions, a methodology based on the study of statistical data was proposed and stratification of nearby regions was carried out using the criterion scale of the integral indicator. The practical applicability of the research results lies in the information support of management decisions regarding sustainable development and economic security of the Ivanovo region.

Keywords: ecosystem of the regional economy, sustainable development

Экономическая безопасность играет важную роль в экосистеме экономики региона, способствуя созданию и поддержанию стабильной экономической ситуации, снижая риски и повышая привлекательность инвестиций, формируя благоприятные условия для развития бизнеса и создания рабочих мест, обеспечивая последовательность и предсказуемость функционирования правового поля, доступность финансовых ресурсов, успешность работы предприятий малого и среднего бизнеса [1]. Региональная экономика в рамках парадигмы цифрового развития рассматривается как региональная экосистема, включающая в себя взаимосвязанные элементы, которые постоянно взаимодействуют и взаимно усиливают друг друга [2].

Проведенный экспертный опрос показал, что наиболее значимыми в обеспечении экономической безопасности экосистемы региональной экономики в настоящее время считаются информационная (вес 0,24) и инвестиционная (вес 0,23) составляющие (в числе ранжируемых были указаны также финансовая, материальная, социально-трудовая, информационная и инвестиционная составляющие).

Актуальность именно этих составляющих экономической безопасности вполне объяснима, поскольку корректная и своевременная информация является фундаментальным элементом принятия эффективных экономических решений и разработки стратегий развития региона. В условиях активно протекающих цифровых трансформаций это позволяет региону адаптироваться к изменяющейся среде и противостоять возникающим угрозам, а также принимать обоснованные решения для обеспечения экономической стабильности и безопасности. Привлечение же инвестиций является одним из ключевых факторов развития экосистемы региональной экономики. Высокий инвестиционный потенциал региона позволяет стимулировать его экономику, создавать новые рабочие места, развивать инфраструктуру, повышать уровень жизни населения.

Инвестиционная и информационная составляющие экономической безопасности тесно взаимосвязаны между собой. Информационная составляющая является основой для инвестиционных решений, поскольку качественная информация позволяет потенциальным инвесторам оценить риски, выгоду и перспективы инвестиций в регион. Инвестиции, в свою очередь, являются источником финансовых и технологических ресурсов для развития информационной инфраструктуры и улучшения доступности информации для всех участников экосистемы региональной экономики [3].

Оценка уровня инвестиционной и информационной составляющих экономической безопасности Ивановской области и смежных с ней регионов была проведена на основе опубликованных статистических данных за 2021 год¹. Методика оценки содержала следующие этапы:

- 1) выбор необходимого и достаточного перечня показателей для проведения оценки;
- 2) формирование статистической базы данных;
- 3) приведение показателей, задействованных в оценке, в сопоставимый вид (на основе техники нормирования данных);
- 4) расчет интегрального показателя оценки уровня экономической безопасности региона по выбранной составляющей;
- 5) интерпретация значения интегрального показателя и определение уровня выбранной составляющей экономической безопасности региона.

Предложенная методика является универсальной, так как позволяет стратифицировать исследуемые региональные экономические экосистемы по уровню составляющих экономической безопасности вне зависимости от того, какие регионы и в каком количестве участвуют в исследовании, поскольку при расчете нормированного показателя максимальным методом выбираются максимальные и минимальные значения среди всех регионов РФ.

При проведении исследования был использован метод сопоставления с минимальными и максимальными значениями по всем частным показателям (максиминный метод), который предполагает расчет нормированного показателя следующим образом:

$$Z_i = (X_{\text{факт}} - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}),$$

где Z_i – нормированное значение показателя;
 X_{max} – максимальное значение среди всех регионов РФ;
 X_{min} – минимальное значение среди всех регионов РФ;
 $X_{\text{факт}}$ – фактическое значение.

Полученные нормированные значения находились в диапазоне от 0 до 1. При использовании данного подхода был сохранен разброс значений показателей, т.е. характер различий исследуемых объектов по отдельным показателям отражен абсолютно адекватно, а также исключено чрезмерное влияние одного (любого) частного показателя на интегральный показатель.

¹ Регионы России. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 12.11.2023).

Для оценки информационной составляющей экономической безопасности региона были отобраны следующие показатели:

1) удельный вес домашних хозяйств, имевших широкополосный доступ к сети Интернет (Z1);

2) доля населения в возрасте 15 лет и старше, использовавшего сеть Интернет для заказа товаров и/или услуг (Z2);

3) население в возрасте 15–72 лет, использующее сеть Интернет для получения государственных и муниципальных услуг (%) (Z3);

4) население, использующее средства защиты информации (%) (Z4);

5) использование широкополосного доступа сети Интернет в организациях (%) (Z5);

6) организации, использующие сеть Интернет в коммерческих целях (%) (Z6);

7) организации, имевшие веб-сайты (%) (Z7);

8) организации, использующие антивирусные программы (%) (Z8).

Результаты, полученные по каждому показателю из числа отобранных для оценки, были обработаны и представлены в сравнимом виде (см. табл.1).

Таблица 1. Удельный вес домашних хозяйств, имевших широкополосный доступ к сети Интернет

Субъект	Xфакт	Xmax	Xmin	Z1
Владимирская область	80,9	98,4	69,5	0,39
Ивановская область	72,1	98,4	69,5	0,09
Костромская область	75,3	98,4	69,5	0,20
Нижегородская область	78,7	98,4	69,5	0,32
Ярославская область	75,3	98,4	69,5	0,20

Подобные данные получены по всем выбранным показателям (Z1-Z8) и тоже представлены в сопоставимом виде. Интегральный показатель рассчитан по формуле средневзвешенной величины. На основании результатов расчета нормированных и интегрального показателей информационной составляющей экономической безопасности, приведенных в табл. 2, оценены позиции регионов с точки зрения их лидирования или отставания.

Таблица 2. Интегральный уровень информационной составляющей экономической безопасности регионов

Субъект	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Интегральный показатель	Ранг
Владимирская область	0,39	1	0,66	0,78	0,80	0,88	0,64	0,76	0,74	1
Ивановская область	0,09	0,40	0,88	0,52	0,68	0,78	0,57	0,70	0,58	4
Костромская область	0,20	0,48	0,42	0,72	0,22	0,71	0,35	0,40	0,44	5
Нижегородская область	0,32	0,60	0,74	0,55	0,77	0,94	0,78	0,74	0,68	2
Ярославская область	0,20	0,51	0,79	0,61	0,65	0,96	0,70	0,65	0,63	3

Наиболее высокий уровень таких показателей информационной составляющей экономической безопасности, как удельный вес домашних хозяйств, имевших широкополосный доступ к сети Интернет (Z1), доля населения в возрасте 15 лет и старше, использовавшего сеть Интернет для заказа товаров и/или услуг (Z2), население, использующее средства защиты информации (Z4), использование широкополосного доступа сети Интернет в организациях (Z5), организации, использующие антивирусные программы (Z8), был достигнут во Владимирской области. Ярославская область показала наилучшие результаты по уровню использования населением сети Интернет для получения государственных и муниципальных услуг (Z3) и по уровню использования организациями сети Интернет в коммерческих целях (Z6), а Нижегородская область – по уровню использования организациями веб-сайтов (Z7).

Ивановская область продемонстрировала наихудшие результаты по состоянию таких показателей, как удельный вес домашних хозяйств, имевших широкополосный доступ к сети Интернет (Z1); доля населения в возрасте 15 лет и старше, использовавшего сеть Интернет для заказа товаров и/или услуг (Z2); население, использующее средства защиты информации (Z4). По остальным показателям отстающей стала Костромская область.

Ранжирование исследуемых регионов по уровню информационной составляющей экономической безопасности позволило выявить лидирующие позиции Владимирской области и заметное отставание Ивановской и Костромской областей.

Интерпретация значений интегрального показателя на основе критериальной шкалы представлена в табл. 3.

Таблица 3. Интерпретация пороговых значений интегральной оценки уровня информационной составляющей экономической безопасности региона

Границы области	Уровень экономической безопасности региона	Регион
0,00-0,33	Низкий уровень	-
0,34-0,66	Средний уровень	Костромская область Ивановская область Ярославская область
0,67-1,00	Высокий уровень	Владимирская область Нижегородская область

Интерпретация пороговых значений интегральной оценки по трем обозначенным стратам показала средний уровень информационной составляющей экономической безопасности региона в Костромской, Ивановской и Ярославской областях и высокий уровень экономической безопасности во Владимирской и Нижегородской областях, однако последняя находится практически в пограничном состоянии между высоким и средним уровнями информационной безопасности.

Для оценки инвестиционной составляющей экономической безопасности региона были отобраны следующие показатели:

- 1) Инвестиции на душу населения (Z1);
- 2) Инвестиции в основной капитал к ВРП (Z2);
- 3) Рентабельность инвестиций (Z3);

4) Удельный вес собственных источников финансирования (Z4);

5) Отношение внутренних затрат на НИОКР к ВРП (Z5);

6) Коэффициент обновления основных фондов (Z6);

7) Коэффициент годности основных фондов (Z7).

Расчет нормированных показателей на основе данных, отобранных для оценки, а также формирование интегрального показателя инвестиционной составляющей экономической безопасности региона были произведены аналогично расчетам информационной составляющей (табл.4).

Интерпретация значений интегрального показателя инвестиционной составляющей экономической безопасности регионов представлена в табл. 5.

Таблица 4. Интегральный уровень инвестиционной составляющей экономической безопасности регионов

Регион	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Интегральный показатель	Ранг
Владимирская область	0,02	0,20	0,27	0,52	0,08	0,27	0,47	0,26	2-3
Ивановская область	0,00	0,23	0,08	0,43	0,04	0,11	0,46	0,19	5
Костромская область	0,02	0,33	0,12	0,44	0,01	0,12	0,40	0,20	4
Нижегородская область	0,05	0,44	0,19	0,76	0,65	0,33	0,37	0,40	1
Ярославская область	0,03	0,27	0,15	0,66	0,18	0,19	0,37	0,26	2-3

Таблица 5. Интерпретация пороговых значений интегральной оценки уровня инвестиционной составляющей экономической безопасности регионов

Границы области	Уровень экономической безопасности региона	Регион
0,00-0,33	Низкий уровень	Ивановская область Костромская область Ярославская область Владимирская область
0,34-0,66	Средний уровень	Нижегородская область
0,67-1,00	Высокий уровень	-

Интерпретация пороговых значений интегральной оценки по выделенным стратам показала отсутствие среди исследуемых объектов регионов с высоким уровнем инвестиционной составляющей экономической безопасности. Ивановская, Костромская, Ярославская

и Владимирская области продемонстрировали низкий уровень инвестиционной составляющей экономической безопасности (значения интегрального показателя не превышают 0,33). Лидирующую позицию среди изучаемых регионов по данному показателю занимает Нижегород-

ская область. Она попала в страту со средним уровнем инвестиционной безопасности, однако и ее уровень инвестиционной составляющей экономической безопасности не превышает 0,40.

Если выявленный уровень информационной составляющей экономической безопасности Ивановской области является средним, то по уровню инвестиционной безопасности Ивановская область, к сожалению, не только попала в страту низкого уровня, но и продемонстрировала наихудший результат среди соседних регионов. Вновь подтвержденный низкий уровень инвестиционной привлека-

тельности Ивановской области [5] требует незамедлительного реагирования управленческого аппарата на угрозы экономической стабильности.

Представленные в работе результаты оценки инвестиционной и информационной составляющих могут быть использованы на различных уровнях управления. Так, например, при корректировке стратегии развития региона, выбора приоритетных целевых программ для обеспечения устойчивого развития и экономической безопасности в экосистеме региональной экономики.

Список литературы

1. Кислая Т. Н. Теоретико-методологические подходы к управлению экономической безопасностью региона: монография. Чебоксары: ИД «Среда», 2021. 152 с. URL: <https://phsreda.com/e-articles/10298/Action10298-98975.pdf> (дата обращения: 14.11.2023).
2. Превращение экономики региона в экосистему в парадигме цифрового развития / М. А. Бушуева, Н. Н. Масюк, З. В. Брагина [и др.] // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2022. Т. 11. № 3 (40). С. 13–18.
3. Оценка уровня инвестиционной безопасности в регионах России / Э. О. Орлова, А. И. Метляхин, Н. А. Никитина [и др.] // World science: problems and innovations: сборник статей XLIII МНПК. В 2 ч. Ч. 2. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2020. С. 50–53. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2020/05/MK-806-2.pdf> (дата обращения: 12.11.2023).
4. Боровкова Н. В., Горинова С. В. Экономическая безопасность региона: организационно-управленческий аспект // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 4 (33). С. 5–13

References

1. Kislaya T. N. *Teoretiko-metodologicheskie podhody k upravleniyu ekonomicheskoy bezopasnost'yu regiona: monografiya* [Theoretical and methodological approaches to managing the economic security of the region: monograph]. Cheboksary: ID «Sreda», 2021, 152 p. URL: <https://phsreda.com/e-articles/10298/Action10298-98975.pdf> (accessed: 14.11.2023).
2. *Prevrashchenie ekonomiki regiona v ekosistemu v paradigme cifrovogo razvitiya* [Transformation of the region's economy into an ecosystem in the digital development paradigm] / M. A. Bushueva, N. N. Masyuk, Z. V. Bragina [et al.]. *Azimuth nauchnyh issledovaniy: ekonomika i upravlenie*, 2022, issue 1, vol. 3 (40), pp. 13–18.
3. *Ocenka urovnya investitsionnoy bezopasnosti v regionah Rossii* [Assessment of the level of investment security in the regions of Russia] / E. O. Orlova, A. I. Metlyakhin, N. A. Nikitina [et al.]. *World science: problems and innovations: sbornik statej XLIII MNPК*, vol. 2, Penza: MCNS «Nauka i Prosveshchenie», 2020, pp. 50–53. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2020/05/MK-806-2.pdf> (accessed: 12.11.2023).
4. Borovkova N. V., Gorinova S. V. *Ekonomicheskaya bezopasnost' regiona: organizacionno-upravlencheskij aspekt* [Economic security of the region: organizational and managerial aspect]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2019, vol. 4 (33), pp. 5–13

Бушуева Марина Александровна

Ивановский филиал ФГБОУ ВО Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и прикладной информатики
E-mail: bush.mar@yandex.ru

Bushueva Marina Alexandrovna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Plekhanov Russian University of Economics»
Russian Federation, Ivanovo
candidate of economic sciences, associate professor at the department
of Economics and Applied Informatics
E-mail: bush.mar@yandex.ru

Степанова Светлана Михайловна

Ивановский филиал ФГБОУ ВО Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
Российская Федерация, г. Иваново
доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики и прикладной информатики
E-mail: stepos@mail.ru

Stepanova Svetlana Mikhailovna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Plekhanov Russian University of Economics»
Russian Federation, Ivanovo
doctor of economic sciences, associate professor, professor at the department of Economics and Applied
Informatics
E-mail stepanova.swet@yandex.ru

Горина Светлана Владимировна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры основ экономики
функционирования РСЧС
E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

Gorinova Svetlana Vladimirovna

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 economic sciences, Professor, professor at the department of fundamentals of economics
of functioning prevention and response system
E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

УДК 614.8

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ АВАРИЯХ С ВЫБРОСОМ (РАЗЛИВОМ) АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

П. В. ДАНИЛОВ, А. К. КОКУРИН, А. Р. ДАШЕВСКИЙ, В. Е. ГОРСКИЙ
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: kog@edufire37.ru

В статье исследуется необходимость совершенствования систем поддержки принятия решений с целью снижения вероятности ошибок руководителя ликвидации чрезвычайных ситуаций при определении количественного и качественного состава привлекаемых сил и средств, а также сокращения времени на принятие управленческих решений в условиях неопределённости факторов.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, аварийно химически опасные вещества, аварии.

MANAGEMENT DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE EVENT OF ACCIDENTS INVOLVING THE RELEASE (SPILL) OF CHEMICALLY HAZARDOUS SUBSTANCES

P. V. DANILOV, A. K. KOKURIN, A. R. DASHEVSKIJ, V. E. GORSKIJ
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: kog@edufire37.ru

The article examines the need to improve decision support systems in order to reduce the likelihood of errors by the emergency response manager when determining the quantitative and qualitative composition of the involved forces and means, as well as reducing the time for making management decisions in conditions of uncertainty of factors.

Key words: decision support, emergency chemical hazardous substances, accidents

Нагрузка на окружающую среду, увеличивающаяся из-за антропогенно-техногенной деятельности человека, всё чаще приводит к увеличению масштабов и негативных последствий чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС), сопровождающихся не только уничтожением материальных ценностей, но и жертвами среди населения.

В силу своей роли в экономике химическая отрасль, без сомнения, имеет важное значение в промышленности. Большое число предприятий химической направленности предопределяет и большую вероятность возникновения на них нештатных ситуаций, связанных с разгерметизацией и последующим разливом /аварийно-химически опасных веществ (далее – АХОВ) [1].

На территории России функционирует более 5000 предприятий химической промышленности: I класса опасности – 177 предприятий, II класса опасности – 443 предприятия, III класса опасности – 3630 предприятий, IV класса опасности – 1384 предприятия. Не менее 60 млн. человек проживает в зонах потенциального химического заражения [2]. Поэтому любая ЧС на подобных объектах чревата катастрофой, имеющей не только экологические и экономические, но и социально-демографические и политические последствия.

В соответствии с указом Президента РФ¹ «...47. Достижение целей обеспечения государственной и общественной безопасности осуществляется путем реализации госу-

© Данилов П. В., Кокурин А. К., Дашевский А. Р., Горский В. Е., 2024

¹ Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации».

дарственной политики, направленной на решение следующих задач:

...повышение уровня антитеррористической защищенности мест массового пребывания людей, объектов жизнеобеспечения населения, организаций оборонно-промышленного, атомного энергопромышленного, ядерного оружейного, химического, топливно-энергетического комплексов страны, объектов транспортной инфраструктуры, других критически важных и потенциально опасных объектов».

Процесс разработки и принятия управленческих решений в условиях неопределённости ЧС [3] характеризуется рядом сопутствующих неблагоприятных факторов:

- дефицит времени;
- недетерминированность процессов;
- наличие неполной и/или недостоверной информации;
- влияние субъективных факторов на анализ ситуации;
- сопутствующие опасные факторы;
- степень ответственности за личный состав и пр.

Цель исследования – разработка общего алгоритма процесса управления силами и средствами реагирующих подразделений МЧС России в условиях ЧС, который является основой информационно-управляющей системы.

Для этого проанализирована необходимость решения актуальной и практико-ориентированной задачи, заключающейся в разработке, апробации и внедрении систем поддержки принятия решений (далее – СППР) для снижения вероятности ошибок руководителя ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – РЛЧС).

В проведенных ранее исследованиях [4–11] отмечены разные подходы к проектированию СППР. Так, ряд авторов [4, 5, 7, 8] видят решение задачи в проектировании СППР, учитывающей влияние особенностей управления ликвидацией последствий аварийных и чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах и результаты оценки риска аварий на потенциально опасных объектах; с другой стороны, [6, 9, 10] предлагается создание СППР на основе прецедентного подхода, динамических моделей и на основе инженерии знаний. Как видно, исследователи с разных сторон подошли к проблеме создания СППР в условиях ЧС, однако по вполне объективным причинам охватить всё многообразие факторов и переменных нереально.

Таким образом, разработка формализованных процедур, лежащих в основе процесса принятия управленческих решений и служащих для минимизации негативных по-

следствий ЧС на химически опасных объектах посредством проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ необходима для оптимизации управленческого взаимодействия между субъектом и объектом управления.

Ниже приведены примеры наиболее резонансных ЧС на химически опасных объектах, которые со всей наглядностью иллюстрируют необходимость планомерной, системной работы по совершенствованию форм, средств, методов и технологий недопущения или минимизации подобных происшествий:

– 1976 г., г. Севезо (Италия) – авария на химическом заводе. В результате территория площадью более 18 км² оказалась зараженной диоксином. Пострадали более 1000 человек, отмечалась массовая гибель животных;

– 1984 г., г. Бхопал (Индия) – авария на химическом производстве (выброс 42 т метилизоцианата). Воздействию газов подверглись более 500 000 человек, от 3000 до 10 000 человек умерли в течение первых недель;

– 1988 г., г. Ярославль (СССР) – в результате железнодорожной катастрофы произошел разлив гептила. В зоне возможного поражения оказались около 3 тысяч человек;

– 1989 г., г. Ионава (Литва) – химическая авария на Ионавском заводе азотных удобрений. Около 7 тыс. т жидкого аммиака разлилось по территории завода, образовав озеро ядовитой жидкости с поверхностью около 10 тыс. м². Глубина распространения заражённого воздуха достигала 30 км. Погибли пять работников предприятия и 57 человек пострадали. Впоследствии один из пострадавших скончался в больнице. При тушении пожара погиб пожарный;

– 1991 г., Мексика – во время железнодорожной катастрофы с рельсов сошли 32 цистерны с жидким хлором. В атмосферу было выброшено около 300 тонн хлора. В зоне распространения заражённого воздуха получили поражения различной степени тяжести около 500 человек, из них 17 человек погибли на месте;

– 1993 г., г. Северск, Томская область – авария на Сибирском химическом комбинате. Пострадали 1946 человек.

Приведенные примеры дают представление о масштабности возможных последствий аварий на химически опасных объектах, тем самым подтверждая актуальность их предупреждения и ликвидации, защиты персонала и населения.

Очевидно, комплексное решение данной проблемы невозможно без изменения образовательной парадигмы в части, касающейся подготовки должностных лиц, осуществля-

ющих управленческие функции, т.е. РЛЧС. В систему подготовки среднего специального, высшего и дополнительного профессионального образования образовательных учреждений МЧС России были включены учебные дисциплины, имеющие непосредственно управленческий характер: «Менеджмент», «Теория управления», «Исследование систем управления». Позже к ним были добавлены специальные курсы «Управление в системе МЧС», «Тактика сил РСЧС и ГО», «Основы гражданской защиты», «Надежность технических систем и техногенный риск», «Надзор и контроль в сфере безопасности» и т.д.

Помимо внесения изменений в образовательную сферу обновление затронуло и систему гражданской обороны. Так, в соответствии с требованиями законодательства² регламентировалось повышение качества и эффективности её функционирования на основе комплексной автоматизации процессов управления.

Как было отмечено выше, имеющиеся неблагоприятные факторы препятствуют безошибочному принятию решений. Поэтому с целью минимизации вероятности принятия неверного управленческого решения РЛЧС всё чаще использует возможности систем поддержки принятия решений (далее – СППР), представляющие собой информационные системы, обеспечивающие руководителей различного звена той информацией, которая позволит принять более обоснованные управленческие решения [11, 12].

Разработка СППР подразумевает учёт особенностей процесса принятия решений, особенно при ликвидации быстроразвивающейся ЧС, например, при разливе АХОВ с образованием облака заражённого воздуха.

Выделяют [13] три основные функциональные компоненты СППР:

- базу данных, содержащую данные из различных источников
- базу моделей, состоящую из математических и аналитических моделей, которые используются для анализа сложных данных. Модель прогнозирует выходные данные на основе различных входных данных или условий, или определяет комбинацию условий и входных данных, которая требуется для получения желаемого результата;
- программную подсистему (в свою очередь, она состоит из трех подсистем: системы управления базой данных (СУБД, представляющую совокупность программных

средств общего или специального назначения, обеспечивающих управление созданием, манипулированием, и использованием баз данных), системы управления базой моделей (СУБМ – функциями системы являются классификация, организация и доступ к формам) и системы управления интерфейсом между пользователем и компьютером, то есть интерактивный графический интерфейс, который упрощает взаимодействие между СППР и его ЛПР. На рис. 1 представлена структура системы поддержки принятия решений.

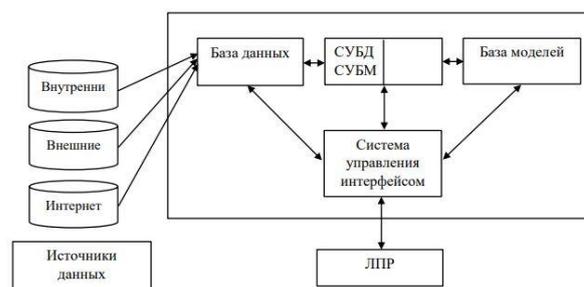


Рис. 1. Компоненты системы поддержки принятия решений

В СППР выделяют четыре этапа процесса подготовки и разработки управленческого решения [6, 10]:

- *интеллектуальный*, необходимый для определения всех факторов, ресурсов и пр., необходимых для объективной и всесторонней разработки решений (анализ ресурсной базы, т.е. информации о кадрах, информационно-техническом и материальном обеспечении), наличие информации об объекте, в отношении которого необходимо принять решение и пр.);
- *проектный* – на данном этапе происходит разработка и анализ возможных решений и альтернатив действий;
- *селективный* – один из ключевых этапов, на котором происходит выбор из множества разработанных альтернатив;
- *реализационный*. Применение параметров и ограничений выбранного решения для конкретных условий.

В целом, говоря об «идеальной» модели системы управления (отчасти к ней можно отнести и СППР), следует указать так называемые «входы», т.е. «сигналы», «события», «факты», «явления», которые приводят систему в «активное» состояние; говоря о СППР такими «входами» можно назвать «атрибуты», т.е. признаки, характеризующие определённое

² Постановление Правительства РФ от 18 апреля 1992 г. № 261 «О создании Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях» (утратило силу).

свойство исследуемого объекта или процесса, «факторы», т.е. источник воздействия, приводящий к изменению значений переменных системы³ и признаки, по которым описывается состояние объекта исследования. В то же время, «выходы» в СППР можно представить в виде анализа данных, являющихся основой как для формирования «проекта» решения, так и непосредственно для принятия самого управленческого решения [14].

«Мировой опыт, анализ методов повышения эффективности управления по критериям «стоимость-эффективность» показывает, что подход, основанный на автоматизированном применении специализированных методов поддержки принятия решений представляется самым перспективным направлением повышения качества управления. Это обуславливается тем, что при этом подходе повышается обоснованность и оперативность решений, при одновременном снижении уровня ошибок субъективности управления» [15]. Таким образом, вполне логично поставить знак равенства между СППР и АСППР (автоматизированная СППР).

Следовательно, в условиях быстро меняющейся оперативной обстановки, характеризующейся быстрыми изменениями в пространстве и времени при ликвидации ЧС процесс выбора оптимальной альтернативы достигается посредством автоматизации рутинных расчетных задач [16].

Поэтому задача, стоящая перед РЛЧС, – максимально быстро оценить всю совокупность воздействующих факторов и на их основе отдать приказ на ликвидацию ЧС. При этом стоит выделить ряд проблем, с которыми сталкивается РЛЧС:

- 1) одновременный учёт многих, часто противоречивых, факторов;
- 2) неопределённость, возникающая в условиях быстро меняющейся обстановки и влияющая на качество, полноту, достоверность информации о ЧС;
- 3) фактическое отсутствие времени для полноценной работы по разработке эффективного управленческого решения;
- 4) так называемый «информационный шум», либо иные технологические или технические сбои, в результате воздействия которых создаётся преграда для создания эффективных каналов коммуникации между реагирующими подразделениями;

5) «человеческий фактор», под которым подразумевают возможность принятия человеком решений, которые вследствие вышеупомянутых причин изначально являются ошибочными.

Именно поэтому внедрение автоматизированных информационно-управляющих систем, таких как СППР, позволяет минимизировать риск принятия «ошибочных» управленческих решений ЛПР [3, 15].

Одной из задач, стоящих перед РЛЧС, является определение количественного и качественного состава сил и средств, привлекаемых к ликвидации ЧС [3-6]. Но именно данная задача очень часто решается ошибочно. Не акцентируя внимания на «человеческом факторе», стоит отметить, что принятие «грамотного», эффективного управленческого решения с одновременным учётом быстро меняющихся данных и с их увеличением в течение ЧС и во время ликвидации последствий ЧС имеет прямую зависимость от временного фактора: чем сложнее и противоречивее данные о негативном влиянии ЧС, тем меньше времени на реагирование.

Для снижения вероятности принятия ошибочных решений полагаем целесообразным более активно внедрять в деятельность реагирующих подразделений МЧС России и использовать интеллектуальные СППР, т.е. те базы данных, в которых содержатся подробные, объективные данные о произошедших аналогичных ЧС, и которые, в свою очередь, могут явиться основой разработки примерного алгоритма действий в случае наличия «схожих» факторов ЧС.

Особое место в работе РЛЧС занимает управление силами и средствами при возникновении ЧС на опасных производственных объектах, в том числе в химической промышленности, например, в ситуации, связанной с авариями с выбросом (разливом) аварийно химически опасных веществ [4].

К сожалению, во многих подразделениях МЧС России расчёты по оценке обстановки на месте ЧС (химического, биологического, радиационного и пр.) по-прежнему производятся вручную; информация содержится в виде таблиц, топографических картах на бумажном носителе. Всё это, помимо снижения оперативности расчётов с учётом вышеуказанных факторов, приводит и к увеличению числа ошибок в результатах, сделанных вручную [4–8].

Этим обстоятельством можно объяснить необходимость внедрения АСППР, которые не только включают в себя различные базы данных, но и обладают соответствующими сервисами, инструментарием, которые позволяют учесть различные условия, факторы опе-

³ Так, в факторном анализе фактор – линейная суперпозиция переменных, которые сильно коррелируют между собой, при том что сами факторы не коррелируют. Это позволяет строить на их основе более устойчивые и интерпретируемые аналитические модели.

ративной обстановки на месте ЧС, вызванных разливом АХОВ, что позволит «освободить» РЛЧС от рутинной работы и поднимет эффективность их деятельности в процессе разработки и принятия взвешенных, обоснованных управленческих решений.

Поэтому разработка автоматизированных СППР (АСППР), позволяющих не только осуществлять прогноз и создавать модель процесса развития ЧС с выбросом АХОВ, но и производить расчёт количественного и качественного заедствования сил и средств реагирующих подразделений МЧС России – действительно, актуальная задача, имеющая большую практическую значимость.

Однако, при разработке соответствующих АСППР, помимо учёта вышеуказанных факторов, переменных, которые влияют на характер управленческого решения, необходимо учитывать физико-химические свойства АХОВ, что позволит из множества альтернативных вариантов выбрать наиболее оптимальный, удовлетворяющий именно данной ЧС:

- 1) способность образовывать зоны химического заражения за счёт переноса на большие расстояния вследствие энергии приземного воздуха, а также за счёт вертикальных его потоков, направление которых характеризуется степенью вертикальной устойчивости атмосферы (инверсия, изотермия, конвекция);
- 2) проникающая способность воздуха, заражённого АХОВ, заполнять помещения;
- 3) различия АХОВ по поражающим факторам. Как следствие, это вызывает необходимость применения широкого спектра номенклатуры обеззараживающих веществ для ликвидации последствий ЧС;
- 4) устойчивость АХОВ к окружающей среде и способность оказывать токсическое воздействие как прямым (т.е. непосредственно на биотические объекты), так и косвенным способом (например, при употреблении воды и продуктов).

Важным фактором для расчётов, который необходимо учесть, является особенность транспортировки АХОВ – так, в соответствии с нормативно-правовыми актами Российской Федерации и соответствующих федеральных органов исполнительной власти в сфере обеспечения промышленной безопасности (например, Ростехнадзора) переработка и транспортировка АХОВ осуществляется, когда вещество находится в жидком агрегатном состоя-

нии, а хранение – под высоким давлением. Так как разгерметизация ёмкости с АХОВ вначале вызывает резкое снижение давления до атмосферного и, как следствие, приводит к его вскипанию и выбросу, образуя облако заражённого воздуха (первичное облако), которое, в свою очередь, за счёт вертикальных потоков может образовать обширную зону заражения. Затем происходит конденсация АХОВ и гравитационные силы приводят к оседанию веществ на поверхность земли в виде капель (вторичное облако) [4].

Вследствие этого уменьшение негативных последствий ЧС на химически опасных объектах зависит, в первую очередь, от своевременности принятия управленческих решений, которая обусловлена объективной оценкой численных значений поражающих факторов ЧС [4–6, 8–11].

В этом случае ресурсы АСППР нацелены на предоставление ЛПР определённого числа возможных альтернатив (обоснованных вариантов), выбор которой будет зависеть как от профессионализма РЛЧС, так и от оперативной обстановки на месте ЧС в динамике.

Именно поэтому одним из приоритетных направлений развития процессов реагирования подразделений МЧС России на ЧС является автоматизирование непосредственно процессов управления. Так, разработка ФГУ ВНИИПО МЧС России «Автоматизированная геоинформационная система СППР оперативного управления территориальными пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров и ликвидации техногенных аварий и катастроф на объектах (АГСППР и ОУ)» стала признанной на мировом уровне [17]. Основная задача данной системы – автоматизация деятельности органов управления и должностных лиц на месте ликвидации ЧС природного и техногенного характера.

Примером таких интеллектуальных систем может служить Система мониторинга «Арго СТРАЖ.5.0» (рисунок 2) [12]. Опираясь на исходные данные о характере ЧС (например, пожара), система может выработать оптимальный алгоритм действий, что позволит оперативному дежурному ЦУКС сократить время на реагирование и не допустить возможные ошибки.

Таким образом, рассматривая классическую структуру процесса принятия решения, реализованную в АСППР, можно выделить три этапа этого процесса (рис. 3).

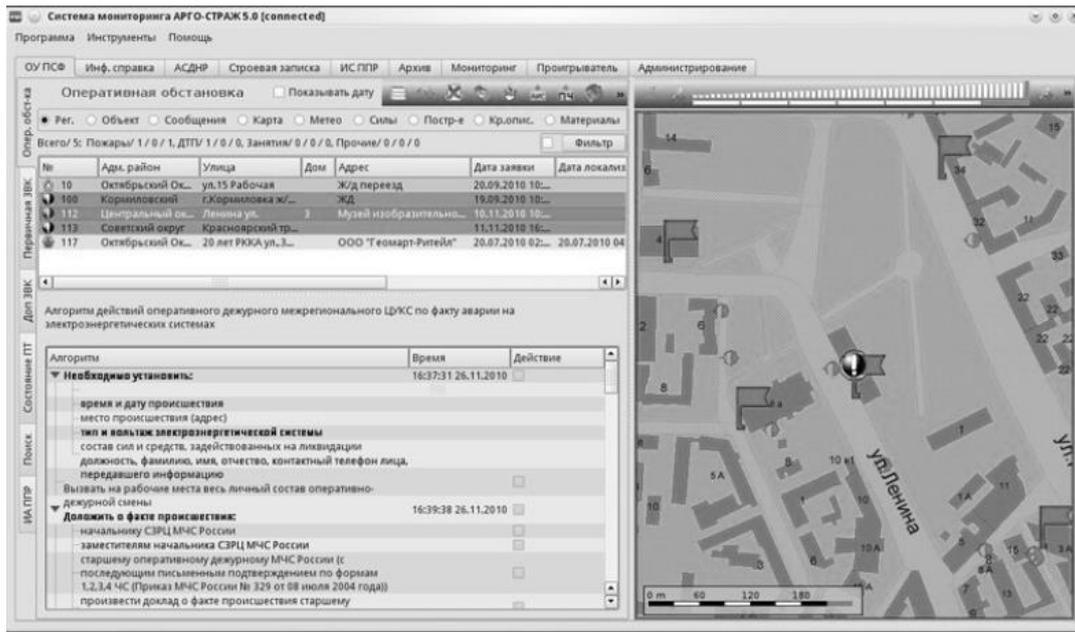


Рис. 2. Оконная форма главного меню программного обеспечения интеллектуальной системы «Арго СТРАЖ.5.0»

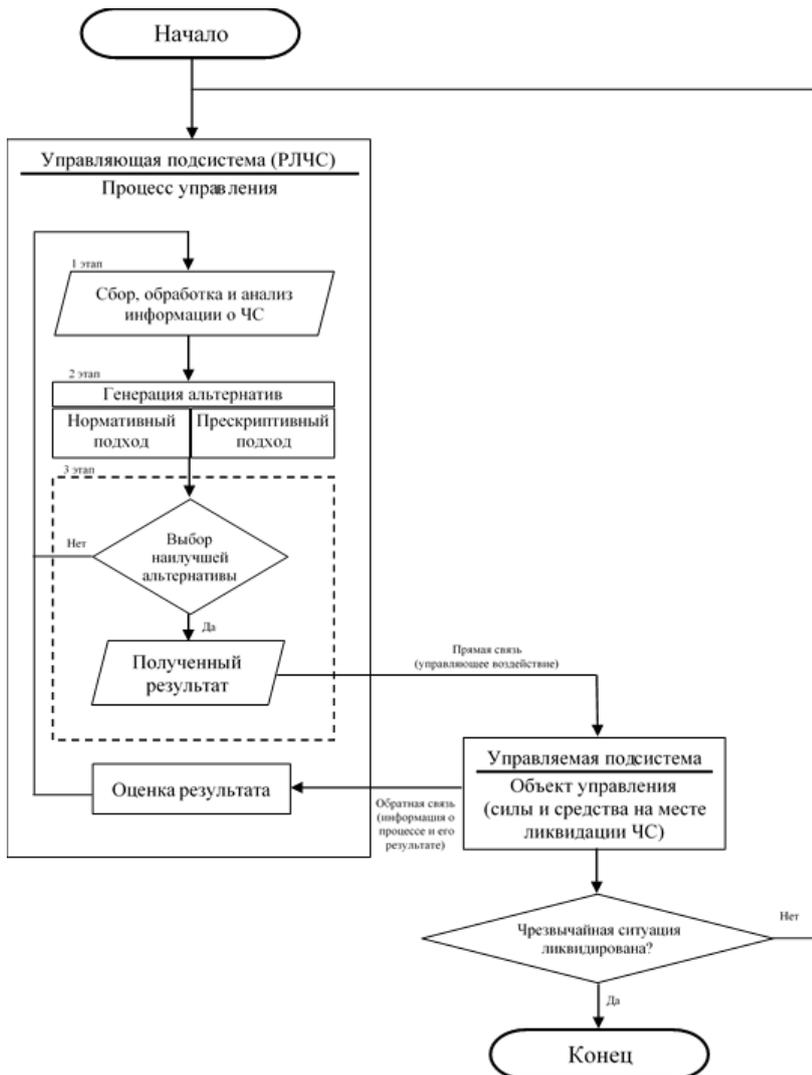


Рис. 3. Предлагаемый алгоритм процесса управления силами и средствами подразделений МЧС России для проектируемой СППР

Первый этап посвящён сбору необходимой информации (оперативной, тактической и др.) с последующей обработкой, анализом данной информации. Второй этап нацелен на выработку различных альтернативных вариантов. На третьем этапе проводится выбор наилучшей альтернативы принятия решения, то есть принятие окончательного решения [14]. В данном случае окончательное решение – это наиболее приемлемая альтернатива, позволяющая достичь максимального результата при минимизации привлечения сил и средств, потерь и материального ущерба.

Таким образом, управляющая подсистема, в лице РЛЧС, оказывает управляющее воздействие в виде управляющих команд (приказы, распоряжения) на месте ликвидации ЧС.

Список литературы

1. Безопасность России: Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Энергетическая безопасность: Нефтяной комплекс России. М.: 2000. 432 с.

2. Зейнетдинова О. Г., Данилов П. В. Методы оценки экологического ущерба при авариях на потенциально-опасных объектах // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 4 (41). С. 148–154.

3. Рыженкова Л. С. Алгоритм принятия управленческих решений в условиях риска и неопределённости // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В. Г. Шухова, Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2023. С. 887–892.

4. Принятие решений для управления ликвидацией последствий аварийных и чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах / Ю. Н. Матвеев, К. А. Карельская, Н. А. Стукалова [и др.] // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2018. № 2 (68). С. 19–27.

5. Туманов А. Ю. Разработка системы поддержки принятия решения по оценке риска аварий на потенциально опасных объектах // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2013. № 2 (171). С. 289–299.

6. Система поддержки принятия решений по предупреждению и ликвидации техногенных ЧС на основе прецедентного подхода / А. Ф. Берман, О. А. Николаичук, А. И. Павлов [и др.] // Интернет-журнал

Учитывая ресурсную поддержку АСППР, можно прогнозировать, что при разработке и принятии данных управленческих решений снимаются все ограничения и трудности, которые встречаются при традиционном подходе к управлению подразделениями МЧС России при реагировании на ЧС природного и техногенного характера. Предложенный алгоритм решения задачи исследования приведёт к разработке, апробации и внедрению СППР для снижения вероятности ошибок РЛЧС. Кроме того, данный алгоритм будет использован при проведении практических занятий по решению ситуационных задач с применением макета-демонстратора «РХМ УАЗ-469рх», разработанного в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

«Технологии техносферной безопасности». 2013. № 5 (51). 13 с.

7. Мокшанцев А. В., Тетерин И. М., Топольский Н. Г. Модели, методы и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при поиске и обнаружении пострадавших под завалами, образующимися в результате чрезвычайных ситуаций, аварий, пожаров и взрывов // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2013. № 5 (51). 15 с.

8. Щетка В. Ф., Заводсков Г. Н. Модель ошибок должностных лиц при принятии решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 1. С. 106–118.

9. Бежаева О. Я. Оперативное управление процессом ликвидации быстропротекающих чрезвычайных ситуаций на основе динамических моделей. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.01. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2004. 20 с.

10. Черняховская Л. Р. Поддержка принятия решений при управлении сложными объектами в критических ситуациях на основе инженерии знаний. Автореферат дисс. ... д-ра техн. наук: 05.13.01. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2004. 36 с.

11. Малышев А. С. Разработка алгоритмов управления и обработки информации при нештатных ситуациях. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.01. М: Учреждение Российской академии наук Вычислительный Центр им. А. А. Дородницына РАН, 2010. 20 с.

12. Применение информационных технологий в системах поддержки принятия решений органов управления в чрезвычайных ситуациях: учебно-методическое пособие / под общей ред. П. М. Фомина. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2011. 86 с.

13. Лабабиди М. Р., Кельчевская Н. Р. Система поддержки принятия решений (СППР) как инструмент принятия эффективных управленческих решений на промышленных предприятиях // Международная конференция студентов и молодых ученых «Весенние дни науки», Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2022. С. 377–381.

14. Моделирование ситуационных задач по ликвидации чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах в современных условиях / П. В. Данилов, А. К. Кокурин, А. О. Семенов, [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 4 (45). С. 13–18.

15. Тиханыхев О. В. Теория и практика автоматизации поддержки принятия решений. М.: Эдитус, 2018. 76 с.

16. Гражданская защита: Энциклопедия в 4 томах. Том I (А-И); под общей ред. С. К. Шойгу; МЧС России. М.: Московская типография. № 2, 2006.

17. Система поддержки принятия решений по реагированию на чрезвычайные ситуации и происшествия на опасных производственных объектах / Н. В. Трофимова, О. А. Антамошкин, О. А. Антамошкина [и др.] // Технологии гражданской безопасности, том 8, 2011, № 4 (30). С. 64–70.

References

1. *Bezopasnost' Rossii: Pravovye, social'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Energeticheskaya bezopasnost': Neftyanoj kompleks Rossii* [Security of Russia: Legal, socio-economic and scientific and technical aspects. Energy security: Russian oil complex]. М.: 2000. 432 p.

2. Zejnetdinova O. G., Danilov P. V. *Metody ocenki ekologicheskogo ushcherba pri avariayah na potencial'no-opasnykh ob'ektakh* [Methods for assessing environmental damage in case of accidents at potentially hazardous facilities]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2021, vol. 4 (41), pp. 148–154.

3. Ryzhenkova L. S. *Algoritm prinyatiya upravlencheskih reshenij v usloviyah riska i neopredelyonnosti* [Algorithm for making management decisions under conditions of risk and uncertainty] // *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya molodyh uchenyh BGTU im. V. G. Shuhova, posvyashchennaya*

170-letiyu so dnya rozhdeniya V. G. Shuhova. Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskij universitet im. V. G. Shukhova, 2023, pp. 887–892.

4. *Prinyatie reshenij dlya upravleniya likvidaciej posledstvij avariynyh i chrezvychajnykh situacij na himicheski opasnykh ob'ektakh* [Making decisions to manage the consequences of accidents and emergencies at chemically hazardous facilities] / Yu. N. Matveev, K. A. Karel'skaya, N. A. Stukalova [et al.]. *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo*, 2018, vol. 2 (68), pp. 19–27.

5. Tumanov A. Yu. *Razrabotka sistemy podderzhki prinyatiya resheniya po ocenke riska avariij na potencial'no opasnykh ob'ektakh* [Development of a decision support system for assessing the risk of accidents at potentially hazardous facilities]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta*, 2013, vol. 2 (171), pp. 289–299.

6. *Sistema podderzhki prinyatiya reshenij po preduprezhdeniyu i likvidacii tekhnogennykh ChS na osnove precedentnogo podhoda* [Decision support system for the prevention and elimination of man-made emergencies based on a precedent approach] / A. F. Berman, O. A. Nikolajchuk, A. I. Pavlov [et al.]. *Internet-zhurnal «Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti»*, 2013, vol. 5 (51), 13 p.

7. Mokshancev A. V., Teterin I. M., Topol'skij N. G. *Modeli, metody i algoritmy podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij pri poiske i obnaruzhenii postradavshih pod zavalami, obrazuyushchimisya v rezul'tate chrezvychajnykh situacij, avariij, pozharov i vzryvov* [Models, methods and algorithms for supporting management decision-making when searching and detecting victims under rubble resulting from emergencies, accidents, fires and explosions]. *Internet-zhurnal «Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti»*, 2013, vol. 5 (51), 15 p.

8. Shchetka V. F., Zavodskov G. N. *Model' oshibok dolzhnostnykh lic pri prinyatii reshenij po preduprezhdeniyu i likvidacii chrezvychajnykh situacij prirodnoho i tekhnogennogo haraktera* [Model of errors of officials when making decisions on the prevention and liquidation of natural and man-made emergencies]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii»*, 2022, issue 1, pp. 106–118.

9. Bezhaeva O. Ya. *Operativnoe upravlenie processom likvidacii bystroprotekayushchih chrezvychajnykh situacij na osnove dinamicheskikh modelej*. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk [Operational management of the process of

liquidation of fast-moving emergency situations based on dynamic models. Abstract of cand. tech. sci. diss.]. Ufa: Ufimskij gosudarstvennyj aviacionnyj tekhnicheskij universitet, 2004. 20 p.

10. Chernyahovskaya L. R. Podderzhka prinyatiya reshenij pri upravlenii slozhnymi ob"ektami v kriticheskikh situacijah na osnove inzhenerii znanij. Avtoreferat diss. d-ra tekhn. nauk [Decision support for managing complex objects in critical situations based on knowledge engineering. Abstract of dr. tech. sci. diss.]. Ufa: Ufimskij gosudarstvennyj aviacionnyj tekhnicheskij universitet, 2004. 36 p.

11. Malyshev A. S. Razrabotka algoritmov upravleniya i obrabotki informacii pri neshtatnykh situacijah. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk [Development of algorithms for managing and processing information in emergency situations. Abstract of cand. tech. sci. diss.]. Moscow: Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk Vychislitel'nyj Centr im. A. A. Dorodnicyna RAN, 2010. 20 p.

12. Primenenie informacionnykh tekhnologij v sistemah podderzhki prinyatiya reshenij organov upravleniya v chrezvychajnykh situacijah: uchebno-metodicheskoe posobie [Application of information technologies in decision support systems of management bodies in emergency situations: educational and methodological manual] / pod obshchej red. P. M. Fomina. Izhevsk: Izd-vo «Udmurtskij universitet», 2011. 86 p.

13. Lababidi M. R., Kel'chevskaya N. R. Sistema podderzhki prinyatiya reshenij (SPPR) kak instrument prinyatiya effektivnykh upravlencheskich reshenij na promyshlennykh

predpriyatiyah [Decision support system (DSS) as a tool for making effective management decisions at industrial enterprises]. *Mezhdunarodnaya konferenciya studentov i molodykh uchenykh «Vesennie dni nauki»*, Ekaterinburg: Ural'skij federal'nyj universitet im. pervogo Prezidenta Rossii B. N. Yel'tsina, 2022, pp. 377–381.

14. Modelirovanie situacionnykh zadach po likvidacii chrezvychajnykh situacij na potencial'no opasnykh ob"ektah v sovremennykh usloviyah [Modeling of situational tasks for emergency response at potentially hazardous facilities in modern conditions] / P. V. Danilov, A. K. Kokurin, A. O. Semenov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 4 (45), pp. 13–18.

15. Tihanychev O. V. *Teoriya i praktika avtomatizacii podderzhki prinyatiya reshenij* [Theory and practice of decision support automation]. Moscow: Editus, 2018. 76 p.

16. *Grazhdanskaya zashchita: Enciklopediya v 4 tomah*. Vol I (A-I) [Civil protection: Encyclopedia in 4 volumes]; pod obshchej red. S. K. Shojgu; MCHS Rossii. Moscow: Moskovskaya tipografiya, issue 2, 2006.

17. Sistema podderzhki prinyatiya reshenij po reagirovaniyu na chrezvychajnye situacii i proisshestviya na opasnykh proizvodstvennykh ob"ektah [Система поддержки принятия решений по реагированию на чрезвычайные ситуации и происшествия на опасных производственных объектах] / N. V. Trofimova, O. A. Antamoshkin, O. A. Antamoshkina [et al.]. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*, issue 8, 2011, vol. 4 (30), pp. 64–70.

Данилов Павел Владимирович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Российская Федерация, г. Иваново

Старший преподаватель кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС

E-mail: kog@edufire37.ru

Danilov Pavel Vladimirovich

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 of the Department of Fundamentals of Civil Defense and Emergency Management

E-mail: kog@edufire37.ru

Кокурин Алексей Константинович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Ученый секретарь ученого совета, канд. ист. наук

E-mail: kokurin@mail.ru

Kokurin Aleksej Konstantinovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Academic Secretary of the Academic Council, Candidate of Historical Sciences
E-mail: kokurin@mail.ru

Дашевский Александр Русланович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Преподаватель кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС
E-mail: darspok@mail.ru

Dashevskij Aleksandr Ruslanovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Lecturer of the Department of Fundamentals of Civil Defense and Emergency Management
E-mail: darspok@mail.ru

Горский Владимир Евгеньевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Преподаватель кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС
E-mail: aquablast@yandex.ru

Gorskij Vladimir Evgen'evich,

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Lecturer of the Department of Fundamentals of Civil Defense and Emergency Management
E-mail: aquablast@yandex.ru

УДК 519.242+ 519.876.5

МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ЭВАКУАЦИИ ИЗ УЧРЕЖДЕНИЙ КЛУБНОГО ТИПА

А. А. ДЖАФАРОВА

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России
им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail:nastya300696@mail.ru

Эвакуация людей при пожарах в учреждениях клубного типа осложняется многими факторами: высокая плотность людей, сложная геометрия помещений, низкая осведомленность посетителей с планировкой, плохое освещение, шумная обстановка, особенности поведения посетителей, употребляющих алкоголь и др. Эти факторы должны учитываться при разработке стратегии обеспечения безопасности людей при пожарах, что будет определять организационно-проектные решения. В статье представлена методика построения математической модели управления эффективностью эвакуации при пожарах в ночных клубах. Показаны этапы применения методики на примере конкретного ночного клуба. Построена многомерная линейная модель зависимости времени эвакуации от трех влияющих факторов, управляя которыми можно формировать соответствующие организационно-проектные решения по обеспечению требуемого времени эвакуации.

Ключевые слова: идентификация модели, эффективность эвакуации, имитационная модель, полный факторный эксперимент, ночной клуб.

METHODOLOGY FOR IDENTIFYING A MODEL FOR MANAGING THE EFFECTIVENESS OF EVACUATION FROM CLUB-TYPE INSTITUTIONS

A. A. DZHAFAROVA

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia
named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinichev
Russian Federation, Saint-Petersburg
E-mail:nastya300696@mail.ru

Evacuation of people in case of fires in club-type institutions is complicated by many factors: high density of people, complex geometry of the premises, low awareness of visitors with the layout, poor lighting, noisy environment, behavior patterns of visitors who drink alcohol, etc. These factors must be taken into account when developing a strategy for ensuring safety of people during fires, which will determine organizational and design decisions. The article presents a methodology for constructing a mathematical model for managing the efficiency of evacuation during fires in nightclubs. The stages of applying the methodology are shown using the example of a specific nightclub. A multidimensional linear model of the dependence of evacuation time on three influencing factors has been constructed, by controlling which it is possible to formulate appropriate organizational and design decisions to ensure the required evacuation time.

