

**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»

**№ 2 (47), 2023**



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

Территория распространения — Российская Федерация.

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

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

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

**Заместители  
главного редактора:** *Шарабанова Ирина Юрьевна*, кандидат медицинских наук, доцент  
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

*Федосов Сергей Викторович*, доктор технических наук, профессор, академик РААСН  
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, г. Москва)

*Шкифоров Александр Леонидович*, доктор технических наук, старший научный сотрудник  
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

## Члены редколлегии:

*Акулова Марина Владимировна* – д-р техн. наук, профессор, Советник РААСН, заведующий кафедрой архитектуры и строительных материалов ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

*Алексеев Михаил Иванович* – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, профессор кафедры водопользования и экологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (Россия, г. Санкт-Петербург)

*Барбин Николай Михайлович* – д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России» (Россия, г. Екатеринбург)

*Баканов Максим Олегович* – д-р техн. наук, доцент, начальник Учебно-научного комплекса «Пожаротушение» Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

*Бубнов Андрей Германович* – д-р хим. наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации пожарной техники, средств связи и малой механизации (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

*Бутман Михаил Федорович* – д-р физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры технологии керамики и наноматериалов ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

*Бутузов Станислав Юрьевич* – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры информационных технологий (в составе учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий) ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России» (Россия, г. Москва)

*Горина Светлана Владимировна* – д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры основ экономики функционирования РСЧС Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

*Ерофеев Владимир Трофимович* – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой строительных материалов и технологий ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева» (Россия, Республика Мордовия, г. Саранск)

*Ефремов Александр Михайлович* – д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры технологии приборов и материалов электронной техники ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

*Камлюк Андрей Николаевич* – канд. физ.-мат. наук, доцент, заместитель начальника ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь» по научной и инновационной деятельности (Республика Беларусь, г. Минск)

*Ковтун Вадим Анатольевич* – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры оперативно-тактической деятельности и техники Гомельского филиала ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь» (Республика Беларусь, г. Гомель)

*Колобов Михаил Юрьевич* – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

*Краснов Александр Алексеевич* – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры естественнонаучных дисциплин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

*Лопанов Александр Николаевич* – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова» (Россия, г. Белгород)

*Назарычев Александр Николаевич* – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры электроэнергетики и электромеханики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» (Россия, г. Санкт-Петербург)

*Присадков Владимир Иванович* – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, г. Балашиха)

*Румянцева Варвара Евгеньевна* – д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РААСН, директор института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

*Степанов Сергей Гаевич* – д-р техн. наук, доцент профессор кафедры мехатроники и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

*Сырбу Светлана Александровна* – д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

*Теличенко Валерий Иванович* – д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик РААСН, президент Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет» (Россия, г. Москва)

*Федосеев Вадим Николаевич* – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры организации производства и городского хозяйства ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

*Хафизов Ильдар Фанильевич* – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пожарной и промышленной безопасности пожарной и промышленной безопасности ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (Россия, г. Уфа)

*Циркина Ольга Германовна* – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

*Шевцов Сергей Александрович* – д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации авиационной техники ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (Россия, г. Воронеж)

Технический редактор: Чуприна Ольга Сергеевна

Подписной индекс в каталоге «Почта России» – ПН138.

Дата выхода в свет 27.06.2023 г. Формат 60x90 1/8. Усл. печ. л. 24,7. Тираж 100 экз. Заказ № 87.

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, 2023

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

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

<b>Бабушкин М. Ю., Лазарев А. А.</b> О проблеме организации государственной защиты сотрудника Федеральной противопожарной службы .....	5
<b>Babushkin M. Yu., Lazarev A. A.</b> About the problem of the organization of state protection of an employee of the Federal Fire Service .....	5
<b>Ермилов А. В., Никишов С. Н., Меркулова Ю. А., Семенов А. Д.</b> Оптимизация принятия управленческого решения по определению боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара. Часть 2. Угол осцилляции .....	12
<b>Ermilov A. V., Nikishov S. N., Merkulova Yu. A., Semenov A. D.</b> Optimization of making a management decision on determining the battle position of the mobile table when extinguishing a vertical steel tank. Part 2. Oscillation angle .....	12
<b>Колеров Д. А., Скрипник И. Л., Каверзнева Т. Т., Балобанов В. А.</b> Модель межведомственного информационного взаимодействия органов РСЧС при управлении поисково-спасательными работами в акватории Санкт-Петербурга .....	19
<b>Kolero D. A., Skripnik I. L., Kaverzneva T. T., Balabanov V. A.</b> Model of interdepartmental information interaction of RSChS authorities when managing search and rescue in the water area of St. Petersburg ....	19
<b>Куватов В. И., Чудаков О. Е., Таранцев А. А., Балобанов А. А.</b> Модель управления рисками в информационно-вычислительной сети МЧС России .....	27
<b>Kuvatov V. I., Chudakov O. E., Tarantsev A. A., Balobanov A. A.</b> Risk management model in a typical information and computing network of the Ministry of EMERCOM of Russia .....	27
<b>Мареев М. А., Денисов А. Н., Михайлин П. О.</b> Поддержка управления пожарно-спасательными подразделениями при ведении боевых действий, в условиях дестабилизации функционирования социальной и экономической сферы государства в результате вооруженного конфликта .....	33
<b>Mareev M. A., Denisov A. N., Mikhailin P. O.</b> Support for the management of fire and rescue units during combat operations, in conditions of destabilization of the functioning of the social and economic sphere of the state as a result of armed conflict .....	33
<b>Сатин А. П., Лахвицкий Г. Н., Репин С. В., Воронин С. А.</b> Оценка интегральных пожарных рисков в муниципальных образованиях Нижегородской области .....	38
<b>Satin A. P., Lakhvitsky G. N., Repin S. V., Voronin S. A.</b> Assessment of integral fire risks in municipalities of the Nizhny Novgorod region .....	38

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND URBAN MANAGEMENT (TECHNICAL)

<b>Цветков А. С., Буймова С. А., Бубнов А. Г.</b> Безопасность питьевой воды в вендинговых аппаратах .....	46
<b>Tsvetkov A. S., Buymova S. A., Bubnov A. G.</b> Safety of drinking water in vending machines .....	46

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

FIRE SAFETY (TECHNICAL)

<b>Богданов И. А., Ульева С. Н., Шабунин С. А., Никифоров А. Л.</b> К вопросу о разработке нового подхода к оценке влияния термического старения на пожарную опасность ПВХ-изоляции электрокабельных изделий на основе показателя кислородного индекса .....	54
<b>Bogdanov I. A., Ul'eva S. N., Shabunin S. A., Nikiforov A. L.</b> To the question of the development of a new approach to the evaluation of the influence of thermal aging on the fire hazard of PVC-insulation of electric cable products on the basis of the oxygen index .....	54
<b>Иванов В. Е., Пучков П. В., Топоров А. В.</b> Разработка конструкций устройств для разбивания автомобильных стекол .....	61
<b>Ivanov V. E., Puchkov P. V., Toporov A. V.</b> Design development of a device with a slinger for breaking car windows .....	61
<b>Казанцев С. Г.</b> Анализ применения ручных пожарных тепловизоров .....	68
<b>Kazantsev S. G.</b> Analysis of the application of hand-held fire thermal imagers cameras .....	68