Key words: model identification, evacuation efficiency, simulation model, full factorial experiment, nightclub.

Введение

За последние десятилетия мы стали свидетелями крупных и резонансных пожаров, произошедших в учреждениях клубного типа (ночных клубах). Все эти пожары привели к большому количеству человеческих жертв и пострадавших [1]. С учетом данных обстоятельств вопросы обеспечения пожарной безопасности в ночных клубах приобретают свою

актуальность, решения которых должны учитывать специфику данных объектов. На самом деле существует множество факторов, которые затрудняют обеспечение безопасности людей при пожарах в ночных клубах [2, 3], это особенности в конструкции зданий, контингента посетителей и др. Факторы для ночных клубов существенно отличаются от показателей для других объектов. Например, архитектурные особенности учреждений клубного типа очень часто состоят из сложной геометрии (ко-

торые нередко выглядят как настоящие лабиринты). Кроме того, зачастую посетители не знакомы с реальной обстановкой, а также употребление алкоголя, характерное для посетителей данных объектов, в значительной степени меняет их реакцию, поведение, а также их физическую подвижность [4]. Кроме этого, необходимо учитывать и другие важные факторы, такие как низкое освещение, шумная обстановка и высокая плотность людей, характерные для учреждений клубного типа.

Эти факторы должны, несомненно, учитываться при разработке стратегии обеспечения безопасности людей при пожарах в ночных клубах, которые будут определять их окончательные организационно-проектные решения.

С другой стороны, стратегии пожарной безопасности данных объектов должны соответствовать требованиям действующего законодательства, обеспечивать нормативное значение величины пожарного риска¹, решения по обеспечению безопасности должны учитывать

комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности².

Эффективная организация эвакуации в учреждениях клубного типа должна быть обеспечена в первую очередь так, чтобы свести к минимуму количество погибших и пострадавших в случае пожара.

Данная статья посвящена методике построения модели управления эффективностью эвакуации из учреждений клубного типа, с помощью которой окажется возможным обосновывать организационно-проектные решения, направленные на повышение пожарной безопасности в ночных клубах. Основным параметром эффективности, используемым в предлагаемой методике и модели, является время эвакуации. Предлагаемые научно-методические средства реализуются на базе предыдущих исследований автора, рассматривающих сценарии эвакуации из конкретного ночного клуба (рис. 1) [5].

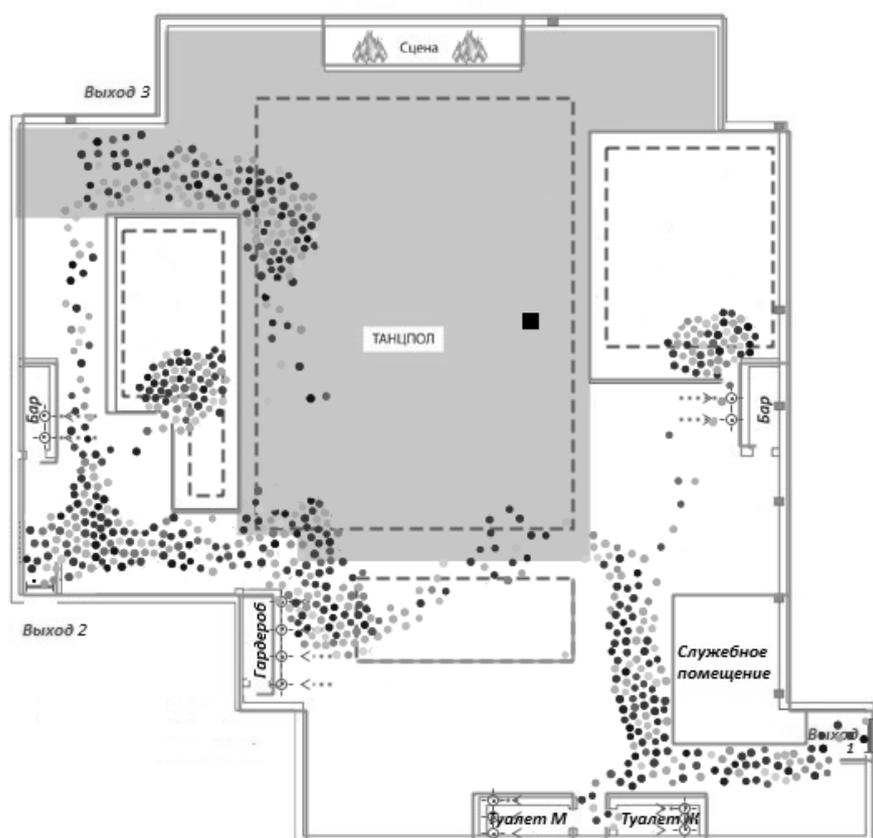


Рис. 1. Схема здания клуба

¹ Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ

² Приказ МЧС РФ от 14 ноября 2022 г. № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности»

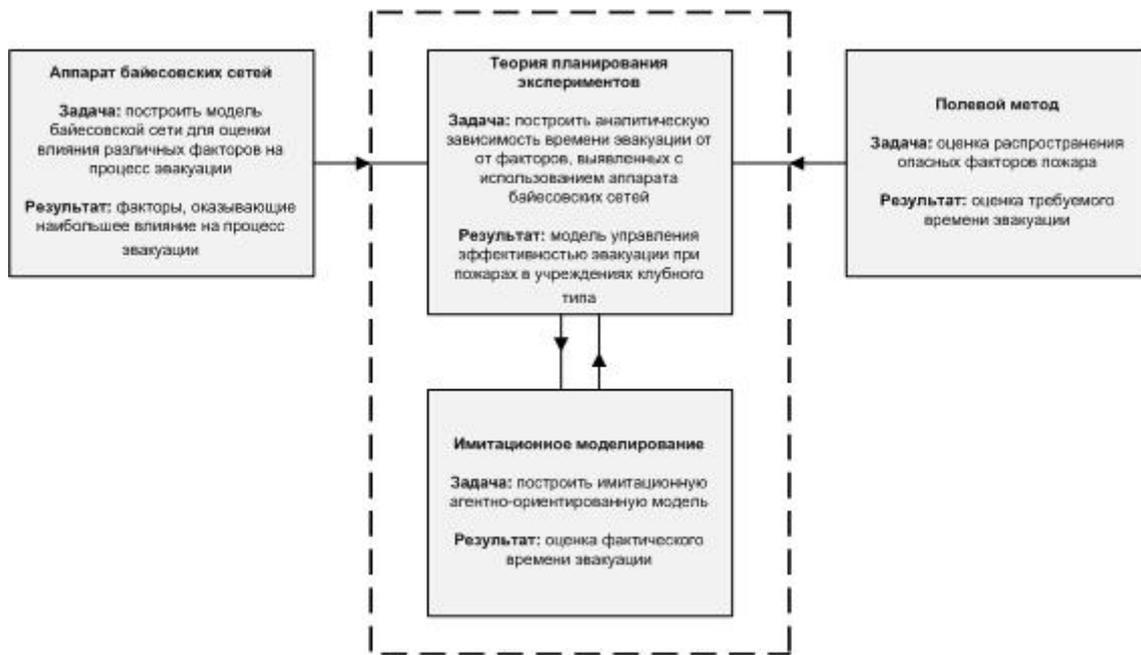


Рис. 2. Схема проведения исследования

Методы исследования

Данное исследование направлено на разработку методики построения многофакторной математической модели управления эффективностью эвакуации из учреждений клубного типа на основе использования методов имитационного моделирования и теории планирования экспериментов для идентификации модели (рис. 2).

Для определения расчетного времени эвакуации людей, как основного параметра ее эффективности, используются методы имитационного моделирования, реализованные в программном обеспечении Anylogic. Имитационное моделирование, как правило, применяется в тех случаях, когда эксперименты с реальными объектами чрезвычайно дороги или невозможны, в том числе в виду опасности для здоровья и жизни людей [6].

При построении модели эвакуации использован агентно-ориентированный подход, позволяющий исследовать систему в целом на основе индивидуального поведения децентрализованных агентов [7], что позволяет учесть контингент посетителей ночных клубов. Применение имитационной модели эвакуации позволяет, варьируя исходные данные модели, отражающие те или иные влияющие управляемые факторы, оценивать при этом эффективность эвакуации.

При построении многофакторной математической модели управления эффективностью эвакуации из учреждений клубного типа используются методы идентификации, сущ-

ность которых заключается в нахождении оптимальной в некотором смысле модели, построенной по результатам наблюдений над входными и выходными переменными объекта [8, 9]. В качестве объекта исследования здесь выступает имитационная модель эвакуации.

Теория планирования экспериментов позволяет оптимизировать организацию экспериментирования при исследовании объектов. Применение методов и приемов этой теории позволяет эффективно, с наименьшими затратами решать задачу построения по результатам данных, полученных на основе экспериментов с объектом, математических моделей объектов и явлений, оптимизацию процессов, проверку различных предположений об их свойствах и др.

В предыдущих исследованиях [10] на основе байесовской модели эвакуации были выявлены три существенных фактора, влияющих на время эвакуации – количество выходов из здания ночного клуба, их ширина и количество посетителей. Априорные вероятности в байесовской сети задавались на основе анализа ранее произошедших трагедий в ночных клубах, а также с учетом мнений экспертов.

Ставится задача построения аналитической зависимости времени эвакуации от данных факторов. Для этого проводится полный факторный эксперимент, предполагающий составление плана активного эксперимента, реализующего все возможные комбинации факторов, причем каждый фактор рассматривается на двух уровнях – верхнем и нижнем.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Идентификация модели управления эффективностью эвакуации из учреждений клубного типа осуществляется по результатам проведенных экспериментов с имитационной моделью, т.е. определение параметров и

структуры математической модели, обеспечивающей наилучшее совпадение функции отклика объекта и модели при одинаковых входных воздействиях, а также проверка ее адекватности. Схема этапа идентификации модели представлена на рис. 3.



Рис. 3. Структурная схема методики идентификации модели

Результатом этапа является совокупность коэффициентов при независимых переменных, которые указывают на силу влияния факторов. Чем больше численная величина коэффициента, тем большее влияние оказывает фактор.

Полный факторный эксперимент

Для исследования влияния наиболее значимых факторов на расчетное время эвакуации при пожаре в ночном клубе были проведены эксперименты по плану ПФЭ 2^n , где n – количество факторов, причем каждый эксперимент повторялся по десять раз. В качестве факторов, существенно влияющих на время эвакуации $Y(c)$, их нижних и верхних уровней рассмотрены:

- X_1 – количество выходов из здания ночного клуба (шт), $X_1^- = 1$, $X_1^+ = 4$;
- X_2 – ширина дверных проемов (м), $X_2^- = 1$, $X_2^+ = 3$;
- X_3 – количество посетителей (чел.), $X_3^- = 100$, $X_3^+ = 1000$.

Далее требуется построить уравнение регрессии, проверить полученную модель на адекватность и произвести ее интерпретацию.

1. Нормировка факторов

Необходимо привести факторы к одному масштабу путем нормировки переменных. Новые переменные Z_i определяются через X_i по формуле

$$Z_i = \frac{X_i - X_i^0}{\lambda_i}, \quad (1)$$

где X_i^0 – центр плана, λ_i – интервал варьирования, которые определяют с помощью соотношений:

$$X_i^0 = \frac{X_i^+ + X_i^-}{2},$$

$$\lambda_i = \frac{X_i^+ - X_i^-}{2}.$$

При нормировке все переменные принимают значения от -1 до $+1$, то есть $Z_i \in [-1; +1], i = 1, k$.

Результаты нормировки факторов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Нормировка факторов

Факторы	Верхний уровень X_i^+	Нижний уровень X_i^-	Центр X_i^0	Интервал варьирования λ_i	Зависимость переменных
X_1	4	1	2,5	1,5	$Z_1 = \frac{X_1 - 2,5}{1,5}$
X_2	3	1	2	1	$Z_2 = X_2 - 2$
X_3	1000	100	550	450	$Z_3 = \frac{X_3 - 550}{450}$

2. Расчет средних выборочных и построение матрицы планирования в нормированных переменных

Далее рассчитываются средние выборочные результаты для каждого эксперимента по формуле:

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \tilde{Y}_{ij}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где m – число повторений эксперимента, n – количество экспериментов, \tilde{Y}_{ij} – значение результата, полученного в i -ом опыте ($i = 1, \dots, m$) для j -ого эксперимента ($j = 1, \dots, n$).

Матрица полного факторного эксперимента, результаты экспериментов и средние выборочные результаты для каждого эксперимента представлены в табл. 2.

3. Проверка гипотезы об однородности дисперсии с использованием критерия Кохрена

Далее необходимо осуществить проверку однородности дисперсий выборок при проведении экспериментов в каждой точке плана. Использованию в расчетах усредненных значений характерно наличие погрешности, которую можно оценить с помощью дисперсии. Она рассчитывается по формуле:

$$S^2\{\tilde{Y}_i\} = \frac{\sum_{j=1}^m (\tilde{Y}_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{m-1}. \quad (3)$$

По результатам проведенных экспериментов получены значения дисперсий, представленные в табл.3.

Таблица 2. Матрица планирования для обработки результатов

№ опыта	Z_1	Z_2	Z_3	\tilde{Y}_1	\tilde{Y}_2	\tilde{Y}_3	\tilde{Y}_4	\tilde{Y}_5	\tilde{Y}_6	\tilde{Y}_7	\tilde{Y}_8	\tilde{Y}_9	\tilde{Y}_{10}	\tilde{Y}
1	1	1	1	317,1	299,5	348,8	307,7	349	301,4	329,7	330,3	333	323,1	324,0
2	1	1	-1	81,6	82,6	75,9	75,3	72,8	74,5	73,3	70,3	80,7	80	76,7
3	1	-1	1	332,5	375,8	331,5	341,7	333,5	363,1	356,6	365,4	375,7	325,2	350,1
4	1	-1	-1	68,5	72,9	79,2	69,9	80,5	73,2	65,4	69,3	64,5	70,5	71,4
5	-1	1	1	444,2	444,5	474,3	450,6	468,1	426,2	450,3	444,5	468,2	440,3	450,1
6	-1	1	-1	110,4	116,4	120	114	111	108	93	72	114	120	107,9
7	-1	-1	1	570,1	576,8	570,3	560,9	588,1	588,4	582,2	582,4	564,8	570,2	575,4
8	-1	-1	-1	143,1	141,3	130,2	150	146,1	140,7	108	107,1	133,5	154,8	135,5

Таблица 3. Значения дисперсии для каждого опыта

№ опыта	Z_1	Z_2	Z_3	\tilde{Y}	$S^2\{\tilde{Y}_i\}$
1	1	1	1	324,0	313,1
2	1	1	-1	76,7	17,9
3	1	-1	1	350,1	375,9
4	1	-1	-1	71,4	27,6
5	-1	1	1	450,1	221,3
6	-1	1	-1	107,9	218,5
7	-1	-1	1	575,4	92,4
8	-1	-1	-1	135,5	267,6

Проверка гипотезы об однородности дисперсии осуществляется при помощи критерия Кохрена [11]. Расчетное значение критерия Кохрена определяется по формуле:

$$G_p = \frac{\max(S^2\{\bar{Y}_i\})}{\sum_{i=1}^n S^2\{\bar{Y}_i\}} \quad (4)$$

В рассматриваемом случае $G_p = 0,245$. Табличное значение критерия Кохрена – $G_T = 0,293$. Учитывая то, что $G_p < G_T$, то гипотеза об однородности дисперсии принимается.

4. Вычисление коэффициентов уравнения регрессии

Коэффициенты уравнения регрессии вычисляются с помощью метода наименьших квадратов по формулам:

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{Y}_j, \quad (5)$$

$$a_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_{ji} \bar{Y}_j, \quad j = \overline{1, n}.$$

Использование метода наименьших квадратов к результатам проведенных экспериментов позволило получить значения коэффициентов, представленных в табл. 4.

Таблица 4. Коэффициенты уравнения регрессии

a_0	a_1	a_2	a_3
264,506	-55,969	-21,591	163,644

5. Определение дисперсии воспроизводимости и проверка коэффициентов на значимость

Для проверки полученных в предыдущем шаге коэффициентов на значимость необходимо рассчитать дисперсию воспроизводимости по следующей формуле:

$$S_B^2 = \frac{\sum_{i=1}^n S^2\{\bar{Y}_i\}}{n}. \quad (6)$$

Далее вычисляется среднее квадратическое отклонение коэффициентов:

$$S\{a_k\} = \sqrt{\frac{S_B^2}{nm}}. \quad (7)$$

В рассматриваемом случае $S_B^2 = 191,787$, $S\{a_k\} = 3,462$.

Проверка гипотезы о статистической значимости коэффициентов осуществляется с помощью критерия Стьюдента. Необходимо рассчитать значения критерия для каждого коэффициента следующим образом:

$$t_k = \frac{|a_k|}{S\{a_k\}}. \quad (8)$$

В построенной модели получены значения, представленные в табл. 5.

Таблица 5. Расчетные значения критерия Стьюдента для коэффициентов

t_0	t_1	t_2	t_3
75,532	16,166	6,236	47,266

Табличное значение критерия Стьюдента – $t_T = 1,6$. Если $t_p > t_T$, то гипотеза о статистической значимости коэффициента принимается. В данном случае все коэффициенты значимы и уравнение регрессии в нормированных переменных выглядит следующим образом:

$$\hat{Y} = 261,506 - 55,969Z_1 - 21,591Z_2 + 163,644Z_3. \quad (9)$$

6. Проверка полученного уравнения регрессии на адекватность

Проверка гипотезы об адекватности математической модели осуществляется с помощью критерия Фишера. Для определения его расчетного значения необходимо вычислить дисперсию адекватности.

Для этого рассчитываются значения функции отклика по полученному уравнению регрессии (9).

Дисперсия адекватности рассчитывается по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{m}{n-l} \sum (\bar{Y}_i - \hat{Y}_i)^2, \quad (10)$$

где l – число значимых коэффициентов в математической модели. В построенной модели $S_{ад}^2 = 421,93$.

Далее вычисляется расчетное значение критерия Фишера:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_B^2}. \quad (11)$$

В изучаемой модели $F_p = 2,2$. Табличное значение критерия Фишера – $F_T = 2,5$. С учетом того, что $F_p < F_T$, то гипотеза об адекватности математической модели принимается.

7. Построение уравнения регрессии в натуральных переменных

Для преобразования кодированных переменных в натуральные в уравнении (9) подставим вместо Z_i их выражения через X_i из табл. 1:

$$\hat{Y} = 197,69 - 37,31X_1 - 21,59X_2 + 0,36X_3. \quad (12)$$

8. Интерпретация полученной модели

Анализ уравнения (9) показывает, что наибольшее влияние на расчетное время эвакуации при пожаре в ночном клубе оказывает фактор Z_3 – количество посетителей ночного клуба, так как имеет наибольший по модулю коэффициент в уравнении. Второй по степени оказываемого влияния – фактор Z_1 (количество выходов из здания ночного клуба), третий – Z_2 (ширина дверных проемов).

Коэффициент при Z_3 имеет положительное значение, это значит, что с увеличением числа посетителей будет увеличиваться расчетное время эвакуации при пожаре в ночном клубе. Коэффициенты при Z_1 и Z_2 – отрицательны, то есть с уменьшением количества выходов и их ширины значение расчетного времени эвакуации при пожаре в ночном клубе будет возрастать, а с увеличением – убывать.

Заключение

Исходя из результатов моделирования можно сделать следующий вывод: в рассматриваемом ночном клубе при существующей планировке и вместимости наблюдается значительное превышение расчетного времени эвакуации над доступным, которое составляет 208 секунд [12], что может повлечь за собой угрозу жизни и здоровью людей.

Существует несколько путей решения возникающей проблемы, не прибегая к значительным изменениям конструкции и планировки исследуемого здания. Например, разработанная математическая модель позволяет оперативно определить допустимую вместимость ночного клуба, при которой расчетное время эвакуации не будет превышать доступное. В нашем случае она составляет 300 человек (вариант 1, табл.6).

Помимо этого, можно рассмотреть альтернативные проектные решения с увеличением количества выходов или расширением дверных проемов для уменьшения расчетного времени эвакуации (варианты 2–3, табл.6).

Таблица 6. Альтернативные организационно-проектные решения

	Количество выходов	Ширина дверного проема, м	Вместимость, чел	Расчетное время эвакуации, сек	Доступное время эвакуации, сек	Превышение расчетного времени над доступным
Вариант 1	2	1,2	300	208	208	Нет
Вариант 2	4	2,5	600	207	208	Нет
Вариант 3	2	3	415	207	208	Нет

Предлагаемая методика идентификации математической модели управления эффективностью эвакуации при пожарах в учреждениях клубного типа может быть использована для оптимизации конструкции зданий, а также позволяет оперативно обосновывать организационно-проектные решения, обеспечивающие не превышение расчетного времени эвакуации над доступным, что дает возможность свести к минимуму количество погибших и пострадавших при пожарах в ночных клубах.

При этом необходимо отметить, что предлагаемая методика реализуется на основе экспериментов с имитационной моделью

эвакуации из ночного клуба, которая реализована с использованием агентного подхода, позволяющего учитывать специфику поведения контингента данных заведений (не только с точки зрения физических аспектов, но и с точки зрения психологических аспектов), что несомненно следует учитывать при разработке стратегии пожарной безопасности для ночных клубов.

Предлагаемые научно-методические средства могут быть применены для управления пожарным риском в целом, что является весьма актуальным и важным вопросом обеспечения безопасности людей в ночных клубах.

Список литературы

1. Задунова А. А., Матвеев А. В., Смирнов А. С. Анализ пожаров на объектах с массовым пребыванием людей на примере ночных клубов // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной служ-

бы МЧС России». 2020. № 1. С. 20-28. EDN: RHQLEI.

2. Boyce K., McConnell N., Shields J. Evacuation response behaviour in unannounced evacuation of licensed premises. Fire and Materials, 2017, vol. 41, issue 5. pp. 454–466. DOI: <https://doi.org/10.1002/fam.2430>.

3. Sharma S. [et al.] Collaborative virtual reality environment for a real-time emergency evacuation of a nightclub disaster. *Electronic Imaging*, 2019, vol. 2019, issue 2, pp. 181-1-181-10. DOI: <https://doi.org/10.2352/ISSN.2470-1173.2019.2.ERVR-181>.

4. Коткова Е. А. Модель нейронной сети для прогнозирования предэвакуационного поведения людей при пожаре // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2022. № 2(38). С. 66–72. DOI: 10.37468/2307-1400-2022-2-66-72. EDN: UBIKMZ.

5. Matveev A. V., Maximov A. V., Zadurova A. A. Simulation model of emergency evacuation in case of fire in a nightclub. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021, vol. 720, issue 1, pp. 012–019. DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012019. EDN: FMACZD.

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

7. Агентное моделирование процесса эвакуации людей при пожарах в зданиях: обзор подходов и исследований / Е. А. Коткова, А. В. Матвеев, С. А. Неведьев [и др.] // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 10. С. 55–62. DOI: 10.17513/snt.39791. EDN: CZHEJY.

8. Матвеев А. В. Методы моделирования и прогнозирования. СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2022. 230 с. EDN: IMLKWS.

9. Бойко А. Ф., Воронкова М. Н. Теория планирования многофакторных экспериментов: учебное пособие. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2020. 75 с.

10. Задурова А. А. Моделирование эвакуации при пожаре в ночном клубе на основе байесовской сети // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 2. С. 154–162. EDN: MVPNKV.

11. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: учебное пособие / Н. А. Спирин, В. В. Лавров, Л. А. Зайнуллин [и др.]. Екатеринбург: ООО «УИНЦ», 2015. 290 с.

12. Джафарова А. А. Оценка распространения опасных факторов пожара в ночном клубе // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 1(45). С. 7–14. EDN: MZFGIA.

References

1. Zadurova A. A., Matveev A. V., Smirnov A. S. Analiz pozharov na ob`ektax s massovym preb`yvaniem lyudej na primere nochny`x klubov [Analysis of fires at facilities with large numbers of people using the example of nightclubs]. *Nauchno-analiticheskiy zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby` MChS Rossii»*, 2020, issue 1, pp. 20–28. EDN: RHQLEI.

2. Boyce K., McConnell N., Shields J. Evacuation response behaviour in unannounced evacuation of licensed premises. *Fire and Materials*, 2017, vol. 41, issue 5. pp. 454–466. DOI: <https://doi.org/10.1002/fam.2430>.

3. Sharma S. [et al.] Collaborative virtual reality environment for a real-time emergency evacuation of a nightclub disaster. *Electronic Imaging*, 2019, vol. 2019, issue 2, pp. 181-1-181-10. DOI: <https://doi.org/10.2352/ISSN.2470-1173.2019.2.ERVR-181>.

4. Kotkova E. A. Model` nejronnoj seti dlya prognozirovaniya prede`vakuacionnogo povedeniya lyudej pri pozhare [Neural network model for predicting pre-evacuation behavior of people during a fire]. *Nacional`naya bezopasnost` i strategicheskoe planirovanie*, 2022, vol. 2 (38), pp. 66–72. DOI: 10.37468/2307-1400-2022-2-66-72. EDN: UBIKMZ.

5. Matveev A. V., Maximov A. V., Zadurova A. A. Simulation model of emergency evacuation in case of fire in a nightclub. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021, vol. 720, issue 1, pp. 012–019. DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012019. EDN: FMACZD.

6. Butyrsky E. Yu., Matveev A. V. *Matematicheskoe modelirovanie sistem i processov* [Mathematical modeling of systems and processes]. SPb.: Informacionny`j izdatel`skij uchebno-nauchny`j centr «Strategiya budushhego», 2022, 733 p. DOI: 10.37468/book_011222. EDN: CCRIRT.

7. Agentnoe modelirovanie processa e`vakuacii lyudej pri pozharax v zdaniyax: obzor podxodov i issledovaniy [Agent-based modeling of the process of evacuation of people during fires in buildings: a review of approaches and research] / E. A. Kotkova, A. V. Matveev, S. A. Nefed`ev [et al.]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2023, issue 10, pp. 55-62. DOI: 10.17513/snt.39791. EDN: CZHEJY.

8. Matveev A. V. *Metody` modelirovaniya i prognozirovaniya* [Modeling and forecasting methods]. SPb.: Sankt-Peterburgskij universitet GPS MChS Rossii, 2022, 230 p. ISBN 978-5-907116-73-3. EDN IMLKWS.

9. Boyko A. F., Voronkova M. N. *Teoriya planirovaniya mnogofaktorny'x e'ksperimentov: uchebnoe posobie* [The theory of planning multifactorial experiments: a textbook]. Belgorod: Belgorodskij gosudarstvenny'j tekhnologicheskij universitet im. V. G. Shuxova, EBS ASV, 2020, 75 p.

10. Zadurova A. A. Modelirovanie e'vakuacii pri pozhare v nochnom klube na osnove bajesovskoj seti [Modeling evacuation during a fire in a nightclub based on a Bayesian network]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby` MChS Rossii»*, 2022, issue 2, pp. 154–162. EDN: MVPNKV.

11. *Metody` planirovaniya i obrabotki rezul'tatov inzhenernogo e'ksperimenta: uchebnoe posobie* [Methods of planning and processing the results of an engineering experiment: Textbook] / N. A. Spirin, V. V. Lavrov, L. A. Zainullin [et al.]. Ekaterinburg: LLC «UINC», 2015, 290 p.

12. Dzhafarova A. A. Ocenka rasprostraneniya opasny'x faktorov pozhara v nochnom klube [Assessment of the spread of fire hazards in a nightclub] *Prirodny'e i texnogenny'e riski (fiziko-matematicheskie i prikladny'e aspekty')*, 2023, vol. 1 (45), pp. 7–14. EDN: MZFGIA.

Джафарова Анастасия Алексеевна

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

преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий

E-mail: nastya300696@mail.ru

Dzhafarova Anastasiya Alekseevna

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

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

Russian Federation, Saint-Petersburg

lecturer at the department of applied mathematics and information technology

E-mail: nastya300696@mail.ru

УДК 614.842.83.07/08

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ БОЕВОЙ ПОЗИЦИИ ЛАФЕТНОГО СТВОЛА С ОСЦИЛЛЯТОРОМ

А. В. ЕРМИЛОВ, С. Н. НИКИШОВ, А. В. КУЗНЕЦОВ, А. Г. БУБНОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: skash_666@mail.ru, mordov5988@mail.ru, a.kuznetsov9@yandex.ru, bubag@mail.ru

Разработан расчетный алгоритм определения параметров размещения оптимальной боевой позиции лафетного ствола с осциллятором. Алгоритм предназначен для информационной поддержки принятия решений руководителем тушения пожара при ликвидации чрезвычайной ситуации в вертикальном стальном резервуаре.

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

MANAGEMENT DECISION SUPPORT FOR CHOOSING THE OPTIMAL COMBAT POSITION OF THE CARRIAGE BARREL WITH AN OSCILLATOR

A. V. ERMILOV, S. N. NIKISHOV, A. V. KUZNETSOV, A. G. BUBNOV

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, a.kuznetsov9@yandex.ru, bubag@mail.ru

A computational algorithm for determining the optimal combat position of a carriage barrel with an oscillator has been developed. The algorithm is designed for information support of decision-making by the head of fire extinguishing during emergency response in a vertical steel tank.

Keywords: operational situation, management decision, management of forces and means, fire extinguishing manager, combat position.

Введение

Управленческая деятельность руководителя тушения пожара (далее – РТП) регламентируется требованиями нормативно-правовыми актами МЧС России¹. В статье 46 Боевого устава подразделений пожарной охраны управление силами и средствами РТП заключается в оперативной оценке обстановки и формировании оперативного штаба на месте пожара, расчете требуемых сил и средств пожарно-спасательных подразделений, постановке задач участникам боевых действий по тушению пожаров и др. Принципы управления силами и средствами рассматриваются в исследованиях Н. М. Журавлева[1]. Автор указывал, что силы и средства пожарно-спаса-

тельного подразделения целесообразно соразмерно выделять для решения требуемой задачи, при этом постановка задач должна быть формализована как комплекс мер и соответствовать профессиональной ситуации.

На эффективность применения сил и средств РТП значительное влияние оказывают индивидуальные когнитивные способности личности. В частности «закон Миллера» утверждает, что память человека не может запомнить и воспроизвести свыше 7 ± 2 предметов [2]. Этот факт существенно проявляется при ликвидации чрезвычайной ситуации, связанной с «крупным» пожаром. То есть пожаром, который требует большого количества видов работ, определяющих количество боевых позиций по спасению людей, ликвидации горения, защиты и разборки строительных конструкций [3].

Примером «крупного» пожара, который связан с большим количеством боевых позиций, является горение нефтепродукта в резервуарном парке [4], состоящем из двух групп вертикальных стальных резервуаров объемом 20000 м³ (далее – РВС), находящихся в оба-

© Ермилов А. В., Никишов С. Н., Кузнецов А. В., Бубнов А. Г., 2024

¹ 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»

лованиях по 6 штук в каждом (рис. 1). Данный сценарий выбран вследствие наибольшей распространенности данных РВС на территории России². При этом стоит отметить, что самый сложный сценарий развития пожара будет наблюдаться в РВС объемом 120000 м³, диаметр которых равен 95,4 м, периметр – 299,7 м, а высота – 18 м.³

При таком размещении РВС имеется вероятность возникновения 12 сценариев раз-

вития чрезвычайной ситуации. Каждый сценарий содержит в себе 4 варианта расстановки боевых позиций. В основе вариантов расстановки боевых позиций на охлаждение горящего РВС лежит ввод первого лафетного ствола, который зависит от направления воздушных потоков (рис. 2). Расстановка лафетных стволов для охлаждения соседних РВС не подлежит изменению.

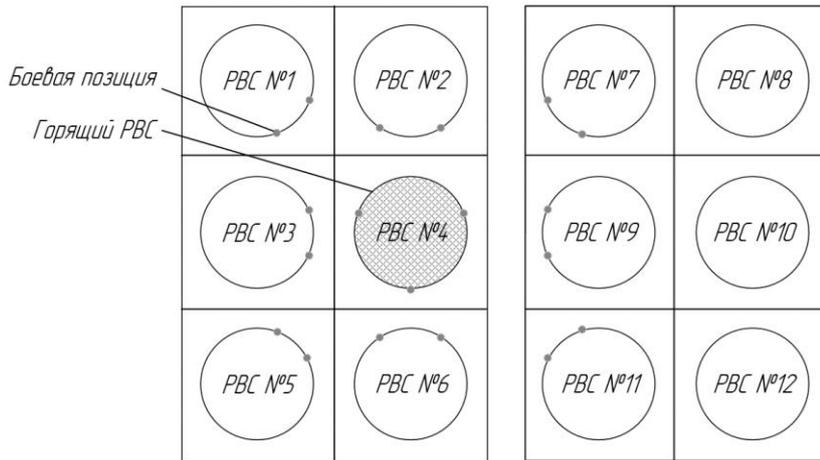


Рис. 1. Наиболее сложная расстановка вертикальных стальных резервуаров объемом 20000 м³ в резервуарном парке при возникновении чрезвычайной ситуации, связанной с пожаром

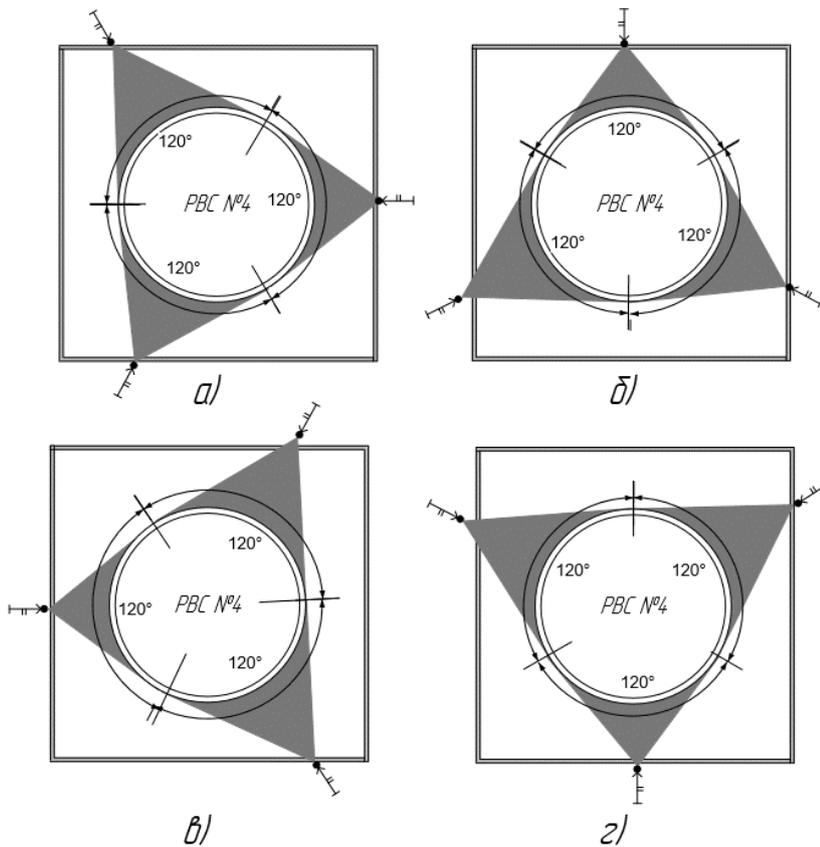


Рис. 2. Варианты размещения боевых позиций для охлаждения горящего РВС в зависимости от направления ввода первого лафетного ствола: а) с восточного направления; б) с северного направления; в) с западного направления; г) с южного направления

² <https://atconsult.ru/rvs.html>

³ ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. 90 с.

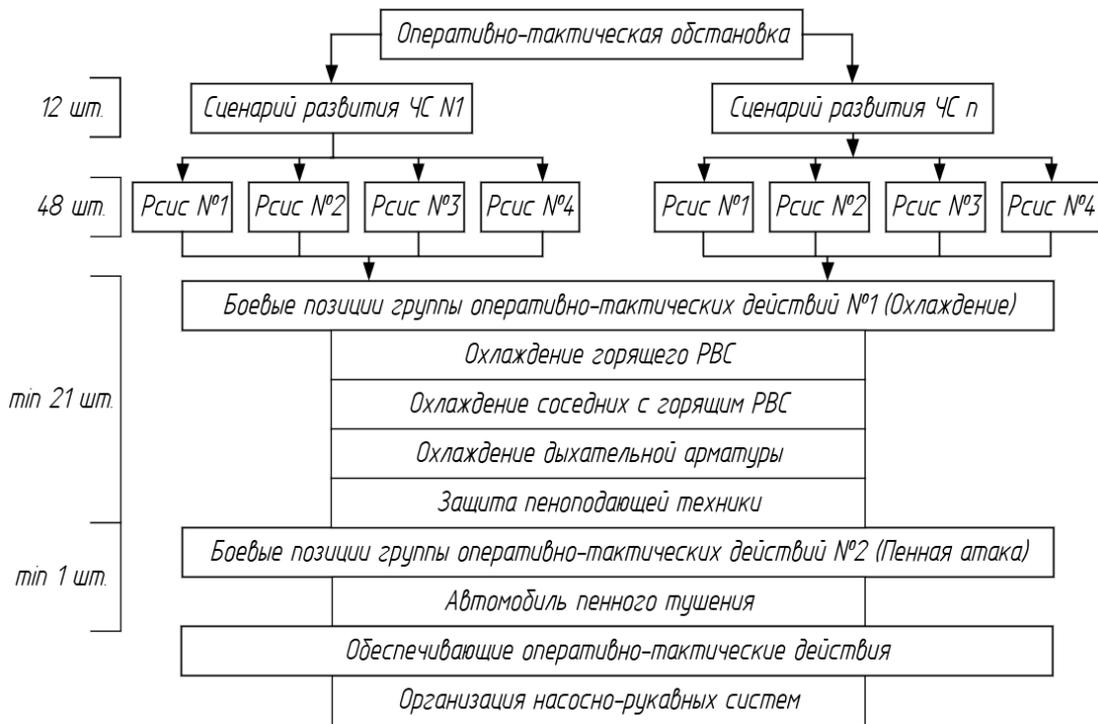


Рис. 3. Варианты оперативной обстановки при ликвидации чрезвычайной ситуации, связанной с пожаром в вертикальном стальном резервуаре с учетом дополнительных видов оперативно-тактических действий

Таким образом, общее количество расстановок сил и средств, которые должен уметь реализовать РТП, составляет 48 штук (рис. 3).

В специальной литературе указывается, что минимальное количество боевых позиций для охлаждения горящего РВС составляет 3 ед., для охлаждения соседних резервуаров составляет 2 ед.⁴ Также возможны варианты развития пожара, где необходимо вводить стволы для охлаждения дыхательной арматуры, пеноподающей техники и пожарных, находящихся в теплоотражательных костюмах на боевых позициях. Таким образом, каждая расстановка сил и средств включает в себя минимум 21 боевую позицию в группе оперативно-тактических действий, связанных с охлаждением РВС (дыхательной арматуры) и защитой пеноподающей техники.

Для оперативности и успешности ликвидации чрезвычайной ситуации руководителю тушения пожара целесообразно иметь опыт организации оперативно-тактических действий для каждого сценария. В то же время реализовать данный аспект в рамках боевой подготовки затруднительно. Вследствие этого появляется необходимость наличия надежных спосо-

бов управления силами и средствами на месте пожара, которая обуславливает важность поддержки принятия управленческих решений выбора руководителем тушения пожара оптимальной боевой позиции лафетного ствола, в том числе с осциллятором.

На основе проведенного анализа технологии ликвидации чрезвычайной ситуации (связанной с пожаром) в резервуарном парке и специальной литературы нами поставлена цель исследования. **Цель исследования** – разработать расчетный алгоритм определения параметров размещения оптимальной боевой позиции лафетного ствола с осциллятором при тушении пожара в резервуарном парке.

Результаты исследования

Расчетный алгоритм реализован с помощью табличного процессора LibreOffice Calc. Алгоритм состоит из двух вкладок «Расчет боевых позиций» и «Расстановка сил и средств».

Алгоритм включает в себя следующие шаги:

1. Выбор сценария развития чрезвычайной ситуации, связанной с пожаром.
2. Выбор схемы расстановки сил и средств (количества боевых позиций).

⁴ Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках (утв. ГУГПС МВД России 12.12.1999)

3. Ввод расчетных данных для каждой боевой позиции в зависимости от выбранного варианта схемы расстановки сил и средств: напор на стволе (Нств, м.вод.ст.); количество рукавов в магистральной линии (Np, шт.); расход переносного лафетного ствола (qств, л/с); сопротивление пожарного напорного рукава; расстояние боевой позиции от стенки РВС

(Lбп, м). На основе введенных данных определяется требуемый напор на насосе пожарного автомобиля для обеспечения подачи воды (Нн, м.вод.ст.), угол подъема ствола (принимается из базы данных [5]), угол осцилляции ствола (принимается из базы данных [6]).

4. Отображение расчетных параметров на схеме расстановки сил и средств (рис. 4).

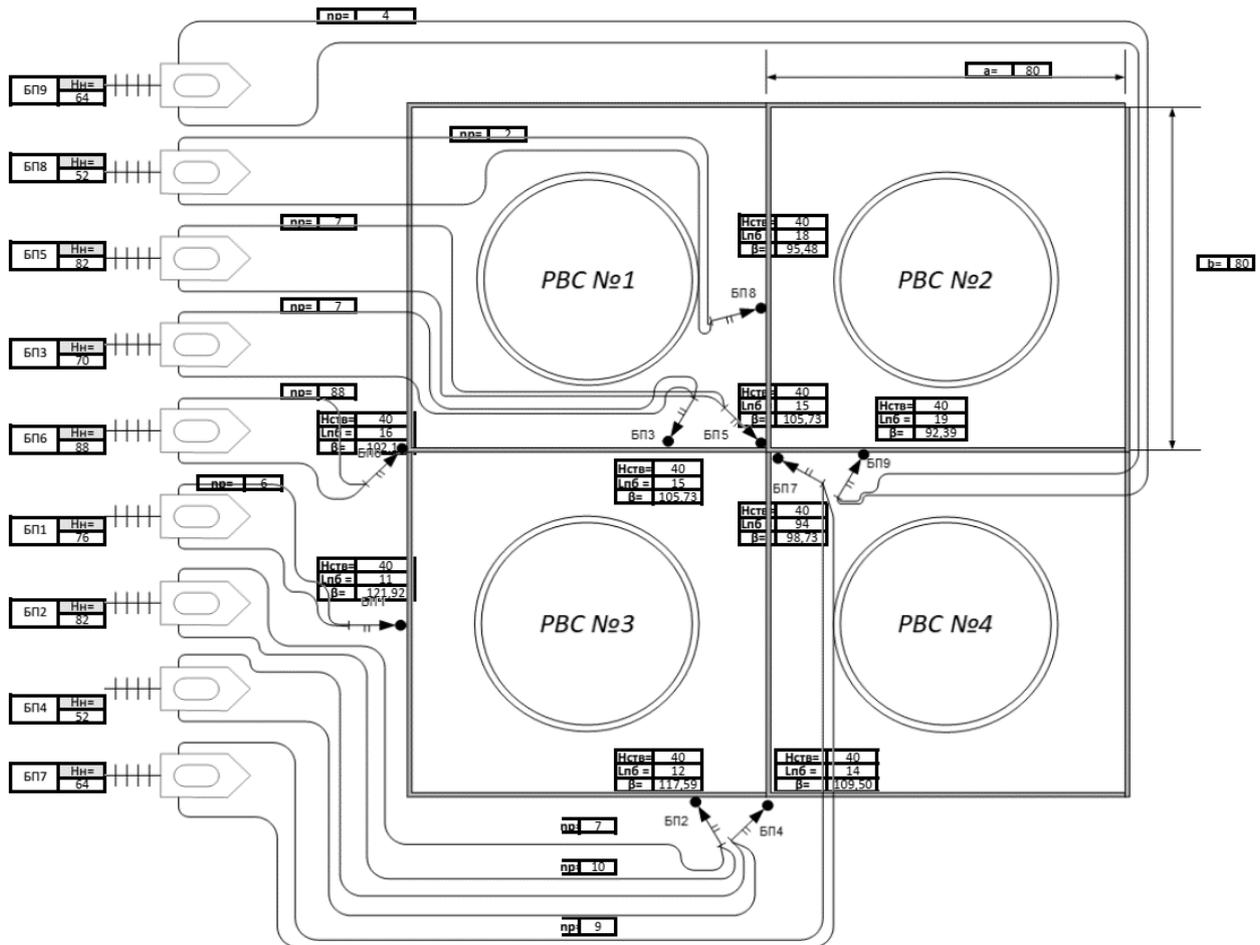


Рис. 4. Отображаемая схема расстановки сил и средств с расчетными параметрами, где:
 БП – боевая позиция; nр – количество рукавов в магистральной линии;
 Lбп – расстояние от стенки РВС до боевой позиции; β – требуемый угол осцилляции;
 Нств – напор у насадка ствола; Нн – напор на насосе пожарного автомобиля;
 а – длина обвалования; b – ширина обвалования

Выводы

Разработанный способ информационной поддержки принятия управленческих решений направлен на совершенствование профессиональной деятельности РТП при ликвидации пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов [7]. Так, расчетный алгоритм может быть разработан под конкретный объект функционального назначения. Это позволит обеспечить должностное лицо управления силами и средствами на месте пожара:

1. Расчетной информацией по работоспособности и эффективности насосно-

рукавных систем подачи переносных лафетных стволов. На основе вводимых данных (напор на стволе; количество рукавов в магистральной линии; расход ствола; сопротивление рукава; расстояние боевой позиции от стенки резервуара) определяется напор на насосе пожарного автомобиля, угол подъема и угол осцилляции ствола.

2. Визуализацией насосно-рукавной схемы, адекватной сценарию развития чрезвычайной ситуации, связанной с пожаром.

Предлагаемый подход наиболее эффективен в рамках предварительного планирования боевых действий. Расчетный алгоритм по определению боевых позиций лафетных стволов для охлаждения стенки РВС мо-

жет являться основой для разработки специального программного обеспечения для ЭВМ либо применяться в предлагаемом виде [9, 10, 10].

Список литературы

1. Журавлев Н. М. Модель и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений для планирования тушения пожаров в жилых зданиях: дис. ... канд. техн. наук: 2.3.4. М.: Академия Государственной противопожарной службы, 2021. 197 с.

2. Азимов Э. Г., Щукин А. Н. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам). М.: Издательство ИКАР, 2009. 448 с.

3. Прогнозирование оперативной обстановки для оценки эффективности управления силами и средствами руководителем тушения пожара / А. В. Ермилов, С. Н. Никишов, А. К. Кокурин [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 4 (49). С. 19–27.

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

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

6. Оптимизация принятия управленческого решения по определению боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара. Часть 2. Угол осцилляции / А. В. Ермилов, С. Н. Никишов, Ю. А. Меркулова [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2 (47). С. 12–18.

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. 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.

9. 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.

10. 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.

References

1. Zhuravlev N. M. Model' i algoritmy podderzhki prinyatiya upravlencheskikh resheniy dlya planirovaniya tusheniya pozharov v zhilykh zdaniyakh. Diss. kand. tekhn. nauk [Model and algorithms for supporting management decisions for planning fire extinguishing in residential buildings. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow: Akademiya Gosu-darstvennoy protivopozharnoy sluzhby, 2021. 197 p.

2. Azimov E. G., Shchukin A. N. *Novyy slovar' metodicheskikh terminov i ponyatij (teoriya i praktika obucheniya yazykam)* [A new dictionary of methodological terms and concepts (theory and practice of language teaching)]. Moscow: Izdatel'stvo IKAR, 2009. 448 p.

3. Prognozirovanie operativnoy obstanovki dlya ocenki effektivnosti upravleniya silami i sredstvami rukovoditelem tusheniya pozhara [Forecasting the operational situation to assess the effectiveness of the management of forces and means by the fire extinguishing manager] / A. V. Ermilov, S. N. Nikishov, A. K. Kokurin [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2023, vol. 4 (49), pp. 19–27.

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

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

6. Optimizatsiya prinyatiya upravlencheskogo resheniya po opredeleniyu boevoj pozicii lafetnogo stvola pri tushenii vertikal'nogo stal'nogo rezervuara. Chast' 2. Ugol oscillyacii [Optimization of management decision-making to determine the

combat position of the carriage barrel when extinguishing a vertical steel tank. Part 2. The oscillation angle] / A. V. Ermilov, S. N. Nikishov, Yu. A. Merkulova [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2023, vol. 2 (47), pp. 12–18.

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

8. Kuznecov A. V., Bakanov M. O., Tarakanov D. V. Analiz strukturno-logicheskoj modeli rezervirovaniya sredstv operativnogo monitoringa pozharov [Analysis of the structural and logical

model of reserving means of operational monitoring of fires]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2019, vol. 2 (84), pp. 99–107.

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

10. 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.

Ермилов Алексей Васильевич

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

E-mail: skash_666@mail.ru

Ermilov Aleksey Vasilevich

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

candidate of pedagogical sciences

E-mail: skash_666@mail.ru

Никишов Сергей Николаевич

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

E-mail: mordov5988@mail.ru

Nikishov Sergey Nikolaevich

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

candidate of technical sciences

E-mail: mordov5988@mail.ru

Кузнецов Александр Валерьевич

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

E-mail: a.kuznetsov9@yandex.ru

Kuznetsov Alexander Valerievich

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: a.kuznetsov9@yandex.ru

Бубнов Андрей Германович

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

доктор химических наук

E-mail: bubag@mail.ru

Bubnov Andrej Germanovich

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

E-mail: bubag@mail.ru

УДК 355/359.07

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ СУДОВ ТЕРПЯЩИХ БЕДСТВИЕ

Д. А. КОЛЕРОВ, В. И. КУВАТОВ

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

В статье проведён анализ существующих исследований в данной предметной области. Выявлены перспективные направления её развития и сделан вывод, что на текущий момент существует ряд нерешенных проблем, связанных с несовершенством управления при проведении поисково-спасательных работ.

Разработана математическая модель и алгоритм поддержки принятия решений при обнаружении судов, терпящих бедствие (в частности при получении сигнала SOS) на основе формулы Байеса и основных положений теории поиска.

Показано место полученных результатов в организационной структуре системы управления Единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, применение которых предлагается осуществлять на региональном уровне, однако они могут быть применены и на других уровнях, после адаптации.

Автоматизация процесса обнаружения судов, терпящих бедствие, при получении сигнала SOS и проверки их достоверности на основе разработанной модели и алгоритма позволит сократить временные затраты на проведение необходимых итераций. В частности, при обработке сигналов и разработать систему поддержки принятия решений для обнаружения судов терпящих бедствие и внедрить её в поисково-спасательные службы на региональном уровне.

Ключевые слова: модель, математическая модель, алгоритм, поддержка принятия решений, поисковые работы, обнаружение судов, суда терпящие бедствие.

MATHEMATICAL MODEL AND ALGORITHM FOR SUPPORTING DECISION MAKING WHEN DETECTING VESSELS IN DISTRESS

D. A. KOLEROV, V. I. KUVATOV

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

The article analyzes existing research in this subject area. Promising directions for its development have been identified and the conclusion has been drawn that at the moment there are a number of unresolved problems associated with imperfect management during search and rescue operations.

A mathematical model and decision support algorithm for detecting ships in distress (in particular when receiving an SOS signal) have been developed based on the Bayes formula and the basic principles of search theory.

The place of the results obtained in the organizational structure of the management system of the Unified State System for the Prevention and Elimination of Emergency Situations is shown, the application of which is proposed to be carried out at the regional level, but they can be applied at other levels, after adaptation.

Automation of the process of detecting ships in distress upon receipt of an SOS signal and checking their reliability based on the developed model and algorithm will reduce the time spent on carrying out the necessary iterations. In particular, when processing signals, develop a decision support system for detecting ships in distress and implement it in search and rescue services at the regional level.