<b>Кошкарров Р. В., Хабиров Т. Р., Савченко С. А., Колбашов М. А.</b> Использование противопожарной пропаганды в социальных сетях .....	76
<b>Koshkarov P. V., Khabirov T. R., Savchenko S. A., Kolbashov M. A.</b> The use of fire propaganda in social networks.....	76
<b>Махнёва А. Н.</b> Опыт проведения оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности .....	85
<b>Makhneva A. N.</b> The conformity assessment of hazardous industrial facilities of oil and gas production of industrial safety requirements.....	85
<b>Митрофанов А. С., Сырбу С. А.</b> Разработка технологии нанесения композитных покрытий, препятствующих образованию пиррофорных отложений на внутренних поверхностях технологического оборудования для хранения нефти .....	93
<b>Mitrofanov A. S., Syrbu S. A.</b> Development of a technology for application of composite coatings preventing the formation of pyrophoric deposits on the internal surfaces of technological equipment for oil storage.....	93
<b>Никифоров А. Л., Ульева С. Н., Легкова И. А.</b> Новые подходы к выполнению капитального ремонта пожарных рукавов .....	99
<b>Nikiforov A. L., Ul'eva S. N., Legkova I. A.</b> New approaches to the overhaul of fire hoses.....	99
<b>Пучков П. В., Иванов В. Е., Зарубин В. П.</b> Разработка конструкции устройства для создания проволочного хомута на соединительной арматуре .....	107
<b>Puchkov P. V., Ivanov V. E., Zarubin V. P.</b> Development of a device design for creating a wire clamp on a connecting armature.....	107
<b>Романюк Е. В., Воронов С. П., Власов А. Г.</b> Проверка работоспособности и пожарной безопасности производственных систем аспирации пылевыделяющих производств.....	114
<b>Romanyuk E. V., Voronov S. V., Vlasov A. G.</b> Checking the operability and fire safety of industrial aspiration systems of dust-producing industries .....	114
<b>Спиридонова В. Г., Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., Циркина О. Г.</b> Обоснование актуальных подходов к оценке пожароопасных свойств текстильных материалов и способов огнезащиты тканей различного функционального назначения .....	125
<b>Spiridonova V. G., Sorokin D. V., Tsirkina O. G., Nikiforov A. L.</b> Substantiation of current approaches to assessing the fire-hazardous properties of textile materials and methods of fire protection of fabrics of various functional purposes.....	125
<b>Сырбу С. А., Циркина О. Г., Салихова А. Х., Спиридонова В. Г., Фролова Т. В., Кузьмина Н. Н.</b> Проблемные вопросы придания текстильным материалам специальных защитных свойств.....	133
<b>Syrbu S. A., Tsirkina O. G., Salikhova A. H., Spiridonova V. G., Frolova T. V., Kuzmina N. N.</b> Problematic issues of giving textile materials special protective properties.....	133
<b>Хуснутдинова С. М., Хафизов Ф. Ш., Хафизов Ш. И.</b> Расчет среднеповерхностной плотности теплового излучения пламени с помощью усовершенствованного подхода к определению массовой скорости выгорания .....	141
<b>Khusnutdinova S. M., Khafizov F. Sh., Khafizov Sh. I.</b> Calculation of the average surface thermal radiation density of a flame using an improved approach to determining the mass burnup rate.....	141
<b>Чернушевич Е. В., Трояк Е. Ю., Пожаркова И. Н.</b> Экспериментальная оценка температуры узла трения .....	148
<b>Chernushevich E. V., Troyak E. Yu., Pozharkova I. N.</b> Experimental evaluation of the friction unit temperature .....	148
<b>Юламанова Н. С., Попова Е. В., Абдеслам Яхи, Хафизов И. Ф.</b> Исследование влияния добавления поверхностно-активных веществ на охлаждение резервуара .....	155
<b>Yulamanova N. S., Popova E. V., Abdeslam Yakhi, Hafizov I. F.</b> Investigation of the effect of the addition of surfactants on the cooling of the tank.....	155

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

<b>Румянцева В. Е., Красильников И. В., Таничев М. В., Красильникова И. А., Шакиров Ф. Т.</b> Самовосстановление бетонов модифицированием специальными бактериями.....	160
<b>Rumyantseva V. E., Krasilnikov I. V., Tanichev M. V., Krasilnikova I. A., Shakirov F. T.</b> Self-healing of concrete by modification with special bacteria .....	160

---

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

УДК 614.849

**О ПРОБЛЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЗАЩИТЫ СОТРУДНИКА  
ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ**

**М. Ю. БАБУШКИН<sup>1</sup>, А. А. ЛАЗАРЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России,  
Российская Федерация, г. Москва,

<sup>2</sup> Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
E-mail: kgn@edufire37.ru

Авторами статьи изучена проблема организации государственной защиты сотрудников Федеральной противопожарной службы и их родственников. В рамках проведенного исследования проанализированы подходы к организации данной деятельности в различных правоохранительных органах, а также судебная практика по делам, связанным с противоправными действиями в отношении сотрудников рассматриваемой категории.

На основании проведенного анализа предложен алгоритм совершенствования государственной защиты сотрудников рассматриваемой категории. Данный алгоритм включает в себя побудительный, нормативно-правовой, аналитико-прогнозный компоненты. Главная организационно-функциональная особенность предложенного алгоритма заключается в открытии перспектив применения научного подхода к решению актуальной и сложной проблемы совершенствования государственной защиты данных сотрудников. При этом основной (нормативно-правовой) компонент алгоритма совершенствования государственной защиты указанных сотрудников обусловлен существующими сложными криминогенными условиями, высоким уровнем преступности и жестокости ее проявлений. В существующих условиях сотрудники могут столкнуться с противоправным поведением в рамках проведения контрольных (надзорных) мероприятий, проверок по сообщениям о пожарах, при проведении профилактических мероприятий, в быту. Элементами научной новизны обладают описанные в алгоритме подходы к организации государственной защиты сотрудников рассматриваемой категории. В предложенном алгоритме описаны теоретические основы управления в системе государственной защиты. Аналитико-прогнозный компонент алгоритма содержит элементы практико-ориентированной технологии управления в системе государственной защиты. Актуальность данной проблематики обусловлена противоречием между социальным заказом на организацию государственной защиты указанных сотрудников (особенно в условиях специальной военной операции) и отсутствием соответствующих алгоритмов.

**Ключевые слова:** государственная защита, противопожарная служба, пожарная безопасность, организация надзорной деятельности.

**ABOUT THE PROBLEM OF THE ORGANIZATION OF STATE PROTECTION  
OF AN EMPLOYEE OF THE FEDERAL FIRE SERVICE**

**M. Yu. BABUSHKIN<sup>1</sup>, A. A. LAZAREV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Department of Supervision and Preventive Work of the Ministry of Emergency Situations of Russia,  
Russian Federation, Moscow,

<sup>2</sup> Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education  
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation  
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,  
Russian Federation, Ivanovo  
E-mail: kgn@edufire37.ru

The authors of the article studied the problem of the organization of state protection of employees of the Federal Fire Service and their relatives. Within the framework of the conducted research, approaches to

the organization of this activity in various law enforcement agencies, as well as judicial practice in cases related to illegal actions against employees of the category under consideration, are analyzed.

Based on the analysis, an algorithm for improving the state protection of employees of the category under consideration is proposed. This algorithm includes incentive, regulatory, analytical and predictive components. The main organizational and functional feature of the proposed algorithm is to open up the prospects of applying a scientific approach to solving the urgent and complex problem of improving the state protection of employee data. At the same time, the main (regulatory) component of the algorithm for improving the state protection of these employees is due to the existing complex criminogenic conditions, a high level of crime and cruelty of its manifestations. In the existing conditions, employees may face illegal behavior within the framework of control (supervisory) measures, inspections on reports of fires, during preventive measures, in everyday life. The approaches described in the algorithm to the organization of state protection of employees of the category in question have elements of scientific novelty. The proposed algorithm describes the theoretical foundations of management in the system of state protection. The analytical and predictive component of the algorithm contains elements of practice-oriented management technology in the system of state protection. The relevance of this issue is due to the contradiction between the social order for the organization of state protection of these employees (especially in the conditions of a special military operation) and the lack of appropriate algorithms.

**Key words:** state protection, fire service, fire safety, organization of supervisory activities.

Вопросы государственной защиты (далее – ГЗ) сотрудников правоохранительных органов представляются весьма важными. Защита жизни, здоровья, достоинства данных сотрудников, а также членов их семей обуславливает наличие принципиальной позиции при разрешении сложных конфликтных ситуаций в рамках правового поля.

Указанная проблематика рассматривалась в исследованиях различных авторов. Киселевым А. М. рассматривались особенности реализации сотрудниками уголовно-исполнительной системы (далее – УИС) мер безопасности, предусмотренных отдельными законодательными актами [1]. Аспекты огневой подготовки специальных подразделений, созданных для обеспечения ГЗ, описаны Волюгиным В. В. [2]. Отечественный и зарубежный опыт по обеспечению ГЗ изучались Козаренко В. С. [3]. Применение мер ГЗ при домашнем аресте, запрете определенных действий и залога анализировались Гавриловым Д. И. [4]. Организационные проблемы осуществления мер безопасности подразделениями ГЗ системы МВД России описывались Дробатухиным О. В. и Насыровым Р. Р. [5]. Кириловский О. В. анализировал организацию ГЗ персонала пенитенциарных учреждений в некоторых зарубежных странах, а также принципы ГЗ сотрудников в УИС [6, 7]. Муртазин А. И. исследовал особенности применения огнестрельного оружия сотрудниками подразделений ГЗ [8]. Кривопаловым С. Н. изучались правовые основы оперативно-розыскной деятельности, осуществляемые подразделениями ГЗ [9]. О мерах преодоления противодействия расследованию должностных преступлений при обеспечении безопасности участников уголовного процесса были опубликованы результаты исследования Головиной Е. В. [10].

Носковым О. С., Зайцевым Н. В., Степановым Г. И. рассматривалась ГЗ сотрудников полиции и их родственников [11–13]. Подходы к ГЗ сотрудников УИС и их родственников анализировались Старостиным С. А., Кириловским О. В. [14], Галаховым С. С., Семеновым В. В. [15], Казариновой Л. В., Назаровым С. В. [16], Клызбаевой В. А. [17]. Однако практически отсутствуют исследования проблем организации ГЗ сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России (далее – ФПС МЧС России).

Анализ судебной практики за последние 5 лет по статьям 119 и 318 УК РФ<sup>1</sup> указывает на актуальность проблематики защиты жизни и здоровья сотрудников ФПС МЧС России, осуществляющих надзорную деятельность и профилактическую работу (далее – сотрудники НДПР).

Законодательством России<sup>2,3,4,5,6</sup> предусматривается ряд мер, направленных на ГЗ должностных лиц, в том числе и сотрудников НДПР. Однако совокупность указанных мер подлежит детальному анализу и определению

<sup>1</sup> Уголовный кодекс Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ;

<sup>2</sup> Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;

<sup>3</sup> Федеральный закон от 23 мая 2016 г. № 141-ФЗ «О службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

<sup>4</sup> Федеральный закон от 20 апреля 1995 г. № 45-ФЗ «О государственной защите судей, должностных лиц правоохранительных и контролирующих органов»;

<sup>5</sup> Постановление Правительства РФ от 12 апреля 2012 г. № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре»;

<sup>6</sup> Постановление Правительства РФ от 20 июня 2005 г. № 385 «О федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы».

степени результативности их совместного применения.

С учетом результатов исследований [1–17] и анализа нормативных правовых актов

нами разработан алгоритм совершенствования ГЗ сотрудников ФПС МЧС России. Компоненты данного алгоритма представлены на рис. 1–3.

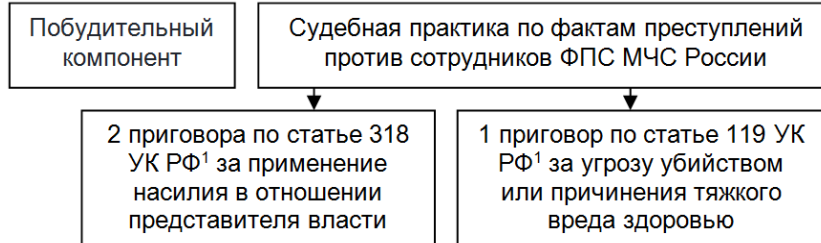


Рис. 1. Побудительный компонент алгоритма совершенствования ГЗ сотрудников ФПС МЧС России