Key words: model, mathematical model, algorithm, decision support, search work, vessel detection, vessels in distress.

Введение

Задача поиска судов, терпящих бедствие, как одна из составных частей обеспечения безопасности на водных объектах является особенно актуальной, в связи с ростом количества аварий на них, числа морских и речных перевозок, количества маломерных судов у населения. Последняя тенденция связана с удешевлением технологии производства маломерных судов и отсутствием необходимости их регистрации при условии, что они оснащены подвесными лодочными моторами менее 10 лошадиных сил. Анализ статистических данных показал, что основными причинами аварийных ситуаций и крушения судов является человеческий фактор [1, 2].

Обзор существующих исследований показал, что большинство из них направлены на недопущение крушения судна и возникновения аварийных ситуаций, за счёт разработки различных систем управления безопасностью судна. Они предназначены для заблаговременного выявления и предотвращения аварий [3, 4], в том числе с использованием искусственного интеллекта [5], а также на сокращение времени обнаружения судна, терпящего бедствие и прибытия к нему спасательных сил и средств. В части работ предлагаются различные комбинации существующих способов поиска, направленных на повышение эффективности проведения поисковых работ (ПР) [6, 7]. Одним из перспективных направлений при поиске судов, является применение беспилотных летательных аппаратов [8]. Работы ряда зарубежных авторов, направлены на разработку морской беспилотной поисковой системы

[9]. В работе [10] предлагается использовать данные дистанционного зондирования земли для обнаружения судов, терпящих бедствие. Статьи [11, 12] посвящены применению методов машинного обучения для решения задач поиска судов, терпящих бедствие. Анализ указанных и других работ показал, что существует ряд проблем, связанных с несовершенством управления при проведении поисковых работ [13].

Одной из актуальных является проблема, связанная с недостаточным количеством средств поддержки принятия решения (ППР) при проведении поисково-спасательных работ в акватории РФ. Решение этой проблемы, может быть достигнуто за счёт разработки соответствующих моделей, алгоритмов и систем ППР. Цель настоящей работы заключается в разработке математической модели и алгоритма ППР при обнаружении судов, терпящих бедствие в акватории РФ, при поступлении сигнала SOS.

Основными силами и средствами (СиС), осуществляющими обнаружение судов, терпящих бедствие являются службы и ведомства, входящие в состав Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Управление СиС РСЧС на региональном уровне возложено на орган повседневного управления – Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) Главного управления МЧС России по субъекту РФ. Организационная структура системы управления РСЧС на всех уровнях изображена на рис. 1.

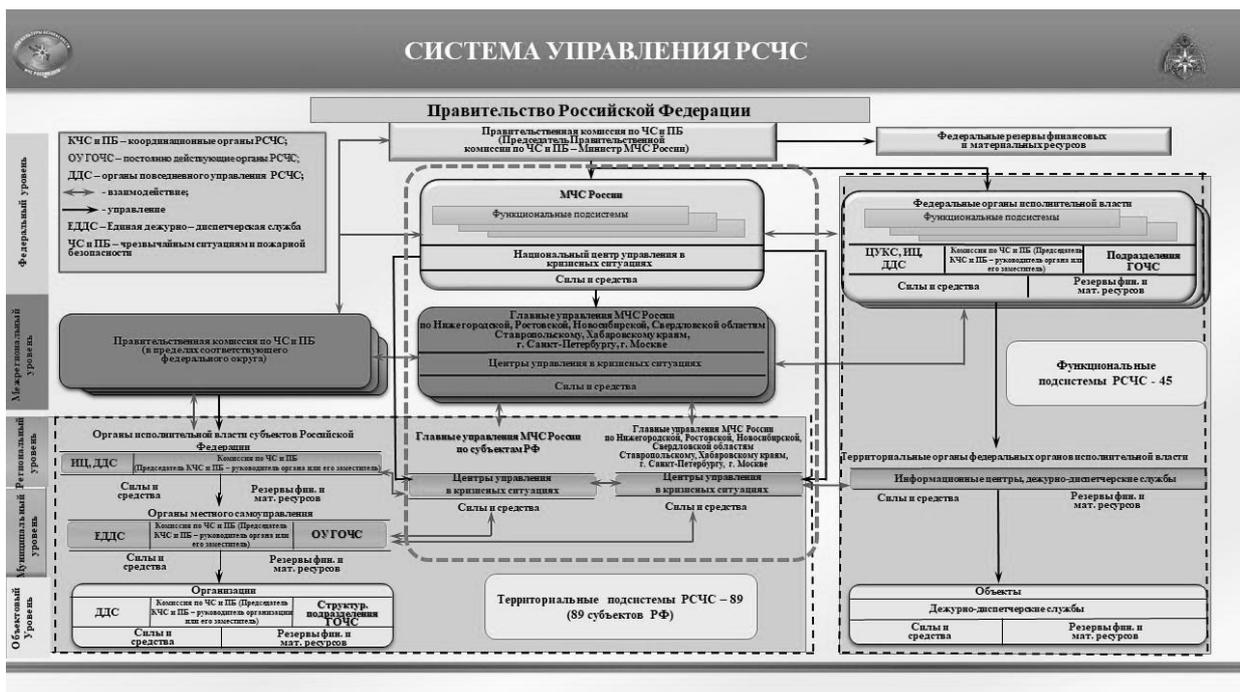


Рис. 1. Организационная структура системы управления РСЧС

Разрабатываемые в настоящей статье математическая модель и алгоритм предназначены для применения в ЦУКС ГУ МЧС по субъекту РФ, то есть на региональном уровне, однако могут быть применены и на других уровнях, после проведения процедуры адаптации.

Материалы и методы исследования

В современных условиях спасатели поисково-спасательных служб (ПСС) обнаруживают суда, терпящие бедствие (в том числе маломерные):

- визуально;
- по их радиолокационному отражению (в случае наличия на судне навигационного оборудования);
- при получении сигнала SOS.

Каждый раз при получении сигнала SOS возникает необходимость проверки его достоверности, а именно, является ли данный сигнал помехой, то есть возник случайно (при сбоях в работе технических средств) или принадлежит судну, терпящему бедствие. Для проверки его достоверности необходимо наблюдать за сигналом в течение определенного времени, анализируя его изменения. Модели анализа сигналов и определения их принадлежности искомому объекту принято называть моделями обнаружения объектов. Их построение осуществляется на базе теории условных Марковских процессов. В основе, разработанной в настоящей статье модели, лежит формула Байеса.

Постановка задачи

Пусть спасатели через интервалы времени dt (не обязательно равные между собой) получают от технических средств информацию о наличии или отсутствии сигналов SOS в зоне ответственности спасателей. Допустим, что информация поступает в виде последовательности двоичных сигналов y_k . При этом $y_k = 0$ означает, что сигнал техническими средствами не наблюдается, $y_k = 1$ означает, что сигнал наблюдается. Введем двоичную переменную x_k , такую что $x_k = 0$, если судна, терпящего бедствие в точке обнаружения сигнала на самом деле нет и $x_k = 1$, если сигнал есть.

Пусть система обнаружения, используемая спасателями, характеризуется вероятностью правильного обнаружения сигнала – ρ_c и вероятностью ложного обнаружения – ρ_ϕ . Под правильным обнаружением понимается получение сигнала о наличии судна, терпящего бедствие, в районе при условии, что оно там действительно есть. Под ложным сигналом понимается получение сигнала о наличии суд-

на, терпящего бедствие в районе при условии, что там его фактически нет.

Переменная y_k в вероятностном плане зависит от переменной x_k . Поэтому для сложного события (x_k, y_k) можно записать,

$$P(x_k, y_k) = P(x_k) \cdot P(y_k/x_k) = P(y_k) \cdot P(x_k/y_k) \quad (1)$$

В зависимости от значения переменных x_k, y_k вероятность $P(y_k/x_k)$ оказывается вероятностью ложного сигнала, правильного обнаружения или их дополнениями до 1,

$$P\left(\frac{y_k}{x_k}\right) = \left\| \begin{array}{ll} P(y_k = 0/x_k = 0) & P(y_k = 0/x_k = 1) \\ P(y_k = 1/x_k = 0) & P(y_k = 1/x_k = 1) \end{array} \right\| = \left\| \begin{array}{ll} 1 - \rho_\phi & 1 - \rho_c \\ \rho_\phi & \rho_c \end{array} \right\| \quad (2)$$

Пусть спасатели получили сигнал $y_k = 1$. Это означает, что либо сигнал есть и судно действительно терпит бедствие, либо судна, терпящего бедствие, нет, и спасатели получили сигнал ложной тревоги,

$$P(y_k = 1) = P(x_k = 1) \cdot \rho_c + P(x_k = 0) \cdot \rho_\phi \quad (3)$$

Если сигнал оказался равным нулю, то либо судно, терпящее бедствие отсутствует, и спасатели не получили сигнал ложной тревоги, либо сигнал есть, но спасатели не получили сигнал правильного обнаружения,

$$P(y_k = 0) = P(x_k = 1) \cdot (1 - \rho_c) + P(x_k = 0) \cdot (1 - \rho_\phi). \quad (4)$$

Из формулы (1) следует,

$$P(x_k/y_k) = P(x_k) \cdot \frac{P(y_k/x_k)}{P(y_k)} \quad (5)$$

Данная формула позволяет вычислить $P(x_k/y_k)$ – апостериорную вероятность наличия судна, терпящего бедствие в районе по известной априорной вероятности $P(x_k)$, известным вероятностям правильного обнаружения и ложной тревоги, вероятности $P(y_k)$, вычисляемой по формуле (3), если $y_k = 1$ и по формуле (4), если $y_k = 0$.

Пусть $P(x_k = 1)$ представляет собой априорную вероятность наличия судна, терпящего бедствие в районе ответственности спасателей. Обозначим ее P_k . Тогда $P(x_k = 0) = 1 - P_k$, есть априорная вероятность отсутствия судна, терпящего бедствие в районе ответственности спасателей. Условную вероятность $P(x_k/y_k)$ обозначим \widehat{P}_k .

С учетом данных обозначений, а также обозначений, введенных матрицей (2), формулу (1) можем представить следующим образом,

если $y_k = 1$

$$P_k = \frac{P_k \cdot \rho_c}{P_k \cdot \rho_c + (1 - P_k) \cdot \rho_\phi},$$

если $y_k = 0$

$$P_k = \frac{P_k \cdot (1 - \rho_c)}{P_k \cdot (1 - \rho_c) + (1 - P_k) \cdot (1 - \rho_\phi)},$$

Введем функцию Λ_k -- отношение правдоподобия, такую, что $\Lambda_k = \rho_c / \rho_\phi$, если $y_k = 1$ и $\Lambda_k = (1 - \rho_c) / (1 - \rho_\phi)$ в противоположном случае. Тогда последние два соотношения могут быть объединены в одно.

Можно сказать, что если у ПСС есть n независимо действующих средств и спасательных судов для обнаружения судна, терпящего бедствие, то вероятность \widehat{P}_k будет вычисляться по той же формуле (6).

$$P_k = \frac{P_k}{P_k + (1 - P_k) \cdot \Lambda_k^{-1}} \quad (6)$$

Единственное отличие будет заключаться в том, что общее отношение правдоподобия Λ_k будет определяться из выражения $\Lambda_k^{-1} = \prod_{i=1}^n \Lambda_{ik}^{-1}$, где Λ_{ik} -- отношение правдоподобия i -го средства обнаружения, полученное после k -го измерения.

Вычисления по формуле (6) должны вестись до тех пор, пока по численному ее значению не будет принято решение о наличии или об отсутствии судна, терпящего бедствие. Одним из аргументов в данной формуле выступает априорная вероятность наличия судна, терпящего бедствие в районе P_k .

Результаты исследования и их обсуждение

Выполнив преобразования вышеизложенных формул, получим:

$$P(t) = \frac{\gamma}{\gamma + \delta} - \frac{\gamma}{\gamma + \delta} \cdot e^{-(\gamma + \delta)\xi}, \quad P(t) = \frac{\gamma}{\gamma + \delta} + \frac{\delta}{\gamma + \delta} \cdot e^{-(\gamma + \delta)\xi},$$

где γ -- интенсивность захода судов в район, а δ -- интенсивность выхода из района. Первая из приведенных формул предназначена для вычисления вероятности наличия судна, терпящего бедствие в районе при условии, что в начальный момент сигнала не было, а вторая -- при условии, что в начальный момент сигнал в районе был.

Обозначим t_k -- отрезок времени между получением k -го и $(k-1)$ -го сигналов. Пусть на момент $(k-1)$ судна, терпящего бедствие в районе, не было. Тогда априорная вероятность того, что в момент t_k сигнал появился,

$$Pa_k = \frac{\gamma}{\gamma + \delta} - \frac{\gamma}{\gamma + \delta} \cdot e^{-(\gamma + \delta)\xi},$$

$$Pa_k = \frac{\gamma}{\gamma + \delta} + \frac{\delta}{\gamma + \delta} \cdot e^{-(\gamma + \delta)\xi}.$$

Пусть вероятность наличия судна, терпящего бедствие в районе в момент времени t_{k-1} вычислена по формуле (6) и равна P_{k-1} . На момент t_k сигнал будет в районе, если судно в момент t_{k-1} в нем было и не вышло, либо, если в момент t_{k-1} судна не было и оно зашло. Отсюда получим,

$$P_k = +\widehat{P}_{k-1} \left(\frac{\gamma}{\gamma + \delta} + \frac{\delta}{\gamma + \delta} \cdot e^{-(\gamma + \delta)\xi} \right) + [1 - \widehat{P}_{k-1}] \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma + \delta} - \frac{\gamma}{\gamma + \delta} \cdot e^{-(\gamma + \delta)\xi} \right).$$

Вероятность, вычисленная по данной формуле, содержит информацию о результатах всех предыдущих измерений сигналов о судне, терпящем бедствие. Упростив данную формулу, получим,

$$P_k = +\widehat{P}_{k-1} * e^{-(\gamma + \delta)\xi_k} + \frac{\gamma}{\gamma + \delta} * (1 - e^{-(\gamma + \delta)\xi_k}). \quad (7)$$

Формулы (6) и (7) дают возможность составить алгоритм накопления информации и принятия решения о наличии или отсутствии судна, терпящего бедствие в районе. Осуществим пошаговое описание алгоритма.

Шаг 1. Начало.

Шаг 2. Установить нижнюю границу P_H принятия решений об отсутствии или о наличии судна, терпящего бедствие в районе.

Шаг 3. Установить верхнюю границу P_B принятия решений об отсутствии или о наличии судна, терпящего бедствие в районе.

Шаг 4. Задать начальную вероятность \widehat{P}_0 .

Шаг 5. Присвоить переменной k значение 1 и перейти к шагу 8.

Шаг 6. Если на k -м этапе вычислений справедливым окажется неравенство $\widehat{P}_k \geq P_B$, принять решение о наличии судна, терпящего бедствие в районе и перейти к шагу 9.

Шаг 7. Если на k -м этапе вычислений справедливым окажется неравенство $\widehat{P}_k \leq P_H$, принять решение об отсутствии судна, терпящего бедствие в районе и перейти к шагу 9.

Шаг 8. Дождавшись k -го сигнала от судна, терпящего бедствие и измерив соответствующий интервал времени t_k , вычислить по формуле (7) априорную вероятность P_k , а затем – по формуле (6) – апостериорную вероятность \widehat{P}_k . Увеличить k на единицу и перейти к шагу 6.

Шаг 9. Конец.

Блок-схема алгоритма поддержки принятия решений при обнаружении судов, терпящих бедствие, представлена на рис. 2.



Рис. 2. Блок-схема алгоритма ППР при обнаружении судов, терпящих бедствие

Список литературы

1. Колеров Д. А., Потапов А. И., Уткин О. В. Комплексный анализ причин возникновения чрезвычайных ситуаций на транспорте // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 3. С. 38–46. EDN: НВКVKE.
2. Куватов В. И., Заводсков Г. Н., Колеров Д. А. Оценка эффективности управления безопасностью на объектах водного транспорта // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государ-

ственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 4. С. 81–90. EDN: WPMFNU.

3. Имитационная модель оценки безопасности водного транспорта / В. Ю. Каминский, Д. А. Скороходов, А. Л. Стариченков [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 4–1. С. 20–27. DOI: 10.37220/MIT.2021.54.4025. EDN: AGYYUO.

4. Скороходов Д. А., Каминский В. Ю., Маринов М. Л. Анализ рисков в системах поддержки принятия решений // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2019: материалы международной-научно-практической конфе-

Выводы

В работе описана математическая модель ППР при обнаружении судов, терпящих бедствие. В основе разработанной модели лежит формула Байеса и основные положения теории поиска. На основе разработанной модели был составлен соответствующий алгоритм. Показано место полученных результатов в организационной структуре системы управления РСЧС, применение которых предлагается осуществлять на региональном уровне, однако могут быть применены и на других уровнях, после адаптации.

Автоматизация процесса обнаружения судов, терпящих бедствие, на основе разработанной модели и алгоритма позволит сократить время на проведение необходимых итераций, при обработке сигналов и разработать систему ППР для расчёта оптимального числа спасательных судов. Внедрение этой системы предлагается осуществлять на региональном уровне.

ренции. СПб.: Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2019. С. 440–447. EDN: SRMFHO.

5. Матвеев А. В., Колеров Д. А. Перспективы применения искусственного интеллекта при реагировании на ЧС // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Мониторинг, предотвращение и ликвидация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: материалы международной научно-практической конференции. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2021. С. 726–730. EDN: IXSYX.

6. Яппаров Е. Р., Алексеев В. В. Особые способы проведения поисковой операции // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 4. С. 23–35. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-23-35. EDN: LUUVNY.

7. Яппаров Е. Р., Алексеев В. В. Обследование района поиска терпящего бедствие судна // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 4. С. 53–60. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-53-60. EDN: HFLLRZ.

8. Модель поддержки принятия управленческих решений по обоснованию количества БПЛА для обнаружения террористически опасных морских объектов / В. И. Куватов, Н. А. Кубенин, А. А. Таранцев [и др.] // Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс». 2023. № 3 (63). С. 66–71. EDN: QNUQHX.

9. Li J. et al. A survey of maritime unmanned search system: theory, applications and future directions // Ocean Engineering. 2023. P. 115359.

10. Chen Y. [et al.] Remote sensing image ship detection under complex sea conditions based on deep semantic segmentation. Remote Sensing, 2020, issue 4, P. 625.

11. Wang Y., Zhou Y., Xia X. Marine Target Detection Algorithm Based on Deep Learning. China Automation Congress (CAC), 2021, pp. 1375–1380.

12. Yasir M. [et al.] Ranking Ship Detection Methods Using SAR Images Based on Machine Learning and Artificial Intelligence. Journal of Marine Science and Engineering, 2023, issue 10, P. 1916.

13. Закревский Ю. Н., Матвеев Р. П. Современные проблемы организации поиска, спасения и оказания помощи пострадавшим в морских катастрофах Обзор литературы // Экология человека. 2011. № 3. С. 33–39. EDN: NNGYYT.

References

1. Kolerov D. A., Potapov A. I., Utkin O. V. Kompleksnyj analiz prichin vozniknoveniya chrezvychajnyh situacij na transporte [Comprehensive analysis of the causes of emergency situations in transport]. *Prirodnyye i tekhnogennyye riski (fiziko-matematicheskiye i prikladnyye aspekty)*, 2022, issue 3, pp. 38–46.

2. Kuvatov V. I., Zavodskov G. N., Kolerov D. A. Ocenka effektivnosti upravleniya bezopasnost'yu na ob'ektah vodnogo transporta [Assessing the effectiveness of safety management at water transport facilities]. *Nauchno-analiticheskiy zhurnal "Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS Rossii"*, 2022, issue 4, pp. 81–90.

3. Imitacionnaya model' ocenki bezopasnosti vodnogo transporta [Simulation model for assessing the safety of water transport] / V. Yu. Kaminsky, D. A. Skorokhodov, A. L. Starichenkov [et al.]. *Morskiye intellektual'nyye tekhnologii*, 2021, issue 4–1, pp. 20–27. DOI: 10.37220/MIT.2021.54.4025.

4. Skorokhodov D. A., Kaminsky V. Yu., Marinov M. L. Analiz riskov v sistemah podderzhki prinyatiya reshenij [Risk analysis in decision support systems]. *Transport Rossii: problemy i perspektivy – 2019: materialy mezhdunarodnoy-nauchno-prakticheskoy konferentsii*. SPb.: Institut problem transporta im. N. S. Solomenko RAN, 2019, pp. 440–447.

5. Matveev A. V., Kolerov D. A. Perspektivy primeneniya iskusstvennogo intellekta pri reagirovani na ChS [Prospects for the use of artificial intelligence in emergency response]. *Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Monitoring, predotvrashcheniye i likvidatsiya chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. SPb.: Sankt-Peterburgskiy universitet GPS MCHS Rossii, 2021, pp. 726–730.

6. Yapparov E. R., Alekseev V. V. Osobyе sposoby provedeniya poiskovoj operacii [Special methods of conducting search operations]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2020, issue 4, pp. 23–35. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-23-35.

7. Yapparov E. R., Alekseev V. V. Obsledovanie rajona poiska terpyashchego bedstvie sudna [Survey of the search area for a ship in distress]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2020, issue 4. pp. 53–60. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-53-60.

8. Model' podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij po obosnovaniyu kolichestva BPLA dlya obnaruzheniya terroristicheski opasnyh morskikh ob"ektov [Model for supporting management decision-making to justify the number of UAVs for detecting terrorist-hazardous marine objects] / V. I. Kuvatov, N. A. Kubenin, A. A. Tarantsev [et al.]. *Nauchno-metodicheskiy zhurnal «XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus»*, 2023, vol. 3 (63), pp. 66–71.

9. Li J. [et al.] A survey of maritime unmanned search system: theory, applications and future directions. *Ocean Engineering*, 2023, 115359 p.

10. Chen Y. [et al.] Remote sensing image ship detection under complex sea conditions based on deep semantic segmentation. *Remote Sensing*, 2020, issue 4, P. 625.

11. Wang Y., Zhou Y., Xia X. Marine Target Detection Algorithm Based on Deep Learning. *China Automation Congress (CAC)*, 2021, pp. 1375–1380.

12. Yasir M. [et al.] Ranking Ship Detection Methods Using SAR Images Based on Machine Learning and Artificial Intelligence. *Journal of Marine Science and Engineering*, 2023, issue 10, P. 1916.

13. Zakrevsky Yu. N., Matveev R. P. Sovremennye problemy organizatsii poiska, spaseniya i okazaniya pomoshchi postradavshim v morskikh katastrofah. *Obzor literatury* [Modern problems of organizing search, rescue and assistance to victims of marine disasters Review of literature]. *Ekologiya cheloveka*, 2011, issue 3, pp. 33–39.

Колеров Дмитрий Алексеевич

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

E-mail: dima11rus@inbox.ru

Kolerov Dmitry Alekseevich

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

E-mail: dima11rus@inbox.ru

Куватов Валерий Ильич

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
доктор технических наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ

E-mail: kyb.valery@yandex.ru

Kuvatov Valery Ilyich

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

Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation
E-mail: kyb.valery@yandex.ru

УДК 332.012.2

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ В ОБЛАСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ МЧС РОССИИ

И. В. САРАЕВ, А. Д. СЕМЕНОВ, М. С. КНУТОВ, Д. А. ЖИГАЛОВА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail:saraev-i-v@mail.ru, sad8_3@mail.ru, knutov-vv@mail.ru, zhigalov.alexsandr@yandex.ru

В статье представлен анализ документов в области управления материально-технического обеспечения подразделений пожарной охраны. Особое внимание уделено выявленным в них неточностям и недостаткам в области принятия управленческих решений, что негативно сказывается на функционировании подразделений материально-технического обеспечения. Предложен ряд мероприятий, направленных на создание системы поддержки принятия решений, которые позволят повысить эффективность повседневной деятельности целевых подразделений материально-технического обеспечения МЧС России.

Ключевые слова: материально-техническое обеспечение, система поддержки принятия решений, совершенствование системы управления, учёт технических средств, категорирование техники, недостатки системы категорирования техники.

ANALYSIS OF THE MAIN REGULATIVE LEGAL ACTS IN THE FIELD OF THE MANAGEMENT SYSTEM MATERIAL AND TECHNICAL SUPPORT OF THE EMERCOM OF RUSSIA SYSTEM

I. V. SARAEV, A. D. SEMENOV, M. S. KNUTOV, D. A. ZHIGALOVA

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, knutov-vv@mail.ru, zhigalov.alexsandr@yandex.ru

The article presents an analysis of documents in the field of logistics management of fire departments. Particular attention is paid to the inaccuracies and shortcomings identified in them in the field of management decision-making, which negatively affects the functioning of logistics departments. A number of measures have been proposed aimed at creating a decision support system that will improve the efficiency of the daily activities of the target units of logistics of the Ministry of Emergency Situations of Russia.

Key words: logistics, decision support system, improvement of the management system, accounting of technical equipment, categorization of equipment, disadvantages of the equipment categorization system.

Согласно Указа Президента Российской Федерации¹, важнейшими задачами МЧС России являются тушение пожаров, предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций. Для своевременного и качественного выполнения указанных задач необходимы подразделения тыла, которые отвечают за

обеспечение материальными средствами пожарно-спасательных подразделений (ПСП). Подразделения тыла обеспечивают ПСП специальным, военным и медицинским вооружением, запасными частями, средствами для обеспечения качественного и своевременного ремонта, горюче-смазочными материалами, вещевым и продовольственным имуществом, пожарно-техническим вооружением и другим оборудованием, необходимым для выполнения задач по назначению.

В последние несколько лет в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной

© Сараев И. В., Семенов А. Д., Кнутов М. С., Жигалова Д. А., 2024

¹ Указ Президента Российской Федерации от 11.07.2004 № 868 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

службы МЧС России (ФПС ГПС МЧС России) произошли значительные структурные изменения, которые привели к появлению значительного количества нормативной документации в области технической службы, вещевого и продовольственного обеспечений ФПС ГПС МЧС России. При этом действующая нормативная правовая база не в полной мере отвечает современным требованиям к деятельности служб материально-технического обеспечения МЧС России (МТО МЧС России).

Так, на сегодняшний день, основным документом, регламентирующим деятельность подразделений тыла, является приказ МЧС России от 01.10.2020 № 737² (далее – Руководство). Данное Руководство является «настойной книгой» для сотрудников МТО МЧС России, которые в процессе осуществления повседневной деятельности реализуют различные мероприятия, такие как:

- организация планирования, определение потребности, истребование материально-технических и денежных средств;
- получение, учёт и хранение материально-технических средств, их распределение, выдачу по назначению;
- обеспечение личного состава территориальных органов по утверждённым нормам довольствия;
- обеспечение рационального расходования материально-технических и денежных средств;
- ведение учёта и отчётности и др.

Общеизвестно, что первоочередной задачей МТО МЧС России является оснащение подчинённых ПСП техникой, а также запасными частями к ней. Реорганизация территориальных подразделений ФПС ГПС МЧС России привела к усложнению процесса проведения закупок и обеспечения подчинённых подразделений теми или иными материальными средствами. Так как система закупок на сегодняшний день является централизованной [1], становится практически невозможно в полном объёме определить потребности, а также учесть особенности всех подразделений, что определяет недостатки системы учёта и эксплуатации техники, а также приводит к проблеме распределения функций МТО по распределению техники среди целевых подразделений. Указанная проблема может быть решена путём изменения подхода управленческих органов МЧС России по отнесению техники к

той или иной категории в зависимости от особенностей субъекта Российской Федерации.

Для того чтобы подразделения тыла могли оперативно обработать информацию о состоянии техники и имущества, определить потребности подразделений в необходимых материально-технических средствах производится процесс категорирования техники и имущества, то есть отнесение образца пожарной техники и (или) имущества к одной из условных категорий, в зависимости от его технического состояния, необходимо совершенствование системы централизованного оснащения подразделений [2].

Однако на сегодняшний день, единственным документом, регламентирующим процесс категорирования техники и имущества, является действующая редакция Руководства, где в п. 72 указано, что «с целью установления качественного состояния техники и имущества и его документального оформления в территориальном органе (учреждении) производится категорирование техники и имущества» (раздел IV «Организация технического обеспечения» – «Категорирование техники и имущества»). В то же время, в данном разделе отсутствует чёткое описание порядка категорирования техники и имущества.

Наряду с этим, в п. 79 Руководства отмечено, что «... при определении технического состояния техники и имущества члены комиссии руководствуются: законодательством и нормативными правовыми актами МЧС России, техническими условиями, описаниями и инструкциями по эксплуатации, формулярами, паспортами, аттестатами и другими документами, определяющими технические требования, предъявляемые к данным видам техники и имущества; признаками и техническими показателями категорировности (степени годности) техники и имущества, установленными законодательством». Это приводит к тому, что сотрудникам подразделений МТО МЧС России приходится обращаться к большому количеству других нормативных актов, что значительно увеличивает трудоёмкость процесса категорирования техники и имущества даже на стадии поиска соответствующих требований, при этом, до сих пор нормативно не закреплено единого определения «степени годности». Что в конечном итоге, влечёт за собой снижение достоверности сведений о состоянии техники и имущества, необходимого для своевременного и качественного проведения ремонта, списания техники и укомплектования ПСП новыми и качественными образцами пожарной техники.

При этом нельзя не отметить тот факт, что локальная нормативная база подразделений ФПС ГПС МЧС России по субъекту Рос-

² Приказ МЧС России от 01.10.2020 № 737 «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

сийской Федерации в полном объёме дублирует положения Руководства, а значит, также не устанавливает порядок определения категории техники и имущества, предлагая руководствоваться иными нормативными документами.

Рассмотрим вышеуказанное утверждение на примере приказа Главного управления МЧС России по Республике Крым от 06.07.2023 № 986³, а именно п. 4: «Положение по работе комиссий по категорированию техники и имущества», в котором указано, что «... при определении технического состояния техники и имущества члены комиссии руководствуются признаками и техническими показателями категоричности (степени годности) техники и имущества, установленными законодательством ...». Данный пример, также, как и множество аналогичных, явно свидетельствует о потребности в разработке системы поддержки принятия решений в области категорирования пожарной техники, которая позволит унифицировать процесс планирования, контроля и анализа стоящей на вооружении пожарной техники.

Ещё одним важным аспектом организации качественного выполнения задач по предназначению МТО МЧС России является организация, проведение и обеспечение своевременного ремонта пожарной техники. Следует обозначить, что положения Руководства не закрепляют определения и технологических карт проведения текущего, среднего и капитального ремонта, а также перечня характерных неисправностей техники и оборудования, и объёма работ, устанавливаемого для указанных видов ремонта [3–5].

Отметим, что на сегодняшний день количество ремонтно-технических центров на территории Российской Федерации крайне мало, а их оснащение оборудованием недостаточно для проведения своевременного и качественного ремонта образцов пожарной техники. Данное утверждение подтверждается исследованием Аристархова В. А. [6], в котором авторы выделили периоды функционирования ремонтных учреждений ФПС в системе МЧС России. При этом ремонтно-технические центры не всегда оснащены необходимым оборудованием, предназначенным для проведения капитального ремонта тех или иных узлов и агрегатов образца пожарной техники. Негативным обстоятельством выступает также отсутствие соглашений с организациями, уполномоченными на проведение данных видов работ,

что в свою очередь сказывается на задержках и увеличении сроков исполнения ремонтных работ, а также восстановления работоспособности образца пожарной техники.

Немаловажным негативным фактором, влияющим на деятельность подразделений МТО МЧС России, выступает сложившаяся на сегодняшний день геополитическая ситуация, которая привела к резкому сокращению поставок запасных частей на территорию Российской Федерации. При этом имеющиеся в наличии аналоги зачастую не соответствуют заявленному показателю надёжности (качества), в связи с чем наблюдается тенденция, где количество проведённых ремонтов техники увеличивается, а срок её эксплуатации после очередного ремонта снижается.

В тоже время, в работе Ерховой И. А. [7] отмечается, что «Пожарные машины, как правило, работают до первого отказа, который зачастую служит сигналом к устранению их неисправностей. При этом отсутствие на пожарных машинах систем контроля их технического состояния, направленных на выявление отклонений в работе или неисправностей, а также нарушения периодичности проведения их диагностирования, а именно определения их технического состояния, приводит к возникновению частых отказов, как следствие этого – к перерасходу денежных средств на их устранение и к длительным простоям в работе». Результаты данного исследования подтверждают гипотезу, что отечественные образцы пожарных автомобилей, при отсутствии нормативного технического обслуживания узлов и агрегатов, отличаются пониженными значениями показателей надёжности.

Примером может послужить положение приказа МЧС России от 25.11.2016 № 624⁴, а именно п. 3.10, в котором указано, что «пожарные автомобили тяжёлого класса (неполноприводные) до проведения капитального ремонта должны наработать 250 тыс. км, минимальный срок эксплуатации техники составляет 13 лет». При этом стоит отметить, что установленная наработка узлов и механизмов может снижаться при нарушении режимов их эксплуатации, несвоевременного обслуживания, природно-климатических условий, а также условий эксплуатации.

Одновременно с этим, остро стоит проблема переоснащения парка пожарных автомобилей ПСП на современные образцы. Как показывает практика, ПСП не списывают по-

³ Приказ Главного управления МЧС России по Республике Крым от 06.07.2023 № 986 «О создании и утверждении состава комиссий по категорированию техники и имущества в Главном управлении МЧС России по Республике Крым.

⁴ Приказ МЧС России от 25.11.2016 № 624 «Об утверждении Положения об организации ремонта, нормах наработки (сроках службы) до ремонта и списания техники, вооружения, агрегатов, специального оборудования и имущества в МЧС».

жарные автомобили, выработавшие срок эксплуатации. Это приводит к увеличению количества отказов в работе пожарной техники, повышению затрат на их эксплуатацию, в том числе на их ремонт и техническое обслуживание, что, в свою очередь, требует более детального выяснения причин отказов, а также более чёткого и реального понимания пределов эксплуатации пожарной техники.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на сегодняшний день существуют проблемные вопросы в отношении основных документов по организации деятельности подразделений МТО МЧС России, что требует незамедлительного решения выявленных пробелов в нормативной базе. Для решения указанных проблем, необходимо поэтапное вне-

сение изменений в рассматриваемые в настоящем исследовании документы, а также разработке системы поддержки принятия решений, которая будет учитывать:

- порядок и правила эксплуатации материально-технических средств (МТС);
- порядок учёта, хранения и ремонта МТС;
- технологические карты проведения ТО, а также ремонта пожарной и другой аварийно-спасательной техники.

Разработка данной системы также позволит учесть требования соответствующих наставлений по применению МТС по назначению, а также учесть инструкции по эксплуатации МТС и особенности их функционирования.

Список литературы

1. Шуляков А. А. Совершенствование системы материально-технического обеспечения главного управления МЧС России по Волгоградской области // Научные вестн. 2019. № 8 (13). С. 81–88.
2. Аристархов В. А. Современные аспекты категорирования по техническому состоянию образцов пожарной и аварийно-спасательной техники // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2021. № 2. С. 87–94.
3. Сараев И. В., Бубнов А. Г. Методика обоснования выбора и совершенствования технического оснащения подразделений МЧС России для ликвидации чрезвычайных ситуаций на транспорте // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2017. № 2. С. 15–20.
4. Сараев И. В., Бубнов А. Г. Комплексный критерий для выбора пожарно-технического оборудования при оснащении подразделений МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 86–93.
5. Сараев И. В., Бубнов А. Г. Разработка методики выбора средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения пожарных на основе показателя относительной общей пользы // Технологии гражданской безопасности. 2017. Т. 14. № 1 (51). С. 76–79.
6. Аристархов В. А., Гришанков П. С., Двоенко О. В. Стационарные ремонтные органы МЧС России: современное состояние и направления развития // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2023. № 1. С. 89–98.
7. Ерхова И. А., Назаренко А. С., Прус Ю. В. Управление технической готовно-

стью и состоянием пожарных машин для тушения лесных пожаров // Технологии техносферной безопасности. 2011. № 3 (37). С. 10.

References

1. Shulyakov A. A. Sovershenstvovaniye sistemy material'no-tekhnicheskogo obespecheniya glavnogo upravleniya MCHS Rossi po Volgogradskoy oblasti [Improving the logistics system of the main department of the Russian Ministry of Emergency Situations in the Volgograd region]. *Nauchnyye vesti*, 2019, vol. 8 (13). pp. 81–88.
2. Aristarkhov V. A. Sovremennyye aspekty kategorirovaniya po tekhnicheskomu sostoyaniyu obraztsov pozharnoy i avariyno-spasatel'noy tekhniki [Modern aspects of categorization of fire and rescue equipment samples by technical condition]. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya*, 2021, vol. 2, pp. 87–94.
3. Saraev I. V., Bubnov A. G. Metodika obosnovaniya vybora i sovershenstvovaniya tekhnicheskogo osnashcheniya podrazdeleniy MCHS Rossii dlya likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy na transporte [Methodology for justifying the selection and improvement of technical equipment of units of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the elimination of emergency situations in transport]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS Rossii»*, 2017, issue 2, pp. 15–20.
4. Saraev I. V., Bubnov A. G. Kompleksnyy kriteriy dlya vybora pozharno-tekhnicheskogo oborudovaniya pri osnashchenii podrazdeleniy MCHS Rossii [A comprehensive criterion for the selection of fire-fighting equipment when equipping units of the Ministry of Emergency Situations

of Russia]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2018, vol. 3 (47), pp. 86–93.

5. Saraev I. V., Bubnov A. G. Razrabotka metodiki vybora sredstv individual'noy zashchity organov dykhaniya i zreniya pozharnykh na osnove pokazatelya otnositel'noy obshchey pol'zy [Development of a methodology for selecting personal protective equipment for the respiratory and visual organs of firefighters based on the indicator of relative overall benefit]. *Tekhnologii grazhdanskoй bezopasnosti*, 2017, issue 14, vol. 1 (51), pp. 76–79.

6. Aristarkhov V. A., Grishankov P. S., Dvoyenko O. V. Statsionarnyye remontnyye or-

gany MCHS Rossii: sovremennoye sostoyaniye i napravleniya razvitiya [Stationary repair bodies of the Ministry of Emergency Situations of Russia: current state and directions of development]. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya*, 2023, issue 1, pp. 89–98.

7. Yerkhova I. A., Nazarenko A. S., Prus Yu. V. Upravleniye tekhnicheskoy gotovnost'yu i sostoyaniyem pozharnykh mashin dlya tusheniya lesnykh pozharov [Management of technical readiness and condition of fire engines for extinguishing forest fires]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2011, vol. 3 (37), P. 10.

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.

Кнутов Максим Сергеевич

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

E-mail: knutov-vv@mail.ru,

Knutov Maxim Sergeevich

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

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: knutov-vv@mail.ru.

Жигалова Диана Александровна

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

E-mail: zhigalov.alexandr@yandex.ru

Zhigalova Diana Alexandrovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail:zhigalov.alexandr@yandex.ru

УДК 614.8

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Р. Ш. ХАБИБУЛИН, Ш. К. КАДИЕВ

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

E-mail: kh-r@yandex.ru, kadiev_s@inbox.ru

В работе обоснована актуальность разработки программного обеспечения и информационных систем (ИС), обеспечивающих обмен данными, подготовку, сбор, хранение, обработку, анализ и передачу информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Проведен обзор и анализ существующих информационных систем и ресурсов, применяемых в МЧС России в целях предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций различного характера. Определены основные особенности функционирования этих систем, обозначены области их применения и принадлежность. Сформированы предложения по совершенствованию существующих информационных систем и определены дальнейшие направления исследования.

Ключевые слова: управление, организационные системы, информационные продукты, антикризисное управление, ресурсное обеспечение.

ANALYSIS OF INFORMATION RESOURCES AND SOFTWARE TOOLS FOR THE PREVENTION AND ELIMINATION OF FIRES AND EMERGENCIES

R. Sh. HABIBULIN, Sh. K. KADIEV

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: kh-r@yandex.ru, kadiev_s@inbox.ru

The paper substantiates the relevance of the development of software and information systems for the prevention and elimination of emergency situations (emergencies) with the possibility of accumulating data for their subsequent processing using artificial intelligence elements. The review and analysis of existing information systems and resources for the prevention, elimination of fires and emergencies used in crisis management is carried out. The main features of the functioning of these systems are determined, their areas of application and affiliation are indicated. Proposals for improving existing systems have been formed and further directions of research have been identified.

Keywords: management, organizational systems, information products, crisis management, resource support.

Проблема прогнозирования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) различного характера непосредственно связана с постоянным развитием техногенной сферы и сложностью протекающих в ней процессов. В этой связи, все актуальнее становятся вопросы реагирования на возможные происшествия и чрезвычайные ситуации. С учетом тенденций на цифровизацию процессов, в том числе и информационных потоков, в настоящее время функционируют и активным образом разрабатываются новые информационные ресурсы и технологии.

Сегодня сложно вообразить деятельность любой организационно-управленческой

системы без применения информационных ресурсов и специализированного программного обеспечения. Использование таких систем способствует автоматизации некоторых процессов работы и повышению продуктивности рабочего времени. Особое значение имеет внедрение этих систем в деятельность подразделений, обеспечивающих защиту населения и территорий от разного рода бедствий.

Теме повышения эффективности управления процессами и обеспечения безопасности за счет разработки и применения современных информационных ресурсов посвящено множество работ [1–5]. Так в работе [1] авторами рассматриваются вопросы повышения эффективности в сфере материально-технического обеспечения. Проанализированы

варианты архитектуры и основные блоки, входящие в программно-аппаратный комплекс информационно-управляющей системы обеспечения. Определены функции системы:

1. Автоматизированный контроль.
2. Учет и анализ потребностей.
3. Отчетность и планирование.
4. Управление поставками предметов снабжения.
5. Мониторинг состояния.

В статьях [2-4] авторами поднимаются вопросы эффективного распределения рабочего времени и состояния качества выполняемых работ, ввиду постоянного роста профессиональных задач. Авторами установлено, что эффективность работы подразделений антикризисного управления состоит в оперативном реагировании на возможные угрозы, своевременная ликвидация которых базируется на выполнении следующих мероприятий:

1. Принятие грамотных управленческих решений.
2. Качественная обработка полученной информации.
3. Своевременная передача сведений о чрезвычайной ситуации.

В работе [5] представлен алгоритм информационно-аналитической поддержки принятия решений при реагировании на чрезвычайные ситуации различного характера, который позволяет средствам информационно-аналитической поддержки принять к исполнению некоторых информационных и частично расчетных процессов. Автором установлено, что при реагировании на чрезвычайные ситуации, связанные с крупными техногенными пожарами, должностным лицом центра управления в кризисных ситуациях тратится 80 % времени на информационные процессы, 15 % на расчетные задачи и 5 % на творческие процессы. Алгоритм действий, разработанный информационно-аналитической системой, позволяет должностному лицу принять обоснованное управленческое решение при реагировании за счет высвобождения времени от рутинных задач.

Таким образом, целью проводимого исследования является совершенствование реагирования на чрезвычайные ситуации за счет разработки современных программных средств и информационных систем с применением современных технологий интеллектуального анализа данных. Для достижения поставленной цели в статье поставлены следующие задачи:

1. Выявить актуальность проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций различного характера.
2. Провести анализ существующих информационных систем, используемых при

реагировании на чрезвычайные ситуации различного характера.

3. Определить недостатки информационных ресурсов и программных средств, направленных на управление ресурсным обеспечением при реагировании на чрезвычайные ситуации.

4. Сформулировать предложения по совершенствованию современных информационных систем.

В Российской Федерации создана единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – РСЧС), участники которой в своей деятельности широко используют современные информационные технологии. В состав РСЧС входят две подсистемы: функциональная и территориальная [6]. Функциональные подсистемы РСЧС создаются федеральными органами исполнительной власти и государственными корпорациями для организации работы в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в сфере их деятельности. Территориальные подсистемы РСЧС создаются в субъектах РФ для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в пределах их территорий и состоят из звеньев, соответствующих административно-территориальному делению этих территорий (муниципальные образования, населенные пункты).

В МЧС России используется более 100 различных информационных систем и ресурсов. Среди них можно выделить следующие: системы и специальное программное обеспечение для мониторинга, информирования населения, сбора, обработки и хранения данных; геоинформационные системы; механизмы межведомственного взаимодействия; данные дистанционного зондирования Земли; системы, предназначенные для мониторинга лесопожарной обстановки и многие другие. На рис. 1 показано количественное распределение информационных систем и ресурсов в соответствии с уровнем их применения.

На основании данных, представленных в гистограмме, следует, что из 118 рассмотренных продуктов информационного обеспечения, используемых в настоящий момент в МЧС России, 68 применяются в большей степени подразделениями территориальных и функциональных подсистем РСЧС. В то же время, 98 информационных систем обладают доступом в онлайн режиме в информационно-коммуникационной сети Интернет и 20 в цифровой информационной инфраструктуре МЧС России («Интранет»). Следует отметить, что Главное управление НЦУКС использует все проанализированные информационные системы в режиме повседневной деятельности.

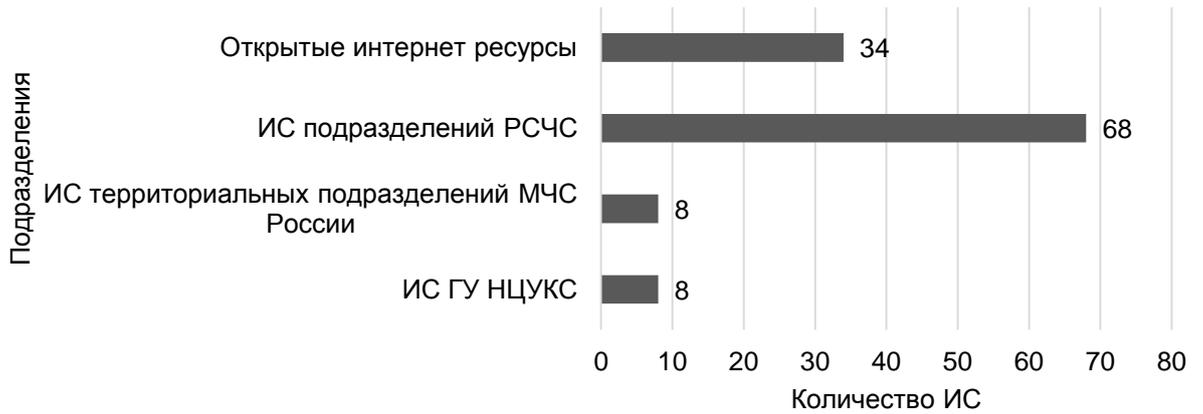


Рис. 1. Уровни применения информационных систем

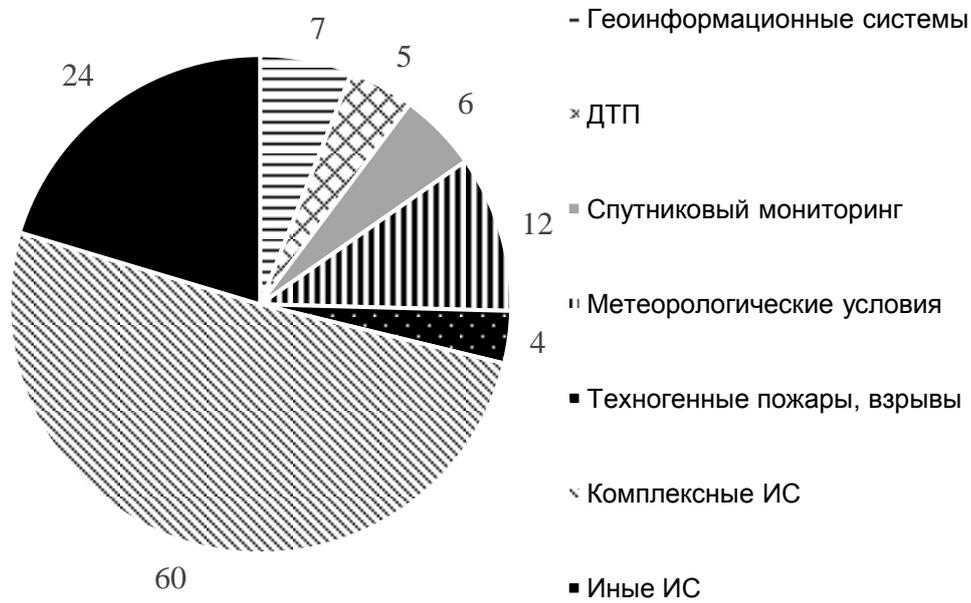


Рис. 2. Сфера использования информационных ресурсов



Рис. 3. Распределение информационных систем по министерствам и ведомствам

Функциональная подсистема РСЧС включает различные министерства и ведомства, в соответствии с этим информационные системы также имеют различную ведомственную принадлежность. МЧС России использует 16 таких систем. На рис. 3 представлена диаграмма ведомственной принадлежности информационных ресурсов.

Для визуализации имеющихся информационных продуктов в антикризисном управ-

лении МЧС России составлена схема (рис. 4). Необходимо отметить, что повседневным органом управления РСЧС на региональном уровне являются центры управления в кризисных ситуациях главных управлений МЧС России. В связи с этим, органы антикризисного управления МЧС России в своей деятельности используют информационные системы других ведомств в рамках своих компетенций.

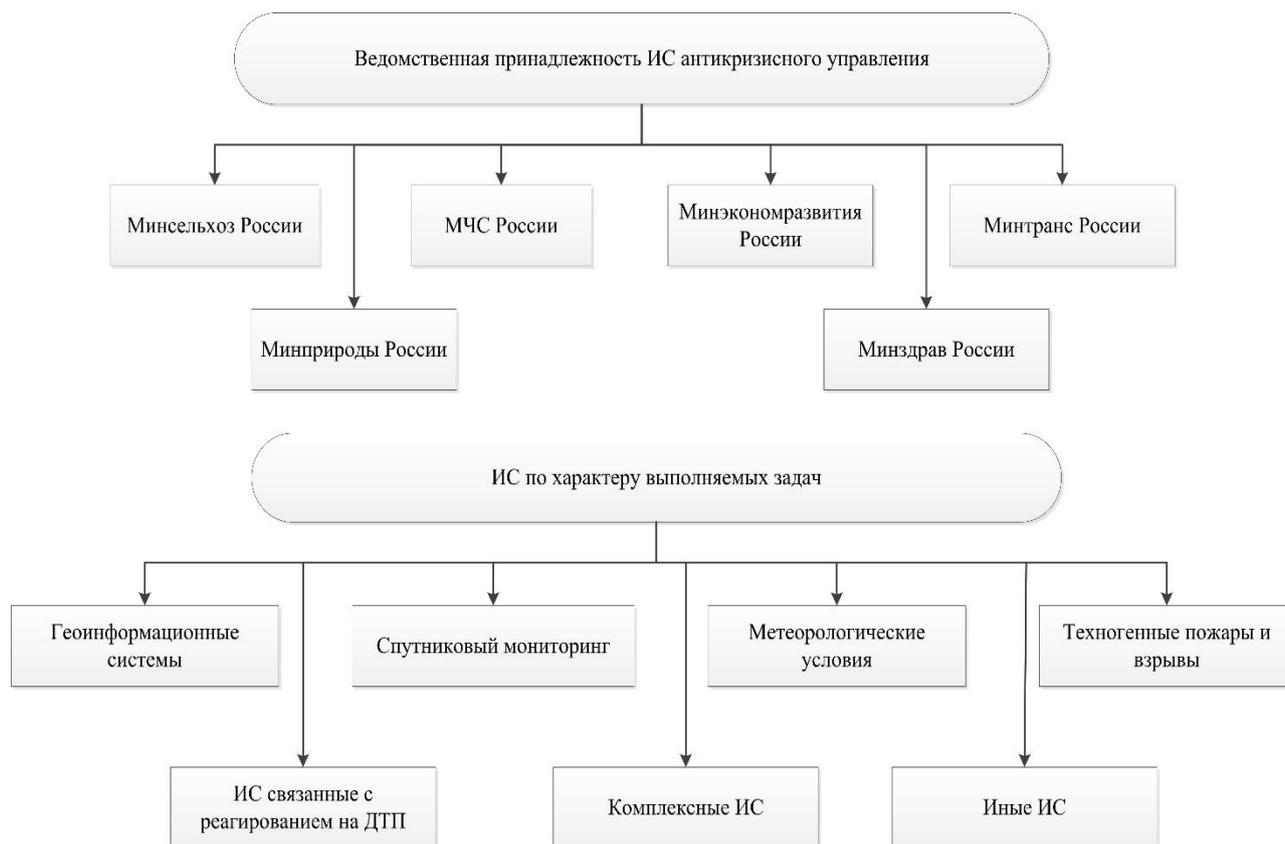


Рис. 4. Информационные системы антикризисного управления, применяемые в МЧС России

Разработку и внедрение цифровых решений для обмена информацией стимулировало создание информационной системы «Атлас опасностей и рисков» (далее – Атлас опасностей и рисков).