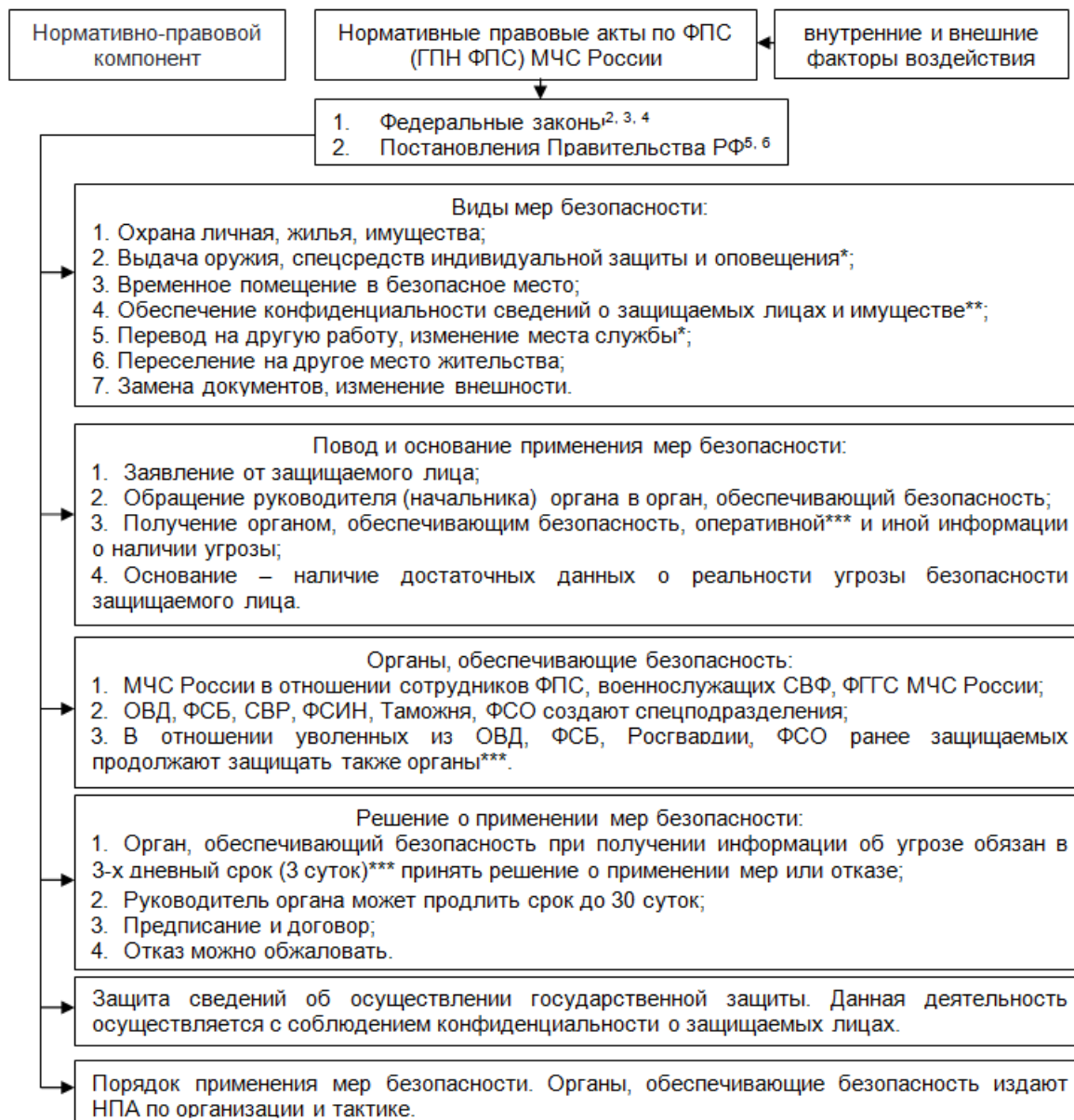
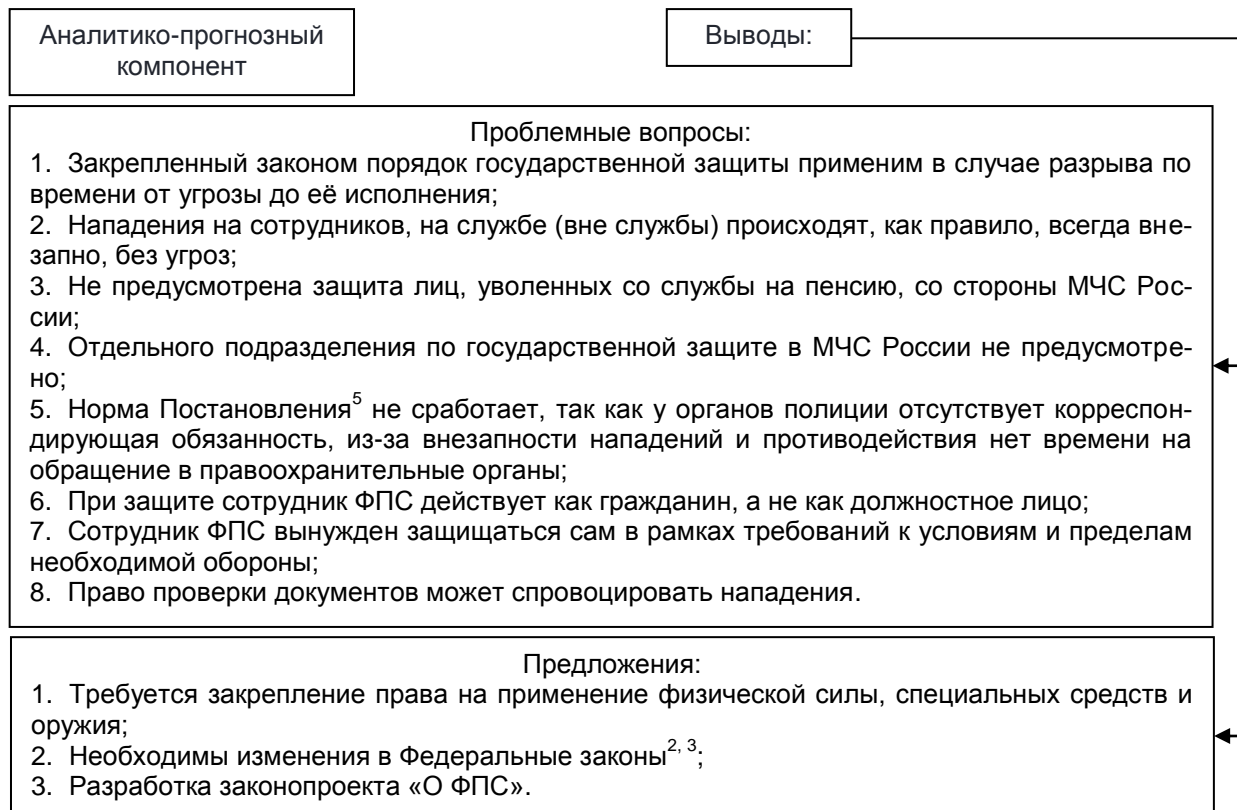


Рис. 2. Нормативно-правовой компонент алгоритма совершенствования ГЗ сотрудников ФПС МЧС России

Нормативно-правовой компонент алгоритма совершенствования ГЗ сотрудников ФПС МЧС России обусловлен существующими сложными криминогенными условиями, высоким уровнем преступности и жестокости ее проявлений. Сотрудники НДПР могут столкнуться с противоправным поведением не только в рамках проведения контрольных (надзорных) мероприятий или при установлении причин пожаров и условий, способствующих их возникновению, но и при проведении профилактических мероприятий, а также в быту. Особенно это актуально при профилактике пожаров среди лиц, ведущих асоциальный образ жизни (так называемая группа «риска»).

Элементы представленного на рис. 2 алгоритма направлены на противодействие факторам риска для здоровья и жизни сотрудников ФПС МЧС России, членов их семей.

Данные элементы сформированы с учетом необходимости выполнения чрезвычайно сложных действий, требующих от них максимальных физических и психических усилий. Указанные обстоятельства определяют проблематику безопасности сотрудников ФПС МЧС России при выполнении поставленных перед ними профессиональных задач. На рис. 2 знаком «\*» обозначены меры, предусмотренные в настоящее время Правительством России; знаком «\*\*» обозначена мера, предусмотренная МЧС России; знаком «\*\*\*» обозначены меры, применение которых в настоящее время невозможно, так как ФПС МЧС России не осуществляет оперативно-розыскной деятельности. Указанным знаком обозначен также пробел в организации ГЗ в отношении уволенных со службы сотрудников данной службы.



**Рис. 3.** Аналитико-прогнозный компонент алгоритма совершенствования ГЗ сотрудников ФПС МЧС России

Аналитико-прогнозный компонент алгоритма совершенствования ГЗ сотрудников ФПС МЧС России содержит проблемные вопросы и предложения по организации ГЗ. Реализация предложенных мер поможет устранить недостающие элементы в описываемой системе ГЗ сотрудника ФПС МЧС России.

Таким образом, алгоритм совершенствования ГЗ сотрудников ФПС МЧС России, включающий побудительный, нормативно-правовой, аналитико-прогнозный компоненты, создан в русле общей методологии науки. Научно обоснованные предложения базируются на концепциях «классического менеджмен-



та». Главная организационно-функциональная особенность предложенного алгоритма заключается в открытии перспектив применения научного подхода к решению актуальной (осо-

бенно в условиях специальной военной операции) и сложной проблемы ГЗ сотрудников ФПС МЧС России.

### Список литературы

1. Киселев А. М. Особенности реализации мер безопасности в соответствии с Федеральным законом от 20.08.2004 № 119-ФЗ «О государственной защите потерпевших, свидетелей и иных участников уголовного судопроизводства» сотрудниками уголовно-исполнительной системы // Вестник Кузбасского института. 2022. № 1 (50). С. 146–151.

2. Вольгин В. В. Актуальные аспекты организации и проведения занятий по огневой подготовке в подразделениях по обеспечению безопасности лиц, подлежащих государственной защите // Вестник Уфимского юридического института МВД России. 2021. № 3 (93). С. 73–77.

3. Козаренко В. С. Меры по обеспечению государственной защиты сотрудников органов внутренних дел: российский и зарубежный опыт // Вестник Волгоградской академии МВД России. 2018. № 4 (47). С. 93–98.

4. Гаврилов Д. И. Актуальные вопросы применения мер государственной защиты при исполнении мер пресечения в виде домашнего ареста, запрета определенных действий и залога // Уголовная юстиция. 2021. № 18. С. 43–48.

5. Дробатухин О. В., Насыров Р. Р. О некоторых проблемах организационного характера, возникающих в связи с осуществлением мер безопасности в отношении участников уголовного судопроизводства подразделениями государственной защиты системы МВД России // Актуальные проблемы государства и общества в области обеспечения прав и свобод человека и гражданина. 2021. № 1. С. 254–260.

6. Кириловский О. В. Организация государственной защиты персонала пенитенциарных учреждений некоторых стран Западной Европы, Северной Америки и Азии // Пенитенциарная наука. 2021. Т. 15. № 2 (54). С. 291–300.

7. Кириловский О. В. Принципы государственной защиты сотрудников уголовно-исполнительной системы // Ведомости уголовно-исполнительной системы. 2018. № 6 (193). С. 26–32.

8. Муртазин А. И. Особенности использования норм права о применении огнестрельного оружия сотрудниками подразделений по обеспечению безопасности лиц, подлежащих государственной защите // Право: ретроспектива и перспектива. 2020. № 4 (4). С. 83–88.

9. Кривопапов С. Н. Правовая основа оперативно-розыскной деятельности подразделений государственной защиты территориальных органов МВД России на региональном уровне // Вестник Московского университета МВД России. 2019. № 4. С. 177–181.

10. Головина Е. В. Обеспечение безопасности участников уголовного процесса в системе мер преодоления противодействия расследованию должностных преступлений // Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. 2019. № 1 (88). С. 150–161.

11. Носков О. С. Государственная защита сотрудников полиции и их близких // Научный портал МВД России. 2018. № 2 (42). С. 76–82.

12. Степанов Г. И. Роль и значение служебно-прикладных видов спорта в физической подготовке сотрудников подразделений государственной защиты МВД России // Евразийский юридический журнал. 2016. № 3 (94). С. 245–246.

13. Зайцев Н. В. Государственная защита сотрудников полиции и их близких // Вестник Уфимского юридического института МВД России. 2016. № 1 (71). С. 78–81.

14. Старостин С. А., Кириловский О. В. Особенности реализации отдельных мер безопасности в отношении сотрудников уголовно-исполнительной системы и их близких // Вестник Самарского юридического института. 2018. № 3 (29). С. 80–86.

15. Галахов С. С., Семенов В. В. Правовые и прикладные проблемы применения мер безопасности в территориальных органах Федеральной службы исполнения наказаний // Уголовно-исполнительное право. 2017. Т. 12. № 1. С. 18–23.

16. Казаринова Л. В., Назаров С. В. К вопросу о правовом регулировании государственной защиты сотрудников уголовно-исполнительной системы // Вестник Санкт-Петербургской юридической академии. 2017. № 4 (37). С. 91–95.

17. Клызбаева В. А. Возможность привлечения сотрудника-женщины к обеспечению меры безопасности «личная охрана». Использование сильных и слабых сторон // Правовое государство: теория и практика. 2016. № 3 (45). С. 145–149.

## References

1. Kiselev A. M. Osobennosti realizatsii mer bezopasnosti v sootvetstvii s Federalnyim zakonom ot 20.08.2004 № 119-FZ «O gosudarstvennoy zashchite poterpevshih, svideteley i inyih uchastnikov ugolovno-iskluchitel'noy sistemy» sotrudnikami ugolovno-iskluchitel'noy sistemy [Features of the implementation of security measures in accordance with Federal Law No. 119-FZ of 20.08.2004 «On State protection of victims, witnesses and other participants in criminal proceedings» by employees of the penal enforcement system]. *Vestnik Kuzbasskogo instituta*, 2022, № 1 (50), pp. 146–151.
2. Volygin V. V. Aktualnyie aspektyi organizatsii i provedeniya zanyatiy po ognevoy podgotovke v podrazdeleniyah po obespecheniyu bezopasnosti lits, podlejaschih gosudarstvennoy zashchite [Actual aspects of the organization and conduct of fire training classes in units for ensuring the safety of persons subject to state protection]. *Vestnik Ufimskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii*, 2021, vol. 3 (93), pp. 73–77.
3. Kozarenko V. S. Meryi po obespecheniyu gosudarstvennoy zashchityi sotrudnikov organov vnutrennih del: rossiyskiy i zarubejnyi opyt [Measures to ensure state protection of employees of internal affairs bodies: Russian and foreign experience]. *Vestnik Volgogradskoy akademii MVD Rossii*, 2018, vol. 4 (47), pp. 93–98.
4. Gavrilov D. I. Aktualnyie voprosy primeneniya mer gosudarstvennoy zashchityi pri ispolnenii mer presecheniya v vide domashnego aresta, zapreta opredelennykh deystviy i zaloga [Topical issues of the application of state protection measures in the execution of preventive measures in the form of house arrest, prohibition of certain actions and bail]. *Ugolovnaya yustitsiya*. 2021, issue 18, pp. 43–48.
5. Drobotuhin O. V., Nasyirov R. R. O nekotorykh problemakh organizatsionnogo haraktera, vznikayuschih v svyazi s osuschestvleniem mer bezopasnosti v otnoshenii uchastnikov ugolovno-iskluchitel'noy sistemy MVD Rossii [About some organizational problems arising in connection with the implementation of security measures against participants in criminal proceedings by state protection units of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. *Aktualnyie problemy gosudarstva i obschestva v oblasti obespecheniya prav i svobod cheloveka i grahdanina*, 2021, issue 1, pp. 254–260.
6. Kirilovskiy O. V. Organizatsiya gosudarstvennoy zashchityi personala penitentsiarnykh uchrejeniy nekotorykh stran Zapadnoy Evropy, Severnoy Ameriki i Azii [Organization of state protection of personnel of penitentiary institutions in some countries of Western Europe, North America and Asia]. *Penitentsiarnaya nauka*, 2021, vol. 15, issue 2 (54), pp. 291–300.
7. Kirilovskiy O. V. Printsipy gosudarstvennoy zashchityi sotrudnikov ugolovno-iskluchitel'noy sistemy [Principles of state protection of employees of the penal system]. *Vedomosti ugolovno-iskluchitel'noy sistemy*, 2018, vol. 6 (193), pp. 26–32.
8. Murtazin A. I. Osobennosti ispolzovaniya norm prava o primeneniі ognestrel'nogo oruzhiya sotrudnikami podrazdeleniy po obespecheniyu bezopasnosti lits, podlejaschih gosudarstvennoy zashchite [Features of the use of the law on the use of firearms by employees of security units of persons subject to state protection]. *Pravo: retrospektiva i perspektiva*, 2020, vol. 4 (4), pp. 83–88.
9. Krivopalov S. N. Pravovaya osnova operativno-rozysknoy deyatel'nosti podrazdeleniy gosudarstvennoy zashchityi territorialnykh organov MVD Rossii na regional'nom urovne [The legal basis of operational investigative activities of state protection units of territorial bodies of the Ministry of Internal Affairs of Russia at the regional level]. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii*, 2019, issue 4, pp. 177–181.
10. Golovina E. V. Obespechenie bezopasnosti uchastnikov ugolovno-iskluchitel'noy sistemy mer preodoleniya protivodeystviya rassledovaniyu doljnostnykh prestupleniy [Ensuring the safety of participants in the criminal process in the system of measures to overcome counteraction to the investigation of official crimes]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta Ministerstva vnutrennih del Rossii*, 2019, vol. 1 (88), pp. 150–161.
11. Noskov O. S. Gosudarstvennaya zashchita sotrudnikov politzii i ih blizkikh [State protection of police officers and their loved ones]. *Nauchnyy portal MVD Rossii*, 2018, vol. 2 (42), pp. 76–82.
12. Stepanov G. I. Rol i znachenie slujebno-prikladnykh vidov sporta v fizicheskoy podgotovke sotrudnikov podrazdeleniy gosudarstvennoy zashchityi MVD Rossii [The role and significance of service-applied sports in the physical training of employees of the state protection units of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. *Evraziyskiy yuridicheskij jurnal*, 2016, vol. 3 (94), pp. 245–246.
13. Zaytsev N. V. Gosudarstvennaya zashchita sotrudnikov politzii i ih blizkikh [State protection of police officers and their loved ones]. *Vestnik Ufimskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii*, 2016, vol. 1 (71), pp. 78–81.
14. Starostin S. A., Kirilovskiy O. V. Osobennosti realizatsii otdelnykh mer bezopasnosti v otnoshenii sotrudnikov ugolovno-iskluchitel'noy sistemy i ih blizkikh [Features of the implementation of individual security measures against employees

of the penal enforcement system and their relatives]. *Vestnik Samarskogo yuridicheskogo instituta*, 2018, vol. 3 (29), pp. 80–86.