«Атлас опасностей и рисков» – это автоматизированная система для сбора, обработки и анализа данных о происшествиях и чрезвычайных ситуациях. Она также предназначена для организации межведомственного обмена информацией и оперативного управления органами повседневного управления и силами при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Атлас опасностей и рисков обрабатывает информацию из открытых источников, включая данные федеральных органов испол-

нительной власти, и хранятся данные дистанционного зондирования Земли. Он также использует данные из паспортов территорий. Атлас опасностей и рисков является частью автоматизированной информационно-управляющей системы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (АИУС РСЧС). [8].

Несмотря на широкий спектр возможностей представленных информационных продуктов, актуальным становится вопрос использования в программных продуктах современных технологий накопления данных для их последующей обработки с помощью интеллектуального анализа и машинного обучения. Внедрение этих технологий необходимо для совершенствования как предупреждений чрез-

вычайных ситуаций, так и для успешного реагирования на них. Особенно важно применение методов искусственного интеллекта в системах поддержки принятия решений, когда, к примеру, лицу, принимающему решения, необходимо определить количество ресурсов (состав сил и средств), используемых в ходе ликвидации ЧС.

Вместе с тем, на сегодняшний день не решена проблема накопления и обработки информации с места чрезвычайной ситуации. Отсутствует полноценная единая база данных о чрезвычайных ситуациях, что осложняет работу по совершенствованию этапов предупреждения и реагирования на ЧС. Комплекс этих проблем делает задачу по разработке информационных систем с возможностью накопления данных и их интеллектуальной обработки все более актуальной в современных реалиях.

Выводы

1. Анализ использования цифровых продуктов и информационных систем в контексте антикризисного управления демонстрирует их широкое применение в ежедневной деятельности центров управления кризисными ситуациями и других подразделений МЧС России. Современные информационные технологии, в том числе, обеспечивают координацию действий на местах чрезвычайных ситуаций между реагирующими подразделениями разных служб и ведомств. Информационные системы позволяют достигать необходимых результатов при реагировании на чрезвычайные

ситуации, что является значимым фактором для спасения жизней, охраны здоровья людей и окружающей среды.

2. Анализ показал, что в антикризисном управлении применяется значительное количество информационных продуктов с широким функционалом возможностей их использования. Вместе с тем, область реагирования на ЧС вызывает особый научный интерес. Связано это с отсутствием систем поддержки ресурсного обеспечения при реагировании на чрезвычайные ситуации различного характера.

3. Применение информационных систем лицами, принимающими решения (далее – ЛПР), автоматизирует некоторые ручные процессы и улучшает качество принимаемых решений. Поэтому необходимы системы, основанные на современных технологиях и моделях, которые позволят ЛПР определить количество ресурсов, требуемых для реагирования на чрезвычайные ситуации различного характера.

4. Имеющиеся недостатки современных информационных систем подтверждаются проведенным анкетированием среди сотрудников и специалистов антикризисного управления [10]. Для устранения этих недостатков предлагается использовать метод прецедентов и методы машинного обучения, а именно, кластерный анализ баз данных ЧС, при разработке систем поддержки принятия решений по определению необходимого ресурсного обеспечения для реагирования на чрезвычайные ситуации.

Список литературы

1. Информационные технологии в управлении материально-техническими ресурсами / И. М. Тетерин, Н. Г. Топольский, А. П. Сатин [и др.] // Технологии гражданской безопасности. 2010. Т. 7. № 1–2. С. 119–124.

2. Концепция модели развития системы управления в кризисных ситуациях / Д. С. Королев, М. Б. Шмырева, Г. М. Бойко, [и др.] // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2021. № 2. С. 64–69.

3. Малышев Д. А. Информационные технологии и ресурсы, применяемые в работе ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по Республике Коми» // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях. 2015. С. 116–117.

4. Королев Д. С., Калач А. В. Опыт применения информационных ресурсов для мониторинга и прогнозирования возникновения ЧС природного характера на примере Воронежской области // Сервис безопасности в России:

опыт, проблемы, перспективы. Мониторинг, предотвращение и ликвидация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. 2021. С. 251–256.

5. Гусак С. В. Вопросы информационно-технологического обеспечения деятельности ЦУКС МЧС России // Точная наука. 2020. № 88. С. 12–14.

6. Овсяник А. И., Годлевский П. П. Интеграция единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны – как назревшая необходимость // Экономика превентивных мероприятий по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций и аварийно-спасательных работ. 2020. С. 30–36.

7. Механтьева Л. Е., Перфильева М. В., Раскина Е. А. Актуальные вопросы взаимодействия функциональных и территориальных подсистем РСЧС Воронежской области при химических авариях // Пожарная безопасность:

проблемы и перспективы. 2019. Т. 1. №. 10. С. 264–266.

8. Заводсков Г. Н. Анализ возможностей информационной системы «Атлас опасностей и рисков» // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения. 2022. С. 41–43.

9. Шерстюк В. Г., Ляшенко Е. Н., Кирйчук Д. Л. Постановка задачи координации действий в иерархических системах управления // Вестник Херсонского национального технического университета. 2015. №. 3 (54). С. 308–312.

10. Кадиев Ш. К., Хабибулин Р. Ш., Рыженко Н. Ю. Результаты анкетирования специалистов центров управления в кризисных ситуациях по вопросам реагирования на чрезвычайные ситуации // Технологии техносферной безопасности. 2022. Вып. 2 (96). С. 103–122.

References

1. Informatsionnyye tekhnologii v upravlenii materialno-tekhnicheskimi resursami [Information technologies in the management of material and technical resources] / I. M. Teterin, N. G. Topolskiy, A. P. Satin [et al.]. *Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti*, 2010, vol. 7, issue 1–2, pp. 119–124.

2. Kontseptsiya modeli razvitiya sistemy upravleniya v krizisnykh situatsiyakh [Concept of a model for the development of a management system in crisis situations] / D. S. Korolev, M. B. Shmyreva, G. M. Boyko [et al.]. *Sibirskiy pozharno-spatatelnyy vestnik*, 2021, issue 2, pp. 64–69.

3. Malyshev D. A. Informatsionnyye tekhnologii i resursy. primenyayemyye v rabote FKU «TsUKS GU MChS Rossii po Respublike Komi» [Information technologies and resources used in the work of the Federal Institution «TsUKS GU EMERCOM of Russia for the Komi Republic»]. *Servis bezopasnosti v Rossii: opyt. problemy. perspektivy. Obespecheniye bezopasnosti pri chrezvychaynykh situatsiyakh*, 2015, pp. 116–117.

4. Korolev D. S., Kalach A. V. Opyt primeneniya informatsionnykh resursov dlya monitoringa i prognozirovaniya vozniknoveniya ChS prirodnogo kharaktera na primere voronezhskoy oblasti [Experience in using information resources for monitoring and forecasting the occurrence of natural emergencies using the example of the Voronezh region]. *Servis bezopasnosti v Rossii:*

opyt. problemy. perspektivy. Monitoring, predotvrashcheniye i likvidatsiya chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera, 2021, pp. 251–256.

5. Gusak S. V. Voprosy informatsionno-tekhnologicheskogo obespecheniya deyatelnosti TsUKS MChS Rossii [Issues of information and technological support for the activities of the Central Control Center of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. *Tochnaya nauka*, 2020, issue 88, pp. 12–14

6. Ovsyanik A. I., Godlevskiy P. P. Integratsiya edinoy gosudarstvennoy sistemy preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy i grazhdanskoy oborony-kak nazrevshaya neobkhodimost [Integration of a unified state system for the prevention and response of emergency situations and civil defense is an urgent need]. *Ekonomika preventivnykh meropriyatiy po snizheniyu riska vozniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy i avariyno-spatatelnykh работ*, 2020, pp. 30–36.

7. Mekhantseva L. E., Perfilyeva M. V., Raskina E. A. Aktualnyye voprosy vzaimodeystviya funktsionalnykh i territorialnykh podsistem RSChS Voronezhskoy oblasti pri khimicheskikh avariakh [Current issues of interaction between functional and territorial subsystems of the RSChS of the Voronezh region during chemical accidents]. *Pozharnaya bezopasnost: problemy i perspektivy*, 2019, vol. 1, issue. 10, pp. 264–266.

8. Zavodskov G. N. Analiz vozmozhnostey informatsionnoy sistemy «Atlas opasnostey i riskov» [Analysis of the capabilities of the information system «Atlas of Hazards and Risks»]. *Pozharnaya bezopasnost: sovremennyye vyzovy. Problemy i puti resheniya*, 2022, pp. 41–43.

9. Sherstyuk V. G., Lyashenko E. N., Kiryuchuk D. L. Postanovka zadachi koordinatsii deystviy v iyerarkhicheskikh sistemakh upravleniya [Statement of the problem of coordination of actions in hierarchical control systems]. *Vestnik Khersonskogo natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta*, 2015, vol. 3 (54), pp. 308–312.

10. Kadiyev Sh. K., Khabibulin R. Sh., Ryzhenko N. Yu. Rezultaty anketirovaniya spetsialistov tsentrov upravleniya v krizisnykh situatsiyakh po voprosam reagirovaniya na chrezvychaynyye situatsii [Results of a survey of crisis management center specialists on emergency response issues]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2022, vol. 2 (96), pp. 103–122.

Хабибулин Ренат Шамильевич

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

начальник УНК АСИТ

E-mail: kh-r@yandex.ru

Khabibulin Renat Shamilyevich

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

Кадиев Шамиль Кудрудинович

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

преподаватель кафедры информационных технологий (в составе УНК АСИТ)

E-mail: kadiev_s@inbox.ru

Kadiev Shamil Kudrudinovich

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

Russian Federation, Moscow

Lecturer at the Department of Information Technologies (as part of UNK ASIT)

E-mail: kadiev_s@inbox.ru

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

УДК 614.842

**ВЫБОР ВИДА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ФУНКЦИИ ПОЛЕЗНОСТИ ХАРРИНГТОНА-МЕНЧЕРА**

Т. А. БУЦЫНСКАЯ, А. Н. ЧЛЕНОВ

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России
Российская Федерация, г. Москва,
E-mail: butcinskaya@mail.ru, chlenov@mail.ru

Автоматические установки тушения пожара являются одним из основных элементов систем противопожарной защиты. Оптимальный выбор средств пожарной автоматики позволяет повысить эффективность их применения и тем самым – уровень пожарной безопасности объекта защиты.

В работе на конкретном примере объекта складского назначения показана возможность применения функции полезности Харрингтона-Манчера при выборе оптимальной установки тушения пожара для конкретных условий. Выбор производится на основе мультипликативного обобщенного показателя с учётом характеристик автоматической установки пожаротушения в целом, а не только огнетушащего вещества, что является несомненным достоинством данного метода.

Результаты работы могут быть использованы при анализе и проектировании систем противопожарной защиты промышленных предприятий и объектов иного назначения, в которых необходимо применение автоматических установок тушения пожара.

Ключевые слова: пожар, тушение пожара, метод оптимизации, оценка качества, система противопожарной защиты.

**SELECTION OF THE TYPE OF AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING INSTALLATION
BASED ON THE HARRINGTON-MANCHER UTILITY FUNCTION**

T. A. BUTCINSKAYA, A. N. CHLENOV

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia
Russian Federation, Moscow
E-mail: butcinskaya@mail.ru, chlenov@mail.ru

Automatic fire extinguishing systems are one of the main elements of fire protection systems. The optimal choice of fire automation equipment makes it possible to increase the efficiency of their application and thereby the level of fire safety of the object of protection.

Using a specific example of a warehouse facility, the paper shows the possibility of using the Harrington-Mancher utility function when choosing the optimal fire extinguishing installation for specific conditions. The choice is made on the basis of a multiplicative generalized indicator, taking into account the characteristics of the automatic fire extinguishing system as a whole, and not only of the extinguishing agent, which is an undoubted advantage of this method.

The results of the work can be used in the analysis and design of fire protection systems for industrial enterprises and other facilities in which the use of automatic fire extinguishing systems is necessary.

Key words: fire, fire extinguishing, optimization method, quality assessment, fire protection system.

Введение

Оптимальный выбор средств пожарной автоматики позволяет повысить эффективность их применения и тем самым – уровень

пожарной безопасности объекта защиты. Автоматические установки тушения пожара (АУПТ) являются одной из основных элементов систем противопожарной защиты [1-3].

Целью работы является обоснование возможности выбора вида применяемой авто-

матической установки пожаротушения, оптимальной для условий защищаемого объекта, на основе метода Харрингтона-Менчера. Для этого целесообразно провести анализ существующих методов, рассмотреть методику использования функции полезности Харрингтона для получения безразмерных показателей, характеризующих качество установки, а также на конкретном практическом примере определить порядок формирования и применения единого обобщённого показателя по данному методу.

В настоящее время основой для выбора АУПТ при проектировании используется комплекс действующих нормативных документов. Главным здесь является использование огнетушащего вещества (ОТВ), наиболее эффективного для тушения пожара заданного класса [4, 5]. При этом не учитываются другие важные характеристики АУПТ, а также специальные требования, важные для оптимального проектирования.

С целью устранения этого недостатка в работе [6] для оперативного выбора АУПТ предложен «матричный» метод. Матричный метод принятия решений (матричный метод экспертного оценивания) разработан на основе известного метода анализа иерархий Томаса Саати и относится к классу многокритериальных [7, 8]. Сходство с известным методом заключается в построении иерархии проблемы многокритериального выбора и использовании метода парных сравнений.

Концепция выбора матрицы заключается в том, что преимуществами той или иной УПТ оцениваются по наиболее важным показателям [9]. Различным комбинациям характеристик «ОТВ-АУПТ» придаётся численное значение по сформированной экспертами шкале, высокие значения соответствуют положительной степени данного показателя. Первоначально составляется базовая матрица, в которой оценка УПТ производится исходя из общих условий применения без учёта особенностей пожаротушения на объекте. Затем определяются коэффициенты значимости, которые оценивают важность каждого параметра матрицы в конкретных условиях использования. Итоговую матрицу составляют, умножая значения параметров базового примера на коэффициенты значимости. Сумма характеристик итоговой матрицы для каждого варианта УПТ является интегральным показателем, характеризующим предпочтительность применения данной АУПТ в конкретных условиях.

Выбор установки производится с учётом характеристик АУПТ в целом, а не только ОТВ, что является несомненным достоинством «матричного» метода. Однако такой подход обладает недостатком, существенно снижаю-

щим эффективность его применения [10, 11]. В рассматриваемом случае формируется аддитивный интегральный показатель, для которого негативное значение некоторых параметров может быть скомпенсировано положительным значением других.

Однако в нашем случае негативное значение даже одного показателя может свети на нет все сколь угодно благополучные значения других показателей. Например, практическая невозможность использования рассматриваемого огнетушащего вещества в конкретных условиях объекта исключает возможность применение соответствующей АУПТ.

Основная часть

Нами предлагается осуществлять выбор вида АУПТ с помощью специально сформированного мультипликативного обобщённого показателя Харрингтона-Менчера. Данный показатель формируется на основе комплекса частных показателей, характеризующих интегральные проективные различия по физической сущности и размерности параметры АУПТ [12, 13].

В настоящее время данный метод эффективно используется для решения прикладных задач управления в различных сферах научной и практической деятельности [14-20]. В основе формирования интегрального показателя лежит предложенная Харрингтоном идея преобразования количественных или качественных характеристик частных показателей в нормированные значения безразмерной шкалы полезности (желательности). Математически данное преобразование выражается формулой

$$d = \exp[-\exp(-x)], \quad (1)$$

где x – закодированное значение конкретного показателя в условной шкале (масштабе).

График функции (1) представлен на рис. 1.

Чтобы преобразовать частные показатели полезности в соответствии с выражением (1), удобно пользоваться разработанной безразмерной шкалой оценивания [14], границы которой показаны на рис. 1.

Следует отметить, что при формировании комплекса частных показателей необходимым условием является практически полное отсутствие взаимной корреляции между ними [14].

После приведения всех частных показателей к нормированному виду, производится расчёт интегрального параметра оценки – так называемой «обобщённой функции желательности».

$$D = \sqrt[\sum_{i=1}^m \alpha_i]{\prod_{i=1}^m d_i^{\alpha_i}}, \quad (2)$$

где m – число частных показателей полезности;

d_i – частный показатель полезности;

α_i – вес – i -го частного показателя.

Следует отметить, что в данном случае использован мультипликативный интегральный показатель, в процессе формирования которого вычисляют произведение частных показателей в соответствии с (2). Это соответствует существу поставленной задачи выбора АУПТ.

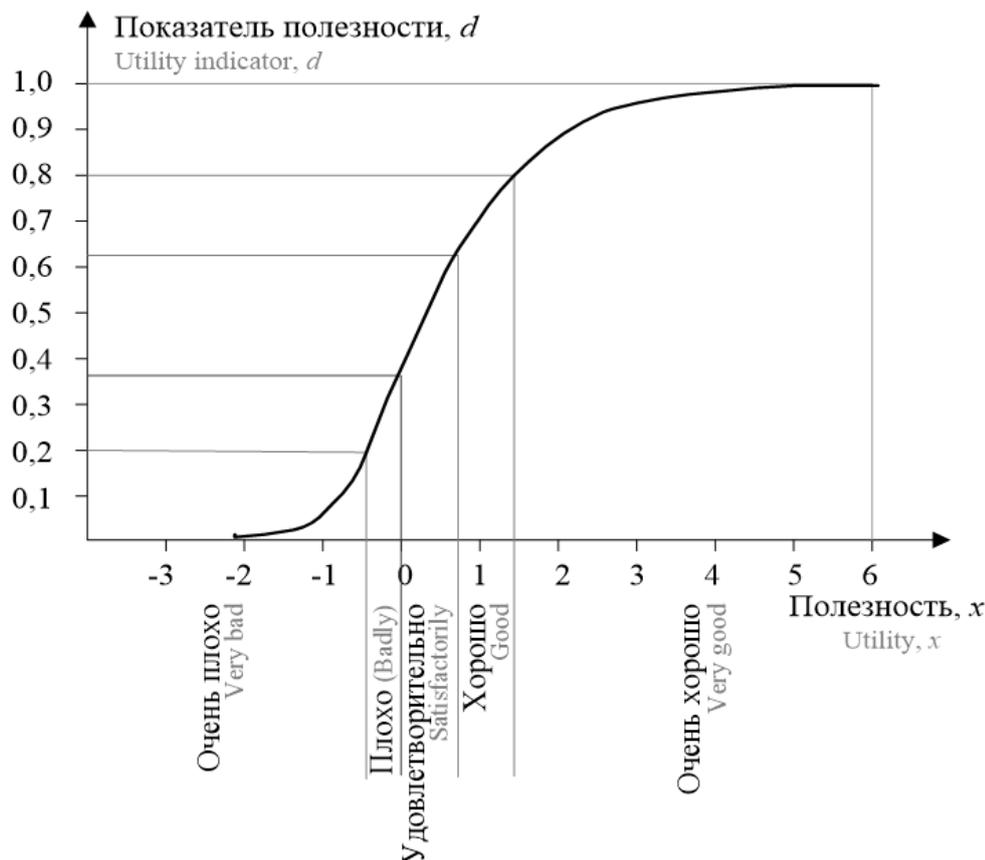


Рис. 1. График функции преобразования показателей полезности

Следует отметить, что в данном случае использован мультипликативный интегральный показатель, в процессе формирования которого вычисляют произведение частных показателей в соответствии с (2). Это соответствует существу поставленной задачи выбора АУПТ.

Введение в выражение (2) весовых коэффициентов в качестве степени частных показателей, отражает практически важную возможность изменения значения показателей в зависимости от их важности в конкретной ситуации.

В качестве примера объекта защиты для анализа пожарной опасности рассмотрим высокостеллажный склад № 85 ОАО «Уфанефтехим» в Орджоникидзевском районе г. Уфа Республики Башкортостан [21]. Здание склада готовой продукции представляет значительную пожарную опасность и подлежит оборудованию автоматической установкой пожа-

ротушения в соответствии с СП 486.1311500.2020¹.

Выберем следующие частные показатели полезности с учётом [6, 9]:

d_1 – отрицательное воздействие на организм человека;

d_2 – повреждение оборудования (материалов) при выпуске огнетушащих веществ;

d_3 – эффективность тушения пожара ($кг/м^3$);

d_4 – стоимость АУПТ ($у.е./м^3$);

d_5 – быстродействие (с);

d_6 – возможность тушения электрооборудования под напряжением;

¹ СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности»

d_7 – доступность огнетушащего вещества.

Получим нормированные значения частных показателей полезности с помощью функции Харрингтона, оценив результат, достигаемый в случае реализации рассматриваемого события в виде табл. 1.

Для оценки по Харрингтону выбираем в первом приближении среднее значение результата реализации рассматриваемого события, например, если для категории «хорошо»,

границы интервала желательности составляют 0,80...0,63 (табл. 1), то выбираем среднее значение – 0,715 (табл. 2).

Определим экспертным путём значения весов частных показателей полезности (табл. 3).

В результате выполненного расчёта получены значения обобщённой интегральной функции полезности АУПТ в зависимости от используемого огнетушащего вещества. Результаты сведены в табл. 4.

Таблица 1. Таблица нормирования частных показателей полезности

Показатели	Результат, достигаемый в случае реализации рассматриваемого события (качественный и/или количественный) по Харрингтону				
	1,00...0,80	0,80...0,63	0,63...0,37	0,37...0,20	0,20...0,00
	Очень хорошо	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо	Очень плохо
d_1	Нет	Требуется применения общих средств защиты	Требуется применения специальных средств защиты в течение короткого времени	Требуется применения специальных средств защиты	Нельзя применять в присутствии человека
d_2	Нет	Безвредно в небольших пределах концентрации	Может нанести вред	Вредно	Крайне вредно
d_3	< 0,1	< 0,3	< 0,7	< 0,9	≥ 0,9
d_4	< 10	< 25	< 40	< 55	≥ 55
d_5	< 5	< 20	< 100	< 500	≥ 500
d_6	Нет	Может вывести из строя электронику	Может вывести из строя	Выводит из строя технику и электрооборудование	Нельзя применять для тушения электрооборудования
d_7	Доступно в любом количестве	Доступно в среднем количестве	Доступно в малом количестве	Не доступно, возможна доставка	Не доступно, доставить нельзя

Примечания:

1. Для автоматизированной системы противопожарной защиты, использующей поверхностный способ тушения, соответствующие коэффициенты d приводятся по отношению к 1 м^2 ;
2. При выполнении количественной оценки частных показателей полезности использовались рекомендации, изложенные в [9-11].

Таблица 2. Таблица значений частных показателей функции полезности

Вид АУПТ	Частные показатели полезности						
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7
Спринклерные водяные	0,715	0,10	0,9	0,55	0,10	0,100	0,9
Дренчерные водяные	0,715	0,10	0,9	0,55	0,285	0,100	0,9
Тонкораспылённой водой	0,715	0,285	0,9	0,55	0,285	0,100	0,9
Воздушно-механической пеной	0,55	0,10	0,715	0,715	0,285	0,285	0,715
Газовые (хладон)	0,285	0,9	0,715	0,55	0,715	0,9	0,285
Газовые (CO ₂)	0,10	0,9	0,715	0,55	0,715	0,9	0,55
Газовые (N ₂ , Ar)	0,10	0,9	0,715	0,55	0,715	0,9	0,55
Газовые (инергены)	0,285	0,9	0,715	0,55	0,715	0,9	0,55
Порошковые	0,285	0,9	0,715	0,715	0,9	0,9	0,715
Газоаэрозольные	0,285	0,715	0,715	0,715	0,715	0,715	0,285

Таблица 3. Значения экспертных весов частных показателей полезности

d_i	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7
α_i	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,5	0,5
$\sum_{i=1}^7 \alpha_i = 4,8$							

Таблица 4. Таблица значений показателей обобщённой функции полезности

Вид АУПТ	Приведённые частные показатели полезности $d_i^{\alpha_i}$							D
	$d_1^{\alpha_1}$	$d_2^{\alpha_2}$	$d_3^{\alpha_3}$	$d_4^{\alpha_4}$	$d_5^{\alpha_5}$	$d_6^{\alpha_6}$	$d_7^{\alpha_7}$	
Спринклерные водяные	0,765	0,158	0,919	0,620	0,256	0,316	0,949	0,335
Дренчерные водяные	0,765	0,158	0,919	0,620	0,471	0,316	0,949	0,381
Тонкораспылённой водой	0,765	0,366	0,919	0,620	0,471	0,316	0,949	0,454
Воздушно-механической пеной	0,620	0,158	0,765	0,765	0,471	0,534	0,846	0,399
Газовые (хладон)	0,366	0,919	0,765	0,620	0,818	0,949	0,534	0,558
Газовые (CO ₂)	0,158	0,919	0,765	0,620	0,818	0,949	0,742	0,511
Газовые (N ₂ , Ar)	0,158	0,919	0,765	0,620	0,818	0,949	0,742	0,511
Газовые (инергены)	0,366	0,919	0,765	0,620	0,818	0,949	0,742	0,608
Порошковые	0,366	0,919	0,765	0,765	0,939	0,949	0,846	0,672
Газоаэрозольные	0,366	0,765	0,765	0,765	0,818	0,846	0,534	0,558

На рис. 2 представлена диаграмма результатов расчётов интегрального показателя D для рассмотренных видов АУПТ. Из рисунка видно, что оценке «хорошо» соответствует порошковая АУПТ. Наиболее близкой к ней являются газовые (хладон, инерген) и газоаэро-

зольная установки. Из водяных наиболее эффективной признана установка тушения тонкораспылённой водой, однако её интегральная оценка может быть интерпретирована только как «удовлетворительно».

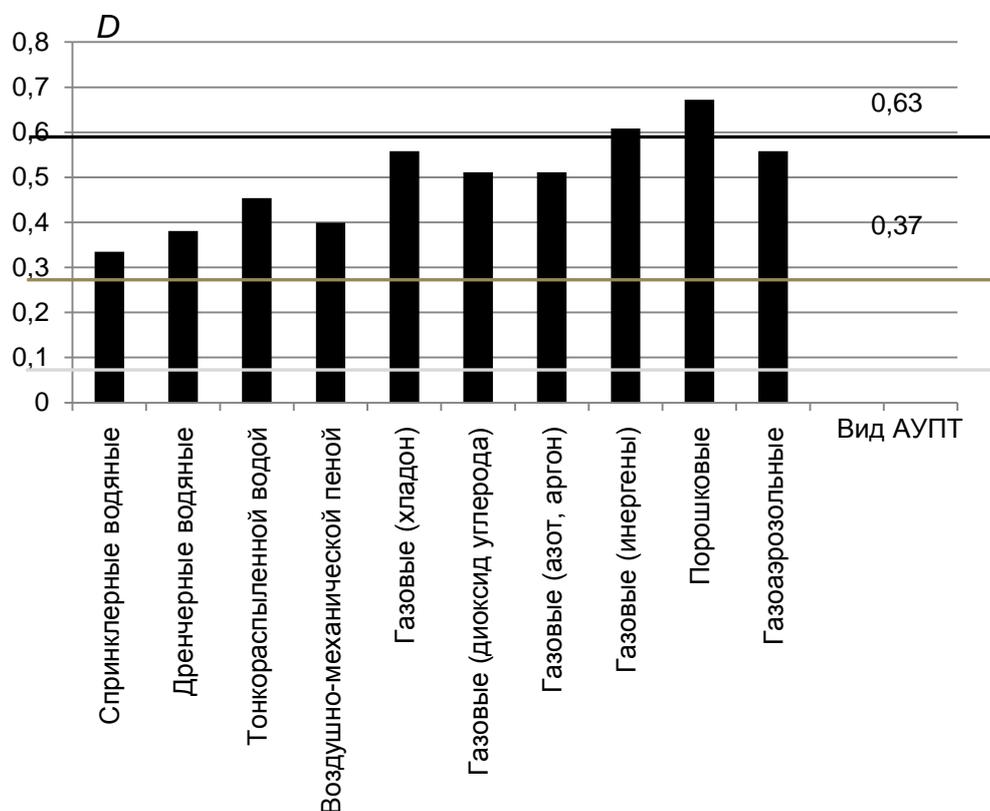


Рис. 2. Диаграмма результатов расчётов интегрального показателя D

Заключение

В работе на конкретном примере показана возможность применения функции полезности Харрингтона-Менчера при выборе оптимальной установки тушения пожара для конкретных условий защищаемого объекта. Выбор установки производится на основе мультипликативного обобщённого показателя с учётом характеристик АУПТ в целом, а не только ОТВ, что является достоинством данного метода.

К недостаткам следует отнести зависимость результата от опыта и интуиции экс-

пертов. Этот недостаток нивелируется при выполнении работы несколькими квалифицированными экспертами с обработкой результатов для оценки их внутренней непротиворечивости.

Кроме этого, следует учитывать, что при окончательном выборе конкретной АУПТ необходимо учитывать затраты на её монтаж, наладку и эксплуатацию, так как эти показатели для различных фирм-изготовителей в условиях рыночных отношений могут значительно отличаться.

Список литературы

1. Бабуров В. П., Бабуринов В. В., Фомин В. И. Автоматические установки пожаротушения. Вчера. Сегодня. Завтра: учебно-справочное пособие. М.: ООО Издательство «Пожнаука», 2007. 294 с.

2. Перица А. И., Байтасов Б. Д. Современные технологии пожаротушения // Молодой учёный. 2021. № 42 (384). С. 222–226. EDN KIEZNA.

3. Кашапова Л. М. Современные автоматические системы противопожарной защиты // Молодой учёный. 2020. № 48 (338). С. 607–610. EDN OONTRB.

4. Смирнов Н. В., Николаев В. М. Установки пожаротушения: проблема выбора // Системы безопасности, связи и телекоммуникаций. 1999. № 24. С. 84–90.

5. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. изд.: в 2 книгах / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчуки [и др.]. М.: Химия. 1990. 496 с.

6. Средства пожарной автоматики. Область применения. Выбор типа. Рекомендации. М.: ВНИИПО МЧС России, 2012, 96 с.

7. Saaty T. L. Rank generation, preservation, and reversal in the analytic hierarchy decision process // Decision Sciences, 1987, vol. 18 (2), pp. 157–177. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1987.tb01514.x>

8. Saaty T. L. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process // Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas, 2008, vol. 102, pp. 251–318. <https://doi.org/10.1007/BF03191825>

9. Членов А. Н., Лобацкий С. И. Применение матричного метода выбора автоматической установки тушения пожара // Безопасность в техносфере: сборник статей XIII международной конференции. Ижевск: изд. центр «Удмуртский университет», 2019. С. 153–157. EDN JPVBFM.

10. Членов А. Н. Применение современных информационных технологий в автоматизированных системах противопожарной защиты // Технологии техносферной безопасности. 2014. Вып. 1 (53). С. 2. EDN TGSLEL.

11. Членов А. Н., Демехин Ф. И. Метод оценки влияния качества пожарной сигнализации на эффективность автоматизированной системы противопожарной защиты промышленного предприятия // Технологии техносферной безопасности. 2008. Вып. 5 (21). С. 3. EDN MNIRNV.

12. Harrington E. C. The Desirable Function. Industrial Quality Control, 1965, vol. 21, issue 10, pp. 124–131.

13. Мэнчер Э. М., Заславская Ю. Э., Минина Н. П. Некоторые методические вопросы применения обобщённой функции полезности при изучении и оптимизации технологических процессов // Сборник трудов ВНИИ нерудных строительных материалов и гидромеханизации. Вып. 39. Тольятти: Всесоюзный научно-исследовательский институт нерудных строительных материалов и гидромеханизации, 1975. С. 7–12.

14. Федориченко С. Г., Федориченко Г. С. Интегральная мера оценки состояния энергетической безопасности // Проблемы региональной энергетики. 2014. № 1 (24). С. 1–16. EDN SGYNXF.

15. Интегральная оценка уровня подготовленности кикбоксеров на основе функции Харрингтона-Менчера / М. Г. Коляда, С. И. Бельх, Т. И. Бугаева [и др.] // Теория и практика физической культуры. 2022. № 6. С. 99–101. EDN ENJGEF.

16. Обобщённая функция полезности и её приложения / С. Г. Федориченко, Ю. А. Долгов, А. В. Кирсанова [и др.]. Тирасполь: изд-во Приднестровского университета, 2011. 196 с.

17. Королева С. В. Практические аспекты использования функции желательности в медико-биологическом эксперименте // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. С. 71. EDN OQNFRT.

18. Добровольская Т. А., Процаковская Д. В. Многокритериальная оценка качества материалов для одежды специального назначения на основе компьютерных технологий // *Современные наукоёмкие технологии*. 2022. № 8. С. 47–52. <https://doi.org/10.17513/snt.39265>. EDN EALBZN.

19. Сосюкин А. Е., Верведа А. Б. Практические аспекты использования функции желательности при проведении психофизиологического обследования персонала аварийно-спасательных формирований // *Medline.ru*. Российский биомедицинский журнал. 2015. Т. 16. С. 872–884. EDN ZEQQIP.

20. Ткаченко Ю. С. Обоснование применения метода функции желательности Харрингтона в решении задач оценки эффективности технических систем // *Инновационные технологии и оборудование машиностроительного комплекса: межвузовский сборник научных трудов*. Вып. 16. Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2013. С. 106–109. EDN YKYMIH.

21. Булгаков Р. А., Членов А. Н. Методы и средства автоматического порошкового пожаротушения на объектах складского назначения Республики Башкортостан // *Материалы тридцать второй международной научно-технической конференции «Системы безопасности–2023»*. М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. С. 331–335.

References

1. Baburov V. P., Baburin V. V., Fomin V. I. *Avtomaticheskiye ustanovki pozharotusheniya. Vchera. Segodnya. Zavtra: uchebno-spravochnoye posobiye* [Automatic installations of fire extinguishing. Yesterday. Today. Tomorrow: educational and reference manual]. Moscow: OOO Izdatel'stvo «Pozhnauka», 2007, 294 p. (In Russ.).

2. Perina A. I., Baitasov B. D. *Sovremennyye tekhnologii pozharotusheniya* [Modern fire extinguishing technologies]. *Molodoy uchonyy*, 2021; vol. 42 (384), pp. 222–226. (In Russ.). EDN KIEZNA.

3. Kashapova L. M. *Sovremennyye avtomaticheskiye sistemy protivopozharnoy zashchity* [Modern automatic fire protection systems]. *Molodoy uchonyy*, 2020; vol. 48 (338), pp. 607–610. (In Russ.). EDN OONTRB.

4. Smirnov N. V., Nikolaev V. M. *Ustanovki pozharotusheniya: problema vybora* [Fire extinguishing installations: the problem of choice]. *Sistemy bezopasnosti, svyazi i telekommunikatsiy*, 1999; issue 24, pp. 84–90. (In Russ.).

5. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya: sprav. izd.: v 2 knigakh* [Fire-explosive hazard of substances and

materials and means of their extinguishing: reference edition] / A. N. Baratov, A. Y. Korolchenko, G. N. Kravchuket al., Moscow: Khimiya, 1990; 496 p. (In Russ.).

6. *Sredstva pozharnoy avtomatiki. Oblast' primeneniya. Vybor tipa. Rekomendatsii* [Means of fire automatics. Application domain. Type selection. Recommendations]. Moscow: VNIPO MCHS Rossii, 2012; 96 p. (In Russ.).

7. Saaty T. L. Rank generation, preservation, and reversal in the analytic hierarchy decision process // *Decision Sciences*, 1987, vol. 18 (2), pp. 157–177. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1987.tb01514.x>

8. Saaty T. L. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process // *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas*, 2008, vol. 102, pp. 251–318. <https://doi.org/10.1007/BF03191825>

9. Chlenov A. N., Lobatskiy S. I. *Primeneniye matrichnogo metoda vybora avtomaticheskoy ustanovki tusheniya pozhara* [Application of the matrix method of selecting the automatic installation of fire extinguishing]. *Bezopasnost' v tekhnosfere: sbornik statey XIII mezhdunarodnoy konferentsii. Izhevsk: izd. tsentr «Udmurtskiy universitet»*, 2019; pp. 153–157. (In Russ.). EDN JPVBFM.

10. Chlenov A. N. *Primeneniye sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy v avtomatizirovannykh sistemakh protivopozharnoy zashchity* [The use of modern information technology in computer-aided systems of fire protection]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2014; vol. 1 (53), p. 2. (In Russ.). EDN TGSLEL.

11. Chlenov A. N., Demekhin F. I. *Metod otsenki vliyaniya kachestva pozharnoy signalizatsii na effektivnost' avtomatizirovannoy sistemy protivopozharnoy zashchity promyshlennogo predpriyatiya* [Method of the estimation of influence of quality of fire alarm system on efficiency of automated system of fire-prevention protection of the industrial enterprise]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2008, vol. 5 (21), p. 3. (In Russ.). EDN MNIRNV.

12. Harrington E. C. *The Desirable Function*. *Industrial Quality Control*, 1965, vol. 21, issue 10, pp. 124–131.

13. Mencher E. M., Zaslavskaya Yu. E., Minina N. P. *Nekotoryye metodicheskiye voprosy primeneniya obobshchonnoy funktsii poleznosti pri izuchenii i optimizatsii tekhnologicheskikh protsessov* [Some methodological issues of the application of the generalized utility function in the study and optimization of technological processes]. *Sbornik trudov VNII nerudnykh stroitel'nykh materialov i gidromekhanizatsii*. Tolyatti: Vseso-

yuznyy nauchno-issledovatel'skiy institut nerudnykh stroitel'nykh materialov i gidromekhanizatsii, 1975, issue 39, pp. 7–12. (In Russ.).

14. Fedorchenko S. G., Fedorchenko G. S. Integral'naya mera otsenki sostoyaniya energeticheskoy bezopasnosti [Integral measure of evaluation of the status of energy security]. *Problemy regional'noy energetiki*, 2014, vol. 1 (24), pp. 1–16. (In Russ.). EDN SGYNXF.

15. Integral'naya otsenka urovnya podgotovlennosti kibbokserov na osnove funktsii Khar-ringtona-Menchera [Integral assessment of the level of preparedness of kickboxers based on the Harrington-Mencher function] / M. G. Kolyada, S. I. Belykh, T. I. Bugaeva [et al.]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*, 2022, issue 6, pp. 32–35. EDN KZBCPX.

16. Obobshchonnaya funktsiya poleznosti i yeyo prilozheniya [Generalized utility function and its applications] / S. G. Fedorchenko, Y. A. Dolgov, A. V. Kirsanova [et al.]. Tiraspol: izdvo Pridnestrovskogo universiteta 2011; 196 p. (In Russ.).

17. Koroleva S. V. Prakticheskiye aspekty ispol'zovaniya funktsii zhelatel'nosti v medikobiologicheskom eksperimente [Practical aspects of the use desirable in biomedical experiments]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2011, issue 6, p. 71. (In Russ.). EDN OQNFRT.

18. Dobrovolskaya T. A., Prochakovskaya D. V. Mnogokriterial'naya otsenka kachestva materialov dlya odezhdy spetsial'nogo naznacheniya na osnove komp'yuternykh tekhnologiy [Multi-criteria assessment of the quality of materials for special purpose clothing based on computer technology]. *Sovremennyye nauko-*

yomkiye tekhnologii, 2022; issue 8, pp. 47–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/snt.39265>. EDN EALBZN.

19. Sosukin A. E., Verveda A. B. Prakticheskiye aspekty ispol'zovaniya funktsii zhelatel'nosti pri provedenii psikhofiziologicheskogo obsledovaniya personala aviaryno-spasatel'ny formirovaniy [Practical aspects of using the desirability function for a psychophysiological examination of the personnel of search-and-rescue detachments]. *Medline.ru. Rossiyskiy biomedical'skiy zhurnal*, 2015; issue 16, pp. 872–884. (In Russ.). EDN ZEQQIP.

20. Tkachenko Y. S. Obosnovaniye primeneniya metoda funktsii zhelatel'nosti Khar-ringtona v reshenii zadach otsenki effektivnosti tekhnicheskikh sistem [Substantiation of the application of the method of Harrington's desirability function in solving problems of evaluating the effectiveness of technical systems]. *Innovatsionnyye tekhnologii i oborudovaniye mashinostroitel'nogo kompleksa: mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov*. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2013; issue 16, pp. 106–109. (In Russ.). EDN YKYMIH.

21. Bulgakov R. A., Chlenov A. N. Metody i sredstva avtomaticheskogo poroshkovogo pozharotusheniya na ob'yektakh skladskogo naznacheniya Respubliki Bashkortostan [Methods and means of automatic powder fire extinguishing at warehouse facilities of the Republic of Bashkortostan] *Materialy tridtsat' vtoroy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Sistemy bezopasnosti–2023»*. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2023; pp. 331–335. (In Russ.).

Буцынская Татьяна Анатольевна

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;

Российская Федерация, г. Москва

старший научный сотрудник; кандидат технических наук, доцент

E-mail: butcinskaya@mail.ru

Butcinskaya Tatyana Anatolyevna

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russian Federation, Moscow

Senior Researcher; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

E-mail: butcinskaya@mail.ru

Членов Анатолий Николаевич

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;

Российская Федерация, г. Москва

профессор; доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ

E-mail: chlenov@mail.ru

Chlenov Anatoliy Nikolaevich

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russian Federation, Moscow

Professor; Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Education

of Russian Federation

E-mail: chlenov@mail.ru

УДК 66.091.2/614.841.41

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРИДАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ

Н. Н. КУЗЬМИНА^{1,2}, О. Г. ЦИРКИНА²

¹ МИРЭА-Российский технологический университет
Российская Федерация, Москва

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

E-mail: nina.kuzmina.1992@mail.ru, ogtsirkina@mail.ru

Снижение пожарной опасности текстильных материалов является основной задачей, которую необходимо решать производителям текстильных материалов и специалистам, проводящим научные исследования в области обеспечения пожарной безопасности объектов. В представленной работе приведены результаты исследования использования антипирена Пироватекс ЦП, наносимого на льняное полотно технического назначения с целью придания ему огнезащитных свойств. Проведены сравнительные испытания на воспламеняемость исходных и обработанных образцов. Полученные результаты позволяют судить, что необработанную ткань можно классифицировать как легковоспламеняемую, а обработанную антипиреном – как трудновоспламеняемую. В ходе исследований также выявлено, что процесс фиксации Пироватекса ЦП на материале сопровождается выделением формальдегида. Лабораторные испытания и последующие расчеты позволили определить его количество в ткани на этапе термофиксации препарата, а также остаточное содержание в полотне после завершения всего цикла отделки текстильного материала огнезащитным составом.

Ключевые слова: огнезащита текстиля, горючесть, антипирен, воспламеняемость, термообработка, формальдегид.

ECOLOGICAL ASPECT OF GIVING TEXTILE MATERIALS FLAME RETARDANT PROPERTIES

N. N. KUZMINA^{1,2}, O. G. TSIRKINA²

¹ MIREA - Russian Technological University
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: nina.kuzmina.1992@mail.ru, ogtsirkina@mail.ru

Reducing the fire hazard of textile materials is the main task that textile manufacturers and specialists conducting scientific research in the field of fire safety of facilities need to solve. The presented work presents the results of a study of the use of Pyrovatex CP flame retardant applied to a linen cloth for technical purposes in order to give it flame retardant properties. Comparative tests for the flammability of the initial and processed samples were carried out. The results obtained allow us to judge that untreated fabric can be classified as highly flammable, and treated with flame retardants as difficult to ignite. The research also revealed that the process of fixation of Pyrovatex CP on the material is accompanied by the release of formaldehyde. Laboratory tests and subsequent calculations made it possible to determine its amount in the fabric at the stage of thermofixation of the drug, as well as the residual content in the fabric after the completion of the entire cycle of finishing the textile material with a flame retardant.

Key words: textile fire protection, combustibility, flame retardant, flammability, heat treatment, formaldehyde.

Тканые и нетканые волокнистые материалы вне зависимости от их природы и происхождения представляют определенную опасность с точки зрения их горючести и способности распространять пламя по поверхности. Также в процессе горения текстиля идет интенсивное дымообразование и выделение различных газов. В связи с этим в нашей стране и за рубежом разработаны правовые и нормативные акты, регламентирующие показатели пожарной опасности текстильных материалов в зависимости от области их использования. В частности, огнезащитную обработку материалов и изделий из текстиля проводят для тканей специального назначения, идущих на пошив костюмов сварщиков, металлургов, пожарных, а также для полотен, используемых в качестве декоративно-обивочных (штор, занавесей, портьер, ковровых покрытий, обивки мебели) в местах с массовым пребыванием людей. Обработка антипиримирующими составами является обязательной для текстильных материалов, которые применяются на железнодорожном транспорте, в самолётостроении и автомобильной промышленности. В связи с этим, актуальность исследований, связанных с разработкой и использованием огнезащитных составов для текстиля, не вызывает сомнений.

Целью данной работы является исследование огнезащитных свойств льняного полотна «брезент», рассмотрение особенностей процесса фиксации антипирена Пироватекс ЦП на волокне и анализ безопасности обработанной ткани при дальнейшей ее эксплуатации с точки зрения выделения формальдегида.

Для достижения поставленной цели в работе предстояло решить следующие задачи:

- получить образцы ткани, обработанной раствором антипирена в соответствии с типовой технологией текстильного отделочного производства;

- оценить эффективность огнезащитной обработки текстильного материала, выбрав воспламеняемость в качестве универсального показателя для оценки устойчивости ткани к действию открытого пламени;

- провести количественный анализ формальдегида, выделяющегося при термообработке пропитанного раствором Пироватекса ЦП образца;

- определить остаточное количество формальдегида на готовой ткани после завершения полного цикла огнезащитной отделки материала;

- наметить дальнейшие пути исследования в области повышения огнезащитности текстильных материалов и изделий из них.

Кратко рассмотрим основные результаты научных исследований, связанных с изучением горючести различных волокнистых мате-

риалов, а также некоторыми разработками в области снижения пожарной опасности текстиля.

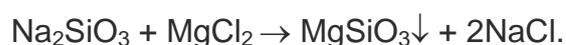
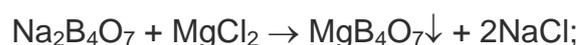
Как показывает практика, легче всего воспламеняются изделия из целлюлозных волокон, более устойчивы в этом отношении шерстяные ткани. Большинство синтетических волокон представляет собой термопластичные полимеры, поэтому при нагревании указанные материалы усаживаются и плавятся, что сопровождается каплепадением, а после воспламенения они горят достаточно интенсивно [1]. Поскольку текстильные материалы имеют высокую горючесть, необходимо искать пути снижения их пожарной опасности, в частности, за счет использования антипиренов. Известно [2, 3], что действие веществ, придающих текстилю огнезащитные свойства, основывается на следующих принципах:

- при температуре горения происходит разложение вещества с выделением негорючих газов;

- препарат образует на поверхности материала негорючий расплав, предотвращающий контакт материала с кислородом воздуха;

- возможна химическая модификация макромолекулы волокна, в результате чего возрастает устойчивость волокнообразующего полимера к термоокислительной деструкции.

Одним из самых простых и одновременно универсальных способов придания текстильным материалам различного химического состава огнестойкости является пропитка тканей или их поверхностная обработка растворами замедлителей горения. С этой целью используются растворы различных минеральных солей – фосфаты, хлориды, сульфаты, соли борной кислоты, соли аммония. При этом одновременно реализуется принцип разложения препарата с выделением негорючих газов и принцип образования на поверхности плёнки расплава. Но в данном случае огнезащитный эффект является неустойчивым к стиркам и «мокрому» трению. Повысить устойчивость получаемой огнезащитной отделки представляется возможным за счет придания нерастворимости наносимым в виде растворимых солей препаратам в самом текстильном материале путем проведения реакций:



Указанный способ может быть применен для ограниченного ассортимента тканей, в частности, для обработки мебельно-декоративных тканей, поскольку они не требуют регулярной стирки.

Огнезащитные свойства текстильным материалам также можно придать и путем нанесения на них оксидов металлов, в частности, оксидов олова, сурьмы и титана за счет их осаждения на волокне. Указанные вещества в процессе горения разлагаются с поглощением значительного количества тепла, в результате чего снижается температура пламени. Указанный вид отделки не предотвращает тление



В результате реакции возникают прочные ковалентные связи между молекулами антипирена и целлюлозным волокном по типу образования сложных эфиров, следствием чего является устойчивость данного вида отделки к стиркам и трению, а сам материал приобретает пониженную горючесть. К недостаткам можно отнести потерю механической прочности материала, выражающейся в снижении разрывной нагрузки ткани.

Потенциальную огнезащиту материалам из химических волокон (искусственным и синтетическим) можно придавать еще на этапе приготовления прядильных растворов или расплавов путём введения в них антипиренов в количестве 1–4 % от массы волокнообразующего полимера.

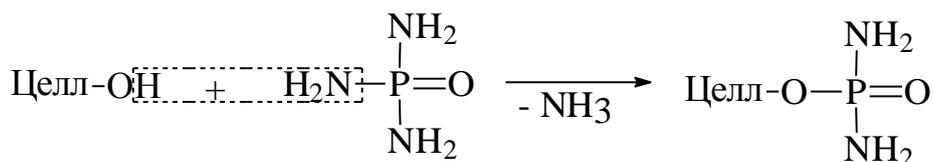
Высокую эффективность огнезащитной отделки можно получить и при использовании галогензамещенных углеводов в сочета-

материала, хотя достаточно надёжно защищает изделие от горения.

При использовании способа химической модификации волокна с целью повышения огнестойкости материала чаще всего применяются фосфорная кислота и фосфат аммония двухзамещенный. Химическая реакция с гидроксильными группами макромолекул целлюлозы протекает по приведенной ниже схеме:

нии с оксидами сурьмы или титана. В данном случае указанные оксиды выполняют функцию катализаторов разложения хлорированных углеводородов, которое сопровождается выделением газообразного HCl. Хлористый водород, в свою очередь, выполняет функцию пламегасителя.

Огнезащитные свойства текстильным материалам из целлюлозных волокон можно также придавать за счет использования триамида фосфорной кислоты – препарата ТАФ. Препарат имеет высокую растворимость в воде и легко проникает в структуру материала при пропитке. При последующей термической обработке ткани ТАФ взаимодействует с гидроксильными группами волокна, в результате чего также образуется прочная ковалентная связь между молекулами антипирена и макромолекулами целлюлозы:



Реакция сопровождается выделением аммиака. С целью снижения потерь прочности ткани после отделки препарат ТАФ используют совместно с компонентами раствора, наносимого для придания полотну малосминаемых свойств.

В настоящее время с целью придания текстильным материалам свойств негорючести применяют и фосфорорганические соединения, в частности, препараты с техническими названиями ВАР, ТНРС, АРО, Пироватекс ЦП [4]. Указанные препараты также вступают в химическое взаимодействие с волокном, за счет чего огнезащитный эффект сохраняется

после стирки и химической чистки материалов и изделий.

Наиболее широкое применение и в промышленности, и в повседневной жизни имеют целлюлозосодержащие текстильные материалы, которые обладают высокими физико-механическими и потребительскими свойствами, и широко используются при производстве декоративных тканей и тканей специального назначения. Для указанных материалов чаще всего применяется технология нанесения, путем пропитки растворами антипиренов. В данном случае под огнезащитной отделкой понимают обработку тканей составами на ос-

нове различных антипиренов, которые препятствуют распространению пламени при зажигании полотна или изделия. В качестве антипиренов используют фосфаты, бораты, сульфаты, соли титана и сурьмы, неорганические и органические азотсодержащие и галоидсодержащие соединения [1, 5]. Авторами работы [6] рассмотрена возможность использования препарата Пироватекс ЦП для огнезащиты тканей декоративного назначения.