15. Galahov S. S., Semenov V. V. Pravovyye i prikladnyye problemy primeneniya mer bezopasnosti v territorialnykh organakh Federalnoy slujby ispolneniya nakazaniy [Legal and applied problems of the application of security measures in the territorial bodies of the Federal Penitentiary Service]. *Ugolovno-ispolnitelnoe pravo*, 2017, vol. 12, issue 1, pp. 18–23.

16. Kazarinova L. V., Nazarov S. V. K voprosu o pravom regulirovanii gosudarstvennoy

zaschityi sotrudnikov ugolovno-ispolnitelnoy sistemy [On the issue of legal regulation of state protection of employees of the penal enforcement system]. *Vestnik Sankt-Peterburgskoy yuridicheskoy akademii*, 2017, vol. 4 (37), pp. 91–95.

17. Klyizbaeva V. A. Vozmojnost privilecheniya sotrudnika-jenschiny k obespecheniyu meryi bezopasnosti «lichnaya ohrana». Ispolzovanie silnykh i slabyykh storon [The possibility of involving a female employee to ensure the security measure «personal protection». The use of strengths and weaknesses]. *Pravovoe gosudarstvo: teoriya i praktika*, 2016, vol. 3 (45), pp. 145–149.

*Бабушкин Михаил Юрьевич*

Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России,  
Российская Федерация, г. Москва

Заместитель директора

E-mail: arkhistratig@rambler.ru

*Babushkin Mikhail Yurievich*

Department of Supervision and Preventive Work of the Ministry of Emergency Situations of Russia,  
Russian Federation, Moscow

Associate Director

E-mail: arkhistratig@rambler.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 614.842.83.07/08

## 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, А. Д. СЕМЕНОВ**

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

E-mail: skash\_666@mail.ru, mordov5988@mail.ru, volchonok88@mail.ru, sad8\_3@mail.ru

В работе показано, что технология ликвидации чрезвычайной ситуации, связанной с горением зеркала нефти или нефтепродукта в вертикальном стальном резервуаре, включает в себя охлаждение его стенки с помощью автоматических установок пожаротушения, ручных и переносных лафетных стволов. Как показывает практика переносные лафетные стволы являются наиболее применяемым прибором подачи огнетушащих веществ для охлаждения стенки. С целью совершенствования тактических возможностей пожарно-спасательных подразделений переносные лафетные стволы оборудуются дополнительными устройствами – осцилляторами. На выбор боевой позиции лафетного ствола с осциллятором оказывает влияние множество факторов, одним из которых является угол осцилляции. Предложен усовершенствованный алгоритм принятия управленческого решения руководителем тушения пожара по определению боевой позиции лафетного ствола при охлаждении вертикального стального резервуара с учетом выбора угла осцилляции подачи огнетушащих веществ.

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

## OPTIMIZATION OF MAKING A MANAGEMENT DECISION ON DETERMINING THE BATTLE POSITION OF THE MOBILE TABLE WHEN EXTINGUISHING A VERTICAL STEEL TANK. PART 2. OSCILLATION ANGLE

**A. V. ERMILOV, S. N. NIKISHOV, Yu. A. MERKULOVA, A. D. SEMENOV**

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, volchonok88@mail.ru, sad8\_3@mail.ru

The paper shows that the technology for eliminating an emergency situation associated with the burning of an oil or oil product mirror in a vertical steel tank includes cooling its wall using automatic fire extinguishing installations, manual and portable fire monitors. As practice shows, portable fire monitors are the most used device for supplying fire extinguishing agents to cool the wall. In order to improve the tactical capabilities of fire and rescue units, portable fire monitors are equipped with additional devices – oscillators. The choice of the combat position of a fire monitor with an oscillator is influenced by many factors, one of which is the oscillation angle. An improved algorithm for making a managerial decision by the head of fire extinguishing to determine the combat position of the fire monitor when cooling a vertical steel tank is proposed, taking into account the choice of the oscillation angle of the supply of fire extinguishing agents.

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

Российская Федерация является одним из основных государств, обеспечивающих страны Европы и Азии природным газом и нефтепродуктами. Топливо-энергетический

комплекс Российской Федерации реализует сложную технологию, которая заключается в добыче, переработке и хранении нефти и нефтепродуктов. Каждый этап представляет собой взрывопожароопасный процесс, реализуемый на нефтедобывающих вышках, газо- и нефтеперекачивающих станциях, нефтепере-

рабатывающих заводах и нефтебазах, представляющих собой совокупность резервуаров (резервуарные парки).

Как показывают статистические данные, пожары на рассматриваемых объектах возникают в Российской Федерации ежегодно и имеют значительный материальный ущерб<sup>1</sup>. Наиболее распространенный сценарий развития пожара в вертикальном стальном резервуаре (далее – РВС) основан на взрыве паровоздушной смеси паров нефтепродукта, с последующим срывом крыши и разрушением автоматических установок пожаротушения, подающих пену на слой горячей жидкости и полукольцо орошения стенок [1]. Таким образом, для ликвидации горения нефти в резервуаре, требуется привлечение пожарно-спасательных подразделений, которые обеспечат охлаждение стенки, горящего и рядом расположенного РВС.

В процессе развития пожара слой жидкости прогревается до донной воды, что приводит к вскипанию и выбросу нефтепродукта через стенки РВС. Вследствии легковоспламеняемости нефти и ее фракций возникают интенсивные тепловые потоки, создающие высокую температуру, что требует совершенствования тактических возможностей пожарно-спасательных подразделений за счет внедрения средств тушения пожара, способных решать поставленные задачи без участия ствольщика.

Одним из направлений совершенствования является внедрение в профессиональную деятельность пожарных подразделений переносных лафетных стволов с осциллятором производства ООО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР» («FR» Engineering Centre of Fire Robots Technology)<sup>2</sup>, которые позволяют обеспечивать подачу огнетушащих веществ без постоянного нахождения ствольщика на боевой позиции с учетом угла осцилляции 30°, 70° и 110° (рис. 1). Однако в современной практике тушения пожаров отсутствует алгоритм принятия управленческого решения РТП по определению расстояния и угла осцилляции лафетного ствола.



**Рис. 1.** Переносной лафетный ствол с осциллятором производства ООО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР»

**Цель работы** – усовершенствовать алгоритм определения боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара с учетом угла осцилляции [2].

Исследование по определению расстояния и угла осцилляции лафетного ствола проводилось на РВС-20000 (нефтеперекачивающая станция «Уса» ПАО «Транснефть»). В качестве приборов подачи огнетушащих веществ применялись ЛС-П40(20,30)Уо и ЛС-П60(50,70,80)У<sup>3</sup>. Высота подачи огнетушащих веществ составляет 10,9 м (максимальный уровень разлива нефтепродукта). Периметр РВС равен 143,2 м. Третья часть периметра РВС равна 47,7 м, что соответствует 120° окружности стенки. Расстояние от стенки РВС до обвалования составляет 15 м, которое принято за начальную точку отсчета удаления боевой позиции. Максимальное удаление боевой позиции ствольщика от стенки РВС составляет 75 м, что соответствует дальности подачи огнетушащих веществ ЛС-П60(50,70,80)У при напоре 80 м. вод. ст. и расходу лафетного ствола 60 л/с.

Анализ геометрических параметров формирования пути перемещения компактной струи при охлаждении с использованием ЛС-П40(20,30)Уо с заданным углом осцилляции представляет собой равнобедренный треугольник, что позволяет определить угол осцилляции  $\beta$  лафетного ствола (рис. 2).

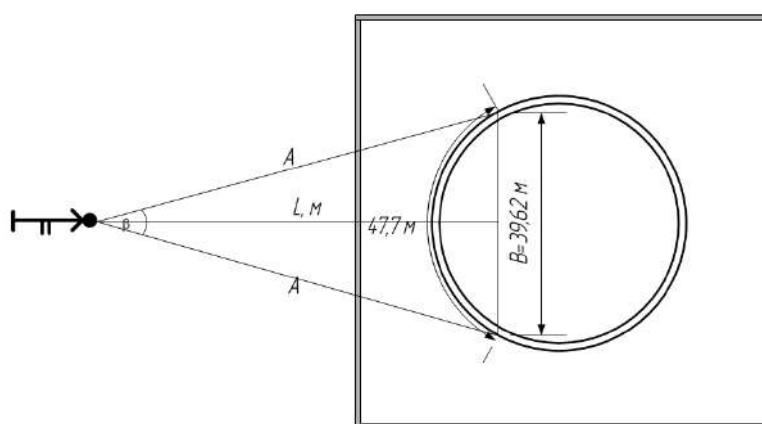
<sup>1</sup> Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.

<sup>2</sup> Ствол лафетный стационарный с ручным управлением с осциллятором ЛС-П20(15,25)Уо. URL: <https://firerobots.ru/product/ls-p20uo> (дата обращения 28.04.2023 г.)

<sup>3</sup> Пожарный лафетный ствол ЛС-П60(50,70,80)У переносной с ручным управлением URL: <https://firerobots.ru/product/ls-p60u?rup=0> (дата обращения 28.04.2023 г.)

Таблица. Тактико-техническая характеристика ствола с осциллятором

Наименование параметров	Значение						
	ЛС-П40(20,30)Уо			ЛС-П60(50,70,80)У			
Номинальное давление, МПа	0,8						
Рабочее давление, МПа	0,4-1,0						
Расход воды при давлении 0,8 МПа, л/с	20	30	40	50	60	70	80
Дальность струи, при давлении 0,8 МПа:							
– водяной сплошной, м	50	55	62	70	75	85	87
– распыленной, с углом факелом 30°, м	31	34	40	43	44	46	50
– пенной сплошной, м	44	47	50	60	63	65	70
Углы осцилляции, градусов	30, 70, 110						
Рабочая скорость осцилляции, градусов/ с	2 – 6						



**Рис. 2.** Схема подачи огнетушащих веществ: где L – расстояние от боевой позиции до стенки РВС, м; A – боковая сторона равностороннего треугольника, м; B – основание равностороннего треугольника (39,62 м); β – угол осцилляции, град

Определение зависимости угла осцилляции β лафетного ствола от расстояния мы проводили по классическим уравнениям тригонометрии.

1. Определим сторону равностороннего треугольника A.

$$A = \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + L^2}, \quad (1)$$

2. Определим значение угла осцилляции β.

$$\beta = 2 \arcsin \frac{\frac{B}{2}}{2 \cdot A}, \quad (2)$$

Значения, получаемые при расчете в радианах, с помощью программного обеспечения Microsoft Excel переводились в градусы (рис. 3).

Результаты проведенного расчета зависимости угла осцилляции β лафетного ствола от расстояния до стенки РВС представлены на рис. 4. Анализ представленных данных показывает, что при угле осцилляции в 110° и удалении ствола на 15 метров от РВС-20000, а также при угле осцилляции в 70° и удалении ствола на 28 метров от РВС-20000 орошение стенки будет происходить наиболее интенсивно в связи с уменьшением потерь огнетушащих веществ. При выборе угла осцилляции 30° удаление боевой позиции от стенки РВС составляет 72 метра, что соответствует предельной подачи воды из ЛС-П60(50,70,80)У при напоре 60 м. вод. ст. Эффективность орошения при данном показателе не будет являться эффективной, так как на дальность подачи в большей степени воздействуют воздушные потоки. Поэтому, максимальную дальность подачи воды целесообразно принимать с коэффициентом 0,7, учитывающим воздействие воздушных потоков. Таким образом, дальность подачи воды будет соответствовать 52,5 метрам [2].