Придание текстильным материалам огнезащитных свойств относится к химическим видам отделки – аппретированию. Операции химического цикла заключительной отделки в настоящее время основываются на применении различных типов препаратов, которые можно классифицировать по нескольким признакам: химическому составу, способу нанесения, стойкости к внешним воздействиям при эксплуатации, устойчивости к мокрым обработкам. К антипиренам предъявляются следующие требования:

- эффективно снижать горючесть текстильных материалов;
- не выделять токсических веществ при горении;
- не ухудшать потребительских свойств текстильных материалов (не изменять цвета и устойчивость окраски, физико-механические свойства) [1–3].

Если рассматривать механизмы действия антипиренов на процесс горения, то можно выделить следующие¹:

1) эндотермическая реакция, при которой происходит одновременная деструкция антипирена и волокна: на расщепление антипирена и макромолекул волокна затрачивается определенное количество энергии, которое «изымается» из процесса горения;

2) образование негорючих газов, которые выделяются при термоллизе волокна, что

приводит к снижению локального количества кислорода на поверхности волокна;

3) образование расплава за счет перехода антипирена в жидкую фазу, что приводит к тому, что доступ кислорода и образование горючих газов, тем самым, осложнены;

4) образование радикалов, когда антипирен образует газ, поглощающий реакционноспособные газы процесса горения, данный процесс приводит к уменьшению количества энергии, поддерживающей горение;

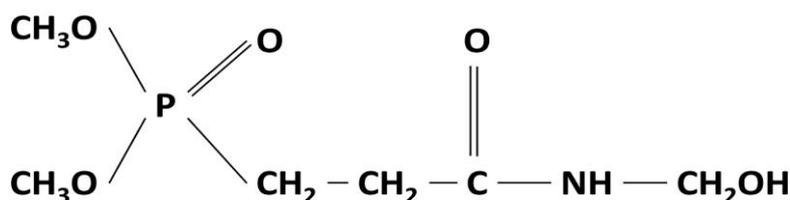
5) дегидратация, протекающая под воздействием дегидратирующего антипирена, в результате чего процесс термоллиза направляется в сторону образования большего количества негорючих продуктов разложения.

Таким образом, проведенный анализ позволяет судить о том, что спектр применяемых для текстильных материалов огнезащитных препаратов достаточно широк, при этом выбор препарата и способ его нанесения должен осуществляться в зависимости от химической природы волокнистого материала и области его дальнейшего применения.

Методическая часть

Объекты исследования

Как отмечено в цели данной работы, в качестве объектов исследования выбраны льняная ткань «брезент» (поверхностная плотность 380 г/м²), которая имеет широкое функциональное назначение – пошив специальной одежды, техническое назначение, элементы текстильной декоративной отделки; и антипирен Пироватекс ЦП. Основой льна является природная целлюлоза, а препарат Пироватекс ЦП представляет собой метилолированное производное продукта конденсации диметилфосфита с акриламидом. Структурная формула Пироватекса ЦП имеет вид²:



¹ Огнезащитная технология (ГК «Чайковский текстиль»): <http://www.textile.ru/industry/technology/fire> Дата обращения 20.11.2023

² Технологический регламент № 5-26-81 производства Пироватекса ЦП: Мин-во хим. пром-ти. Ивановское производственное объединение «Химпром».

Методики и методы исследования

1. Приготовление раствора антипирена

Для пропитки ткани был приготовлен раствор, содержащий Пироватекс – 300 г/л, уксусную кислоту CH_3COOH (10 %) – 5 мл/л. Уксусная кислота вводилась в качестве катализатора, ускоряющего процесс «пришивки» молекул препарата к гидроксильным (-ОН) группам целлюлозы.

2. Технология фиксации Пироватекса ЦП на ткани «брезент»

Ткань пропитывали раствором антипирена, отжимали до привеса 100 %, высушивали при температуре 50–70 °С, термообработывали при 150 °С в течение 3 мин, промывали с целью удаления непрореагировавшего с волокном препарата и окончательно высушивали.

3. Определение воспламеняемости образцов

Эффективность огнезащитной обработки текстильного материала оценивали по показателю воспламеняемости. Испытания на воспламеняемость проводятся для текстильных материалов в зависимости от функционального назначения, за исключением тканей для специальной защитной одежды, для которой используется параметр «огнестойкость» на основании межгосударственного стандарта³, определяющего технические требования к тканям для спецодежды. Для тканей иного функционального назначения из льняных волокон, прошедших огнезащитную обработку, огнестойкость определяется в соответствии с межгосударственным стандартом⁴. Испытания на воспламеняемость и огнестойкость проводились как для образцов без огнезащитной обработки, так и для тканей с нанесенной огнезащитой на основе Пироватекса ЦП.

В качестве аппаратуры для проведения испытаний использовался прибор для испытания на воспламеняемость – камера для испытания на горение (воспламеняемость) материалов Gibitre Flame Resistance (рис. 1).

Схема проведения испытания с поверхности представлена на рис. 2. Каждый образец подвергался воздействию пламени горелки в течение 4 с. Если устойчивое горение текстильного образца отсутствовало, испытания проводились на следующем образце с соблюдением тех же условий испытания. Время воздействия пламени на образец увеличивалось до 15 с.



Рис. 1. Камера для испытания на горение (воспламеняемость) материалов Gibitre Flame Resistance

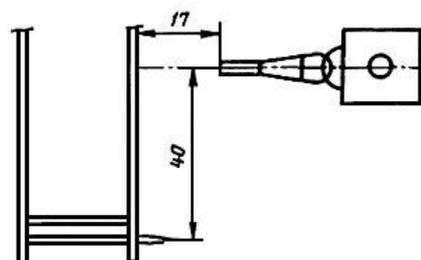


Рис. 2. Схема испытания образцов с поверхности

При отсутствии устойчивого горения испытываемого образца горелку располагают под углом 60° к горизонтали так, чтобы пламя касалось нижней кромки образца. Время воздействия пламени на новый образец составляет 5 с. При отсутствии устойчивого горения время воздействия пламени увеличивается до 15 с.

Во время проведения испытаний подлежат регистрации в качестве показателей время остаточного горения, наличие пробежки пламени по поверхности образца, наличие загорания или тления хлопчатобумажной ваты от падающих частей или горящих капель испытываемого образца. По окончании испытаний измеряют длину обугленного участка испытанных образцов.

4. Определение формальдегида на ткани

Определение формальдегида на ткани проводили на этапе термообработки (4.1) и после промывки материала (4.2).

³ ГОСТ 11209-2014. Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний. <https://docs.cntd.ru/document/1200117511>

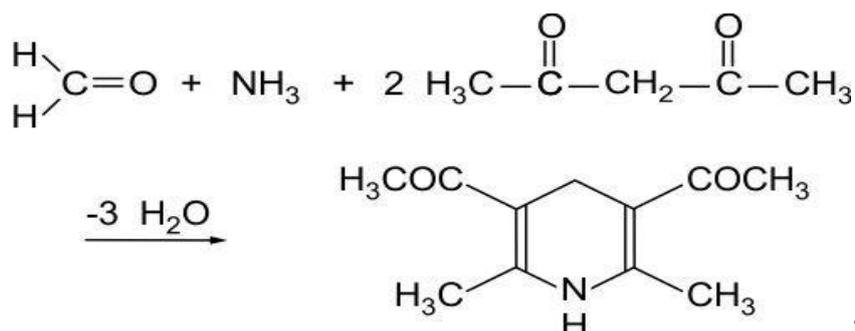
⁴ ГОСТ 15898-70. Ткани льняные и полульняные. Метод определения огнестойкости. <https://docs.cntd.ru/document/1200020297>

4.1. При проведении анализа на этапе высокотемпературной фиксации проводили моделирование процесса сушки и термообработки следующим образом. Образец ткани, пропитанный раствором антипирена, помещали в пробирку, закрывали пробкой с газоотводной трубкой, конец которой помещали в закрытую емкость с водой. Собранную установку с образцом ткани нагревали в термическом шкафу при температуре 150 °С в течение 3 мин. Таким образом, «летающий» в процессе нагрева формальдегид растворялся в воде. Далее в емкость с водой добавляли ацетилацетоновую смесь, с которой выделившийся формальдегид вступал во взаимодействие по приведенной выше схеме реакции. Полученный при взаимодействии формальдегида и ацетилацетоновой смеси раствор колориметрировали на фотоэлектроколориметре ФЭК-М при длине волны 412 нм.

4.2. Оценку остаточного количества формальдегида на готовой ткани (после ее промывки и сушки) проводили в соответствии с ГОСТ ISO 14184-1-2014: из пробы вырезали два образца для испытаний в виде мелких кусочков и взвешивали 1 г таких кусочков с точностью до 10 мг. Помещали полученные образцы в колбы емкостью 250 мл с пробкой и добавляли 100 мл воды. Закупоренные колбы обрабатывали на водяной бане, нагретой до температуры 40 °С в течение 60 мин. Полученный раствор отфильтровывали в другую колбу. Далее в пробирку наливали 5 мл профильтрованного раствора, полученного из об-

разца для испытаний. По 5 мл стандартных растворов формальдегида отливали в другие пробирки. В каждую пробирку добавляли по 5 мл реактива ацетилацетона и встряхивали. Пробирки выдерживали сначала в водяной бане при температуре 40 °С в течение 30 мин, затем при комнатной температуре в течение 30 мин. Параллельно с этим добавляли 5 мл раствора реактива ацетилацетона в 5 мл воды, и обрабатывали эту смесь аналогичным образом, как описано выше, используя ее как «холостный» раствор. Далее проводили измерение поглощения на фотоэлектроколориметре в 10 нм поглощающей ячейке на длине волны 412 нм в сравнении с водой.

Методы определения формальдегида основаны на его высокой реакционной способности, характерных свойствах его производных и восстановительной способности формальдегида в щелочной среде. В представленной работе использован фотоколориметрический метод анализа, который может быть применен и в случае малых концентраций формальдегида. Фотоколориметрический метод анализа позволяет количественно определить интенсивность поглощения света анализируемым раствором с помощью фотоэлектроколориметров. Количество формальдегида, выделяющегося при термофиксации Пироватекса ЦП, оценивали путем измерения интенсивности света, проходящего через раствор ацетилацетоновой смеси в зависимости от количества формальдегида, вступившего с ним в реакцию, которая протекает по схеме [7]:



Полученный продукт реакции имеет желтоватое окрашивание.

Для проведения испытаний предварительно готовили ацетилацетоновую смесь: в 1 литре дистиллированной воды растворяли 150 г х.ч. ацетата аммония, 2 мл ацетилацетона и 3 мл уксусной кислоты и выдерживали приготовленный состав 24 ч в темном месте [8].

Принципиальная схема фотоэлектроколориметра типа ФЭК-М приведена на

рис. 3⁵. Свет от источника 1 проходит в левом плече прибора (цифры без штрихов) и в правом плече (цифры со штрихами) через 2, 2' – конденсоры; отражается от 3, 3' – зеркал; проходит через 4, 4' – светофильтры; 5, 5' и 7, 7' – систему линз, между которыми находятся 6, 6' – исследуемый и стандартный растворы, соответственно; далее через 8, 8' – приз-

⁵ Принципиальная схема фотоэлектрического компенсационного колориметра типа ФЭК-М. [https://megabook.ru/media/Колориметр%20\(химический%2C%20фотоэлектрический%2C%20схема\)](https://megabook.ru/media/Колориметр%20(химический%2C%20фотоэлектрический%2C%20схема))

мы. Разность сигналов селеновых фотоэлементов 9 и 9' регистрируется гальванометром 14. Неградуированные фотометрические клинья 10, 11 служат для установки гальванометра на нуль в отсутствие растворов. Оптическая компенсация, то есть сведение разности сигналов приёмников 9 и 9' к нулю после установки кювет с растворами, осуществляется щелевой диафрагмой 12 с отсчётным барабаном (шкалой) 13.

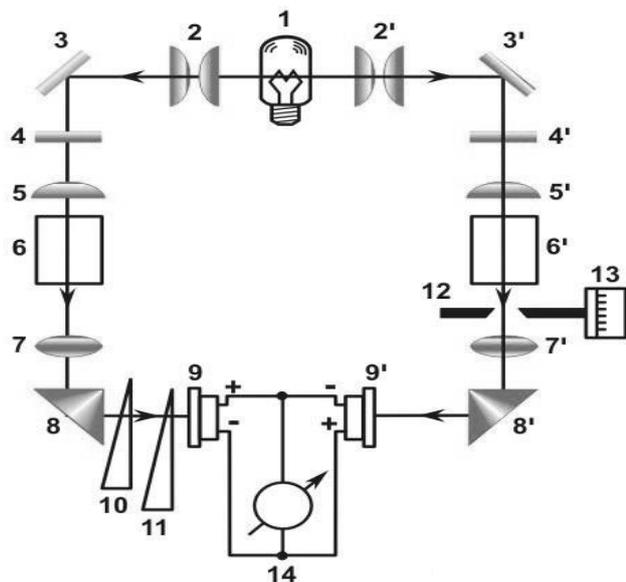


Рис. 3. Принципиальная схема фотоэлектроколориметра ФЭК-М
1 – источник света; 2, 2' – конденсоры;
3, 3' – зеркала; 4, 4' – светофильтры;
5, 5' и 7, 7' – линзы; 6, 6' – кюветы с растворами;
8, 8' – призмы;
9, 9' – приемники сигналов;
10, 11 – фотометрические клинья;
12 – щелевая диафрагма;
13 – барабан со шкалой;
14 – гальванометр

Обсуждение результатов

Одним из требований к любому виду химической отделки текстильных материалов, в том числе и к огнезащитной, является ее высокая устойчивость к воздействию окружающей среды, в частности, к действию светопогоды. Такая отделка должна выдерживать многократные стирки, поэтому антипирен должен фиксироваться в волокне за счет образования прочных ковалентных связей с реакционноспособными группами полимера. В большинстве случаев с этой целью в составы аппретов вводят сшивающие агенты. В настоящее время, несмотря на расширение ассортимента отделочных препаратов, на рынке остаются востребованными формальдегидсодержащие, как

наиболее дешевые и распространенные компоненты, обеспечивающие «сшивку» или «пришивку» к гидроксильным группам волокна молекул или частиц различных препаратов, в том числе, и антипиренов. Для ковалентной фиксации молекул антипирена волокном обработка проводится в присутствии соединений, содержащих метилольные группы, или при введении в рабочие растворы меламинаформальдегидных смол. Далее проводят сушку пропитанной ткани при температуре 60–100 °С и/или термообработку в течение 2–3 мин при температуре 160–170 °С [1], [5]. Недостатком применения указанной технологии является наличие в составе антипиренирующего раствора формальдегидсодержащего препарата, который в ходе эксплуатации изделия способен выделять свободный формальдегид, представляющий определенную опасность для здоровья человека.

Как уже отмечалось, в настоящей работе в качестве антипирена использовался Пироватекс ЦП. Данный антипирен, как фосфорсодержащий препарат замедляет термоллиз материала. Помимо этого, при воспламенении под воздействием температуры на поверхности волокна препарат образует трудно воспламеняемый слой расплава. Параллельно происходит выделение негорючих газов. Следствием указанных процессов является уменьшение общей концентрации горючих газов и снижение концентрации необходимого для горения кислорода, что приводит к угасанию пламени [5].

Наличие в составе его молекулы метилольной группы – CH_2OH позволяет сделать предположение, что при определенных условиях Пироватекс ЦП способен самостоятельно (без введения в аппрет «сшивающих» агентов) ковалентно фиксироваться целлюлозным волокном, то есть обеспечивать высокую устойчивость отделки, но при эксплуатации материала может разлагаться с выделением свободного формальдегида.

На первом этапе исследования оценивали эффективность огнезащитной обработки текстильного материала по показателю воспламеняемости путем сравнения исходных и полученных образцов с огнезащитной отделкой по ГОСТ 11209-2014 «Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний». После проведения первого этапа испытаний при воздействии открытого пламени горелки под углом 90° к исследуемому образцу у ткани без огнезащитной обработки наблюдалось самостоятельное горение в течение 48 с, а также прогорание до кромки. Таким образом, образец без огнезащитной обработки был классифицирован как «легковоспламеняемый».

При проведении испытаний на воспламеняемость при воздействии открытого пламени горелки под углом 60° к исследуемому образцу в течение 15 с образец с огнезащитной обработкой Пироватексом ЦП не показал времени самостоятельного горения, прогорания до кромки, воспламенения образца, поверхностной вспышки. Длина обугленного участка для образца составила 122 мм. Таким образом, образец с огнезащитной пропиткой можно классифицировать как «трудновоспламеняемый», из чего следует сделать вывод, что Пироватекс ЦП полностью выполняет свои функции.

На втором этапе работы провели количественный анализ формальдегида, выделяющегося при термообработке пропитанного раствором Пироватекса ЦП образца. Необходимость данного исследования была вызвана тем фактом, что в процессах сушки и термообработки ткани, смоделированных с использованием лабораторного оборудования (термического шкафа, позволяющего варьировать температуру от 50 до 150 °С), наблюдали значительное выделение формальдегида, раздражающего слизистые глаз и органов дыхания. Поэтому представляется актуальным определить количество выделяющегося с ткани формальдегида в процессе фиксации препарата. В соответствии с методикой, приведенной в п. 4.1 данной работы, определяли концентрацию растворенного в воде формальдегида. По предварительно построенному в соответствии с методикой⁶ калибровочному графику зависимости оптической плотности раствора от концентрации формальдегида, определили, что концентрация формальдегида в растворе составила 3000 мг/л. Далее по формуле находили количество формальдегида (мг/кг), выделяющееся с ткани в процессе фиксации Пироватекса ЦП:

$$W_F = \frac{\rho \cdot 100}{m}, \quad (1)$$

где ρ – концентрация формальдегида в растворе, (мг/л), в соответствии с калибровочным графиком; m – масса образца для испытаний, (г).

Расчётным путем было получено значение 120000 мг/кг (мг формальдегида на кг ткани) или 120000 мкг/г. Таким образом определено, что концентрация формальдегида на ткани на этапе термофиксации антипирена

Пироватекс ЦП в 120 раз превышает нормативные значения, приведенные в Эко-Текс 100 (Oeko-Tex® Standard 100)⁷, в котором указано, что содержание формальдегида на ткани не должно превышать 1000 мкг/г.

На третьем этапе исследования оценивали количество формальдегида на готовом полотне. Поскольку технология получения огнезащитной ткани предусматривает промывку материала после термообработки, то представляет интерес определить остаточное количество формальдегида на готовой ткани. Для этого также использовали методику определения формальдегида на ткани в соответствии с ГОСТ ISO 14184-1-2014. Результаты расчета показали, что остаточное содержание формальдегида в ткани составляет 930 мкг/г (то есть менее 1000 мкг/г), что соответствует требованиям международного экологического стандарта Эко-Текс 100 (Oeko-Tex® Standard 100).

Таким образом, в ходе проведенного исследования выявлено, что использование препарата Пироватекс ЦП с целью придания тканям технического назначения огнезащитных свойств даёт хорошие результаты – «брезент» с огнезащитной отделкой можно классифицировать как трудновоспламеняемый. Однако, в процессе термообработки пропитанной антипиреном ткани выделяется большое количество формальдегида, что может оказывать негативное влияние на организм человека.

Одним из путей решения данной проблемы является разработка антипиренирующих полимерных композиций, при фиксации которых на ткани не будут выделяться экологически опасные побочные продукты реакций. Например, возможно нанесение на текстильное полотно ПВХ-пластизоля с различными антипиренирующими добавками, после желирования которого на поверхности текстильного полотна будет образовываться прочный полимерный слой, обеспечивающий достаточную степень огнезащиты. Актуальность данных исследований обозначена авторами работ [9], [10]. Начало данным исследованиям было положено на кафедре пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») ИПСА ГПС МЧС России и представлены, в частности, в работах [11], [12], где описаны результаты получения на тканях интумесцентных защитных покрытий. В данном направлении и предполагается проводить дальнейшие исследования.

⁶ Межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 14184-1-2014. Материалы текстильные. Определение содержания формальдегида. Часть 1. Свободный и гидролизированный формальдегид (метод водной экстракции) <https://docs.cntd.ru/document/1200116211>

⁷ Международный экологический стандарт Эко-Текс 100 (Oeko-Tex® Standard 100) <https://www.oeko-tex.com/en/our-standards/oeko-tex-standard-100>

Выводы

1. По традиционной технологии отделочного производства с использованием препарата Пироватекс ЦП получены образцы огнезащитной ткани «брезент» с поверхностной плотностью 380 г/м³.

2. При оценке воспламеняемости, проведенной по стандартной методике, исходный образец льняной ткани классифицируется как «легковоспламеняемый», а обработанный антипиреном – как «трудновоспламеняемый».

3. Экспериментальным путем установлено количество формальдегида, выделяющегося из пропитанной Пироватексом ЦП ткани на этапе ее термической обработки, которое составляет 120000 мкг/г, что в 120 раз превышает

величину, указанную в международном экологическом стандарте Эко-Текс 100–1000 мкг/г.

4. Экспериментально определено остаточное количество формальдегида на готовой ткани после ее промывки и сушки – 930 мкг/г, что соответствует требованиям международного экологического стандарта Эко-Текс 100, поскольку не превышает значения 1000 мкг/г.

5. Намечены пути дальнейших исследований в области придания текстильным материалам огнезащитных свойств, в частности, путем нанесения на ткань полимерного пленочного покрытия на основе поливинилхлорида, содержащего замедлители горения.

Список литературы

1. Отделка хлопчатобумажных тканей: справочник / Под ред. Б. Н. Мельникова. Иваново: Изд-во Талка, 2003. 484 с.

2. Прогресс текстильной химии / Б. Н. Мельников [и др.]. М.: Легпромбытиздат, 1988. 238 с.

3. Сафонов В. В. Химическая технология отделочного производства. М.: МГТУ, 2002. 280 с.

4. Красина И. В., Вознесенский Э. Ф. Химическая технология текстильных материалов. Учебное пособие. Казань: КНИТУ, 2014. 116 с.

5. Одинцова О. И., Козлова О. В., Вельбой М. А. Текстильные вспомогательные вещества в процессах заключительной отделки тканей: учебное пособие. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2014. 205 с.

6. Сырбу С. А., Салихова А. Х. Разработка огнезащитного состава для снижения показателей пожароопасности интерьерных тканей из химических волокон // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 2 (35). С. 98–104.

7. Халиков И. С. Дериватирующие агенты для фотометрического определения формальдегида в объектах окружающей среды // Экологическая химия. 2022. № 31 (5). С. 258–275. https://www.researchgate.net/publication/370779712_Derivatiziruuusie_agenty_dla_fotometrices_kogo_opredelenia_formaldegida_v_obektah_okruzausej_sredy. Дата обращения 20.11.2023.

8. Лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов: учебное пособие для вузов / Т. С. Новорадовская, Т. Д. Балашова, Н. Е. Булушева [и др.]. М., 1995. 400 с.

9. Обоснование актуальных подходов к оценке пожароопасных свойств текстильных материалов и способов огнезащиты тканей

различного функционального назначения / В. Г. Спиридонова, Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров [и др.]. // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2 (47). С. 126–133.

10. Проблемные вопросы придания текстильным материалам специальных защитных свойств / С. А. Сырбу, О. Г. Циркина, А. Х. Салихова [и др.]. // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2 (47). С. 134–141.

11. Спиридонова В. Г., Циркина О. Г. Разработка огнезащитной полимерной композиции для тканей специального назначения // Современные методы получения материалов, обработки поверхности и нанесения покрытий (Материаловедение–2023): сборник материалов I Всероссийской конференции с международным участием. Казань: КНИТУ. 2023. С. 221–226.

12. Спиридонова В. Г., Циркина О. Г. Защитные вспучивающиеся составы для тканей технического назначения // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. С. 483–487.

References

1. *Otdelka hlopchatobumazhnyh tkaney: spravochnik* [Finishing of cotton fabrics: handbook]. Pod red. B. N. Mel'nikova. Ivanovo, Izd-vo Talka, 2003, 484 p.

2. *Progress tekstil'noj himii* [The progress of textile chemistry] / B. N. Mel'nikov [et al.]. M.: Legprombytizdat, 1988. 238 p.

3. Safonov V. V. *Himicheskaya tekhnologiya otdelochnogo proizvodstva* [Chemical technology of finishing production]. M.: MG TU, 2002. 280 p.
4. Krasina I. V., Voznesenskij E. F. *Himicheskaya tekhnologiya tekstil'nykh materialov. Uchebnoe posobie* [Chemical technology of textile materials]. Kazan': KNITU, 2014. 116 p.
5. Odintsovo O. I., Kozlova O. V., Vel'boy M. A. *Tekstil'nye vspomogatel'nye veshchestva v processah zaklyuchitel'noj otdelki tkanej. Uchebnoe posobie* [Textile auxiliaries in the processes of final finishing of fabrics. A study guide]. Ivanovo: Ivan. gos. khim.-tekh nol. un-t, 2014. 205 p.
6. Syrбу S. A., Salikhova A. H. Razrabotka ognезashchitnogo sostava dlya snizheniya pokazatelej pozharоопасnosti inter'ernyh tkanej iz himicheskikh volokon [Development of a flame retardant composition to reduce the fire hazard of interior fabrics made of chemical fibers]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2020, issue 2, pp. 98–104.
7. Khalikov I. S. Derivatiziruyushchie agenty dlya fotometricheskogo opredeleniya formal'degida v ob"ektah okruzhayushchej sredy [Derivatizing agents for photometric determination of formaldehyde in environmental objects]. *Ekologicheskaya himiya*, 2022, issue 31, pp. 258–275. https://www.researchgate.net/publication/370779712_Derivatiziruusie_agenty_dla_fotometriceskogo_opredeleniya_formaldegida_v_obektah_okruzausj_sredy. Date of application 20/11/2023.
8. *Laboratornyj praktikum po himicheskoi tekhnologii voloknistyh materialov: ucheb. posobie dlya vuzov* [Laboratory workshop on chemical technology of fibrous materials: textbook. handbook for universities] / T. S. Novoradovskaya, T. D. Balashova, N. E. Bulusheva [et al.]. M., 1995, 400 p.
9. Obosnovanie aktual'nyh podhodov k ocenke pozharоопасnykh svoystv tekstil'nykh materialov i sposobov ognезashchity tkanej razlichnogo funkcional'nogo naznacheniya [Substantiation of relevant approaches to assessing the fire-hazardous properties of textile materials and methods of fire protection of fabrics of various functional purposes] / V. G. Spiridonova, D. V. Sorokin, A. L. Nikiforov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2023, issue 2, pp. 126–133.
10. Problemnye voprosy pridaniya tekstil'nykh materialam special'nykh zashchitnykh svoystv [Problematic issues of giving textile materials special protective properties] / S. A. Syrбу, O. G. Tsirkina, A. H. Salikhova [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2023, issue 2, pp. 134–141.
11. Spiridonova V. G., Tsirkina O. G. Razrabotka ognезashchitnoj polimernoj kompozicii dlya tkanej special'nogo naznacheniya [Development of a flame retardant polymer composition for special purpose fabrics]. *Sovremennye metody polucheniya materialov, obrabotki poverhnosti i naneseniya pokrytij (Materialovedenie–2023): sbornik materialov I Vserossiyskoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem*. Kazan': KNITU, 2023, pp. 221–226.
12. Spiridonova V. G., Tsirkina O. G. Zashchitnye vspuchivayushchiesya sostavy dlya tkanej tekhnicheskogo naznacheniya [Protective swelling compounds for technical fabrics]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoj bezопасnosti ob"ektov: sbornik materialov KH Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharно-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2023, pp. 483–487.

Кузьмина Нина Николаевна

МИРЭА – Российский технологический университет

Российская Федерация, г. Москва

ассистент кафедры неорганической химии им. А. Н. Реформатского

E-mail: nina.kuzmina.1992@mail.ru

Kuzmina Nina Nikolaevna

MIREA – Russian Technological University

Russian Federation, Moscow

Assistant of the Department of Inorganic Chemistry named after A. N. Reformatsky

E-mail: nina.kuzmina.1992@mail.ru

Циркина Ольга Германовна

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

доктор технических наук, профессор, доцент

E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Tsirkina Ol'ga Germanovna

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, professor, associate professor

E-mail: ogtsirkina@mail.ru

УДК: 614.841.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНТУМЕСЦЕНЦИИ ОГНЕЗАЩИТНОГО КАБЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ

Т. Х. МАНСУРОВ

ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Екатеринбург
E-mail: mansurovtx@rambler.ru

В статье представлены результаты проведенных исследований огнезащитного кабельного покрытия на водной основе с использованием кратности вспучивания и определением сохранности огнезащитных свойств состава, методов термического анализа и метода натуральных огневых испытаний. Кратность вспучивания данного состава определялась с использованием Методики оценки огнезащитных свойств покрытий в зависимости от сроков их эксплуатации 2016 г. и Руководства по оценке качества огнезащиты и установление вида огнезащитных покрытий на объектах 2011 г. от ФГБУ ВНИИПО МЧС России. После определения кратности вспучивания исследуемого покрытия уточнялась сохранность огнезащитных свойств огнезащитных покрытий с использованием полученного показателя вспучивания. При проведении синхронного термического анализа использовался термогравиметрический метод, дифференциальный термогравиметрический метод и метод дифференциальной сканирующей калориметрии. Натурные огневые испытания проводились на фрагменте кабельного изделия марки АВВГнг(мс) 4х95 с нанесенным на его поверхность исследуемым огнезащитным кабельным покрытием на водной основе при стандартном температурном режиме пожара по ГОСТ 30247.0-94. Сделаны выводы об утрате огнезащитных свойств исследуемого огнезащитного кабельного покрытия на водной основе с использованием кратности вспучивания, что нашло подтверждение и при проведении исследований другими методами анализа.

Ключевые слова: огнезащитные кабельные покрытия, коэффициент вспучивания, синхронный термический анализ, натурные огневые испытания, стандартный температурный режим пожара, оценка сохранности огнезащитных свойств.

STUDY OF THE INTUMESCENCE PROCESS OF WATER-BASED FIRE RETARDANT CABLE COATING

T. H. MANSUROV

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Yekaterinburg
E-mail: mansurovtx@rambler.ru

The article presents the results of studies of water-based fire-retardant cable coating using the swelling ratio with determination of the safety of the fire-retardant properties of the composition, thermal analysis methods and the full-scale fire test method. The swelling ratio of this composition was determined using the Methodology for assessing the fire-retardant properties of coatings depending on their service life, 2016, and the Guidelines for assessing the quality of fire protection and establishing the type of fire-retardant coatings at facilities, 2011, from the Federal State Budgetary Institution VNIIPPO EMERCOM of Russia. After determining the swelling ratio of the coating under study, the preservation of the fire-retardant properties of fire-retardant coatings was clarified using the resulting swelling index. When carrying out simultaneous thermal analysis, the thermogravimetric method, differential thermogravimetric method and differential scanning calorimetry method were used. Full-scale fire tests were carried out on a fragment of a cable product brand AV-VGng(ms) 4x95 with a water-based fire-retardant cable coating under study applied to its surface at a standard fire temperature regime in accordance with GOST 30247.0-94. Conclusions were drawn about the loss of fire-retardant properties of the water-based fire-retardant cable coating under study using the swelling ratio, which was confirmed when conducting research with other methods of analysis.

Key words: fire retardant cable coatings, swelling coefficient, simultaneous thermal analysis, full-scale fire tests, standard fire temperature conditions, assessment of the safety of fire retardant properties.

Введение

Огнезащитные кабельные покрытия (ОКП) интумесцентного типа применяются для снижения пожарной опасности кабельных изделий различного назначения [1]. Данные покрытия являются сложными многокомпонентными составами эффективность защитного действия которых, при появлении высокотемпературного источника нагрева, напрямую зависит от свойств связующих, применяемых в этих составах [2, 3]. Основными связующими, применяемыми в такого рода составах, могут быть водные полимерные дисперсии, органические растворители и силиконовые эластомеры. Наибольшее распространение получили составы на основе водных полимерных дисперсий ввиду низкой токсичности, в отличие от составов на основе органического растворителя, удобства применения, не требующего дополнительного взаимодействия основной массы состава с отвердителем, как, например, у составов на основе низкомолекулярного каучука. Однако такого рода составы имеют и ряд существенных недостатков, а именно: строгие условия хранения, транспортировки и огнезащитной обработки такими покрытиями с температурой окружающей среды выше +5 °С; ограничения по наличию основных эксплуатационных воздействий (температура, влажность и т.д.); сравнительно меньшая эффективность защитного действия этих составов при огневом воздействии, выявленная в работах [2, 3]; а также снижение или отключение токовой нагрузки обрабатываемой кабельной линии ввиду возможности поражения электрическим током персонала при производстве работ по огнезащитной обработке.

Как известно [4], пенококсы, образовавшийся в результате протекания процесса интумесценции огнезащитного состава при тепловом ударе, является физической преградой от высокотемпературного источника нагрева. Пенококсовый слой снижает термическое воздействие на объект защиты, затрудняет выход горючих газообразных горючих веществ в зону горения и ограничивает доступ кислорода воздуха к поверхности защищаемого изделия. Чем менее теплопроводным является карбонизированный слой прореагировавшего огнезащитного кабельного покрытия, тем выше защитное действие данного состава. Наилучшим критерием оценки перехода огнезащитного состава интумесцентного типа в состояние пенококсы является коэффициент вспучивания данного состава, который и нашел применение в Руководстве ФГБУ ВНИИПО МЧС России

2011 г.¹ и Методике 2016 г.², а также в ГОСТ Р 59637-2021³. Однако проведенный анализ литературных источников, находящихся в открытом доступе и сопроводительной документации производителей к огнезащитным кабельным покрытиям различной химической природы интумесцентного типа не позволил выявить числовое значение коэффициента вспучивания для этих составов. Отсутствие коэффициента вспучивания затрудняет оценку процесса протекания интумесценции для огнезащитных составов данного типа, даже не смотря на применение других методов, таких как метод синхронного термического анализа или метод натуральных огневых испытаний при стандартном температурном режиме пожара.

Цель работы заключалась в исследовании процесса протекания интумесценции огнезащитного кабельного покрытия интумесцентного типа представленного в виде акриловой водополимерной дисперсионной краски. Уточнение процессов, связанных с переходом огнезащитного состава во вспученное состояние проводилось посредством определения коэффициента вспучивания методами термического анализа и методом натуральных огневых испытаний при воздействии стандартного температурного режима пожара. Некоторые аспекты оценки процесса интумесценции и связанной с ним термоокислительной деструкции огнезащитного кабельного покрытия на водной основе представлены в работах [1–3, 5, 6], где изучаемое огнезащитное покрытие фигурировало под индексом «ОКП № 3».

Для получения числового значения коэффициента вспучивания данного состава и проведения проверки на соответствие п. 4.4.5. Руководства 2011 г.¹ и п. 4.3. Методики 2016 г.², в части сохранности огнезащитных свойств по кратности вспучивания равному или превышающему значение 10, проводилась экспериментальная оценка согласно п.4.4.6. Руководства 2011 г.¹

Неотвержденное огнезащитное кабельное покрытие наносилось на подготовленные (грунтованные составом ГФ-021) стальные пластины марки стали Ст3 размером 100 x 100 x 4 мм в количестве 5 шт. В целях получения минимальной толщины покрытия

¹ Оценка качества огнезащиты и установление вида огнезащитных покрытий на объектах: руководство. М.: ВНИИПО, 2011.

² Оценка огнезащитных свойств покрытий в зависимости от сроков их эксплуатации: методика. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИПО, 2016.

³ ГОСТ Р 59637-2021. Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте.

заявленной производителем исследуемого огнезащитного кабельного покрытия, которая удовлетворяет требованиям огнезащитной эффективности по ГОСТ Р 53311⁴, нанесение осуществлялось в два слоя с межслойной сушкой не менее времени, указанного в сопроводительной документации к данному покрытию и последующей полимеризацией состава в течение 28 суток с момента последнего нанесения. После полной полимеризации состава на поверхности покрытия отсутствовали каверны, трещины и другие виды нарушений целостности площади образца, отслоения покрытия от поверхности стальной пластины не наблюдались.

Измерение толщины образовавшегося огнезащитного покрытия проводилось в девяти точках с получением среднеарифметического значения для каждого образца, посредством толщиномера защитных покрытий ТМ-4, а полученного вследствие термического воздействия пенококсового слоя – с помощью нониусного штангенциркуля типа ШЦ-1-250 (внесены в Государственный реестр средств измере-

ний). Вспучивание образовавшегося огнезащитного покрытия проводилось посредством термостатирования образца в муфельной печи при температуре 600°С в течение 5 минут. Кратность вспучивания $K_{всп}$ огнезащитного кабельного покрытия на водной основе по результатам проведенных экспериментов определялась по формуле:

$$K_{всп} = \frac{h}{h_0}, \quad (1)$$

где h – толщина вспученного слоя покрытия после испытания, мм; h_0 – исходная толщина огнезащитного покрытия, мм.

Общий вид образца с нанесенным и прореагировавшим огнезащитным кабельным покрытием на водной основе, а также схема точек измерений представлена на рис. 1.

Результаты измерений и расчетов коэффициента вспучивания для исследуемого огнезащитного состава на водной основе представлены в таблице.

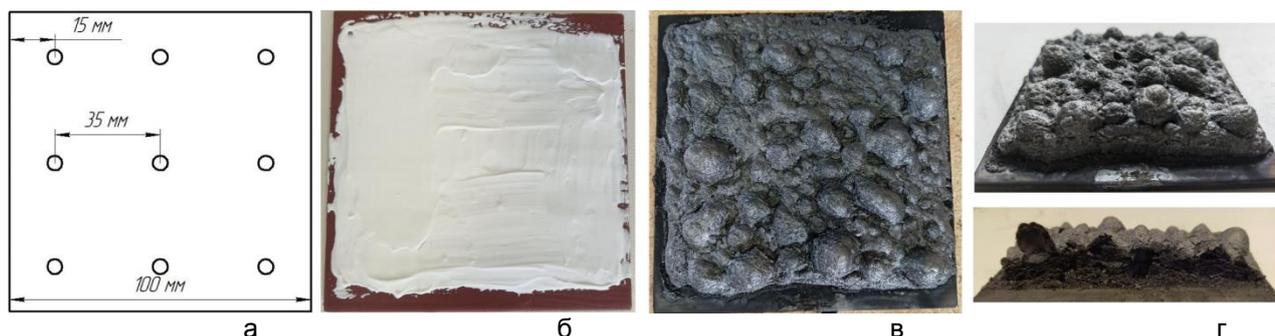


Рис. 1. Общий вид образца с нанесенным и прореагировавшим огнезащитным кабельным покрытием на водной полимерной основе после 5 минут воздействия в муфельной печи при температуре 600°С:

- а – схема точек измерений на образце при проведении эксперимента;
- б – образец с нанесенным огнезащитным кабельным покрытием;
- в – образец после термического воздействия в течение 5 минут при температуре 600°С в муфельной печи; г – вид сбоку на образец с пенококсом (верхнее фото), образовавшийся пенококсовый слой в разрезе (нижнее фото).

Таблица. Экспериментальные данные по расчету коэффициента вспучивания огнезащитного кабельного покрытия на водной основе

№ образца	Толщина слоя грунта ГФ-021, мм	Минимальная толщина покрытия, обеспечивающая огнезащитную эффективность по ГОСТ Р 53311 ⁴ заявленная производителем, мм	Толщина огнезащитного покрытия, образовавшаяся при нанесении на пластину, мм	Толщина пенококсового слоя, мм	Коэффициент вспучивания $K_{всп}$	Среднее значение коэффициента вспучивания $K_{всп}$ по результатам эксперимента
1	0,23	0,64	0,71	7,66	10,85	9,7
2	0,19		1,05	9,51	9,08	
3	0,15		1,12	10,87	9,73	
4	0,16		1,13	10,8	9,59	
5	0,21		1,26	11,63	9,26	

⁴ ГОСТ Р 53311-2009. Покрытия кабельные огнезащитные. Методы определения огнезащитной эффективности.

Проведенные исследования коэффициента вспучивания огнезащитного кабельного покрытия представленного в виде акриловой водополимерной дисперсионной краски позволили выявить некоторые особенности. Так, в процессе остывания образцов после извлечения из муфельной печи изменения внешнего вида пенококса: оседания, растрескивания, кипения и смены эластичного состояния на хрупкое зафиксировано не было. Пенококк имел достаточно однородную структуру по всему объему без больших полостей и каверн, а также прореагировал полностью во всем объеме и на всех образцах.

Однако, в соответствии с п. 4.4.5. Руководства 2011 г.¹ и п. 4.3. Методики 2016 г.² сохранность огнезащитных свойств покрытий при определении по кратности вспучивания сохраняется только при значении равном или превышающем 10 единиц, тогда как фактическое среднее значение коэффициента вспучивания для исследуемой акриловой водополимерной дисперсионной краски составило 9,7 единиц. Такое значение коэффициента вспучивания $K_{всп}=9,7$, свидетельствует о потере огнезащитных свойств исследуемого огнезащитного кабельного покрытия в соответствии с п. 4.4.5. Руководства 2011 г.¹ и п. 4.3. Методики 2016 г.², даже не смотря на то, что данный состав применялся в рамках срока годности и в соответствии с рекомендациями по нанесению (минимальная толщина покрытия, обеспечи-

вающая огнезащитную эффективность по ГОСТ Р 53311⁴, время сушки, влажность, температура воздуха и т.д.) от завода-изготовителя, а также имеет сертификат соответствия по ГОСТ Р 53311⁴.

Для оценки интенсивности протекания процесса интумесценции огнезащитного кабельного покрытия на водной основе применялся метод синхронного термического анализа. Исследования огнезащитного кабельного покрытия проводились на термоанализаторе Netzsch STA 449 F5 Jupiter, внесенного в Государственный реестр средств измерений. Обработка полученных зависимостей по результатам термогравиметрического анализа, дифференциального термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии осуществлялась с использованием специального программного обеспечения NETZSCH Proteus[®]. Исследования огнезащитного состава для кабельно-проводниковой продукции проводились в платиновых тиглях (Pt/Rh) размещенных на ДСК держателе с сенсором S типа в окислительной среде при скорости нагрева 20 °С/мин. Образец для испытаний отбирался от ранее нанесенного и отвержденного покрытия. Термограмма исследуемого огнезащитного кабельного покрытия на водной основе, полученная с использованием методов термического анализа, представлена на рис. 2.

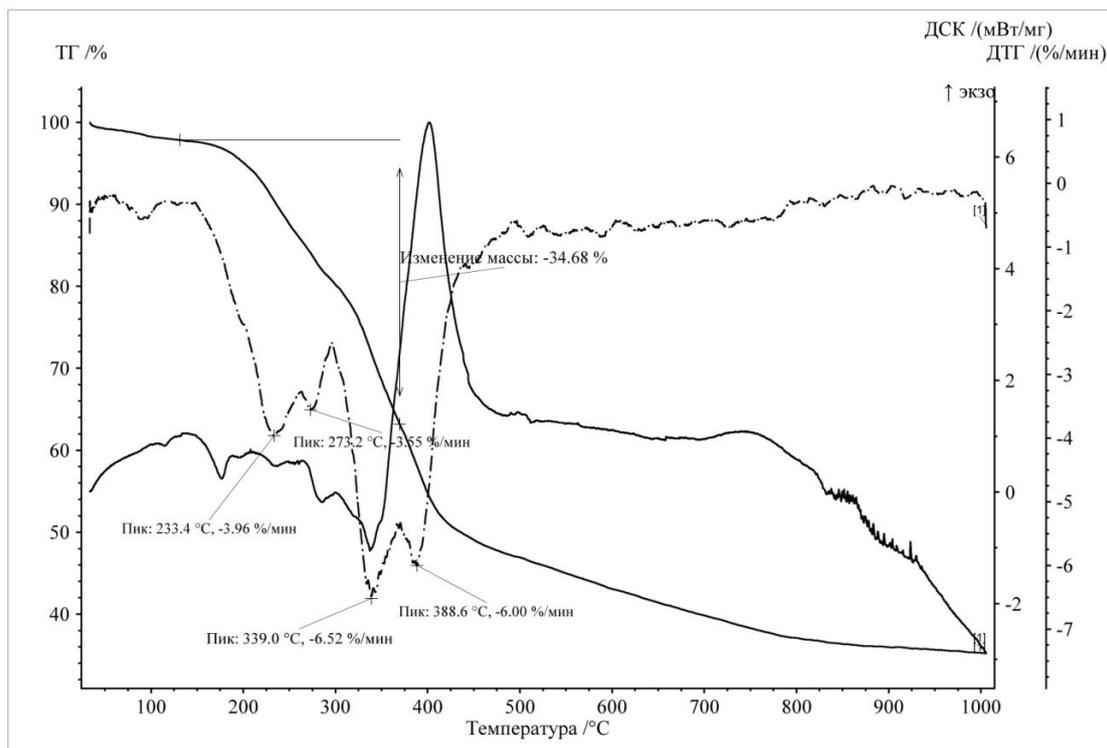


Рис. 2. Термограмма огнезащитного кабельного покрытия, представленного в виде акриловой водополимерной дисперсионной краски

Термоаналитические кривые, представленные на рис. 2, наглядно демонстрируют процесс протекания термоокислительной деструкции исследуемого огнезащитного кабельного покрытия. Начало протекания процесса интумесценции огнезащитного состава происходит при температуре 143 °С с завершением в районе 374 °С. Потеря массы состава в этом диапазоне температур составила 34,68 % от первоначального значения, что выражается в характерной «полке» на кривой термогравиметрического анализа. Последующее увеличение температуры приводит к продолжению потери массы огнезащитным составом вследствие перехода в стадию выгорания связующего и горения пенококсового слоя, причем без разделения этих процессов по температуре, характерного для данного рода покрытий.

Динамические характеристики вспучивания огнезащитного состава выражаются на кривой дифференциального термогравиметрического анализа в виде последовательно расположенных пиков при температурах 233,4 °С, 273,2 °С и 339 °С и скоростью потери массы 3,96 %/мин, 3,55 %/мин и 6,52 %/мин соответственно. Ввиду достаточной изученности [7–9] некоторых процессов, протекающих в интумесцентных составах при увеличении температуры, стоит отметить, что во время вспучивания происходит дегидратация состава с разложением и образованием неорганической кислоты и ее взаимодействие с углеродистыми соединениями образующими смолистые структуры. Данные смолистые соединения начинают «кипеть» и вспучиваться при воздействии газообразующих агентов (паров воды, углекислого газа, аммиака, азота), выделяющихся из порофорных ингредиентов огнезащитного состава, после чего происходит первоначальное формирование пенококсовой структуры и ее последующее отвердевание.

Появление нескольких эндотермических пиков на кривой дифференциальной сканирующей калориметрии в диапазоне температур характерном для протекания процесса интумесценции, обусловлено эндотермическими эффектами вышеописанных фазовых переходов. Экзотермический пик на кривой анализа дифференциальной сканирующей калориметрии при температуре 401,4 °С может характеризовать процесс тепловыделения при выгорании связующего огнезащитного кабельного покрытия и полную карбонизацию состава с одновременным переходом в стадию горения пенококка. Зольный остаток на момент окончания эксперимента (900 °С) составляет 35,97 %.

Для оценки эффективности защиты огнезащитного кабельного покрытия на водной основе в условиях целлюлозного режима по-

жара проводились натурные огневые испытания на специально спроектированной и изготовленной для этих целей установке [2, 5] при термическом воздействии стандартного температурного режима пожара по ГОСТ 30247.0-94⁵. Установка выполнена из шамотного кирпича с внутренними размерами 400 x 400 x 1050 мм, позволяет проводить исследования как горизонтально, так и вертикально размещенных кабельных изделий. Стандартный температурный режим пожара создавался сжиганием газообразного топлива (пропан-бутан автомобильный, ГОСТ Р 52087⁶) через две инжекционные газовые горелки с диаметром смесителя 40 мм и подающим газовым соплом диаметром 1,8 мм. Измерение температуры в объеме установки осуществлялось при помощи двух платиноводородно-платиновых термопар S-типа (корундовый корпус, длина 225 мм, диаметр 8 мм). При измерении температуры в объеме и на поверхности кабельного изделия использовались четыре хромель-алюмелевые термопары K-типа (стальной нержавеющей корпус, длина 500 мм, диаметр 3 мм). Перечисленные термопары через 8-ми канальный измеритель-регулятор TPM138 марки OBEH передавали полученные данные на ПК в SCADA-систему SimpLight FREE 32 по протоколу Modbus-RTU с использованием интерфейса RS-485. Обработка полученных данных производилась в самой SCADA-системе и в программном обеспечении Microsoft Office Excel.

Натурные огневые испытания продемонстрировали минимальные показатели по эффективности защиты при воздействии стандартного температурного режима пожара по показателям времени достижения критических температур 150 °С и 350 °С [10]. Критические температуры в 150 °С и 350 °С использовались для оценки перехода кабельного изделия в аварийный режим и режим горения исходя из анализа Правил устройства электроустановок⁷ и ГОСТ Р 31996⁸. В качестве кабельного изделия использовался кабель марки АВВГнг (мс) 4 x 95. Время достижения критического значения температуры в 150 °С составило 9–10 минут, что незначительно больше, чем у данного типа кабельного изделия без огнезащитного покрытия – 8 минут. Критическое значение темпера-

⁵ ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834-75). Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.

⁶ ГОСТ Р 52087-2018. Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия.

⁷ Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7.

⁸ ГОСТ Р 31996-2012. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия.

туры 350 °С достигнуто за 12–14 минут, тогда как у кабеля без огнезащитного покрытия 11–13 минут. Во время проведения экспериментов были зафиксированы значения температуры в диапазоне 400–480 °С на границе оболочка кабеля–ОКП, тогда как нагрев при тех же условиях испытаний оболочки кабеля без огнезащитного покрытия составлял немногим больше –

420–510 °С. Внешний вид кабельного изделия после проведенных натуральных огневых испытаний при стандартном температурном режиме пожара без и с нанесенным огнезащитным кабельным покрытием интумесцентного типа на водной основе в различных пространственных положениях представлен на рис. 3.

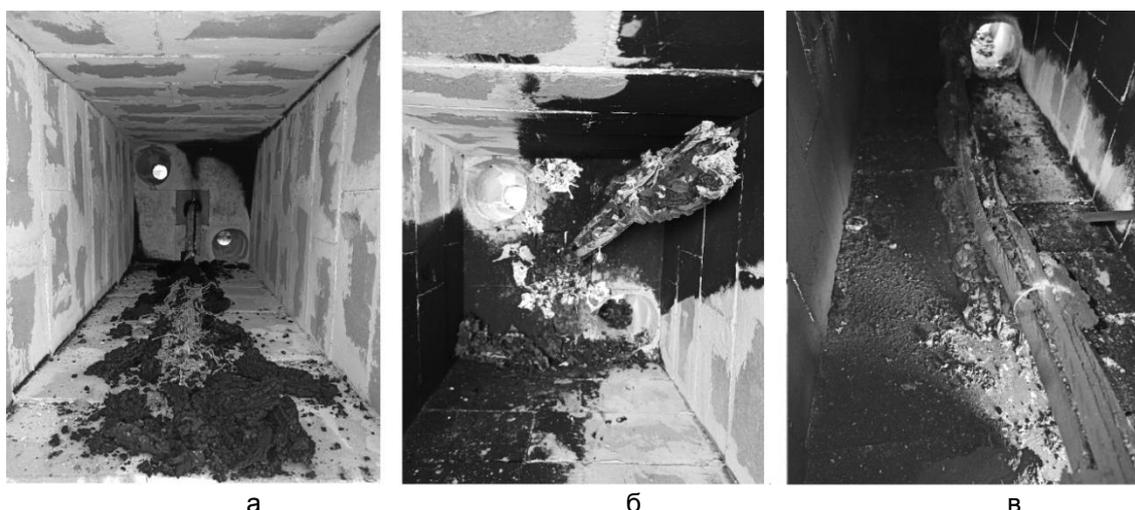


Рис. 3. Внешний вид кабельного изделия марки АВВГнг(мс) 4*95 после проведенных натуральных огневых испытаний

при стандартном температурном режиме пожара в различных пространственных положениях:

- а – кабель без огнезащитного кабельного покрытия;
- б – кабель с нанесенным огнезащитным кабельным покрытием в вертикальном положении;
- в – кабель с нанесенным огнезащитным кабельным покрытием в горизонтальном положении

По результатам проведенных натуральных огневых испытаний было выявлено, что кабельное изделие без огнезащитной обработки немногим уступало во времени достижения критических температур кабельному изделию с огнезащитной обработкой вышеописанным огнезащитным кабельным покрытием, что позволило сделать обоснованный вывод о низком защитном действии и высокой теплопроводности пенококсового слоя ОКП в условиях воздействия стандартного режима пожара. Одним из факторов, косвенно указывающих на низкую эффективность защитного действия при стандартном температурном режиме пожара, является и низкая кратность вспучивания исследуемого состава. Так как при проведении оценки по ГОСТ Р 53311⁴ данное покрытие обладает огнезащитной эффективностью и имеет сертификат соответствия, то это позволяет его применять для огнезащитной обработки кабельных линий различного назначения, но вместе с этим, огнезащитная обработка кабельных линий этим составом не может гарантировать получения заявленного огнезащитного эффекта при возникновении аварийной си-

туации или реального пожара на объекте защиты.

Проведенные исследования процесса протекания интумесценции огнезащитного кабельного покрытия на водной основе посредством определения коэффициента вспучивания, выявления характерных особенностей протекания термоокислительной деструкции при синхронном термическом анализе и времени достижения критических температур при воздействии стандартного температурного режима пожара позволили установить, что в соответствии с п. 4.4.5. Руководства 2011 г.¹ и п. 4.3. Методики 2016 г.² фактическая кратность вспучивания исследуемого покрытия равная $K_{всп}=9.7$ не гарантирует сохранности огнезащитных свойств покрытий, так как она должна быть равной или превышать значение 10 единиц.

Вместе с этим, сдвиг начала и окончания процесса интумесценции в область низких температур, выявленный при проведении синхронного термического анализа исследуемого покрытия совместно с отсутствием разделения процесса окончания полного формирования пенококсов с процессом начала горения карбо-

низированного слоя может свидетельствовать о наличии в ингредиентном составе огнезащитной композиции добавок, которые, пройдя ряд фазовых превращений при формировании углеродсодержащего каркаса, обладают сравнительно высокой теплопроводностью, низкими теплозащитными свойствами и незначительно снижают воздействие теплового потока на защищаемое кабельное изделие.

Вывод о сравнительно низких огнезащитных свойствах у исследуемого огнезащитного состава подтверждается и результатами исследований методом натуральных огневых испытаний при стандартном температурном режиме пожара по ГОСТ 30247.0-94⁵. Данное покрытие сравнительно мало участвовало в увеличении времени достижения критических тем-

ператур во время проведения испытаний, в отличие от других составов, которые позволяли увеличивать этот промежуток времени практически вдвое [2–5].

Проведение исследований с использованием различных методов анализа (коэффициент вспучивания, синхронный термический анализ, натурные огневые испытания) позволило выявить и подтвердить ранее сделанные выводы о низкой термостойкости и низких защитных свойствах данного огнезащитного кабельного покрытия. Полученные в работе выводы позволили сформулировать предположения для проведения дальнейших исследований в этой области с другими огнезащитными кабельными покрытиями различной химической природы интумесцентного типа.

Список литературы

1. Применение огнезащитных интумесцентных составов для повышения пожарной безопасности кабельных изделий при одиночной и групповой прокладке / Т. Х. Мансуров, О. В. Беззапонная, Е. В. Головина [и др.] // Техносферная безопасность. 2019. № 2 (23). С. 65–73.

2. Исследование кабельного изделия с огнезащитными покрытиями различной химической природы при температурном режиме стандартного пожара / Т. Х. Мансуров, О. В. Беззапонная, Е. В. Головина [и др.] // Техносферная безопасность. 2020. № 3 (28). С. 108–120.

3. Огневые испытания кабельного изделия с огнезащитными покрытиями различной химической природы при температурном режиме стандартного пожара / Т. Х. Мансуров, О. В. Беззапонная, Е. В. Головина [и др.] // Техносферная безопасность. 2020. № 4 (29). С. 106–118.

4. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия / А. В. Павлович, В. В. Владенков, В. Н. Изюмский [и др.] // Лакокрасочная промышленность. 2012. № 5. URL: <https://www.lkmportal.com/articles/ognezashchitnyye-vspuchivayushchiesya-pokrytiya> (дата обращения: 13.01.2024 г.)

5. Исследование огнезащитных кабельных покрытий методами термического анализа и огневых испытаний / Т. Х. Мансуров, О. В. Беззапонная, Е. В. Головина [и др.] // Техносферная безопасность. 2020. № 1(26). С. 62–70.

6. Мансуров Т. Х. Критерии оценки термостойкости огнезащитных кабельных покрытий различной химической природы интумесцентного типа методом синхронного тер-

мического анализа // Техносферная безопасность. 2021. № 2 (31). С. 10–112.

7. Антонов А. В., Решетников И. С., Халтуринский Н. А. Горение коксообразующих полимерных систем // Успехи химии. 1999. т. 68 (7). 668 с.

8. Зыбина О. А. Теоретические принципы и технология огнезащитных вспучивающихся материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.06. СПб., 2015. 260 с.

9. Собурь С. В. Огнезащита материалов и конструкций. Справочник: 2-е изд., доп. М.: Спецтехника, 2003. 232 с.

10. Мансуров Т. Х., Беззапонная О. В., Головина Е. В. Оценка огнезащитной эффективности огнезащитных кабельных покрытий при воздействии температурного режима стандартного пожара // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XV международной научно-практической конференции молодых ученых. В 2-х томах. Т. 1. Ч.1. Минск: УГЗ, 2021. С. 189–191.

References

1. *Primenenie ognezashchitnyh intumescentnyh sostavov dlya povysheniya pozharnoj bezopasnosti kabel'nyh izdelij pri odinochnoj i gruppovoj prokladke* [Application of fire-retardant intumescent compounds to increase the fire safety of cable products during single and group installation] / Т. Х. Mansurov, О. В. Bezzaponnaya, Е. В. Golovina [et al.]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2019, vol. 2 (23), pp. 65–73.

2. *Issledovanie kabel'nogo izdeliya s ognezashchitnymi pokrytiami razlichnoj himicheskoy prirody pri temperaturnom rezhime standartnogo pozhara* [Study of cable products with fire-retardant coatings of various chemical natures at the temperature regime of a standard fire] / Т. Х. Mansurov, О. В. Bezzaponnaya,

E. V. Golovina [et al.]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2020, vol. 3 (28), pp. 108–120.

3. Ognevye ispytaniya kabel'nogo izdeliya s ognezashchitnymi pokrytiami razlichnoj himicheskoy prirody pri temperaturnom rezhime standartnogo pozhara [Fire tests of cable products with fire-retardant coatings of various chemical natures at the temperature regime of a standard fire] / T. H. Mansurov, O. V. Bezzaponnaya, E. V. Golovina [et al.]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2020, vol. 4 (29), pp. 106–118.

4. Ognezashchitnye vspuchivayushchiesya pokrytiya [Fire retardant intumescent coatings] / A. V. Pavlovich, V. V. Vladenkov, V. N. Izyumskij [et al.]. *Lakokrasochnaya promyshlennost'*, 2012, issue 5. URL: <https://www.lkmportal.com/articles/ognezashchitnye-vspuchivayushchiesya-pokrytiya> (in Russ.)

5. Issledovanie ognezashchitnykh kabel'nykh pokrytij metodami termicheskogo analiza i ognevnykh ispytaniy [Study of fire-resistant cable coatings using thermal analysis and fire tests] / T. H. Mansurov, O. V. Bezzaponnaya, E. V. Golovina [et al.]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2020, vol. 1(26), pp. 62–70.

6. Mansurov T. H. Kriterii ocenki termostojkosti ognezashchitnykh kabel'nykh pokrytij razlichnoj himicheskoy prirody intumescentnogo tipa metodom sinhronnogo termicheskogo analiza [Criteria for assessing the heat resistance of fire-retardant cable coatings of various chemical na-

tures of the intumescent type using the method of simultaneous thermal analysis]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2021, vol. 2 (31), pp. 104–112.

7. Antonov A. V., Reshetnikov I. S., Hal-turinskij N. A. Gorenie koksoobrazuyushchih polimernykh sistem [Combustion of coke-forming polymer systems]. *Uspekhi himii*, 1999 vol. 68 (7). 668 p.

8. Zybina O. V. Teoreticheskie principy i tekhnologiya ognezashchitnykh vspuchivayushchih-sya materialov. Diss. d-ra tekhn. nauk [Theoretical principles and technology of fire-retardant intumescent materials. Dr. tech. sci. diss.]. SPb., 2015. 260 p.

9. Sobur' S. V. *Ognezashchita materialov i konstrukcij. Spravochnik: 2-e izd., dop.* [Fire protection of materials and structures. Reference book: 2nd ed., add.] M.: Spectekhnika, 2003. 232 p.

10. Mansurov T. H., Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V. Ocenka ognezashchitnoj effektivnosti ognezashchitnykh kabel'nykh pokrytij pri vozdeystvii temperaturnogo rezhima standartnogo pozhara [Evaluation of the fire-retardant effectiveness of fire-retardant cable coatings when exposed to the temperature regime of a standard fire]. *Obespechenie bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: problemy i perspektivy: sb. materialov XV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenykh*. V 2-h tomah, issue 1, vol.1. Minsk: UGZ, 2021. pp. 189–191

Мансуров Тимур Хамадгатаевич
ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Екатеринбург
научный сотрудник

E-mail: mansurovtx@rambler.ru

Mansurov Timur Hamadgataevich
Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Yekaterinburg
Research Associate
E-mail: mansurovtx@rambler.ru

УДК 614.843.2

ПОЖАРНЫЕ РУКАВА – ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И ХРАНЕНИЮ. МИРОВОЙ ОПЫТ

Н. Ю. НОВИЧКОВА, И. А. ЛЕГКОВА, С. Н. УЛЬЕВА, А. Г. БУБНОВ

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

E-mail: n.nature@mail.ru; legkovai@mail.ru; jivotjagina@mail.ru; bubag@mail.ru

В статье рассмотрены основные подходы к производству, эксплуатации и хранению пожарных рукавов за рубежом в англоязычных странах. Выявлены особенности эксплуатации и технического обслуживания пожарных рукавов в европейских и других странах, являющихся мировыми лидерами в области технологий пожаротушения. Авторами рассмотрены конструкции и материалы изготовления пожарных рукавов наиболее известными мировыми производителями, проанализированы свойства рукавов. Приведены правила обеспечения требований по уходу, использованию, проверке, сервисному тестированию и замене пожарных рукавов в зарубежных странах. Отмечено, что во многих странах мира нет чётких правил, когда пожарный рукав по истечении срока службы заменяют на новый. Чтобы определить его соответствие всем требованиям, проверяется внешний вид пожарного рукава, состояние поверхности, диаметр и длина. Имеет значение также, в каком состоянии внутренняя поверхность рукава.

Авторами установлено, что если порядок применения пожарных рукавов за рубежом существенно не отличается от отечественных норм, то организация их ремонта и хранения имеет заметные различия. Актуальность исследования обусловлена существенными сложностями, возникающими при ремонте и обслуживании пожарных рукавов, а также их комплектующих частей в России, особенно в условиях Крайнего Севера и Арктики.

Ключевые слова: пожарные рукава, техническое обслуживание, ремонт пожарных рукавов, тестирование пожарных рукавов.

FIRE HOSES – REQUIREMENTS FOR PRODUCTION, OPERATION AND STORAGE: WORLD EXPERIENCE

N. Yu. NOVICHKOVA, I. A. LEGKOVA, S. N. ULYEVA, A. G. BUBNOV

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: n.nature@mail.ru; legkovai@mail.ru; jivotjagina@mail.ru; bubag@mail.ru

The article discusses the main approaches to the production, operation and storage of fire hoses abroad in the leading English-speaking countries in the field of fire extinguishing. The features of operation and maintenance of fire hoses in European and other countries, which are world leaders in the field of fire extinguishing technologies, are revealed. The authors considered the designs and materials for the manufacture of fire hoses by the most famous world manufacturers, analyzed the properties of the hoses. The rules for ensuring the requirements for the care, use, inspection, service testing and replacement of fire hoses in foreign countries are given. It is noted that in many countries of the world there are no clear rules when a fire hose is replaced with a new one at the end of its service life. To determine its compliance with all requirements, the appearance of the fire hose, surface condition, diameter and length are checked. The condition the inner surface of the fire hose is also important.

The authors found that if the procedure for using fire hoses abroad does not differ significantly from domestic standards, then the organization of their repair and storage has noticeable differences.

The relevance of the study is due to the significant difficulties encountered in the repair and maintenance of fire hoses, as well as their components in Russia, especially in the Far North and the Arctic.

Key words: fire hoses, maintenance, repair of fire hoses, testing of fire hoses.

Пожарные рукава (ПР) являются важной частью современного пожарного оборудования для обеспечения эффективной подачи воды или смесей пены и воды на месте пожара, что и обуславливает актуальность данной работы.

Впервые ПР появились во второй половине XVII века в Голландии благодаря изобретению Яна Ван-дер-Хейде, который использовал для их производства парусину, а впоследствии толстую кожу, как показано на рис. 1 [1].



Рис. 1. Пожарный рукав из кожи

Эти материалы позволяют повысить срок эксплуатации ПР и противостоять разрушительному воздействию солнечных лучей и химикатов. Современные рукава значительно легче, по сравнению с моделями конца XX века, и это даёт возможность снизить физическую нагрузку, которую испытывают пожарные в процессе их применения.

По данным статистики, мировой рынок ПР по прогнозам вырастет на 1212,1 млн. \$ в течение 2022–2027 гг., ускорившись в среднем на 6,14 % в течение прогнозируемого периода¹.

Поэтому целью исследования являлось выявление особенностей работ по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту ПР, используемых в зарубежных странах с передовыми школами пожаротушения.

Ведущими поставщиками ПР на мировом рынке являются немецкие компании Jakob

¹ Отчет об исследовании мирового рынка промышленных пожарных рукавов и аксессуаров для гидрантов за 2022 год. URL: <https://www.grand-researchstore.com> (дата обращения 17.01.2024).

В Соединенных Штатах Америки и в странах Западной Европы ПР активно начали использоваться с XVIII в. В России этот процесс начался позднее, с начала XIX века. Примерно в 1890 году появились первые гибкие рукава, изготовленные из тканых льняных нитей. Вскоре они были заменены резиновыми рукавами.

В настоящее время ПР чаще всего изготавливаются из полиэфирных материалов с непроницаемой подкладкой из эластомерной резины (рис. 2).



Рис. 2. Пожарный рукав из полиэфирных материалов

Eschbach GmbH, Mercedes Textiles Ltd., американские Superior Fire Hose Corp., Guardian Fire Equipment Inc, KFH Industries Co, North American Fire Hose Corporation, Dixon Valve and Coupling Co. LL, английская Angus Fire Ltd., австралийская Australian Fire Hose, индийские Exflame Fire Protection Pvt. Ltd. Chhatariya Firetech Industries, NewAge Fire Protection Industries Pvt. Ltd., китайские Sinco Fire and Security Co., Limited, Hebei Orient ADMA Tech Group Co., Ltd. и другие¹.

Фирма Angus Fire Ltd. (Великобритания) – считается мировым лидером в области технологий пожаротушения с долгой историей производства средств противопожарной защиты, которая насчитывает более 220 лет². Компания Angus Fire продолжает внедрять инновации, используя новейшие технологии для разработки высококачественных продуктов с высокой производительностью. Angus Fire сохраняет свои позиции на переднем крае тех-

² AngusFire. URL: <https://angusfire.co.uk/products/fire-hose/products/duraline> (дата обращения 17.01.2024).

нологий противопожарной защиты благодаря постоянным инвестициям в исследования и разработки. На рис. 3 представлен один из лучших в мире закрытых ПР от Duraline Angus Fire. Это рукав Duraline используется муниципальными и промышленными пожарными службами по всему миру более 5 десятилетий, благодаря выдающимся эксплуатационным характеристикам, низким затратам на техниче-

ское обслуживание и исключительному сроку хранения.

Специально разработанный высококачественный синтетический каучук ekstrудирруется через полиамидную тканую оболочку для придания конструкции, не допускающей перегибов, и превосходной адгезии резины к текстилю.



Рис.3. Пожарные рукава от Duraline Angus Fire

Компания Superior Fire Hose Corp., основанная в 1996 г., является ведущим производителем ПР и промышленных шлангов в США³. На рис. 4 представлен легкий гибкий ПР, предназначенный для подачи большого расхода воды. Оптимизированная конструкция обеспечивает минимальные потери на трение. Это изделие изготовлено из специально разработанного синтетического нитрильного каучука, обеспечивающего превосходную устойчивость к топливу, химикатам, маслам, высокой температуре, холоду и загрязнителям окружающей среды. Он непроницаем для плесени и других микроорганизмов, переносимых по воздуху. Пожарный рукав Super Flow специально разработан для того, чтобы не требовалось технического обслуживания, поэтому его можно просто протереть и вернуть в эксплуатацию. Шланг доступен в красном и желтом цветах.

Американская компания KFH Industries, основанная в 1988 году в Майами, является крупнейшим производителем пожарных рукавов в мире⁴. Продукция компании соответству-

ет всем стандартам контроля качества в стиле ISO.

Одной из лучших разработок компании является пожарный рукав Nu-Flow с двойной оболочкой, предназначенный для работы в тяжелых условиях на месте пожара (рис. 5).



Рис. 4. Пожарный рукав Super Flow

³ Superior Fire Hose Corp. URL: <https://superiorfirehose.com> (дата обращения 17.01.2024).

⁴ FIREHOUSE. URL: <https://www.firehouse.com/operations-training/hoselines-water-appliances/company> (дата обращения 17.01.2024).



Рис. 5. Пожарный рукав Hy-Flow от Key Hose

Модель сочетает в себе скрученные в кольцо штапельные и филаментные волокна поверх тонкостенной, высокопрочной резиновой прокладки из EPDM для повышения стойкости к истиранию и влаге. Запатентованная конструкция из саржи обратного переплетения снижает потери на трение и обеспечивает подачу больших объемов воды. Hy-Flow выпускается диаметром 4 и 5 дюймов и длиной до 100 футов, имеет гарантию на 10 лет и пожизненную гарантию от расслоения вкладышей.

Во многих странах мира нет четких правил, когда пожарный рукав по истечении срока службы заменяют на новый. Чтобы определить, соответствует он требованиям или нет, проверяется его внешний вид, состояние поверхности, диаметр и длина. Диаметр и длина должны соответствовать размеру пожарного гидранта. Более того, имеет значение, в каком состоянии внутренняя поверхность рукава.

Современный ПР имеет следующие характеристики⁵:

1) планируемое рабочее давление и значение сопротивления давлению пожарного

рукава не должны быть ниже установленных правил;

2) тканевый слой пожарного рукава должен быть соткан равномерно, а внешний вид должен быть аккуратным без перекосов и царапин;

3) длина и размер пожарного рукава должны соответствовать стандарту;

4) внешний вид пожарного рукава должен быть гладким, без морщин или других дефектов.

Техническое обслуживание ПР предполагает соблюдение основных требований к их эксплуатации, которые, прежде всего, связаны с тем, что ПР должны пользоваться только специалисты во избежание непреднамеренного повреждения⁵. Все ПР должны быть классифицированы по качеству и пронумерованы, чтобы понимать, как их использовать.

Пожарные рукава нельзя надолго оставлять на открытом солнце или под дождем и размещать вблизи источника тепла; следует избегать воздействия на рукав агрессивных и липких материалов. Место хранения должно иметь соответствующую температуру и хорошую вентиляцию. Если во время использования обнаруживается повреждение ПР, его следует вовремя обернуть тканью, чтобы предотвратить расширение небольшого отверстия, пометить его и вовремя отремонтировать⁵.

⁵ Уход и техническое обслуживание пожарных рукавов. URL: <https://angusfire.co.uk/products/fire-hose/products/fire-hose-care-maintenance> (дата обращения 17.01.2024).

Национальная ассоциация противопожарной защиты (National Fire Protection Association, NFPA) разработала Стандарт по уходу, использованию, проверке, сервисным испытаниям и замене пожарных рукавов, муфт, сопел и приспособлений для пожарных рукавов⁶.

Целью данного Стандарта является обеспечение требований по уходу, использованию, проверке, сервисному тестированию и замене пожарных рукавов, муфт, сопел и приспособлений для ПР, чтобы повысить надёжность ПР, сопел и приспособлений для пожарных рукавов при их использовании в случае аварии. Стандарт был принят в 1962 году и периодически обновляется. Согласно требованиям, ПР должен ежегодно проверяться и проходить сервисные испытания (в соответствии со Стандартом NFPA 1962). Проверка и сервисное тестирование ПР гарантированы производителем в тех случаях, когда состояние рукава вызывает сомнения или он подвергся сильному истиранию, порезам, тепловому повреждению, химическому воздействию, замерзанию или сильному гидравлическому удару.

Ещё одна важная причина для ежегодного тестирования рукавов заключается в том, что этого требует Insurance Services Office (ISO)⁷. Страховая консалтинговая организация ISO была создана в 1971 году, когда несколько рейтинговых бюро объединились и сформировали некоммерческую ассоциацию страховщиков. ISO специализируется на страховании имущества от несчастных случаев, включая как личные, так и коммерческие направления. Среди его клиентов – страховые компании, агенты и брокеры, а также государственные структуры, такие как пожарные службы и отделы строительных норм. Представители страховой службы ISO проверяют, тестирует ли местная пожарная служба свои насосы и пожарные рукава в соответствии с требованиями NFPA. Надлежащие записи тестирования рукавов являются одним из требований при аудите, проводимом ISO. Пожарные службы ранжируются по классам от 1 до 10, где показатель 1 является лучшим. Уровень технической оснащённости подразделений местной пожарной охраны может повлиять на то, сколько жители платят за страхование имущества. Низкий рейтинг, выставяемый ISO, не только

означает, что городская пожарная служба не обеспечивает должной защиты населения от пожаров, но также это может означать повышение страховых взносов домовладельцев.

Метод тестирования ПР содержится в требованиях Национальной ассоциации противопожарной защиты (NFPA) 1962 года. Следует отметить, что зарубежные страховые компании предпочитают полагаться на научно-нормативную базу, предлагаемую NFPA (более 370 разделов), как наиболее обширную и гибкую в предлагаемых решениях, в частности, на Стандарт по уходу, использованию, проверке, сервисному тестированию и замене пожарного рукава, муфт, сопел и приспособлений для пожарных рукавов.

Существует две процедуры, которые определяет стандарт NFPA 1962: тестирование с использованием машины для тестирования рукава или с использованием стационарного насоса или помпы на оборудовании пожарной службы. Хотя оба этих метода описаны в основной части стандарта, второй метод содержит два важных предостережения. Первым и главным является предупреждение, в котором указывается, что из-за риска «катастрофического выхода из строя во время сервисного тестирования пожарного рукава жизненно важно соблюдать меры предосторожности, чтобы никто не подвергся этой опасности»⁶.

Риск безопасности при испытании рукава с использованием противопожарного устройства связан с очень высокой мощностью, которую может выдавать устройство. Лучший способ проверить рукава и муфты под давлением – использовать испытательную машину для ПР. Это устройство обеспечивает необходимое высокое давление без большого расхода воды. Риски, связанные с использованием мощного насоса, устраняются.

Специалисты американской компании North American Fire Hose разработали специальные рекомендации по уходу, обращению и техническому обслуживанию пожарных рукавов, чтобы обеспечить длительный срок их службы и снизить затраты на техническое обслуживание⁸.

В целях сохранения гарантии, предоставляемой North American Fire Hose, ремонт рукава будет ограничен заменой соединительных элементов при условии, что лицо, проводящее ремонт, посетило практический инструктаж по соединительным элементам на предприятии North American Fire Hose. Это обучение проводится бесплатно во время приёмо-сдаточных испытаний партии. Если по-

⁶ Стандарт по уходу, использованию, проверке, сервисным испытаниям и замене пожарных рукавов, муфт, сопел и приспособлений для пожарных рукавов. 2003 г. URL: <https://quizlet.com/question> (дата обращения 17.01.2024).

⁷ Insuranceopedia. URL: <https://www.insuranceopedia.com/definition/2431/insurance-services-office-iso> (дата обращения 17.01.2024).

⁸ Уход за пожарными рукавами и их техническое обслуживание. URL: <https://www.nafhc.com/hose-maintenance-and-care> (дата обращения 17.01.2024).

врежденный рукав по какой-либо причине был подсоединен повторно, его не следует возвращать в эксплуатацию до проведения повторного испытания.

Пожарный рукав, хранящийся более 1 года, должен быть протестирован, прежде чем он будет введен в эксплуатацию. В эксплуатацию должен вводиться только чистый, сухой ПР.

При транспортировке ПР, перевозимого на противопожарном оборудовании, он должен быть загружен таким образом, чтобы под рукавом мог циркулировать воздух для устранения или уменьшения образования плесени на его внешней стороне и ржавчины и коррозии в отделении для перевозки рукавов. Пожарный рукав большого диаметра, используемый для подачи воды из гидранта, должен быть защищен от повреждения резиновыми накладками или аналогичной защитой при соприкосновении с дорожным покрытием или бордюром.

С целью предотвращения повреждений во время использования ПР должен эксплуатироваться таким образом, чтобы свести к минимуму механические повреждения и тепловое воздействие. Рекомендуется волочить плоский участок рукава по земле, чтобы износ равномерно распределялся по большей площади поверхности, как показано на рис. 6.



Рис. 6. Эксплуатация пожарного рукава

Стандарт NFPA 1962 напрямую требует отслеживания того, чтобы транспортные средства не проезжали по ПР при отсутствии специальной рукавной перемычки. Сопла и клапаны должны открываться и закрываться медленно, чтобы предотвратить скачки давления и гидравлический удар, которые могут разорвать рукав и, в свою очередь, привести к травмам людей или повреждению насоса)⁶.

Особую осторожность следует соблюдать при использовании ПР в условиях низких температур, чтобы предотвратить замерзание воды внутри рукава.

Наибольшую угрозу сроку годности любого ПР представляют абразивные поверхности. Согласно требованиям Стандарта NFPA 1962 следует по возможности избегать волочения по абразивным поверхностям или острым кромкам, которые могут очень легко порезать или порвать рукав.

После каждого использования все ПР должны быть очищены (в соответствии со Стандартом NFPA 1962). Рекомендуется «высушить» рукав щеткой с мягкой или средней щетиной. Однако, если грязь не удается тщательно удалить с рукава, его следует промыть. Если рукав подвергался воздействию опасных материалов, он должен быть очищен методами, одобренными для удаления загрязнений. Пожарный рукав с покрытием (нитрил, резина) разрешается протирать насухо. При использовании сушилки для ПР следует убедиться, что из рукава полностью вытекла вода)⁸.

Как было указано выше, тестирование пожарных рукавов является требованием NFPA для пожарных подразделений, и, в целях максимальной объективности результатов проверки, данную услугу оказывают сторонние организации, такие как известная в США компания National Hose Testing Specialties, Inc. (NHTS), которая начала свою деятельность в 1989 г. и имеет большой опыт в этой области⁹. Использование квалифицированных специалистов NHTS гарантирует точное соблюдение стандартов NFPA. Рукава проверяются и сортируются в соответствии с рабочими испытательными давлениями, требуемыми стандартами NFPA.

Дата тестирования устанавливается после получения заявки на тестирование рукавов и подписания соглашения между заказчиком и NHTS, Inc. Представители NHTS, Inc. прибывают со своим оборудованием в пожарную часть для проведения проверки состояния ПР (рис 7.) При этом, сотрудники пожарной части не участвуют в тестировании рукавов.

Тестирование ПР на двигателе может привести не только к повреждению насоса, но и к аннулированию гарантий на новое оборудование. В связи с этим, для тестирования ПР компания NHTS, Inc. использует собственное испытательное оборудование, разработанное по индивидуальному заказу. Тестирование одного рукава как правило занимает не более двух часов. Тестирование всех пожарных рукавов в пожарной части занимает около двух дней. Окончательные отчеты о проверке отправляются в пожарную часть в течение 30 дней после испытаний⁹. При обнаружении

³⁸ NATIONAL HOSE TESTING SPECIALTIES, INC. URL: https://www.nhts.com/hose-testing_ (дата обращения 17.01.2024).

дефектов, сотрудники NHTS, Inc. не ремонтируют ПР, а только отмечают все повреждения и дают рекомендации, в какую кампанию следует обратиться для ремонта.

Таким образом, можно констатировать, что если порядок применения ПР за рубежом существенно не отличается от отечественного,

то организация ремонта и хранения проводятся в корне по-другому. Это связано в первую очередь с тем, что обе последние операции осуществляет не организация, занимающаяся непосредственно пожаротушением, а компания-поставщик услуг по обслуживанию рукавных систем.



Рис. 7. Специалисты компании NHTS, Inc. проводят тестирование рукавов

Выводы

1. Обслуживание и ремонт ПР осуществляется не эксплуатирующими организациями, а специализированными компаниями/организациями нанимаемыми муниципалитетами или уполномоченными госорганами в порядке аутсорсинга.

2. Аудит качества и соответствия предъявляемым требованиям к обслуживанию/обеспечению организаций-эксплуатантам ПР осуществляют страховые компании, специализирующиеся на страховании систем и услуг обеспечения пожарной безопасности.

3. Порядок обслуживания ПР не зависит от предназначения рукавных систем.

Список литературы

1. Щаблов Н. Н., Виноградов В. Н. Укрощение огня (очерки по истории пожарной техники). СПб., 2002. 324 с.

References

1. Shchablov N. N., Vinogradov V. N. *Ukroshcheniye ognya (ocherki po istorii pozhar-noy tekhniki)* [Taming of fire (essays on the history of fire fighting equipment)]. SPb., 2002. 324 p.

Новичкова Наталия Юрьевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор культурологии, профессор
E-mail: n.nature@mail.ru

Novichkova Natalia Yurievna

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 cultural studies, professor
E-mail: n.nature@mail.ru

Легкова Ирина Анатольевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: legkovai@mail.ru

Legkova Irina Anatolyevna

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, assistant professor

E-mail: legkovai@mail.ru

Ульева Светлана Николаевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук, доцент

E-mail: jivotjagina@mail.ru

Ulyeva Svetlana Nikolaevna

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, assistant professor

E-mail: jivotjagina@mail.ru

Бубнов Андрей Германович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

доктор химических наук, профессор

E-mail: bubag@mail.ru

Bubnov Andrey Germanovich

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, professor

E-mail: bubag@mail.ru

УДК 614.839

ОТКРЫТЫЕ АВТОСТОЯНКИ: ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В. И. ПОПОВ, А. Н. ПЕСИКИН, М. В. ПУГАНОВ, А. Х. САЛИХОВА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: popovvi49@mail.ru

Открытые автостоянки размещают во дворах жилых и общественных зданий, на проезжей части улиц, на специальных площадках перед общественными зданиями, вблизи производственных объектов. Нередко автомобили паркуют на тротуарах, газонах, детских площадках. Неорганизованные стоянки автомобилей создают препятствия для пешеходов (для маломобильных групп населения), для проезда автомобилей аварийных служб, для установки специальных пожарных автомобилей при спасении жильцов при пожаре в зданиях. Особый научный интерес представляет изучение пожарной опасности объектов хранения автотранспорта на открытых площадках, так как на условия возникновения и распространения пожара влияют случайные факторы, такие как сила и направление ветра, погодные условия, загроможденность территории, конструктивные особенности стоянки. Учет факторы пожарной опасности, разрабатываются требования пожарной безопасности.

В статье анализируются проблемы обеспечения пожарной безопасности. Пожары на открытых стоянках возникают довольно часто с большими материальными потерями. Категории по взрывопожарной и пожарной опасности открытых стоянок не устанавливаются и не обозначают. Следовательно, общие требования пожарной безопасности обосновать невозможно. Много стоянок возникает без учета положений генерального плана объекта. План расстановки автомобилей разрабатывается и обозначается на площадке не на всех стоянках. Соответственно элементом научной новизны представленного в статье материала является обоснование разработки нормативных требований пожарной безопасности для открытых стоянок на основе изучения пожарной опасности процесса, на основе исследования случаев пожаров на данных объектах.

Ключевые слова: открытые автостоянки, пожары, автомобили, нормативные требования, категорирование.

OPEN PARKING LOTS: PROBLEMS OF FIRE SAFETY

V. I. POPOV, A. N. PESIKIN, M. V. PUGANOV, A. H. SALIHOVA

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: popovvi49@mail.ru

Open parking lots are located in the courtyards of residential and public buildings, on the roadways of streets, in special areas in front of public buildings, and near industrial facilities. Cars are often parked on sidewalks, lawns, and playgrounds. Unorganized car parking creates obstacles for pedestrians (for people with limited mobility), for the passage of emergency vehicles, and for the installation of special fire trucks when rescuing residents in case of fire in buildings. Of particular scientific interest is the study of the fire hazard of vehicle storage facilities in open areas, since the conditions for the occurrence and spread of fire are influenced by random factors, such as the strength and direction of the wind, weather conditions, cluttered territory, and design features of the parking lot. Taking into account fire hazard factors, fire safety requirements are developed.

The article analyzes the problems of ensuring fire safety. Fires in open parking lots occur quite often with large material losses. Categories for explosion and fire hazards of open parking areas are not established or designated. Therefore, it is impossible to substantiate general fire safety requirements. Many parking lots arise without taking into account the provisions of the site's master plan. A car placement plan is not developed and marked on the site in all parking lots. Accordingly, the element of scientific novelty of the material presented in the article is the rationale for the development of regulatory fire safety requirements for

open parking lots based on a study of the fire hazard of the process, based on a study of fire cases at these facilities.

Key words: open parking lots, fires, cars, regulatory requirements, categorization.

По итогам 2022 года в ГИБДД МВД России было зарегистрировано 60,45 млн механических транспортных средств. Легковых автомобилей – 50,6 млн, грузовиков – 6,67 млн, автобусов – 0,8336 млн. В 2022 году уровень обеспеченности легковыми авто достиг показателя 348 единиц на 1000 человек. Автопарк в России растет на 1,4–1,9 % ежегодно¹.

Значительное количество автомобилей вызывает многочисленные проблемы с размещением, проездами в микрорайонах и во дворах. В населенных пунктах автомобильные стоянки стали наиболее распространёнными и проблемными объектами. Автостоянки в селитебной зоне располагаются на всех свободных земельных участках, дорогах и проездах, при этом располагаемые автомобили затрудняют проход пешеходов, особенно для маломобильных групп населения, пешеходов с колясками и носильными вещами. Автомобили препятствуют проезду пожарных автомобилей и другого транспорта аварийных служб, затрудняют установку специальных пожарных автомобилей для спасения при пожарах в зданиях. Нередко автомобили размещают на площадках для разворота, на крышках люков пожарных гидрантов и вблизи площадок пирсов у водоемов. При пожарах на стоянках возникают проблемы эвакуации автомобилей, для удаления от горящих транспортных средств.

Для ограничения автомобилей во дворах селитебной зоны жители устанавливают на проездах препятствия, въезды во дворы оборудуют шлагбаумами. В некоторых дворах жители распределяют территорию под стоянки своих автомобилей. Если на стоянках во дворах жилой зоны размещаются несколько десятков автомобилей, то у общественных зданий (торговых центров, спортивных сооружений и др.) количество автомобилей нередко составляет несколько сотен.

В Федеральном законе от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ст. 32) закрытые автостоянки отнесены к классу функциональной пожарной опасности Ф 5.2 здания производственного или складского назначения (стоянки для автомобилей без технического

обслуживания и ремонта)². Сведения о классе функциональной пожарной опасности открытых стоянок в законе отсутствуют.

В Градостроительном кодексе РФ³ приведено определение автостоянки: парковка (парковочное место) – специально обозначенное и при необходимости обустроенное и оборудованное место, являющееся в том числе частью автомобильной дороги и (или) примыкающее к проезжей части и (или) тротуару, обочине, эстакаде или мосту либо являющееся частью подэстакадных или подмостовых пространств, площадей и иных объектов улично-дорожной сети и предназначенное для организованной стоянки транспортных средств на платной основе или без взимания платы по решению собственника или иного владельца автомобильной дороги, собственника земельного участка. Аналогичные определения приведены в сводах правил.

Стоянка автомобилей (паркинг) – здание, сооружение (часть здания, сооружения) или специальная открытая площадка, предназначенные для хранения (стоянки) легковых автомобилей и других мототранспортных средств (мотоциклов, мотороллеров, мотоколесок, мопедов, скутеров и т. п.), а также средств индивидуальной мобильности⁴.

Гостевая стоянка автомобилей – часть здания, сооружения, открытая площадка, предназначенная для стоянки легковых автомобилей гостей жильцов дома³.

Многорядная парковка автомобилей – парковка, при которой машины устанавливаются одна за другой и выезд второй машины возможен только после выезда впереди стоящей³.

Наземная стоянка автомобилей открытого типа – стоянка автомобилей, в которой не менее 50 % площади внешней поверхности наружных ограждений на каждом ярусе (этаже) составляют проемы, остальное – парапеты³.

Обвалованная стоянка автомобилей – наземная или заглубленная стоянка автомобилей с обвалованными грунтом более 50 %

¹ Симптомы легкой депрессии. <https://www.kommersant.ru/daily/145995?from=doc> (Дата обращения 23.10.2023).

² Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

³ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 25.12.2023)

⁴ СП 113.13330.2023 СНиП 21-02-99* Стоянки автомобилей

наружными ограждающими конструкциями, выступающими выше уровня земли³.

Плавучие стоянки автомобилей (дебаркадерные стоянки автомобилей) – плавучая пристань, причальное сооружение в виде судна или понтона, стационарно установленное (в речном порту) и предназначенное для стоянки легковых автомобилей³.

Плоскостная стоянка автомобилей открытого типа – специальная площадка (без устройства фундаментов) для открытого или закрытого (с ограждением некапитальными конструкциями) хранения автомобилей и других средств индивидуальной мобильности³.

Постоянное хранение автомобилей и других мототранспортных средств – хранение на стоянках автомобилей на закрепленных за автовладельцами машино-местах³.

Пост – рабочее место (на открытой площадке или в помещении) для обслуживания одного автомобиля⁵.

В Правилах дорожного движения⁶ дано следующее определение: парковка (парковочное место) – специально обозначенное и при необходимости обустроенное и оборудованное место, являющееся в том числе частью автомобильной дороги и (или) примыкающее к проезжей части и (или) тротуару, обочине, эстака-

де или мосту либо являющееся частью подэстакадных или подмостовых пространств, площадей и иных объектов улично-дорожной сети, зданий, строений или сооружений и предназначенное для организованной стоянки транспортных средств на платной основе или без взимания платы по решению собственника или иного владельца автомобильной дороги, собственника земельного участка либо собственника соответствующей части здания, строения или сооружения.

Автостоянки (парковки) характеризуются высокой пожарной опасностью. Так, с начала 2023 года произошло около 11 тыс. пожаров, большинство из которых на открытых автостоянках. Распространенными причинами являются нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования, неосторожное обращение с огнем⁷.

Пожары на стоянках приводят к уничтожению хранящихся там транспортных средств. Например, пожар (15 мая 2013 года) на автостоянке в г. Вязьма Смоленской области уничтожил 31 автомобиль и 29 авто были повреждены (рис. 1). Всего на территории стоянки находилось около 200 автомобилей под пятью навесами (открытые стоянки)⁸.



Рис. 1. После пожара на автостоянке в г. Вязьма

⁵ СП 506.1311500.2021 Стоянки автомобилей. Требования пожарной безопасности.

⁶ О Правилах дорожного движения (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения»). Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 (ред. от 02.06.2023).

⁷ С начала нового года в России произошло около 300 пожаров в гаражном секторе. Mchs.gov.ru (дата обращения 11.02.2023).

⁸ Пожаротушение и пожарная безопасность автостоянок. <https://pozhar.info/wp-content/uploads/2017/12/последствия-пожара-на-автостоянке.jpeg>. (Дата обращения 10.02.2023).

В работе [1] проведенный анализ крупных пожаров на открытых автостоянках позволил сделать заключение, что они имеют схожие сценарии развития и зависят от ряда повторяющихся факторов. Наиболее опасными являются постоянно действующие пожароопасные факторы, к которым авторы относят конструктивные особенности стоянок, расположение автотранспорта, срабатывание системы пожарной безопасности. Это было выявлено в ходе исследования статистико-эмпирических данных возникновения и развития крупных пожаров на открытых автостоянках. Следующими по значимости являются случайно повторяющиеся факторы. К ним относятся возможные источники зажигания, имеющаяся пожарная нагрузка, принятые способы тушения пожаров. На третьем месте находятся периодические факторы, способные создавать пожароопасную обстановку на открытых объектах хранения автотранспорта: погодные условия, показатели времени, экономические показатели. Это также приводит к заключению о необходимости учета особенностей развития пожара на открытых объектах хранения автотранспорта при разработке требований пожарной безопасности.

Стоянки автомобилей в помещениях и зданиях категорируются по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с положениями СП 12.13130.2009⁹ и рекомендациями Пособия по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»¹⁰. Особенности и проблемы категорирования стоянок по взрывопожарной и пожарной опасности отмечены в статье [2]. Открытые автостоянки, как правило, специалисты пожарной безопасности не относят к наружным установкам. При этом стоянки не категорируются. Указанное положение подтверждается письмом Департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России¹¹ [3].

Открытые автостоянки не относятся к промышленным, сельскохозяйственным или к гражданским объектам, в соответствии с установленными требованиями пожарной безопасности, следовательно, общие требования нормативов по пожарной безопасности на такие объекты не распространяются [4].

⁹ СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

¹⁰ Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» / И.М. Смолин, Н.Л. Полетаев, Д.М. Гордиенко и др. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2014. 147 с.

¹¹ О рассмотрении обращения. Письмо от 11.10.2019 № 34216915 Департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России.

Сводом правил СП 467.1325800.2019¹² при осуществлении эксплуатации стоянок автомобилей всех видов установлены следующие требования:

- обеспечить работоспособность систем доступа на территорию;
- обеспечение в соответствии с установленными требованиями и проектом знаков, указателей, информационных стендов и табло;
- исправное состояние разметки мест парковки и направлений движения.

Предусматривается сводом правил контроль проездов и парковочных зон для обеспечения свободного проезда пожарной техники к местам стоянки автомобилей. Указано, что количество въездов-выездов со стоянок автомобилей должно соответствовать требованиям пожарной безопасности.

Согласно Правилам противопожарного режима в Российской Федерации¹³ запрещается стоянка автотранспорта на крышках колодцев пожарных гидрантов, в местах вывода на фасады зданий, сооружений патрубков для подключения мобильной пожарной техники, а также в пределах разворотных площадок и на разметке площадок для установки пожарной, специальной и аварийно-спасательной техники, на пожарных пирсах. На объектах транспортной инфраструктуры Правилами противопожарного режима в РФ установлено, в отношении помещений для хранения (стоянки) транспорта в количестве более 25 единиц разработку плана расстановки транспортных средств с описанием очередности и порядка их эвакуации при пожаре, а также оснащение указанных помещений и площадок открытого хранения транспортных средств (кроме индивидуальных) буксирными тросами и штангами из расчета 1 трос (штанга) на 10 единиц техники.

Сложность эвакуации автомобилей из зоны пожара связана с проблемами передвижения (буксирования) из зоны распространения опасных факторов пожаров с тем, что автомобили хранятся на стояночном тормозе и не предусмотрено хранение ключей зажигания легковых автомобилей на открытых стоянках. Кроме того, если сзади автомобилей установлены не снимаемые буксировочные крюки (рис. 2 и рис. 3), то впереди автомобилей буксировочные крюки снимаемые (рис. 3) и при нахождении автомобиля на стоянке передний буксировочный крюк отсутствует.

¹² СП 467.1325800.2019 Стоянки автомобилей. Правила эксплуатации.

¹³ Постановление Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».

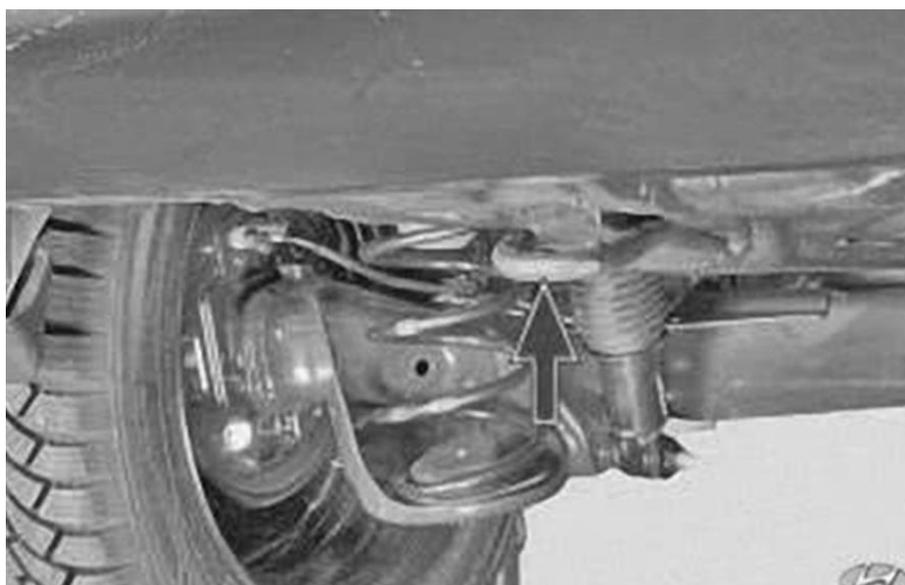


Рис. 2. Расположение буксировочного крюка на легковых автомобилях (сзади автомобиля)

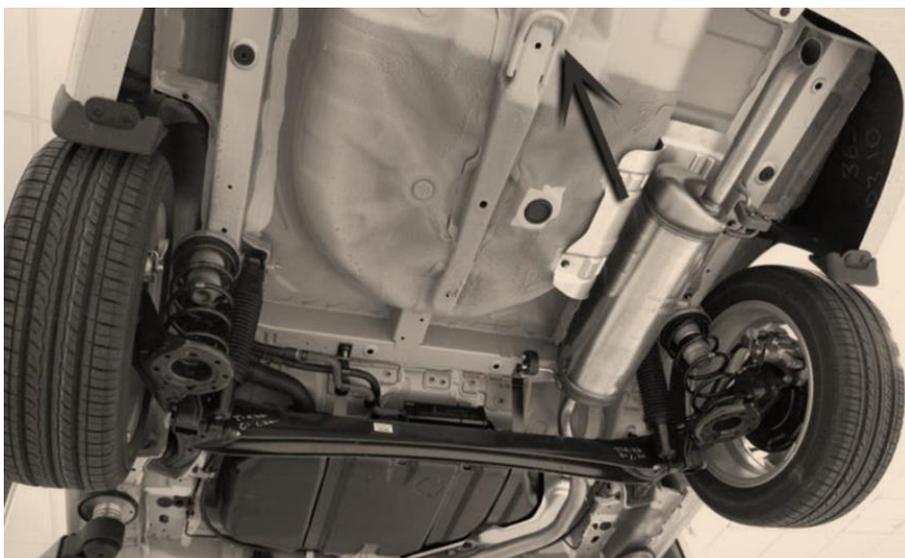


Рис. 3. Вариант расположения буксировочного крюка на легковом автомобиле (сзади автомобиля)

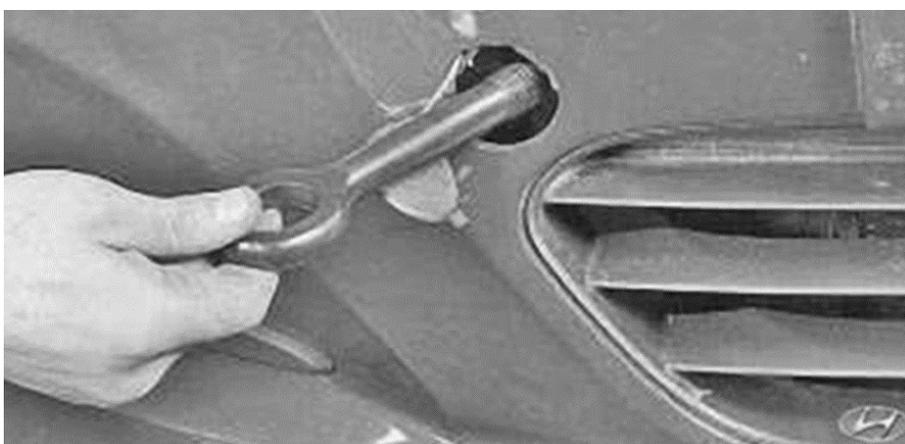


Рис. 4. Установка буксировочного крюка на автомобиле

На основе анализа требований пожарной безопасности нормативов и опыта эксплуатации открытых стоянок автомобилей установлено, что в настоящее время создалась парадоксальная ситуация в области обеспечения пожарной безопасности открытых стоянок. Даже при хранении бревен установлены в нормативных документах требования пожарной безопасности, а для открытых стоянок автомобилей, насчитывающих сотни стояночных мест, требования практически отсутствуют. Хотя пожары происходят довольно часто, убытки от пожаров достигают сотен миллионов рублей (стоимость автомобиля составляет 1,5–10,0 млн).

«Правила противопожарного режима в Российской Федерации»⁸ требуют для открытых стоянок транспорта в количестве более 25 единиц разработку плана расстановки транспортных средств с описанием очередности и порядка их эвакуации при пожаре, а также оснащение указанных помещений и площадок открытого хранения транспортных средств (кроме индивидуальных) буксирными тросами и штангами из расчета 1 трос (штанга) на 10 единиц техники. При эксплуатации стоянок требования правил не выполняются, так как не установлены в нормативах ответственные за содержание открытых стоянок автомобилей.

Выводы

Открытые стоянки автомобилей представляют определенную пожарную опасность,

как правило, в зависимости от применяемого топлива. Особую опасность представляют автомобили на газе. В последние годы широкое распространение получили электроавтомобили, у которых пожароопасны аккумуляторы. Пожары на автостоянках сопровождаются значительными материальными потерями. Требования пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации автостоянок практически не установлены за исключением выше приведенных, которые не обеспечивают пожарную безопасность объектов на современном уровне.

Для повышения уровня обеспечения пожарной безопасности открытых стоянок автомобилей следует включить в «Правила противопожарного режима в Российской Федерации»⁸ следующие положения:

- установить ответственность за пожарную безопасность для стоянок внутри дворов руководителей управляющих компаний, перед общественными зданиями и производственными объектами руководителей организаций;

- для стоянок более чем на 25 машиномест на площадке должна быть разметка.

Целесообразно дополнить раздел «Наземные стоянки автомобилей открытого типа» свода правил СП 113.13330.2023³ требованиями пожарной безопасности: расстояние между автомобилями должно быть не менее 1 м.

Список литературы

1. Литовченко И. О. Методика обеспечения пожарной безопасности на открытых автостоянках: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. СПб., 2018. 133 с.
2. Попов В. И., Песикин А. Н., Пуганов М. В. Классификация автостоянок по пожарной опасности // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2021. № 1 (38). С. 74–79.
3. Проблемные вопросы обеспечения безопасной эвакуации с объектов хранения автотранспорта / А. Н. Песикин, В. И. Попов, М. В. Пуганов [и др.] // *Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXV Международной научно-практической конференции*. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. С. 442–449.

References

1. Litovchenko I. O. Metodika obespecheniya pozharnoj bezopasnosti na otkrytyh avtostoyankah. Diss. kand. tekhn. nauk [Methodology for ensuring fire safety in open parking lots. Cand. tech. sci. dis.]. SPb., 2018. 133 p.
2. Popov V. I., Pesikin A. N., Puganov M. V. Klassifikaciya avtostoyanok po pozharnoj opasnosti [Classification of parking lots by fire hazard]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2021, vol. 1 (38), pp. 74–79.
3. Problemnye voprosy obespecheniya bezopasnoj evakuacii s ob"ektov hraneniya avtotransporta [Problematic issues of ensuring safe evacuation from vehicle storage facilities] / A. N. Pesikin, V. I. Popov, M. V. Puganov [et al.]. *Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti: materialy XXXV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Moscow: FGBU VNIIPPO MCHS Rossii, 2023. pp. 442–449.

Попов Владимир Иванович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент

E-mail: popovvi49@mail.ru

Popov Vladimir Ivanovich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, docent

E-mail: popovvi49@mail.ru

Песикин Александр Николаевич

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

E-mail: apesikin@bk.ru

Pesikin Alexander 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

senior lecturer

E-mail: apesikin@bk.ru

Пуганов Михаил Владимирович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, старший преподаватель

E-mail: mvpuganov@yandex.ru

Puganov Mikhail Vladimirovich

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 pedagogic sciences, senior lecturer

E-mail: mvpuganov@yandex.ru

Салихова Аниса Хамидовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доцент, кандидат технических наук, доцент

E-mail: salina_77@mail.ru

Salikhova Anisa Khamidovna

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

Russian Federation, Ivanovo

docent, candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: salina_77@mail.ru

УДК 614.8.01

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАТЕГОРИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НАДЗОРА В ЦЕЛЯХ ОРГАНИЗАЦИИ НАДЗОРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О. Е. СТОРОНКИНА, Т. А. МОЧАЛОВА, А. А. ЛАЗАРЕВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: oleg1968@mail.ru

В настоящее время у должностных лиц, осуществляющих федеральный государственный пожарный надзор, отсутствуют методические рекомендации по выбору конкретного надзорного мероприятия при планировании деятельности на предстоящий год. Актуальность планирования надзорных мероприятий в области пожарной безопасности на объектах наиболее высокой категории риска обусловлена законодательно установленной повышенной частотой такой деятельности. При этом руководитель в рамках планирования должен соотносить кадровый потенциал подразделения и необходимость соблюдения жестко установленных сроков для планирования и проведения надзорных мероприятий. Особую опасность для должностного лица, осуществляющего планирование, представляет пропуск указанного срока.

В статье приведены результаты анкетирования экспертов по вопросам дополнительной классификации объектов чрезвычайно высокого и высокого рисков с целью совершенствования алгоритма планирования надзорного мероприятия в рассматриваемой области.

Целью реализации предлагаемого алгоритма является совершенствование процесса планирования контрольной (надзорной) деятельности в рассматриваемой области для объектов чрезвычайно высокого и высокого рисков, осуществляемой подразделениями государственного пожарного надзора.

При проведении исследования использовались методы системного анализа, математической статистики, анализа результатов практических и теоретических исследований. Элементами научной новизны обладают разработанная методика выбора вида планового надзорного мероприятия для объектов с наиболее высокой категорией риска и классификация рассматриваемых объектов. Авторами предложены три подкатегории для каждой из двух наивысших категорий риска. В зависимости от подкатегории определяется выбор надзорного мероприятия и в отдельных случаях его максимальная продолжительность.

Ключевые слова: контрольное (надзорное) мероприятие, категорирование объектов, пожарная безопасность, планирование проверок.

METHODOLOGICAL BASIS FOR CATEGORIZING OBJECTS OF SUPERVISION FOR THE PURPOSES OF ORGANIZING SUPERVISION AND PREVENTIVE ACTIVITIES

O. E. STORONKINA, T. A. MOCHALOVA, A. A. LAZAREV

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: oleg1968@mail.ru

Currently, officials exercising federal state fire supervision do not have methodological recommendations for choosing a specific supervisory activity when planning activities for the coming year. The relevance of planning supervisory activities in the field of fire safety at facilities of the highest risk category is due to the legally established increased frequency of such activities. At the same time, the manager, as part of planning, must balance the personnel potential of the unit and the need to comply with strictly established deadlines for planning and conducting supervisory activities. Missing the specified deadline poses a particular danger to the planning official. The article presents the results of a survey of experts on the additional classification of extremely high and high risk objects in order to improve the

algorithm for planning supervisory activities in the area under consideration. The purpose of implementing the proposed algorithm is to improve the planning process of control (supervisory) activities in the area under consideration for extremely high and high risk objects, carried out by departments of state fire supervision. When conducting the research, methods of system analysis, mathematical statistics, and analysis of the results of practical and theoretical research were used. The developed methodology for selecting the type of planned supervisory action for objects with the highest risk category and the classification of the objects under consideration have elements of scientific novelty. The authors proposed three subcategories for each of the two highest risk categories. Depending on the subcategory, the choice of supervisory activity and, in some cases, its maximum duration are determined.

Key words: control (supervision) event, categorization of objects, fire safety, inspection planning.

Действующее законодательство предписывает органам государственного и муниципального контроля основываться на управлении рисками причинения вреда. Данный риск определяется как вероятность наступления событий, приводящих к ущербу. Оценка риска причинения вреда включает определение вероятности и масштаба вреда для охраняемых законом ценностей. Управление риском причинения вреда включает профилактические мероприятия и контрольные (надзорные) мероприятия (далее – КНМ) для обеспечения допустимого уровня риска. Допустимый уровень риска должен закрепляться в ключевых показателях вида контроля. Контрольные (надзорные) органы обеспечивают постоянный мониторинг сведений для оценки и управления рисками¹.

Для управления указанными рисками в федеральном государственном пожарном надзоре (далее – ФГПН) используют классификацию уровней опасности, включающую 6 категорий (низкий, умеренный, средний, значительный, высокий, чрезвычайно высокий). Эту базовую модель, ведомства могут «подстраивать» под себя, причем отнесение к той или иной категории риска будет зависеть от вероятности негативных последствий, от масштаба их распространения и трудности их разрешения [1].

Несмотря на то, что объекты, относящиеся к категориям чрезвычайно высокого, высокого и значительного рисков охвачены плановыми КНМ и обеспечение пожарной безопасности (далее – ОПБ) находится на необходимом уровне, существуют рискованные и лимитирующие факторы способные повлиять на качество планирования этих КНМ [2–6]. В связи с чем, у инспектора ФГПН возникает проблема выбора надзорного мероприятия при их планировании. Для решения этой проблемы и было проведено исследование.

Категория риска объекта для планирования КНМ определяется расчетным путем и может изменяться при корректировке методики или значений исходных данных. К объектам чрезвычайно высокого риска (далее – ЧВР), как правило, относят учреждения для инвалидов, престарелых и других людей с ограниченными возможностями (с пребыванием более десяти человек), детские дошкольные учреждения и лагеря, с одновременным нахождением более 10 детей. При разработке методики выбора вида планового КНМ для объектов с более высокой категорией риска авторами было принято решение о выделении трех подкатегорий в данной категории риска.

Для инспекторов по пожарному надзору (далее экспертов) предлагается следующая классификация объектов чрезвычайно высокого риска:

ЧВР 1 – сложный и опасный объект, на котором имеет место один из факторов: не выполняются предписания; длящиеся, либо повторяющиеся нарушения требований ПБ капитального характера; наличие фактов пожара на данных объектах в течение последнего календарного года и др.; возможные попытки препятствования проведению проверок; либо умышленное уклонение от ее проведения. Примеры таких объектов: дома престарелых и инвалидов с наличием стационара и (или) интерната, корпуса загородных детских оздоровительных лагерей. Предпочтительное КНМ – плановая выездная проверка 1 раз в год протяженностью до 10 рабочих дней.

ЧВР 2 – средний по опасности объект с учетом критерия ответственности – предписания выполняются, но не в полном объеме, либо не в установленные сроки; присутствуют систематические нарушения требований ПБ режимного характера. Примеры таких объектов: коррекционная школа с массовым круглосуточным пребыванием детей, социально-реабилитационный центр для несовершеннолетних. Предпочтительное КНМ – плановая выездная проверка 5 рабочих дней или, что более предпочтительно при надзоре за несколькими организациями или гражданами,

¹ Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»

рейдовый осмотр до 5 рабочих дней 1 раз в год.

ЧВР 3 – минимально опасный объект, присутствуют малозначительные нарушения, устранимые в ходе проведения КНМ; предписания выполняются в установленные сроки; документы предоставляются беспрепятственно; руководители проведению КНМ не препятствуют. Предпочтительное КНМ – инспекционный визит продолжительностью 1 рабочий день 1 раз в год.

Категория – высокого риска (далее – ВР) также присваивается объектам по результатам расчета риска на специальном калькуляторе. К категории высокого риска, как правило, относят учреждения среднего, основного и начального образования, объекты с проживанием или временным пребыванием людей в ночное время, где предоставляются социальные и медицинские услуги. В перечень также входят объекты, предназначенные для временного пребывания более пяти тысяч человек одновременно. При разработке методики выбора вида планового КНМ для объектов с более высокой категорией риска было также принято решение о выделении трех подкатегорий в данной категории риска.

Для экспертов предлагается следующая классификация объектов высокого риска:

ВР 1 – самый сложный и опасный объект, на котором имеет место один из факторов: не выполняются предписания, длящиеся либо повторяющиеся нарушения требований ПБ капитального характера; имеют наличие фактов пожара в течение последнего календарного года и др.; имеются попытки воспрепятствования проведению проверки либо умышленное

уклонение от ее проведения. Примеры таких объектов – детские дошкольные учреждения, интернаты. Предпочтительное КНМ – плановая выездная проверка 1 раз в 2 года протяженностью до 10 рабочих дней.

ВР 2 – средний по опасности объект с учетом критерия ответственности – предписания выполняются, но не в полном объеме, либо не в установленные сроки; присутствуют систематические допущения нарушений требований ПБ режимного характера. К таким объектам, как правило, относятся больницы, дома отдыха, санатории. Предпочтительное КНМ – плановая выездная проверка продолжительностью 5 рабочих дней или, что более предпочтительно при надзоре за несколькими организациями или гражданами, рейдовый осмотр до 5 рабочих дней 1 раз в 2 года.

ВР 3 – минимально опасный объект, на котором присутствуют малозначительные нарушения, устранимые в ходе проведения КНМ; предписания выполняются в установленные сроки; документы предоставляются беспрепятственно и в срок; руководители проведению КНМ не препятствуют. Предпочтительное КНМ – инспекционный визит продолжительностью 1 рабочий день 1 раз в 2 года.

Для формулирования предложений по совершенствованию процесса планирования контрольной (надзорной) деятельности в области ПБ в отношении объектов ЧВР и ВР был разработан перечень вопросов, ответы на которые должны дать эксперты в соответствующей области деятельности. При анкетировании использованы вопросы с перечнем ответов, что дает возможность эксперту выбрать один из предлагаемых ему вариантов (табл. 1).

Таблица 1. Результаты анкетирования экспертов для описания подкатегорий объектов чрезвычайно высокого и высокого риска

Диспозиция вопроса	Вариант ответа	Ответы экспертов
1. Подход к определению продолжительности плановой проверки объектов ЧВР 1	1 рабочий день	0
	5 рабочих дней	2
	10 рабочих дней	6
2. Подход к определению продолжительности плановой проверки объектов ЧВР 2	1 рабочий день	0
	5 рабочих дней	7
	10 рабочих дней	1
3. Подход к определению продолжительности плановой проверки объектов ЧВР 3	1 рабочий день	7
	5 рабочих дней	0
	10 рабочих дней	1
4. Подход к определению продолжительности рейдового осмотра объектов ЧВР 1	1 рабочий день	0
	5 рабочих дней	1
	10 рабочих дней	7
5. Подход к определению продолжительности рейдового осмотра объектов ЧВР 2	1 рабочий день	2
	5 рабочих дней	6
	10 рабочих дней	0

Диспозиция вопроса	Вариант ответа	Ответы экспертов
6. Подход к определению продолжительности рейдового осмотра объектов ЧВР 3	1 рабочий день	7
	5 рабочих дней	1
	10 рабочих дней	0
7. Подход к определению вида КНМ в отношении объектов ЧВР 1	Выездная проверка	7
	Рейдовый осмотр	1
	Инспекционный визит	0
8. Подход к определению вида КНМ в отношении объектов ЧВР 2	Выездная проверка	1
	Рейдовый осмотр	6
	Инспекционный визит	1
9. Подход к определению вида КНМ в отношении объектов ЧВР 3	Выездная проверка	1
	Рейдовый осмотр	0
	Инспекционный визит	7
10. Подход к определению продолжительности плановой проверки объектов ВР 1	1 рабочий день	0
	5 рабочих дней	2
	10 рабочих дней	6
11. Подход к определению продолжительности проверки объектов ВР 2	1 рабочий день	0
	5 рабочих дней	7
	10 рабочих дней	1
12. Подход к определению продолжительности проверки объектов ВР 3	1 рабочий день	7
	5 рабочих дней	0
	10 рабочих дней	1
13. Подход к определению продолжительности рейдового осмотра объектов ВР 1	1 рабочий день	0
	5 рабочих дней	1
	10 рабочих дней	7
14. Подход к определению продолжительности рейдового осмотра объектов ВР 2	1 рабочий день	2
	5 рабочих дней	6
	10 рабочих дней	0
15. Подход к определению продолжительности рейдового осмотра объектов ВР 3	1 рабочий день	7
	5 рабочих дней	1
	10 рабочих дней	0
16. Подход к определению вида КНМ в отношении объектов ВР 1	Выездная проверка	7
	Рейдовый осмотр	1
	Инспекционный визит	0
17. Подход к определению вида КНМ в отношении объектов ВР 2	Выездная проверка	1
	Рейдовый осмотр	6
	Инспекционный визит	1
18. Подход к определению вида КНМ в отношении объектов ВР 3	Выездная проверка	1
	Рейдовый осмотр	0
	Инспекционный визит	7

Степень согласованности мнений экспертов, участвующих в анкетировании, оценивали по величине коэффициента согласия (конкордации) [4, 5]. В состав экспертной комиссии входило 8 экспертов с опытом профессиональной деятельности не менее 10 лет. Им было предложено для анкетного опроса 18 вопросов (факторов). В рамках проведенных расчетов по оценке значимости полученных коэффициентов установлена согласованность мнений экспертов, так как численное значение коэффициента конкордации равно $W = 0,67$.

Учитывая высокую степень согласованности мнений экспертов по вопросам, поставленным при проведении анкетирования,

следует, что для совершенствования планирования КНМ для объектов категорий чрезвычайно высокого и высокого рисков, предлагаются следующие рекомендации:

1. Применение методов системного анализа при планировании КНМ надзорными органами.

В целях осуществления контроля (надзора) контрольно-надзорным органам необходимо обладать базой данных (ведомственной информационной системой), содержащей информацию о подконтрольных субъектах. В каждой контрольно-надзорной структуре необходимо сформировать автоматизированную единую базу данных как централизован-

ный внутриведомственный информационный инструмент, оперирующий данными о подлежащих надзору и контролю экономических субъектах. Порядок формирования базы данных должен включать в себя получение данных из баз иных государственных органов, в том числе контрольно-надзорных органов, посредством единой системы межведомственно-электронного взаимодействия.^{2,3}

2. Ввести дополнительную классификацию объектов категорий чрезвычайно высокого и высокого рисков, учитывая критерий

добросовестности контролируемого лица (взяв во внимание только объекты категории «чрезвычайно высокого» (ЧВР) и «высокого» (ВР) рисков, в связи с тем, что в настоящий момент объекты других категорий рисков не попадают под плановые КНМ, в связи с действием Постановления Правительства № 3364⁴. Для наглядности предлагаемая классификация объектов категории чрезвычайно высокого риска с видами предпочтительных КНМ представлена на рис. 1, для объектов высокого риска на рис. 2.



Рис. 1. Разработанная дополнительная классификация объектов категории чрезвычайно-высокого риска



Рис. 2. Разработанная дополнительная классификация объектов категории высокого риска

3. При планировании КНМ на предстоящий год заменять некоторые выездные проверки на инспекционный визит или рейдовый осмотр, в которых сроки проведения составляют по 1 рабочему дню, в то время как у выездной проверки – не менее 10 рабочих дней. Замена производится в зависимости от объекта надзора:

- в отношении объектов ЧВР 1 планировать к проведению 1 раз в год выездную проверку продолжительностью до 10 рабочих дней;
- в отношении объектов ЧВР 2 планировать к проведению 1 раз в год выездную проверку либо рейдовый осмотр продолжительностью до 5 рабочих дней;
- в отношении объектов ЧВР 3 планировать к проведению 1 раз в год инспекционный визит продолжительностью 1 рабочий день;
- в отношении объектов ВР 1 планировать к проведению 1 раз в 2 года выездную

² Приказ МЧС России от 25 марта 2022 № 262 г. «О вводе в эксплуатацию информационной системы «Автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России».

³ Приказ МЧС России от 2 ноября 2023 № 1148 г. «Об утверждении регламента работы ведения «Автоматизированной аналитической системы поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России».

⁴ Постановление Правительства РФ от 10 марта 2022 г. № 336 «Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля»

проверку продолжительностью до 10 рабочих дней;

– в отношении объектов ВР 2 планировать к проведению 1 раз в 2 года выездную проверку либо рейдовый осмотр продолжительностью до 5 рабочих дней;

– в отношении объектов ВР 3 планировать к проведению 1 раз в 2 года инспекционный визит продолжительностью 1 рабочий день.

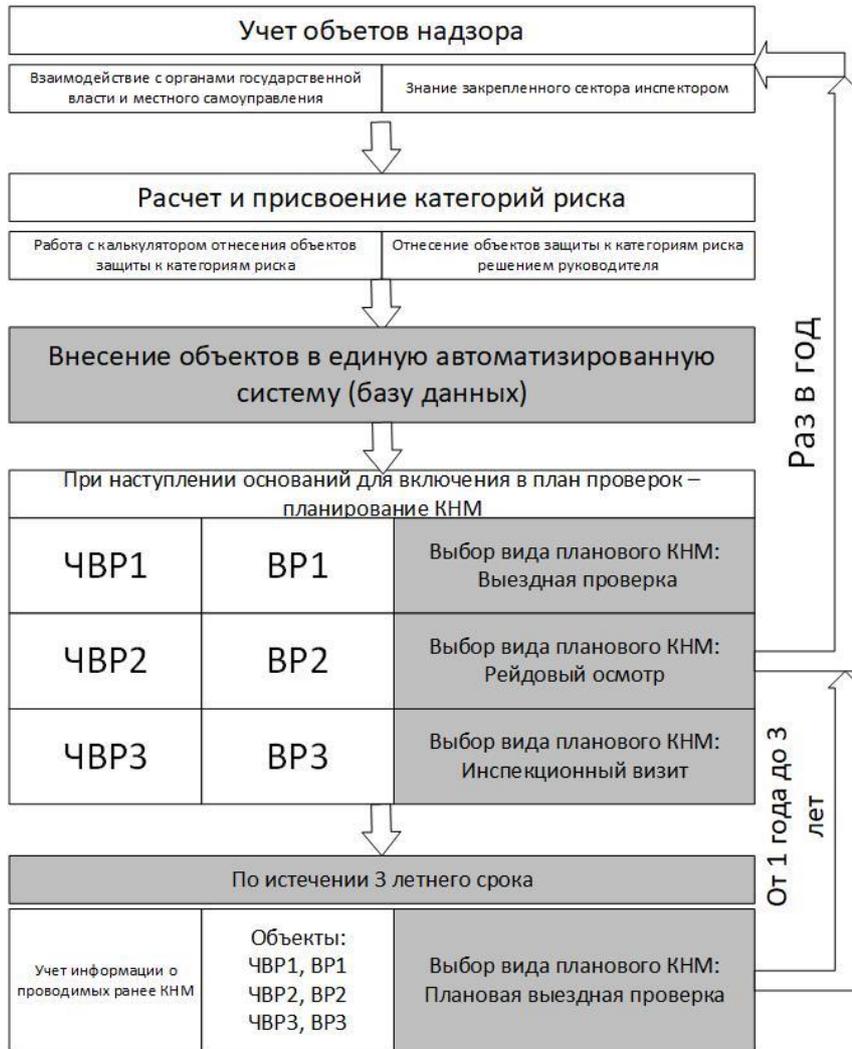


Рис. 3. Усовершенствованная схема планирования при реализации модели РОП в области ПБ для категорий чрезвычайно высокого и высокого риска

Разработана усовершенствованная схема планирования при реализации модели риск-ориентированного подхода (далее РОП) в области ПБ для категорий чрезвычайно высокого и высокого риска. Представлена на рис. 3.

Таким образом, объекты, относящиеся к категориям чрезвычайно высокого и высокого рисков охвачены плановыми КНМ и обеспечение ПБ, находится на необходимом уровне, но существуют рисковые и лимитирующие факторы способные повлиять на качество планирования данных мероприятий. Предложенная для ФГПН методика выбора вида планового КНМ для объектов с более высокой категорией риска и классификация рассматриваемых объ-

ектов позволяют инспекторскому составу ориентироваться при планировании своей деятельности. Оптимальным представляется деление на три подкатегории для каждой из двух наивысших категорий риска. В зависимости от подкатегории инспектор выбирает КНМ и для подкатегорий ЧВР 1, ЧВР 2, ВР 1, ВР 2 его максимальную продолжительность. Усовершенствованная в связи с этим схема планирования при реализации модели РОП в области ПБ для категорий чрезвычайно высокого и высокого риска позволяет сбалансированно распределить усилия инспекторского состава при планировании КНМ.

Список литературы

1. Агамагомедова С. А. Риск-ориентированный подход при осуществлении контрольно-надзорной деятельности: теоретическое обоснование и проблемы применения // Сибирское юридическое обозрение. 2021. Т. 18, № 4. С. 460–470. DOI 10.19073/2658-7602-2021-18-4-460-470.

2. Тужилов И. А., Сторонкина О. Е. Особенности организации планирования надзорной деятельности на примере ГУ МЧС Владимирской области // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор» за 2022 год. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 146–151. EDN QVEKWE.

3. Карлов В. Ю. Разработка предложений по совершенствованию надзорной деятельности в области пожарной безопасности на основе риск-ориентированного подхода // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 320–322. EDN FVSTYD.

4. Ведомственный контроль как средство предупреждения пожаров в садоводческом некоммерческом товариществе Черекского района Кабардино-Балкарской Республики / А. А. Лазарев, А. Х. Казаков, О. Е. Сторонкина [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 1(46). С. 103–110. EDN FBSUPM.

5. Шмерлинг Д. С. Экспертные оценки. Методы и применение / Статистические методы анализа экспертных оценок. М.: Наука, 1977. 284 с.

6. Лазарев А. А., Емелин В. Ю. О разработке нормативных документов в области пожарной безопасности для объектов социальной сферы // Международная научно-практическая конференция «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 624–628. EDN: MZHDRL.

References

1. Agamagomedova S. A. Risk-oriented approach to the implementation of control and supervisory activities: theoretical justification and problems of application

[Risk-Oriented Approach in the Implementation of Control and Supervision Activities: Theoretical Justification and Problems of Application]. *Sibirskoe Uridicheskoe obozrenie*, 2021, vol. 18, issue 4, pp. 460–470. DOI 10.19073/2658-7602-2021-18-4-460-470.

2. Tugilov I. A. Osobennosti organizatsii planirovaniy nadzornoй deytel'nosti na primere GU MCHS Vladimirskoy oblasti [Features of organizing planning of supervisory activities using the example of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of the Vladimir Region]. *Sbornik materialov nauchnykh meropriyatiy uchebno-nauchnogo kompleksa "Gosudarstvenney nadzor" za 2022 god*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2023, pp. 146–151. EDN QVEKWE.

3. Karlov V. Yu. Razrabotka predlogeniy po sovershenstvovaniy nadzornoй deytel'nosti v oblasti pogarnoy bezopasnosti na osnove risk-orientirovannogo podhoda [Development of proposals for improving supervisory activities in the field of fire safety based on a risk-based approach]. *Molodye ucyenye v reshenii aktual'nykh problem bezopasnosti: sbornik materialov XII vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Geleznogorsk: FGBOU VO Sibirskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2023, pp. 320–322. EDN FVSTYD.

4. Vedomstvenniy kontrol' kak sredstvo predupregdeniy pogarov v sadovodcheskom nekommercheskom tovarishestve Cherekskogo rayona Kabardino-Balkarskoy Respubliki [Departmental control as a means of preventing fires in a horticultural non-profit partnership of the Chereksky district of the Kabardino-Balkarian Republic] / A. A. Lazarev, A. H. Kazakov, O. E. Storonkina [et al.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2023, vol. 1(46), pp. 103–110. EDN FBSUPM.

5. Shmerling D. S. *Ekspertnyye otsenki. Metody i primeneniye* [Expert assessments. Methods and application]. *Statisticheskiye metody analiza ekspertnykh otsenok*. M.: Nauka, 1977. 284 p.

6. Lazarev A. A., Emelin V. Yu. O razrabotke normativnykh dokumentov v oblasti pogarnoy bezopasnosti dlya ob'ektov social'noy sfery [On the development of regulatory documents in the field of fire safety for social facilities] *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Sovremennyye pozharobezopasnyye materialy i tekhnologii"*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 624–628. EDN: MZHDRL.

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 O'lga 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

Мочалова Татьяна Александровна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат биологических наук, заместитель начальника кафедры

E-mail: mihailmochalov@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
E-mail: mihailmochalov@mail.ru

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

УДК 621.7

УЛУЧШЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУЧНОГО НЕМЕХАНИЗИРОВАННОГО ПОЖАРНОГО ИНСТРУМЕНТА

А. В. ТОПОРОВ, В. В. КИСЕЛЕВ, Н. А. КРОПОТОВА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: ironaxe@mail.ru, slavakis76@mail.ru, nzhirova@yandex.ru

В статье приведены результаты испытаний образцов стали, подвергшейся различным видам обработки, таким как ковка, термическая обработка и их сочетаниям. Авторами представлены полученные механические характеристики: диаграммы растяжения, результаты измерения твердости образцов по методу Роквелла, а также фотографии микроструктур испытанных образцов. Установлено, что наилучшие механические характеристики имеет образец, полученный при помощиковки с последующей термообработкой. Для термообработанного образца и кованого образца показатели прочности и твердости практически одинаковы и порядка 50 % ниже по сравнению с образцом, подвергшимся комплексной обработке. Для стального образца, не подвергавшегося обработке, прочностные характеристики составляют порядка 30 % по отношению к кованому и затем к закаленному образцам. Таким образом, обоснован выбор технологии изготовления ручного и немеханизированного пожарного инструмента. С применением технологииковки с последующей термообработкой изготовлена пробивная задержка. Задержка была установлена на кровлю из оцинкованной стали, уложенной на деревянную обрешетку. Следов повреждения на рабочей кромке задержки после этого не наблюдалось. Ручной немеханизированный инструмент, позволяет повысить эффективность борьбы с пожарами на всех этапах его тушения.

Ключевые слова: технология изготовления, ковка, термическая обработка, сталь, ручной инструмент, немеханизированный инструмент, предел прочности, механические характеристики.

IMPROVING THE PERFORMANCE OF MANUAL NON-MECHANIZED FIRE FIGHTING TOOLS

A. V. TOPOROV, V. V. KISELEV, N. A. KROPOTOVA

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: ironaxe@mail.ru, slavakis76@mail.ru, nzhirova@yandex.ru

The article presents the results of testing samples of steel subjected to various types of processing, such as forging, heat treatment and their combinations. The authors present the obtained mechanical characteristics: tensile diagrams, the results of measuring the hardness of samples using the Rockwell method, as well as photographs of the microstructures of the tested samples. It is established that the sample obtained by forging with subsequent heat treatment has the best mechanical characteristics. For a heat-treated sample and a forged sample, the strength and hardness indicators are almost the same and about 50 % lower compared to a sample subjected to complex processing. For a steel sample that has not been processed, the strength characteristics are about 30 % in relation to forged and then hardened samples. Thus, the choice of manufacturing technology for manual and non-mechanized fire tools is justified. A breakdown delay was made using forging technology followed by heat treatment. The delay was installed on a galvanized steel roof laid on a wooden crate. There were no signs of damage on the working edge of the delay after that. The manual non-mechanized tool allows to increase the effectiveness of fire fighting at all stages of its extinguishing.

Key words: manufacturing technology, forging, heat treatment, steel, hand tools, non-mechanized tools, tensile strength, mechanical characteristics.

В настоящее время в пожарной охране используется множество наименований ручного немеханизированного пожарного инструмента: ломы, багры, крюки, топоры, пилы, лопаты, ножницы для резки металлических решеток, комплект для резки электропроводов (ножницы, резиновый коврик, боты, резиновые перчатки, переносное заземление), комплект инструмента пожарного ручного немеханизированного УКИ-12, инструмент ручной аварийно-спасательный ИРАС [1].

Основным материалом, применяющимся для изготовления этих инструментов, является сталь различных марок, отличающаяся своими свойствами и механическими характеристиками. Однако, на прочность изделия помимо марки материала значительное влияние оказывает технология изготовления. Существует множество технологий производства стальных изделий, основными из которых являются литейное производство, обработка резанием, сварка деталей, обработка давлением, механическая обработка, порошковая металлургия и другие [2]. Для изготовления конкретного изделия выбирается определенная технология на основе следующих критериев: возможность достижения заданной точности деталей, обеспечение требований к качеству поверхностных слоев деталей, минимальная себестоимость обработки детали.

Ручной немеханизированный пожарный инструмент наиболее часто изготавливается из стальных заготовок с использованием технологии штамповки иковки.

Технология штамповки имеет следующие достоинства: экономия металла за счет снижения потерь, возможность изготовления деталей сложных форм, снижение трудоемкости, получение изделий точной формы и конфигурации, высокая производительность. Недостатками штамповки являются: высокая стоимость проектирования и изготовления оснастки, сложность и энергоемкость процесса. Поэтому, технология штамповки используется, как правило, при массовом производстве однотипных изделий.

Технологииковки присущи следующие достоинства: высокое качество изделия с повышенными характеристиками прочности и пластичности, лучшей структурой, возможность обработки изделий различных габаритов, резкое снижение затрат на оборудование и инструменты. Ввиду их универсальности; с помощью одного и того же оснащения, имеющегося на предприятии, можно изготовить большое количество самых разнообразных изделий с хорошим качеством металла, в связи с чем в единичном или мелкосерийном производствековка обычно оказывается наиболее

экономически выгодным методом заготовительной металлообработки.

Недостатками данной технологии является относительно низкая производительность и большая трудоемкость по сравнению со штамповкой, большие отходы металла. Эта технология наилучшим образом подходит для организации штучного или мелкосерийного производства.

Послековки или штамповки, как правило, дополнительно требуется механическая обработка для придания изделию конечной формы и размеров и термическая обработка для обеспечения нужных механических свойств.

Таким образом, выбор технологии изготовления чаще всего обуславливается экономической целесообразностью, но при изготовлении некоторых образцов инструмента решающим фактором является его прочность и другие механические характеристики, позволяющие сделать изделие легким и удобным в эксплуатации.

Наиболее часто среди статических методов используется испытание конструкционных материалов на растяжение, которое позволяет в результате одного эксперимента определить два основных механических свойства материалов: прочность – способность материала не разрушаться под действием внешних нагрузок и пластичность – способность сохранять остаточные деформации без разрушения [3].

Для сравнения различных технологий были изготовлены стандартные образцы в соответствии с ГОСТ 1497-84¹. Два образца были изготовлены из стальной штампованной заготовки методом механической обработки, два – методом ручнойковки при температуре нагрева 750⁰. Два образца – кованный и штампованный подверглись термической обработке при нагревании до температуры 900⁰ с последующим охлаждением в холодной воде. Два оставшихся образца термообработке не подвергались. Все образцы изготавливались из стали 35, имели размеры поперечного сечения рабочей части 22 на 2 мм (рис. 1 а).

На рис. 1 б представлены экспериментальные образцы после разрушения.

¹ Государственный стандарт Союза ССР. ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84, СТ СЭВ 471-88). Металлы. Методы испытаний на растяжение (утв. постановлением Госстандарта СССР от 16 июля 1984 г. № 2515 (с изм. и доп.).

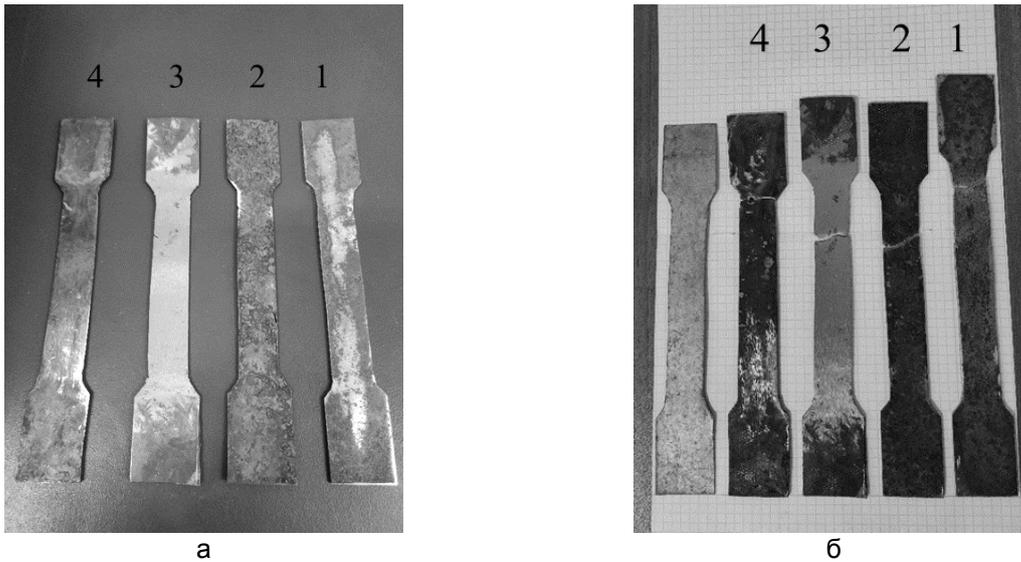


Рис. 1. Экспериментальные образцы, изготовленные с использованием различных технологий до испытаний (а) и после испытаний (б): 1 – без термообработки, 2 – штамповка с термообработкой, 3 – ковка без термообработки, 4 – ковка с термообработкой

Для достижения наибольшей прочности предпочтительно изготовление ручного немеханизированного пожарного инструмента с использованием технологииковки с последующей термообработкой.

Однако, нужно учитывать, что разрушение кованого и закаленного образца носило взрывоподобный характер – имело место хрупкое разрушение. Такой вид разрушений имеет потенциальную опасность, поскольку по внешнему виду изделия невозможно судить о критической нагрузке. Поэтому, в дальнейшем

необходимо рассмотреть вариант использования местной закалки, чтобы упрочнить лишь рабочие части инструментов, оставив тело детали не термообработанным.

На рис. 2 представлены зависимости нормального напряжения от абсолютного удлинения для образцов, изготовленных с использованием различных технологий. Видим, что без термообработки материал имеет наименьшую прочность (порядка 300 МПа), но при этом достаточно пластичен, о чем говорит широкая зона текучести (от 3 до 25 мм).

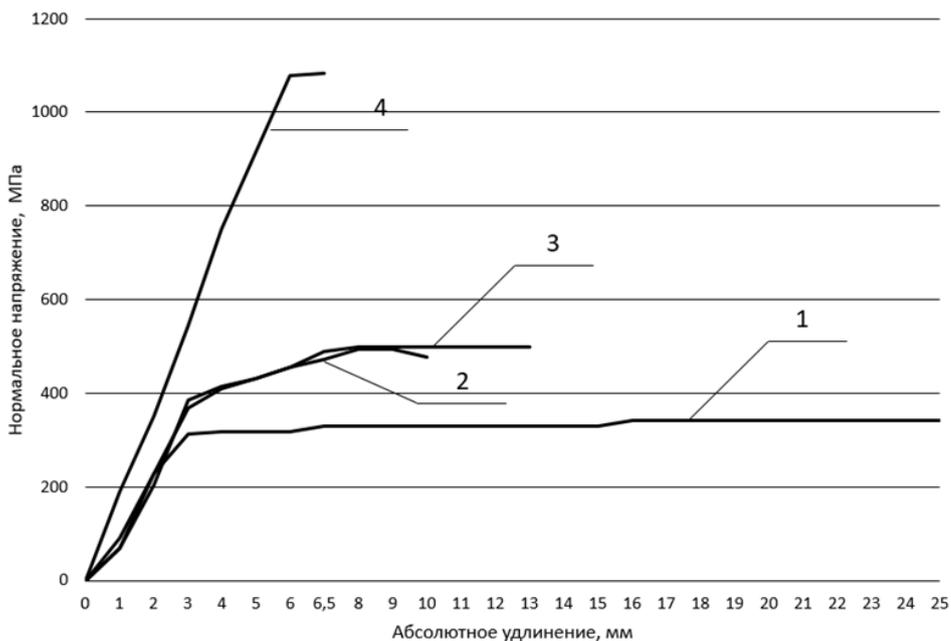


Рис. 2. Зависимости нормального напряжения от абсолютного удлинения образцов: 1 – без термообработки, 2 – с термообработкой, 3 – ковка без термообработки, 4 – ковка с термообработкой

Интерес представляют образцы 2 (термообработка) и 3 (ковка без термообработки), диаграммы растяжения которых практически совпадают. Иными словами, в плане влияния на прочностные характеристики ковка получилась эквивалентна термической обработке. Образцы 2 и 3 имеют зону пластических деформаций, при этом для ковального образца она несколько меньше. Предел прочности для них практически одинаков и составляет порядка 450 МПа.

Кованый образец 4, подвергшийся термообработке, зоны пластических деформаций практически не имеет, но его предел прочности

является максимальным и достигает 1000 МПа. На графике возможно отметить, что все деформации образца происходят в зоне упругости.

Еще одним важным свойством материалов является твердость – способность сопротивляться проникновению в него другого, более твердого материала (тела) [4].

Для изготовленных экспериментальных образцов были определены значения твердости по методу Роквелла, по шкале А – HRA. Результаты испытаний представлены на рис. 3.



Рис. 3. Результаты определения твердости по шкале HRA экспериментальных образцов:
1 – без термообработки,
2 – с термообработкой,
3 – ковка без термообработки,
4 – ковка с термообработкой

Как видим из диаграммы наибольшую твердость, имеет образец, полученный ковкой и термообработкой, наименьшую – не прошедший никаких технологических операций, кроме резки. Образцы, изготовленные с использованием только термообработки и только ковкой без термообработки, имеют сходные величины твердости.

Значения твердости напрямую коррелируют со значениями пределов прочности, что косвенно подтверждает достоверность полученных результатов.

Для изготовления рабочих элементов немеханизированного пожарного инструмента наиболее подходящей является технологияковки с последующей термообработкой. Относительно высокая твердость позволит обрабатывать таким инструментом различные материалы без потери его остроты и препятствовать преждевременному износу. Тем не менее, высокая твердость приводит к снижению ударной вязкости материалов [5], что может быть причиной разрушения изделия при воздействии ударных нагрузок. Ударная вязкость образцов в данной работе не определялась. Таким образом, по результатам измерения твердости возможно подтвердить предыдущий вывод, что рассматриваемые виды обработки наиболее целесообразно применять только для рабочих поверхностей инструмента.

Для изучения особенностей материалов также целесообразно использовать метод микроструктурного анализа. Сталь 35 из которой были изготовлены образцы относится к среднеуглеродистым, но имеет достаточное количество углерода для фазовых превращений, происходящих при термообработке. На рис. 4 представлены микроструктуры изучаемых образцов. Для образцов 1 и 2 – штамповка без термообработки и штамповка с термообработкой, по представленным микрофотографиям достаточно сложно судить о кристаллической структуре.

Для ковальных образцов кристаллическая структура выражена более ярко. На фотографии образца 3 – ковка без термообработки, отчетливо различимы светлые и темные участки, характерные для ферритных и перлитных структур. После термообработки ковального образца 4 (рис. 4) хорошо наблюдаются равноосные кристаллы, размеры которых меньше, чем в образце не подвергнутому закалке. Поскольку, чем меньше кристаллы, тем выше механические свойства материала, закономерно, что при проведенных ранее испытаниях для этого образца имели место самые высокие показатели. Представленные микрофотографии позволяют сделать вывод о происходящих в процессековки и термообработки изменениях микроструктуры образцов.

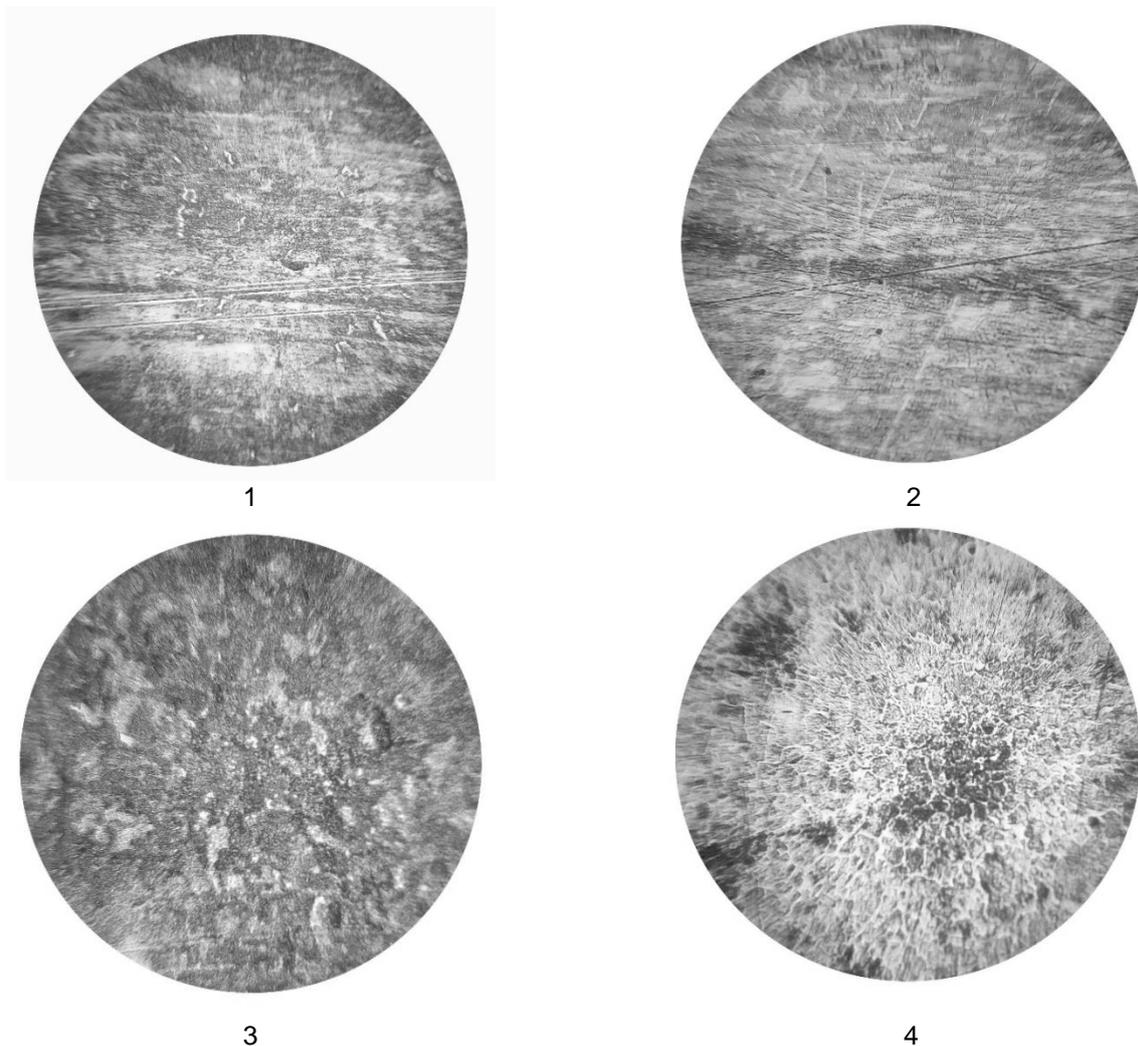


Рис. 4. Микроструктура образцов: 1 – без термообработки, 2 – термообработка, 3 – ковка без термообработки, 4 – ковка с термообработкой



Рис. 5. Внешний вид пробивной задержки (а) и закрепление ее на кровле (б)

Технологияковки с последующей термообработкой была использована для изготовления пробивной задержки (рис. 5 а). Такая задержка может быть использована для страховки при работе на высоте и пожарной лестнице, для создания точки страховки на пологой или обледенелой кровле и как рукавная задержка. У данного изделия откована была только кромка крюка, само изделие было изготовлено при помощи механической обработки из листовой заготовки. В ходе тестиро-

вания задержка закреплялась на кровле из оцинкованной стали, уложенной на деревянную обрешетку (рис. 5 б). Крюк задержки уверенно пробил кровлю и закрепился в ней. После извлечения повреждений крюка не обнаружено.

Таким образом, применение ручного немеханизированного инструмента, позволяет повысить эффективность борьбы с пожарами на всех этапах его тушения.

Список литературы

1. Пожарная техника: учебник. 4-е изд. / М. Д. Безбородько, М. В. Алешков, С. Г. Цариченко [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 496 с.
2. Холодкова А. Г. Общие основы технологии металлообработки и работ на металлорежущих станках: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: Академия, 2014. 256 с.
3. Межецкий Г. Д., Загребин Г. Г., Решетник Н. Н. Сопrotивление материалов: учебник. 5-е изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. 432 с.
4. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1990. 528 с.

M. D. Bezborod'ko, M. V. Aleshkov, S. G. Carichenko [et al.]. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2015, 496 p.

2. Holodkova A. G. *Obshchie osnovy tekhnologii metalloobrabotki i rabot na metallorezhushchih stankah : uchebnik dlya studentov uchrezhdeniy srednego professional'nogo obrazovaniya* [General fundamentals of metalworking technology and work on metal-cutting machines: a textbook for students institutions of secondary vocational education]. Moscow: Akademiya, 2014, 256 p.

3. *Soprotivlenie materialov: uchebnik. 5-e izd.* [Resistance of materials: textbook. 5th ed.] / G. D. Mezheckij, G. G. Zagrebin, N. N. Reshetnik. Moscow: Izdatel'sko-torgovaya korporaciya «Dashkov i K°», 2016, 432 p.

4. Lahtin Yu. M., Leont'eva V. P. *Materialovedenie: uchebnik dlya vysshih tekhnicheskikh uchebnyh zavedenij. 3-e izd., pererab. i dop.* [Materials Science: textbook for higher technical educational institutions. 3rd ed., revised and additional]. Moscow: Mashinostroenie, 1990, 528 p.

References

1. *Pozharnaya tekhnika: uchebnik. 4-e izd.* [Fire fighting equipment: textbook. 4th ed.] /

Топоров Алексей Валериевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: ironaxe@mail.ru

Toporov Alexey Valerievich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of Technical Sciences, associate Professor
E-mail: ironaxe@mail.ru

Киселев Вячеслав Валериевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: slavakis76@mail.ru

Kiselev Vacheslav Valerievich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of Technical Sciences, associate Professor
E-mail: slavakis76@mail.ru

Кропотова Наталья Анатольевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук
E-mail: nzhirova@yandex.ru

Kropotova Natalia Anatolievna

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
E-mail: nzhirova@yandex.ru

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND FACILITIES
(TECHNICAL)**

УДК 355.588

НОРМАТИВНЫЕ ОСНОВЫ ПРИЗНАНИЯ СТРОЕНИЯ АВАРИЙНЫМ

Н. Ю. ЧУБУЧНЫЙ¹, А. П. КИРЬЯН²

¹Главное управление Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по Донецкой Народной Республике, Российская Федерация, г. Донецк,

² Федеральное Государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий институт Государственной Противопожарной Службы МЧС России по ДНР» Российская Федерация, г. Донецк,
E-mail: oper@mail.dnmchs.ru, andrei-kiryan@mail.ru

В статье рассмотрены действия систем гражданской обороны на территории Донецкой Народной Республики во время эскалации вооруженного конфликта. Проведены теоретические исследования состояния нормативно правовой базы по признанию дома аварийным, во время проведения вооруженного конфликта. На территории города Мариуполя, строительство которого проводилось в Советском Союзе и Украине, ДНР данный опыт не использовался. Изученные действия системы гражданской обороны, нам позволят в дальнейшем усовершенствовать стандарты и нормативные документы, на основании которых происходит проектирование и строительство производственных и жилых зданий, что позволит в период вооруженных конфликтов сохранить жизнь мирному населению.

Ключевые слова: аварийное здание, нормативные акты, разрушенные здания, взрывоопасные предметы, проектирование, обстрелы; защитные сооружения гражданской обороны; мирное время; эскалация вооруженного конфликта; система оповещения; защита населения; убежище; стандарты; нормативные документы.

**REGULATORY FRAMEWORK FOR RECOGNIZING THE STRUCTURE
AS AN EMERGENCY**

N. Y. CHUBUCHNY¹, A. P. KIRYAN²

¹The Main Directorate of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters in the Donetsk People's Republic, Russian Federation, Donetsk

²Federal State Educational Institution of Higher Education «Donetsk Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the DPR», Russian Federation, Donetsk
E-mail: oper@mail.dnmchs.ru, andrei-kiryan@mail.ru

The article examines the actions of civil defense systems on the territory of the Donetsk People's Republic during the escalation of the armed conflict. Theoretical studies of the state of the regulatory framework for recognizing a house as an emergency during an armed conflict have been conducted. On the territory of the city of Mariupol, the construction of which was carried out in the Soviet Union, Ukraine, and the DPR, this experience was not used. The studied actions of the civil defense system will allow us to further improve the standards and regulatory documents on the basis of which the design and construction of industrial residential buildings takes place, which will allow saving the lives of civilians during armed conflicts.

Key words: emergency building, regulations, destroyed buildings, explosive objects, design, shelling; civil defense defenses; peacetime; escalation of armed conflict; warning system; protection of the population; shelter; standards; regulatory documents

Введение

Самой большой социальной ценностью в России признаны жизнь и здоровье граждан. За каждым гражданином закреплено право на жилище (Статья 40 Конституции Российской Федерации). С момента рождения, изменяясь с возрастом, семейным положением, социальным статусом, возникает право человека на жилище. Каждый человек, каждая семья имеет право на жилище, должны быть созданы все возможности для обеспечения человека жильем. Наши граждане, не должны быть произвольно лишены своего жилища, вопреки своей воле. Государство обязано создать условия, при которых каждый может построить, приобрести или взять в аренду жилье. Никто не может быть принудительно лишен жилья, кроме как на основании решения суда и согласно закону – гласит Конституция РФ. Учитывая все

это – аварийное или непригодное для проживания жилье, которое может создать опасность для жизни и здоровья граждан, необходимо своевременно идентифицировать. Жители Донецкой Народной Республики, в результате проведения специальной военной операции (далее – СВО) столкнулись с данной проблемой, основной особенностью которой является, аварийное или непригодное для проживания жилье в результате попадания взрывоопасных предметов (далее – ВОП) при ведении боевых действий (рис. 1 и 2). После освобождения города Мариуполь из разрушенных 752 зданий, по предварительным заключениям подлежат сносу 622 здания, оставшиеся 130 зданий будут отремонтированы. На данный момент существует следующий порядок признания дома аварийным.



Рис. 1. Разрушение панельного здания



Рис. 2. Здание 50-х годов постройки

Нормативные основы признания дома аварийным

Основным нормативным актом в сфере защиты прав на жилье является «Жилищный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 188-ФЗ, принятый Государственной Думой 22.12.2004, одобренный Советом Федерации 24.12.2004 (пункт 6 статьи 13; пункт 8 статьи 14). Алгоритм действий подробно описывается в Федеральном законе от 27.12.2019 № 473-ФЗ «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации и Федеральный закон «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» в части переселения граждан из аварийного жилищного фонда», принятом Государственной Думой 18.12.2019, одобренном Советом Федерации 23.12.2019.

Применительно к нашему региону о целесообразности или об отсутствии целесообразности сноса сооружений или зданий, получивших повреждение в результате ведения

боевых действий, и их строительных конструкций в целях усовершенствования механизма принятия решений, Государственным комитетом обороны Донецкой Народной Республики, издано Постановление от 23.07.2022 № 162 «Об утверждении Порядка сноса зданий и сооружений, поврежденных в результате ведения боевых действий», (далее Постановление № 162). При изучении нормативных актов СССР, Украины, России следует отметить, что ранее ни один документ ни оговаривал алгоритм по которому разрушенные здания и сооружения, поврежденные в результате ведения боевых действий, подлежат сносу. Такие вопросы как оценка состояния строительных конструкций и строения в целом в результате попадания ВОП не рассматривалась. Практика показывает, что в дальнейшем требуется уделить внимание вопросу поведения несущих строительных конструкций в результате попадания ВОП с последующим механическим воздействием и воздействия высоких температур

на них. Эти исследования нам необходимы для разработки нормативно-правовой базы, которая даст нам возможность уже на стадии проектирования, а затем и на стадии строительства учитывать вопросы безопасности для людей. [1]

Также, в процессе признания жилого помещения непригодным для проживания руководствуются государственными стандартами, строительными нормами и правилами. К таким относятся, например:

1. «СП 454.1325800.2019. Свод правил. Здания жилые многоквартирные. Правила оценки аварийного и ограниченно-работоспособного технического состояния», утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24.12.2019 N 853/пр, дата введения 25.06.2020.

2. «СП 329.1325800.2017 от 05.01.2018 Здания и сооружения, правила обследования после пожара», утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30.10.2017 N 1490/пр, дата введения 01.05.2018.

3. «СП 165.1325800.2014. Свод правил. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90», утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 12.11.2014 N 705/пр, дата введения 01.12.2014.

4. Приказ МЧС России от 30.12.2011 № 795 «Об утверждении Порядка установления факта нарушения условий жизнедеятельности при аварии на опасном объекте, включая критерии, по которым устанавливается указанный факт».

Что такое признание здания аварийным

Учитывая обстановку по разрушению строительных ограждающих и несущих конструкций, оценивают техническое состояние недвижимого объекта. Согласно СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений»: определяются категории технического состояния.

Объект попадает по состоянию «аварийный» при условии, что анализ дефектов и повреждений с проверенными расчетами показывает невозможность гарантировать целостность конструкции до проведения ремонта, усиления, или замены – или же если окончательно утрачена возможность нормальной реализации защитных функций конструкции. Эксплуатация такого объекта должна быть оста-

новлена до момента восстановления его эксплуатационной пригодности или до ликвидации – то есть снесения.

В существующем на сегодня ГОСТ Р 42.2.01-2014 «Оценка состояния потенциально опасных объектов, объектов обороны и безопасности в условиях воздействия поражающих факторов обычных средств поражения», описан порядок определения состояния строительных конструкций здания, оценка степени разрушения объекта, но в нашем случае рассматривается ситуация когда разрушения уже произошли и такие составляющие, как удаленность от эпицентра взрыва взрывоопасного предмета, величина избыточного давления воздушной ударной волны, выбор критических элементов объекта, нам не известны и узнать их весьма трудно. В результате нанесения удара обычными взрывоопасными предметами, в 5 разделе приводится методика оценки степени разрушения объекта. При наличии, процента частично разрушенного конструктивного элемента и процента физического износа частей конструктивного элемента, в таблице 5.1 данного раздела определяется степень поражения. Но в дальнейшем отсутствует градация. Слабая, средняя, сильная и полная – сколько в процентном отношении относится к каждой степени поражения? В данном стандарте в таблице 4.3 отражены повреждения строительных конструкций здания, характеризующие степень их разрушения – но без процентов.

Для конкретизации этого вопроса есть предложение вернуться к ранее существовавшему механизму, как износ строительных конструкций (в денежном расчете). Под износом строительных конструкций понимается потеря своих первоначальных качеств строительными материалами, из которых было построено здание или сооружение. Процент износа строительных конструкций зданий в зависимости от доступности или недоступности осмотру его конструктивных элементов соответственно устанавливается по признакам технического состояния или подсчитывается по срокам службы. Следует сразу оговорить, что мы рассматриваем износ строительных конструкций в результате попадания взрывоопасного предмета, а не физический износ наступивший в результате длительного периода эксплуатации здания. Аварийное жилье – жилой дом, у которого надземные конструктивные элементы, фундамент (или дом в целом) не отвечают требованиям безопасной эксплуатации или частично разрушены и износ строительных конструкций (в денежном расчете) дома составляет 81–100 %. До 1990 года износ строительных конструкций определялся согласно ВСН 53-86(р) «Ведомственным строительным

нормам Правила оценки физического износа жилых зданий». Согласно этим нормам, физический износ – это утрата стоимости дома по сравнению со стоимостью первоначальных технических и технологических качеств его элементов. Под физическим износом конструкций, технических устройств и зданий в целом подразумевается потеря ими первоначальных технико-эксплуатационных показателей (прочности, устойчивости, надежности и т.п.) вследствие действия природно-климатических, технических факторов и жизнедеятельности человека. Величина физического износа частей дома определяется визуальным обследованием с внедрением некоторых устройств. В отдельных случаях допускается возможность раскрытия отдельных конструктивных элементов – силами собственника или эксплуатирующей организации. В ведомственных строительных нормах размещен ряд таблиц, в которых четко прописано, в каких случаях физический износ равен 0–20 %, в каких 21–40 %, при каких 41–60 %, 61–80 %, а при каких и вовсе – непригодный – 81–100 %. Есть отдельные таблицы для разных элементов жилья – фундаментов, для печей, стен, крыш, перегородок, ступеней и т.д. Каждый элемент имеет свой удельный вес для окончательного заключения об аварийности дома. [2]

Порядок признания дома аварийным

Постановление № 162 регулирует порядок проведения исследования жилых домов, зданий и сооружений на предмет их аварийности (непригодности для проживания). Во время исследования проверяется: дворовая территория с детскими площадками, парковками, зонами отдыха. Строительные элементы фундамента, подвала, фасадов (балконов, эркеров, карнизов и т.д.), капитальных стен, перегородок, чердачных помещений, кровель. Особое внимание уделяется лифтам и их оборудованию, инженерному обеспечению (канализация, электрические сети, водопровод). Обследование состояния жилых домов производится комиссией, создаваемой распоряжением адми-



Рис. 3. Разрушение жилого дома

нистрации соответствующей административно-территориальной единицы ДНР. В состав которой включаются:

1. Руководитель местной администрации (председатель комиссии);
2. Специалист подрядной организации уполномоченной на выполнение работ по сносу;
3. Специалист организации имеющей право на выполнение работ по обследованию согласно перечню.
4. Представитель собственника.
5. Представители государственных органов, учреждений и организаций (по решению местной администрации).

По результатам обследования составляется заключение комиссии, в котором отражаются факты повреждения строительных конструкций, с приложением соответствующих фотографий поврежденных аварийных участков, проводится анализ всех признаков, которые не позволяют дальнейшую эксплуатацию здания или сооружения (рис. 3 и 4). Заключение утверждается председателем комиссии и подписывается всеми членами, входящими в её состав. Не согласный с отраженными выводами в заключении член комиссии, в письменной форме излагает свое мнение, которое обязательно прилагается к заключению комиссии. Глава местной администрации принимает решение по всем спорным вопросам. Проект распоряжения ГКО ДНР о сносе здания или сооружения, на основании поступивших от комиссии заключений, подготавливает местная администрация. Единый реестр зданий и сооружений подлежащих сносу, в установленном им порядке ведет Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства ДНР. Местная администрация и Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства уведомляются о принятом ГКО ДНР распоряжении. Если предложение о физическом износе найдет свою поддержку и будет рассмотрено в соответствующих инстанциях, то его необходимо будет отражать в заключении комиссии о сносе здания или сооружения.



Рис. 4. Разрушение объектов торговли

Вывод

Рассмотрев существующую документацию, настоящего и прошлого периода следует отметить, что вопрос аварийного или непригодного для проживания жилья в результате попадания взрывоопасных предметов при введении боевых действий не отражался. Для более удобного процесса обобщения данной информации предлагается ввести Правила оценки износа строительных конструкций и материалов жилых зданий с последующим включени-

ем данной информации в заключение комиссии, которая произвела обследование состояния жилого дома. Результаты обследования разрушенных зданий должны быть проанализированы, обобщены. Данная информация должна быть вынесена на обсуждение для переработки существующей нормативно-правовой базы в период проектирования, а затем и внедрения в строительство защитных (более укрепленных) комнат в подвальных помещениях и на этажах зданий.

Список литературы

1. Грызин А. А. Здания и их устойчивость при пожарах. М.: Проспект, 2008. 241 с.
2. Романов А. Л. Свойства строительных материалов и оценка их качества. М.: Мир книги, 2009. 201 с.

References

1. Gryzin A. A. *Zdaniya i ikh ustoychivost' pri pozharakh* [Buildings and their resistance to fires]. Moscow: Prospect, 2008. 241 p.
2. Romanov A. L. *Svoystva stroitel'nykh materialov i otsenka ikh kachestva* [Properties of building materials and assessment of their quality] Moscow: Mir knigi, 2009. 201 p.

Чубучный Николай Юрьевич

Главное управление Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по Донецкой Народной Республике
Российская Федерация, г. Донецк
инженер, заместитель начальника Главного управления – начальник управления Надзорной деятельности и профилактической работы
E-mail: oper@mail.dnmchs.ru
Chubuchny Nikolay Yurievich

The Main Directorate of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters in the Donetsk People's Republic
Russian Federation, Donetsk
engineer, Deputy Head of the Main Department – Head of the Department Supervision and preventive work
E-mail: oper@mail.dnmchs.ru

Кирьян Андрей Петрович

Федеральное Государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий институт Государственной Противопожарной Службы МЧС России по ДНР»
Российская Федерация, г. Донецк
кандидат технических наук, доцент кафедры организации службы, пожарной и аварийно-спасательной подготовки
E-mail: andrei-kiryan@mail.ru
Kiryan Andrey Petrovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Donetsk Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the DPR»
Russian Federation, Donetsk
candidate of technical sciences, associate professor of the department of service organization, fire and rescue training
E-mail: andrei-kiryan@mail.ru

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

УДК 66.018.8:620.193.46

**СКОРОСТЬ КОРРОЗИИ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ В БЕТОНЕ
С ГИДРОФОБНОЙ ДОБАВКОЙ СТЕАРАТА КАЛЬЦИЯ
В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ**

В. Е. РУМЯНЦЕВА^{1,2}, К. Б. СТРОКИН³, А. А. ГАЛЬЦЕВ³, В. С. КОНОВАЛОВА²

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 Сахалинский государственный университет,
Российская Федерация, г. Южно-Сахалинск

E-mail: varrym@gmail.com, strokin07@rambler.ru, galts.alexey@gmail.com, kotprotiv@yandex.ru

В статье проводится оценка скорости коррозии стальной арматуры в бетоне, находящемся в условиях воздействия бактерий *Bacillus subtilis* и грибов *Aspergillus niger* van Tieghem. Показатели скорости коррозии стальной арматуры рассчитываются на основании поляризационных измерений. Устанавливается влияние объемной гидрофобизации цементного камня на степень коррозионного повреждения арматуры в бетоне. В качестве гидрофобной добавки для уменьшения поступления в поровую структуру бетона выделяемых микроорганизмами продуктов жизнедеятельности в цементную смесь на стадии изготовления вводится стеарат кальция в количестве 0,3 и 0,7 % от массы цемента. Анализ поляризационных кривых стальной арматуры в цементном камне показал, что поверхность стали длительное время сохраняет пассивное состояние, а развитие коррозионных процессов после нарушения пассивации происходит медленно. В результате воздействия грибковых микроорганизмов на железобетон коррозия стальной арматуры в цементном камне будет носить точечный характер. Установлено, что в гидрофобизированных образцах развитие коррозии будет происходить в 3–4 раза медленнее по сравнению с бетоном без добавок стеарата кальция вследствие низкой скорости проникновения агрессивной среды к поверхности металла.

Ключевые слова: коррозия арматуры, биокоррозия железобетона, биокоррозия арматуры, гидрофобный бетон, гидрофобная добавка, микробиологическая коррозия, скорость коррозии.

**CORROSION RATE OF STEEL REINFORCEMENT IN CONCRETE WITH HYDROPHOBIC
ADDITION OF CALCIUM STEARATE UNDER THE INFLUENCE OF MICROORGANISMS**

V. E. RUMYANTSEVA^{1,2}, K. B. STROKIN³, A. A. GAL'TSEV³, V. S. KONOVALOVA²

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 Education «Sakhalin State University»,
Russian Federation, Yuzhno-Sakhalinsk

E-mail: varrym@gmail.com, strokin07@rambler.ru, galts.alexey@gmail.com, kotprotiv@yandex.ru

The article presents the results of assessing the corrosion rate of steel reinforcement in concrete exposed to *Bacillus subtilis* bacteria and *Aspergillus niger* van Tieghem fungi. The corrosion rates of steel reinforcement are calculated based on polarization measurements. The influence of volumetric hydrophobization of cement stone on the degree of corrosion damage of reinforcement in concrete is established. As a hydrophobic additive to reduce the intake of waste products released by microorganisms into the pore structure of concrete,

calcium stearate in the amount of 0.3 and 0.7 % of the cement mass is introduced into the cement mixture at the manufacturing stage. Analysis of the polarization curves of steel reinforcement in cement stone has shown that the steel surface remains passive for a long time, and the development of corrosion processes after passivation breaking occurs slowly. As a result of the impact of fungal microorganisms on reinforced concrete, the corrosion of steel reinforcement in cement stone will be of a pitting nature. It was found that in hydrophobized samples the development of corrosion will occur 3–4 times slower compared to concrete without calcium stearate additives due to the low penetration rate of the aggressive medium to the metal surface.

Keywords: reinforcement corrosion, reinforced concrete corrosion, reinforcement biocorrosion, hydrophobic concrete, hydrophobic additive, microbiological corrosion, corrosion rate.

Введение

Коррозия арматуры из стали является одной из самых серьезных проблем долговечности, с которыми сталкиваются железобетонные конструкции. Коррозионное повреждение поверхности стали приводит к ухудшению сцепления между бетоном и стальными стержнями [1–5]. Ухудшение сцепления между стальной арматурой и бетоном может существенно повлиять на работоспособность и предельную прочность бетонных элементов [6–10].

Развитие микроорганизмов на поверхности бетона происходит по нескольким причинам, к которым относятся плохая вентиляция помещений; высокая влажность воздуха; протечка канализационных или водопроводных сетей; перенос капиллярной влаги от фундамента к стенам вследствие плохой гидроизоляции или ее отсутствия; потеря тепла через углы помещения; промерзание стен снаружи зданий и сооружений; протечка в кровле.

Как известно, бетон имеет пористую структуру, и агрессивные вещества с течением времени проникают к поверхности стальной арматуры [11–13]. Когда железобетонное изделие эксплуатируется в условиях высокой влажности, на поверхности бетона будет скапливаться вода, которая проникнет в поры и капилляры цементного камня, создавая условия для биообрастания.

В водной среде микробные клетки прикрепляются к твердым поверхностям, включая металлы. Имобилизованные клетки растут, размножаются и продуцируют внеклеточные полимеры, образующие биопленку. Реакции внутри биопленок, как правило, локализованы, они влияют на механизмы и ускоряют скорость электрохимических реакций, приводящих к коррозии [14, 15]. В то время как реакции, влияющие на коррозию, могут быть отнесены к одной группе организмов, наиболее агрессивные реакции происходят с природными популяциями, содержащими много типов микроорганизмов. Также один и тот же тип микроорганизмов может одновременно воздействовать

на коррозию с помощью нескольких механизмов [16].

С точки зрения коррозии наиболее важными типами микроорганизмов являются те, жизнедеятельность которых может привести к образованию кислых химических веществ, вызывающих коррозию бетона, стали или других металлов. Биогенные кислоты вступают в реакцию с гидроксидом кальция гидратированного портландцемента и арматурной сталью [17–20]. Разрастаясь, микроорганизмы продуцируют больше биогенных кислот, вследствие чего деструкция бетона прогрессирует. Под воздействием продуктов жизнедеятельности микроорганизмов бетон может сильно разрушиться даже за непродолжительный период [21–23].

Вывести плесневелые грибки и другие микроорганизмы с поверхности бетона сложно, поскольку они устойчивы ко многим видам химикатов, поэтому следует предпринимать меры для предотвращения их возникновения.

С целью снижения водопоглощения и проницаемости бетона обеспечивают гидрофобность его поверхности. Часто в качестве химических добавок, придающих бетону гидрофобные свойства, применяются соли жирных кислот, например, стеараты и олеаты активных металлов [24]. При введении гидрофобных добавок в цементное тесто на стадии изготовления на поверхности пор цементного камня бетона при твердении осаждается нерастворимый стеарат [25, 26].

Вследствие снижения водопоглощения бетона уменьшается количество воды и содержащихся в ней агрессивных веществ, поступающих внутрь поровой структуры, что приводит к снижению степени коррозионной деструкции строительного материала [27–30]. В индивидуальном и массовом строительстве широко распространено использование бетонов марки по водонепроницаемости W4–W8. Стойкость цементного камня с гидрофобизирующими добавками к воздействию продуктов жизнедеятельности микроорганизмов требует проведения дополнительных исследований для определения законо-

мерностей коррозионной деструкции арматуры в бетоне и железобетона в целом.

Материалы и методы

Для установления сроков начала коррозионных повреждений стальной арматуры в цементном камне бетона прутки арматуры из стали класса проката А500С длиной 20 см и диаметром 10 мм заливались раствором из портландцемента марки ЦЕМ I 42,5Н с В/Ц = 0,3 в цилиндрической форме (рис. 1). Толщина цементного слоя составляла 3 см. Часть арматурного прутка, находящаяся вне цементного камня, покрывалась лаком для изоляции от воздействия окружающей среды. Для обеспечения объемной гидрофобизации цементного камня на стадии изготовления в цементную смесь добавляли стеарат кальция в количестве 0,3 и 0,7 % от массы цемента. Образцы твердели на воздухе при комнатной температуре в течение 28 дней.

Затвердевшая поверхность цементного камня заражалась равномерным опрыскиванием водной суспензией спор микроорганизмов: бактериями *Bacillus subtilis* и грибами *Aspergillus niger* van Tieghem. Выбор этих микроорганизмов обусловлен их широкой распространенностью в бытовых условиях, быстрым развитием микробиоты, легкой приспособляемостью к окружающим условиям. Зараженные образцы подсушивались в боксе при температуре 25 °С и относительной влажности воздуха 70-90 % до полного высыхания капель, но не более 60 минут. Чашки Петри с образцами, зараженными спорами микроорганизмов, помещались в эксикатор, на дно которого налита дистиллированная вода для поддержания высокой влажности воздуха, необходимой для развития микроорганизмов. Расстояние до стенок эксикатора не менее 50 мм. Чашки Петри с контрольными образцами помещались в аналогичные условия. Испытания проводились при температуре 29 ± 2 °С и относительной

влажности воздуха более 90 % в течение 28 суток. Каждые 7 суток крышки эксикаторов приоткрывались на 3 минуты для доступа воздуха. Контрольные чашки Петри осматривались через 5 суток.

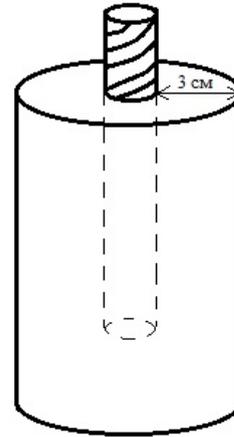


Рис. 1. Схема образца для исследования состояния стальной арматуры в цементном камне

После заражения поверхности образцы цементного камня выдерживались в условиях постоянного увлажнения в течение 6 месяцев.

Снятие поляризационных кривых со стальной арматуры в процессе коррозии проводилось на установке, показанной на рис. 2. Рабочим электродом являлась стальная арматура. Электродом сравнения служил насыщенный хлорсеребряный электрод. Потенциал (E) и ток (I) регистрировались на самопишущем двухкоординатном потенциометре ПДА-1.

В результате измерений получается суммарная поляризационная кривая стальной арматуры в рабочем растворе в виде массива данных I - E .

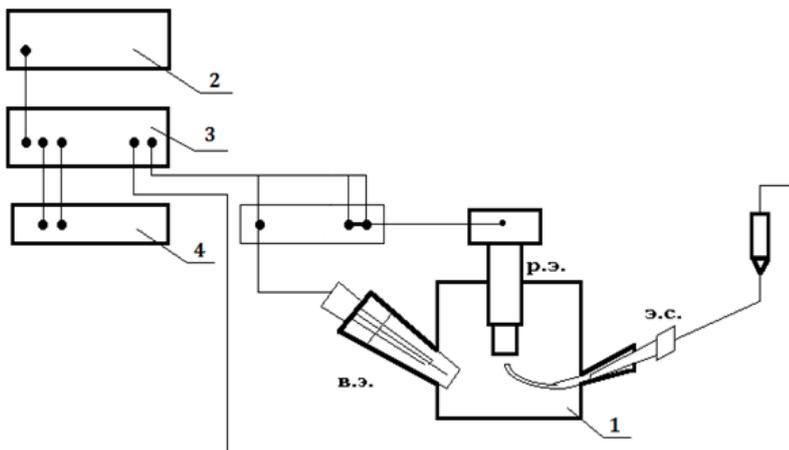


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для проведения поляризационных измерений:
1 – электрохимическая ячейка;
2 – программатор ПР-8;
3 – потенциостат ПИ-50-1;
4 – двухкоординатный регистрирующий прибор ПДА-1;
э.с. – электрод сравнения;
р.э. – рабочий электрод;
в.э. – вспомогательный электрод

По величине тока (I) с учетом площади поверхности образца стальной арматуры (S) рассчитывается плотность тока:

$$j = \frac{I}{S}, \text{ мкА/см}^2. \quad (1)$$

Для значений плотности коррозионного тока проводится расчет показателей скорости коррозии:

$$K_m^- = \frac{j \cdot M}{z \cdot 26,8}, \quad (2)$$

$$K_h = K_m^- \frac{8,76}{\rho_{\text{ме}}}, \quad (3)$$

где: K_m^- – отрицательный показатель изменения массы, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; j – плотность тока коррозии, $\text{А}/\text{м}^2$; M – молярная масса атома металла, $\text{г}/\text{моль}$; z – валентность иона металла, переходящего в раствор; 26,8 – постоянная Фарадея, $\text{А} \cdot \text{ч}/\text{моль}$; K_h – глубинный показатель коррозии, $\text{мм}/\text{год}$; $\rho_{\text{ме}}$ – плотность металла, $\text{г}/\text{см}^3$.

Результаты и обсуждение

Кривые анодной поляризации являются эффективным экспериментальным методом

для определения потенциала анодного растворения различных металлов. На анодных поляризационных кривых выделяются активная, пассивная области и область перепассивации поверхности металла. В начальной активной области поверхность металла восприимчива к коррозии. После достижения критической плотности тока пассивации происходит снижение значений тока, что соответствует переходу в пассивную область. Пассивное состояние поверхности металла характеризуется постоянством или малым изменением плотности тока при одновременном смещении потенциала в область положительных значений (плато на поляризационных кривых). Перепассивация поверхности металла начинается после истончения пассивной пленки под воздействием агрессивной среды, при этом значения плотности тока резко увеличиваются. В этой области металлы и сплавы подвержены точечной коррозии.

Оценка развития коррозии стальной арматуры в бетоне и механизма ее протекания проводилась с помощью поляризационных кривых, полученных на образцах в цементном камне без гидрофобной добавки (рис. 3) и с добавками (рис. 4 и рис. 5).

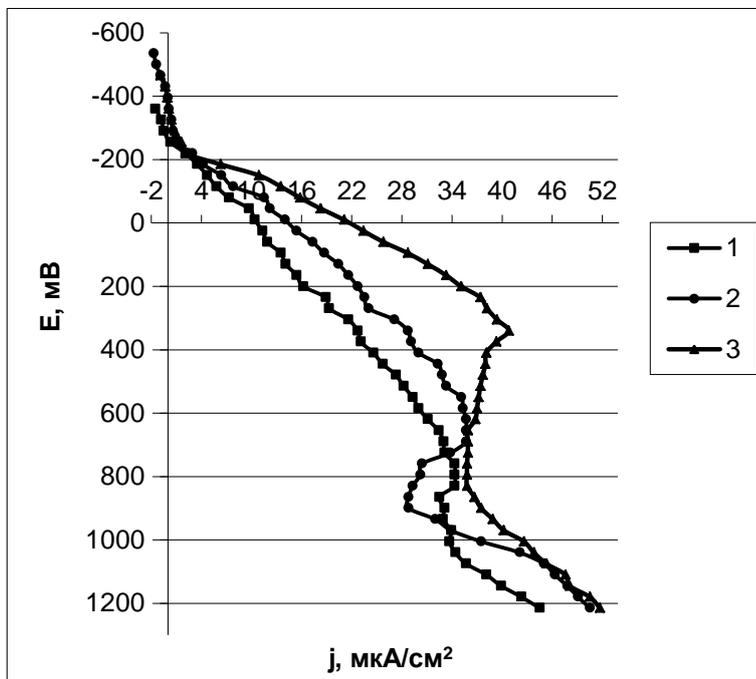


Рис. 3. Поляризационные кривые арматуры из стали класса проката А500С в цементном камне, находящемся в условиях воздействия влаги: 1 – не зараженный микроорганизмами; 2 – зараженный бактериями *Bacillus subtilis*; 3 – зараженный грибами *Aspergillus niger* van Tieghem

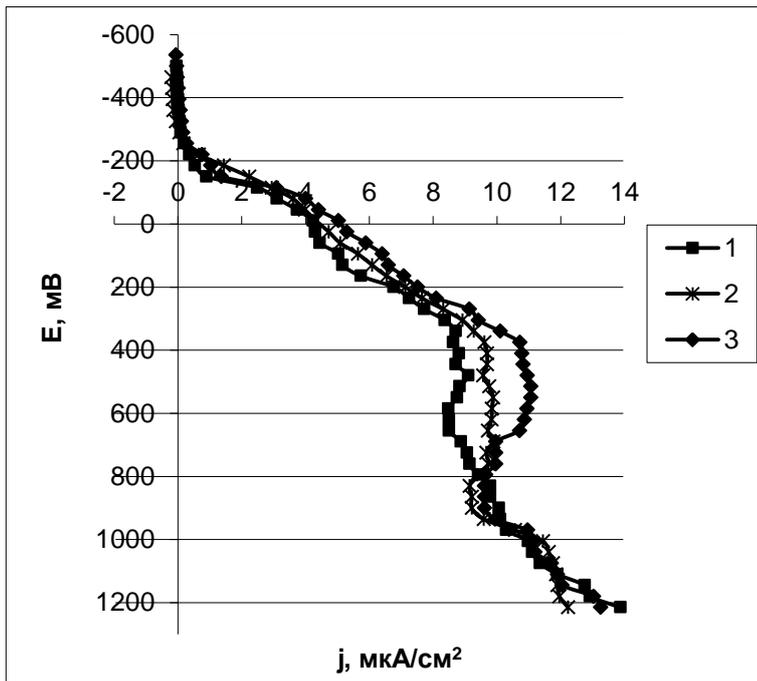


Рис. 4. Поляризационные кривые арматуры из стали класса проката А500С в цементном камне с добавкой стеарата кальция 0,3 масс. %, находящемся в условиях воздействия влаги: 1 – не зараженный микроорганизмами; 2 – зараженный бактериями *Bacillus subtilis*; 3 – зараженный грибами *Aspergillus niger van Tieghem*

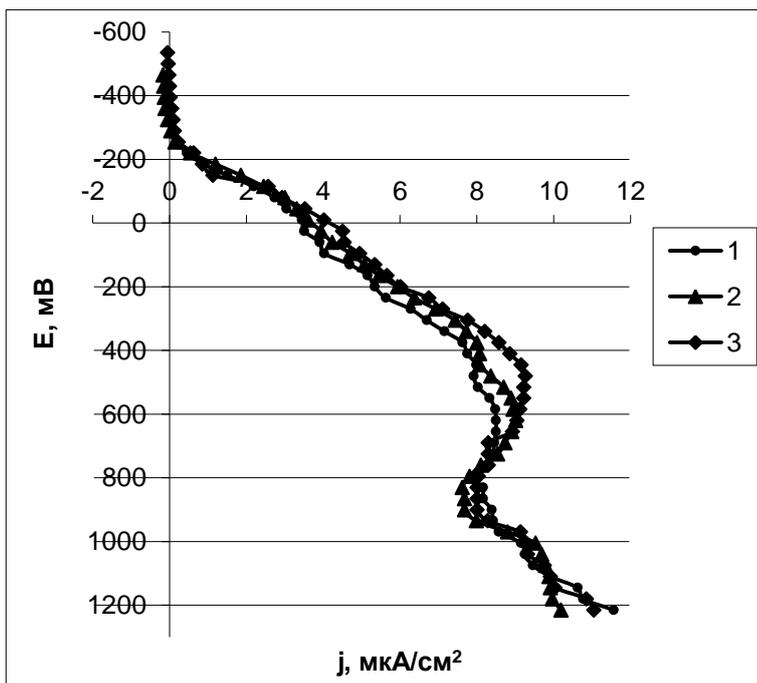


Рис. 5. Поляризационные кривые арматуры из стали класса проката А500С в цементном камне с добавкой стеарата кальция 0,7 масс. %, находящемся в условиях воздействия влаги: 1 – не зараженный микроорганизмами; 2 – зараженный бактериями *Bacillus subtilis*; 3 – зараженный грибами *Aspergillus niger van Tieghem*

Анодные поляризационные кривые позволяют судить о степени влияния микроорганизмов на скорость процесса коррозии стали. В растворе агрессивного к стали электролита пассивация начинается в том случае, если потенциал поверхности стали значительно смещается в сторону положительных значений, а ток пассивного состояния поверхности имеет небольшое значение.

Пологий вид кривых на рис. 2 характеризует медленное развитие и протекание на

поверхности стальной арматуры в цементном камне анодных процессов. О сохранении пассивации поверхности стали внутри цементного камня, не подвергающегося воздействию микроорганизмов, свидетельствует соответствие большому значению электродного потенциала максимального значения плотности тока. Внутри зараженных микроорганизмами образцов цементного камня на стальной арматуре зафиксированы значения плотности тока выше 25 мкА/см^2 при достижении величины потенци-

ала +300 мВ. Такое соотношение характеризует интенсивное протекание коррозии стали. В цементном камне без добавки гидрофобизатора питтингообразование на поверхности арматуры инициируется при большой плотности тока после достижения величины потенциала +940 мВ. Это обуславливает интенсивное растворение локальных участков поверхности стали.

У арматуры в незараженных образцах гидрофобизированного цементного камня значение плотности коррозионного тока проявляется при высоком значении потенциала в интервале от +585 до +615 мВ (рис. 3 и рис. 4). Поверхность арматуры длительное время остается в пассивном состоянии, на ней не протекают коррозионные процессы.

Из полученных диаграмм (рис. 3 и рис. 4) следует, что значение потенциала питтингообразования арматуры в гидрофобизированных образцах составляет +690 мВ при малых значениях плотности тока, разрушения металла будут носить незначительный характер. Поляризационные кривые образцов арматуры, находящихся в зараженных бактериями и грибами образцах цементного камня, имеют ступенчатый вид. Это связано с частичной репассивацией поверхности стали вследствие отсутствия доступа агрессивной среды вследствие объемной гидрофобизации.

Достигнутые значения плотности тока стали в образцах с гидрофобизатором значительно ниже, чем у арматуры в цементном камне без добавки. Это свидетельствует о низкой скорости проникновения агрессивной среды к поверхности металла в гидрофобизированном бетоне, длительном сохранении арматуры в пассивном состоянии и медленном развитии коррозионных процессов на ее поверхности.

В результате воздействия микроорганизмов ускоряется коррозия стальной арматуры в бетоне, о чем свидетельствует увеличение плотности тока на поляризационных диаграммах. Высокие значения плотности тока при грибковой коррозии в области меньших величин потенциала поверхности стали характеризует раннее нарушение пассивного состояния. Это наблюдается как у образцов, находящихся в цементном камне без добавок, так и у образцов с добавками стеарата кальция.

Значения рассчитанных показателей скорости коррозии исследуемых образцов показывают (таблица), что коррозия стальных образцов в цементном камне без добавок, зараженном микроорганизмами, через 6 месяцев протекает примерно в 3–4 раза быстрее, по сравнению с арматурой, находящейся в гидрофобизированном цементном камне.

Таблица. Показатели скорости коррозии арматуры из стали класса проката А500С после 6 месяцев микробиологической коррозии

Вид образца	Показатель изменения массы $K_m, \text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Глубинный показатель коррозии $K_n, \text{мм}/\text{год}$
<i>Стальная арматура находится в цементном камне без добавок</i>		
Не зараженный	$7,06 \cdot 10^{-4}$	$7,84 \cdot 10^{-4}$
Зараженный бактериями <i>Bacillus subtilis</i>	$7,77 \cdot 10^{-4}$	$8,69 \cdot 10^{-4}$
Зараженный грибами <i>Aspergillus niger van Tieghem</i>	$8,88 \cdot 10^{-4}$	$9,92 \cdot 10^{-4}$
<i>Стальная арматура находится в цементном камне с добавкой стеарата кальция 0,3 масс. %</i>		
Не зараженный	$2,13 \cdot 10^{-4}$	$2,38 \cdot 10^{-4}$
Зараженный бактериями <i>Bacillus subtilis</i>	$2,23 \cdot 10^{-4}$	$2,49 \cdot 10^{-4}$
Зараженный грибами <i>Aspergillus niger van Tieghem</i>	$2,34 \cdot 10^{-4}$	$2,60 \cdot 10^{-4}$
<i>Стальная арматура находится в цементном камне с добавкой стеарата кальция 0,7 масс. %</i>		
Не зараженный	$1,79 \cdot 10^{-4}$	$2,00 \cdot 10^{-4}$
Зараженный бактериями <i>Bacillus subtilis</i>	$1,85 \cdot 10^{-4}$	$2,07 \cdot 10^{-4}$
Зараженный грибами <i>Aspergillus niger van Tieghem</i>	$1,94 \cdot 10^{-4}$	$2,16 \cdot 10^{-4}$

Бактериальное воздействие ускоряет коррозионное разрушение стальной арматуры в бетоне без добавок на 9 %, а в бетоне с добавкой стеарата кальция на 3,5-4,5 %. Образец стальной арматуры в цементном камне без добавки, подвергающийся грибковой коррозии, корродирует быстрее на 21 % по сравнению с незараженным образцом и на 14 % по сравнению с образцом, зараженным бактериями *Bacillus subtilis*. В гидрофобизированном цементном камне, зараженном *Aspergillus niger* van Tieghem, разрушение стали происходит на 5 % быстрее по сравнению с образцами, подвергающимися воздействию бактерий *Bacillus subtilis*, и на 10 % быстрее, чем в образцах без добавок.

Рассчитанные значения показателей скорости коррозии стальной арматуры в цементном камне достаточно малы, однако нужно учитывать, что зачастую микробиологическая коррозия протекает одновременно с воздействием на железобетон других видов агрессивных сред. Также с течением времени число микроорганизмов в биопленке будет увеличиваться, а, значит, увеличится количество выделяемых биогенных кислот и концентрация агрессивных веществ у поверхности арматуры в бетоне. Нужно также учитывать, что продукты жизнедеятельности микроорганизмов взаимодействуют с бетоном, что приводит к увеличению его пористости и, как следствие, ускорению поступления агрессивных веществ вглубь бетона к поверхности стальной арматуры [19]. Вследствие этого коррозионное разрушение и бетона, и стали будет усиливаться. Предполагается, что со временем ввиду накопления вырабатываемых микроорганизмами кислот в поровой жидкости и поступлением их к поверхности стальной арматуры анодное растворение стали усилится и

будет носить точечный характер. Накапливающиеся продукты коррозии стали увеличиваются в объеме и вызывают внутренние напряжения, что приведет к растрескиванию и обрушению прородированного под действием микроорганизмов бетонного покрытия.

Заключение

Введение гидрофобизаторов в цементную смесь на стадии изготовления бетона способствует снижению водопоглощения и уменьшению поступления агрессивных веществ в поровую структуру цементного камня. Аналогичным образом посредством объемной гидрофобизации цементного камня добавкой стеарата кальция предотвращается поступление продуктов жизнедеятельности микроорганизмов из образованной на поверхности бетона биопленки вглубь поровой структуры цементного камня.

Поляризационные измерения показали, что стальная арматура в гидрофобизированном цементном камне в условиях воздействия микроорганизмов дольше сохраняет пассивное состояние, а после нарушения пассивности коррозионные процессы на поверхности стали развиваются в 3–4 раза медленнее по сравнению с арматурой в бетоне без добавок. Анализ поляризационных кривых показал, что под воздействием продуктов жизнедеятельности микроорганизмов коррозия на поверхности стальной арматуры в бетоне протекает точечно.

Для предотвращения питтингообразования стальной арматуры в бетоне в условиях микробиологической коррозии достаточно введения стеарата кальция в количестве 0,3 % от массы цемента, в случае увлажнения или смачивания бетона количество добавки может быть увеличено до 0,7 масс. %.

Список литературы

1. Смоляго Г. А., Фролов Н. В., Дронов А. В. Анализ коррозионных повреждений эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2019. № 1. С. 52–57. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5c506209065dd6.02007715
2. Dauji S., Bhargava K. Neural Estimation of Bond Strength Degradation in Concrete Affected by Reinforcement Corrosion. *INAE Letters*, 2018, vol. 3, pp. 203–215. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41403-018-0050-3>
3. Apostolopoulos C. A., Koulouris K. F., Apostolopoulos A. C. Correlation of Surface Cracks of Concrete due to Corrosion and Bond Strength (between Steel Bar and Concrete). *Ad-*

vances in Civil Engineering, 2019, vol. 2019. Article ID 3438743. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/3438743>

4. Yartsev V. P., Nikolyukin A. N., Pluzhnikova T. M. Assessment and Modeling of Bond Strength of Corroded Reinforcement in Concrete Structures. *Advanced Materials & Technologies*, 2018, issue 3, pp. 70–82. DOI: <https://doi.org/10.17277/amt.2018.03.pp.070-082>

5. Алексеев С. Н. Долговечность железобетона в агрессивных средах. М.: Стройиздат, 1990. 316 с.

6. Холмянский М. М. Контакт арматуры с бетоном. М.: Стройиздат, 1981. 184 с.

7. Corrosion influence on bond in reinforced concrete / C. Fang, K. Lundgren, L. Chen, [et al.]. *Cement and Concrete Research*, 2004,

vol. 34, issue 11, pp. 2159-2167. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(04\)00160-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(04)00160-7)

8. Кашеварова Г. Г., Мартиросян А. С., Травуш В. И. Расчетно-экспериментальное исследование процесса разрушения связей сцепления при вдавлении стержня жесткой арматуры в бетон // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2016. № 3. С. 62–75. DOI: <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2016.3.04>

9. Cabrera J. G. Deterioration of concrete due to reinforcement steel corrosion. *Cement and Concrete Composites*, 1996, vol. 18, issue 1, pp. 47–59.

10. Lushnikova V. Y., Tamrazyan A. G. The effect of reinforcement corrosion on the adhesion between reinforcement and concrete. *Magazine of Civil Engineering*, 2018, vol. 4 (80), pp. 128–137. DOI: <https://doi.org/10.18720/MCE.80.12>

11. Степанова В. Ф. Долговечность бетона. Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. 124 с.

12. Monitoring of the Penetration of Chloride Ions to the Reinforcement Surface Through a Concrete Coating During Liquid Corrosion / S. V. Fedosov, V. Eu. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 463, issue 4, pp. 042–048. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/4/042048>

13. Andrade C. Propagation of reinforcement corrosion: principles, testing and modeling. *Materials and Structures*, 2019, vol. 52. Article no. 2. DOI: <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-018-1301-1>

14. Analytical Characterisation of Material Corrosion by Biofilms / Y. T. H. Dang, A. Power, D. Cozzolino [et al.]. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, 2022, vol. 8. Article no. 50. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40735-022-00648-2>

15. Lomakina G. Yu. Role of biofilms in microbiologically influenced corrosion of metals. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Natural Sciences*, 2020, vol. 1 (88). pp. 100–125. DOI: <http://dx.doi.org/10.18698/1812-3368-2020-1-100-125>

16. Telegdi J., Shaban A., Trif L. Review on the microbiologically influenced corrosion and the function of biofilms. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*, 2020, vol. 9, issue 1, pp. 1–33. DOI: <http://dx.doi.org/10.17675/2305-6894-2020-9-1-1>

17. Светлов Д. А., Качалов А. Н. Микробиологическая коррозия строительных материалов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2019. № 4. Article ID 19SATS419. DOI: <https://doi.org/10.15862/19SATS419>

18. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития, оценки и прогнози-

рования / В. Т. Ерофеев, А. П. Федорцов, А. Д. Богатов [и др.] // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 12-4. С. 708–716.

19. Strokin K., Novikov D., Konovalova V. Forecasting the durability of reinforced concrete under conditions of microbiological corrosion. *E3S Web of Conferences*, 2021, vol. 274, P. 04003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202127404003>

20. Kovalčíková M., Eštoková A., Luptáková A. Impact of calcium ions leaching caused by biogenic acid attack on durability of cement composites. *Pollack Periodica*, 2015, vol. 10, issue 3, pp. 125–134. DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/606.2015.10.3.13>

21. The Role of Microorganisms in the Destruction of Concrete and Reinforced Concrete Structures / A. L. Bryukhanov, D. Y. Vlasov, M. A. Maiorova [et al.]. *Power Technology and Engineering*, 2021, vol. 54, pp. 609–614. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10749-020-01260-5>

22. Bertron A. Understanding interactions between cementitious materials and microorganisms: a key to sustainable and safe concrete structures in various contexts. *Materials and Structures*, 2014, vol. 47, pp. 1787–1806. DOI: <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-014-0433-2>

23. Логинова С. А., Петренко А. А. Исследование воздействия биоты на бетон // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. 2022. № 3 (41). С. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.52684/2312-3702-2022-41-3-47-51>

24. Дергунов С. А., Рубцова В. Н., Орехов С. А. Гидрофобизация минеральных систем // *СтройПРОФИль*. 2009. № 6 (76). С. 17–20.

25. Park J.-H., Yoon C.-B. Properties and Durability of Cement Mortar Using Calcium Stearate and Natural Pozzolan for Concrete Surface Treatment. *Materials*, 2022, vol. 15, issue 16, pp. 57–62. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ma15165762>

26. Tittarelli F., Carsana M., Ruello M. L. Effect of hydrophobic admixture and recycled aggregate on physical–mechanical properties and durability aspects of no-fines concrete. *Construction and Building Materials*, 2014, vol. 66, pp. 30–37. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.05.043>

27. Highly effective water-repellent concrete with improved physical and technical properties / E. V. Tkacha, V. S. Semenova, S. A. Tkacha [et al.]. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 111, pp. 763–769. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.143>

28. Teshaboeva N. D. Basic issues of the theory of hydrophobization of cement systems by additives of products of petrochemical synthesis. *Oriental renaissance: Innovative, educational,*

natural and social sciences, 2021, vol. 1, issue 5, pp. 475–479.

29. Определение ресурса безопасной эксплуатации конструкций из бетона, содержащего гидрофобизирующие добавки / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 6 (372). С. 268–276.

30. Федюк Р. С. Исследование водопоглощения мелкозернистого фибробетона на композиционном вяжущем // Фундаментальные исследования. 2016. № 2-2. С. 303–307.

References

1. Smolyago G. A., Frolov N. V., Dronov A. V. Analiz korrozionnyh povrezhdenij ekspluatiruemyh izgibaemyh zhelezobetonnyh konstrukcij zdanij i sooruzhenij [Analysis of corrosion damages of reinforced concrete structures in operation]. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova*, 2019, issue 1, pp. 52–57. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5c506209065dd6.02007715

2. Dauji S., Bhargava K. Neural Estimation of Bond Strength Degradation in Concrete Affected by Reinforcement Corrosion. *INAE Letters*, 2018, vol. 3, pp. 203–215. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41403-018-0050-3>

3. Apostolopoulos C. A., Koulouris K. F., Apostolopoulos A. C. Correlation of Surface Cracks of Concrete due to Corrosion and Bond Strength (between Steel Bar and Concrete). *Advances in Civil Engineering*, 2019, vol. 2019. Article ID 3438743. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/3438743>

4. Yartsev V. P., Nikolyukin A. N., Pluzhnikova T. M. Assessment and Modeling of Bond Strength of Corroded Reinforcement in Concrete Structures. *Advanced Materials & Technologies*, 2018, issue 3, pp. 70-82. DOI: <https://doi.org/10.17277/amt.2018.03.pp.070-082>

5. Alekseev S. N. *Dolgovechnost' zhelezobetona v agressivnyh sredah* [Durability of reinforced concrete in aggressive environments]. M.: Stroyizdat, 1990. 316 p.

6. Holmyanskij M. M. *Kontakt armatury s betonom* [Rebar contact with concrete]. M.: Stroyizdat, 1981. 184 p.

7. Corrosion influence on bond in reinforced concrete / C. Fang, K. Lundgren, L. Chen, [et al.]. *Cement and Concrete Research*, 2004, vol. 34, issue 11, pp. 2159-2167. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(04\)00160-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(04)00160-7)

8. Kashevarova G. G., Martirosyan A. S., Travush V. I. Raschetno-eksperimental'noe issledovanie processa razrusheniya svyazey scepneniya pri vdvavlivanii sterzhnya zhestkoj armatury v beton [Computational and experimental research of the contact debonding process when rigid rein-

forcement is pressed into concrete]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika*, 2016, issue 3, pp. 62–75. DOI: <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2016.3.04>

9. Cabrera J. G. Deterioration of concrete due to reinforcement steel corrosion. *Cement and Concrete Composites*, 1996, vol. 18, issue 1, pp. 47–59.

10. Lushnikova V. Y., Tamrazyan A. G. The effect of reinforcement corrosion on the adhesion between reinforcement and concrete. *Magazine of Civil Engineering*, 2018, vol. 4 (80), pp. 128–137. DOI: <https://doi.org/10.18720/MCE.80.12>

11. Stepanova V. F. *Dolgovechnost' betona* [Durability of concrete]. Vologda: Infra-Inzeneriya, 2023. 124 p.

12. Monitoring of the Penetration of Chloride Ions to the Reinforcement Surface Through a Concrete Coating During Liquid Corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 463, issue 4, pp. 042–048. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/4/042048>

13. Andrade C. Propagation of reinforcement corrosion: principles, testing and modeling. *Materials and Structures*, 2019, vol. 52. Article no. 2. DOI: <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-018-1301-1>

14. Analytical Characterisation of Material Corrosion by Biofilms / Y. T. H. Dang, A. Power, D. Cozzolino [et al.]. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, 2022, vol. 8. Article no. 50. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40735-022-00648-2>

15. Lomakina G. Yu. Role of biofilms in microbiologically influenced corrosion of metals. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Natural Sciences*, 2020, vol. 1 (88). pp. 100–125. DOI: <http://dx.doi.org/10.18698/1812-3368-2020-1-100-125>

16. Telegdi J., Shaban A., Trif L. Review on the microbiologically influenced corrosion and the function of biofilms. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*, 2020, vol. 9, issue 1, pp. 1–33. DOI: <http://dx.doi.org/10.17675/2305-6894-2020-9-1-1>

17. Svetlov D. A., Kachalov A. N. Mikrobiologicheskaya korroziya stroitel'nyh materialov [Microbiological corrosion of building materials]. *Internet-zhurnal «Transportnye sooruzheniya»*, 2019, issue 4. Article ID 19SATS419. DOI: <https://doi.org/10.15862/19SATS419>

18. Biokorroziya cementnyh betonov, osobennosti ee razvitiya, ocenki i prognozirovaniya [Biocorrosion of cement concrete, features of its development, assessment and forecasting] / V. T. Erofeev, A. P. Fedortsov, A. D. Bogatov

[et al.]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, vol. 12-4, pp. 708–716.

19. Strokin K., Novikov D., Konovalova V. Forecasting the durability of reinforced concrete under conditions of microbiological corrosion. *E3S Web of Conferences*, 2021, vol. 274, P. 04003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202127404003>

20. Kovalčíková M., Eštoková A., Luptáková A. Impact of calcium ions leaching caused by biogenic acid attack on durability of cement composites. *Pollack Periodica*, 2015, vol. 10, issue 3, pp. 125–134. DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/606.2015.10.3.13>

21. The Role of Microorganisms in the Destruction of Concrete and Reinforced Concrete Structures / A. L. Bryukhanov, D. Y. Vlasov, M. A. Maiorova [et al.]. *Power Technology and Engineering*, 2021, vol. 54, pp. 609–614. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10749-020-01260-5>

22. Bertron A. Understanding interactions between cementitious materials and microorganisms: a key to sustainable and safe concrete structures in various contexts. *Materials and Structures*, 2014, vol. 47, pp. 1787–1806. DOI: <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-014-0433-2>

23. Loginova S. A., Petrenko A. A. Issledovanie vozdejstviya bioty na beton [Research on the impact of biota on concrete]. *Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspiya*, 2022, vol. 3 (41), pp. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.52684/2312-3702-2022-41-3-47-51>

24. Dergunov S. A., Rubtsova V. N., Orekhov S. A. Hidrofobizatsiya mineral'nyh system [Hydrophobization of mineral systems]. *StrojPROFIL*, 2009, vol. 6 (76), pp. 17–20.

25. Park J.-H., Yoon C.-B. Properties and Durability of Cement Mortar Using Calcium Stea-

rate and Natural Pozzolan for Concrete Surface Treatment. *Materials*, 2022, vol. 15, issue 16, pp. 57–62. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ma15165762>

26. Tittarelli F., Carsana M., Ruello M. L. Effect of hydrophobic admixture and recycled aggregate on physical–mechanical properties and durability aspects of no-fines concrete. *Construction and Building Materials*, 2014, vol. 66, pp. 30–37. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.05.043>

27. Highly effective water-repellent concrete with improved physical and technical properties / E. V. Tkacha, V. S. Semenova, S. A. Tkacha [et al.]. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 111, pp. 763–769. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.143>

28. Teshaboeva N. D. Basic issues of the theory of hydrophobization of cement systems by additives of products of petrochemical synthesis. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 2021, vol. 1, issue 5, pp. 475–479.

29. Opredelenie resursa bezopasnoj ekspluatatsii konstrukcij iz betona, sodержashchego gidrofobiziruyushchie dobavki [Determination of safe service life of structures made of concrete containing hydrophobic additives] / S. V. Fedosov, V. E. Rummyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*, 2017, vol. 6 (372), pp. 268–276.

30. Fedyuk R. S. Issledovanie vodopogloshcheniya melkozernistogo fibrobeta na kompozitsionnom vyazhushchem [Research on water absorption fine-grained fiber-reinforced concrete on composite binders]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2016, vol. 2-2, pp. 303–307.

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: varym@gmail.com

Rummyantseva 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

Строкин Константин Борисович

ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет,
Российская Федерация, г. Южно-Сахалинск
доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры строительства,
директор Технического нефтегазового института
E-mail: strokin07@rambler.ru

Strokin Konstantin Borisovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Sakhalin State University»,
Russian Federation, Yuzhno-Sakhalinsk
doctor of Economic sciences, docent, professor of the department of construction, director of the Technical
oil and gas institute
E-mail: strokin07@rambler.ru

Гальцев Алексей Андреевич

ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет,
Российская Федерация, г. Южно-Сахалинск
старший преподаватель кафедры геологии и нефтегазового дела
E-mail: galts.alexey@gmail.com

Gal'tsev Aleksey Andreevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Sakhalin State University»,
Russian Federation, Yuzhno-Sakhalinsk
senior lecturer of the department of geology and oil and gas
E-mail: galts.alexey@gmail.com

Коновалова Виктория Сергеевна

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент кафедры естественных наук и техносферной безопасности
E-mail: kotprotiv@yandex.ru

Konovalova Viktoriya Sergeevna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo State Polytechnic University»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technical sciences, docent of the department of natural sciences and technosphere safety
E-mail: kotprotiv@yandex.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К рассмотрению принимаются рукописи в электронном формате документа MicrosoftWord (*.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.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
№ 1 (50), 2024

16+

Дата выхода в свет 27.03.2024 г. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Формат 60 × 90 1/8. Усл. печ. л. 16,6. Тираж 100 экз.
Заказ № 181. 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