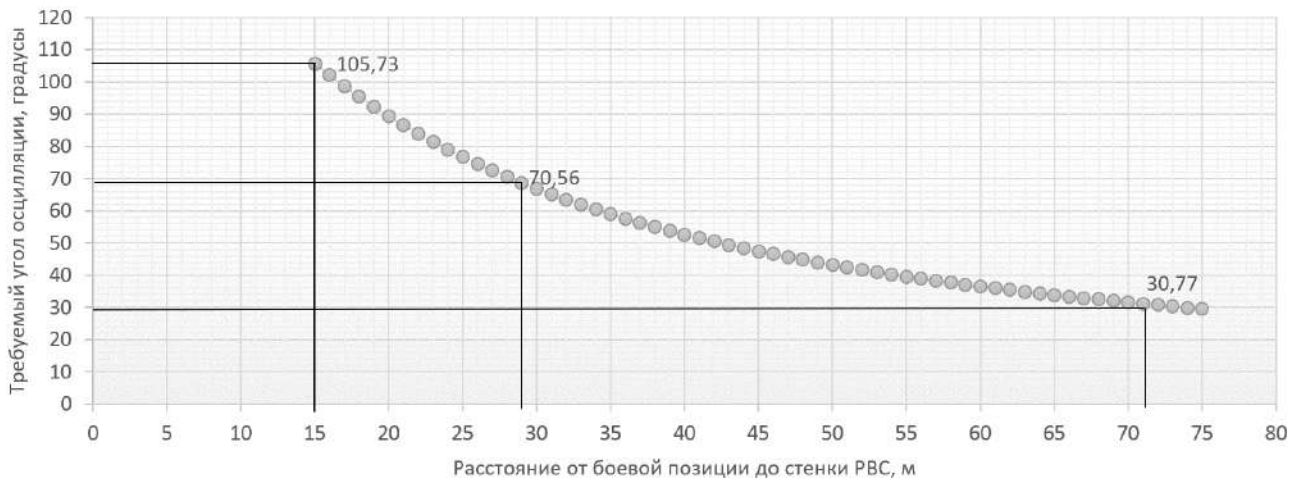


Рис. 3. Результаты расчета

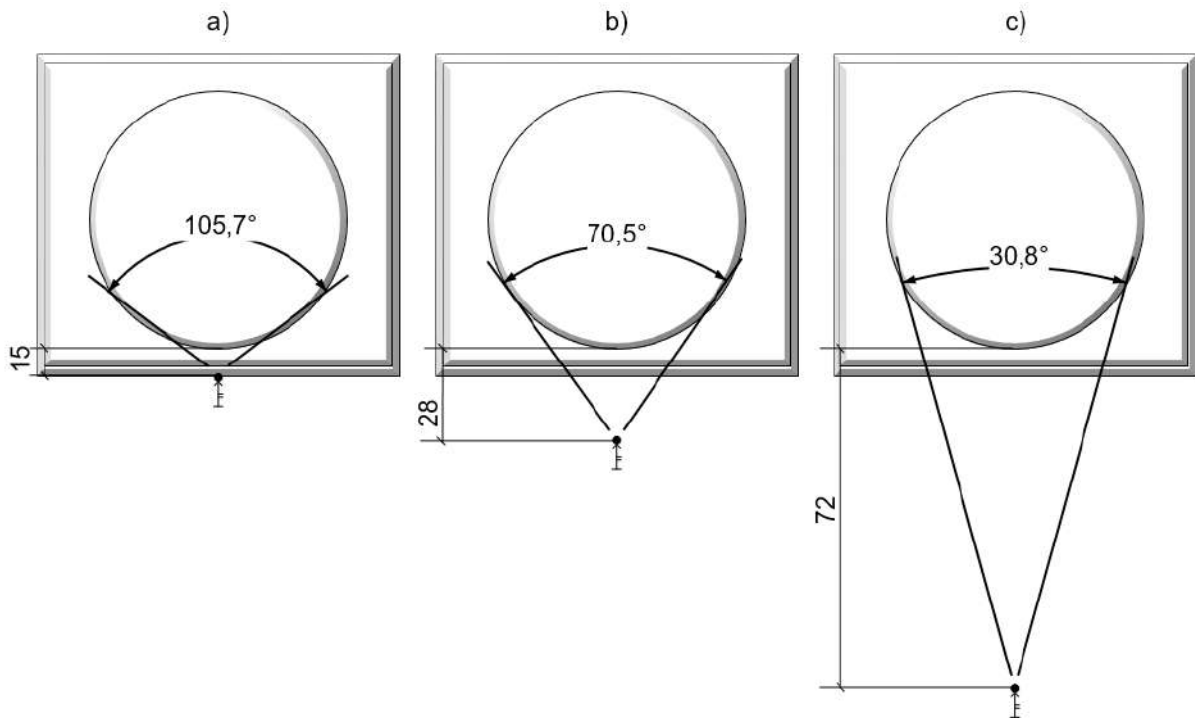


Рис. 4. Зависимость удаления боевой позиции лафетного стола от стенки РВС от угла осцилляции

Предложенный подход к оценке угла  $\beta$  позволил подчеркнуть, что существует проблема при определении боевой позиции лафетного ствола. Это позволяет нам усовершенствовать алгоритм определения боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара, который состоит из шести блоков (рис. 5).

Первый блок алгоритма основан на вводе данных: периметр горящего и рядом расположенных РВС ( $P_r$ ); высота резервуара ( $h_r$ ); требуемая интенсивность подачи воды на охлаждение стенки горящего и соседних РВС

( $I_{тр(охл)}$ ); расход прибора подачи огнетушащих веществ ( $Q_{ств(ПЛС)}$ ); требуемое расстояние боевой позиции от стенки РВС ( $L_{бп(тр)}$ ); напор у насадка ствола ( $H_{ств}$ ).

Во втором блоке определяется требуемый расход воды на охлаждение горящего и соседних резервуаров, а также количества приборов подачи огнетушащих веществ.

В третьем блоке определяется дальность подачи огнетушащих веществ переносного лафетного ствола ( $L_{под(отв)}$ ).

В четвертом блоке сравниваются значение расстояния боевой позиции от стенки РВС и дальность подачи огнетушащих веществ переносного лафетного ствола. Если  $L_{под(отв)} \leq L_{бп(тр)}$ , то корректируются исходные данные, такие как расход прибора подачи огнетушащих веществ ( $Q_{ств(ПЛС)}$ ), напор у насадка ствола ( $H_{ств}$ ) или требуемое расстояние боевой позиции от стенки РВС ( $L_{бп(тр)}$ ).

В пятом блоке дальность подачи огнетушащих веществ сравнивается с ближайшим значением угла осцилляции лафетного ствола  $\beta$  ( $30^\circ$ ,  $70^\circ$  и  $110^\circ$ ).

В шестом блоке выбирается полученное табличное значение угла подачи лафетного ствола ( $\alpha$ ).

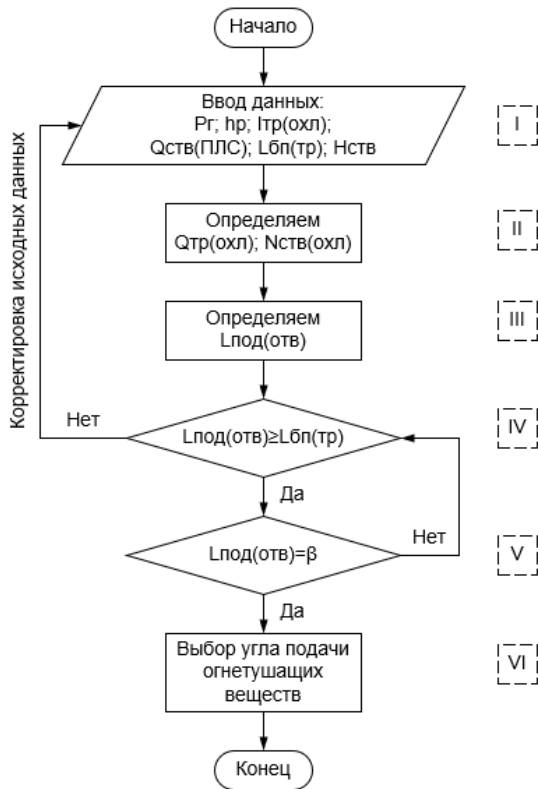


Рис. 5. Алгоритм определения боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара с учетом угла осцилляции

## Выводы

Проведенное исследование расширяет теорию ликвидации чрезвычайной ситуации, связанной с пожаром нефти и нефтепродуктов, в РВС. Во-первых, на основе математических методов определены оптимальные соотношения удаленности боевой позиции от стенки РВС к углу осцилляции лафетного ствола  $\beta$ . Так, при охлаждении третьей части периметра РВС-20000 целесообразно выбирать угол осцилляции в  $110^\circ$  (удаление ствола на 15 метров от стенки) и  $70^\circ$  (удаление ствола на 28 метров от стенки). При выборе данных углов орошение стенки будет происходить наиболее интенсивно. Это в первую очередь связано с уменьшением потерь огнетушащих веществ. Выбор угла осцилляции  $30^\circ$  отодвигает боевую позицию от стенки РВС на 72 метра. При данном показателе охлаждение не будет эффективным, так как на дальность подачи в большей степени воздействуют воздушные потоки. Во-вторых, усовершенствован алгоритм определения боевой позиции лафетного ствола при тушении вертикального стального резервуара с учетом полученных теоретических данных. Усовершенствованный алгоритм позволяет обеспечить поддержку принятия управленческих решений РТП при ликвидации чрезвычайной ситуации [3; 4; 5], а также может быть основой для распределения деятельности должностных лиц дежурного караула [6]. Внедрение алгоритма в деятельность оперативного штаба на месте пожара позволит оперативно корректировать боевые позиции переносных лафетных стволов. Данный алгоритм может быть реализован в среде специального программного обеспечения для совершенствования деятельности РТП и начальника тыла, обеспечивающего контроль за сбором насосно-рукавных схем боевыми расчетами. Применение алгоритма на практике, также возможно в совокупности с мониторингом оперативной обстановки беспилотными летательными аппаратами, которые отражают динамику оперативно-тактических действий [7; 8; 9; 10].

## Список литературы

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

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

3. Сущность управления при организации взаимодействия подразделений и служб при тушении крупных пожаров / В. А. Смирнов, А. В. Ермилов, Д. А. Черепанов [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции. Иваново: Иванов-



ская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2014. С. 166–168.

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

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

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

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

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

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

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

## References

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

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

3. Sushchnost' upravleniya pri organizacii vzaimodejstviya podrazdelenij i sluzhby pri tushenii

krupnyh pozharov [The essence of management in the organization of interaction of departments and services in extinguishing large fires] / V. A. Smirnov, A. V. Ermilov, D. A. Cherepanov, [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': sbornik materialov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharo-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2014, pp. 166–168.

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

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

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

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

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

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

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

*Ермилов Алексей Васильевич*

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

кандидат педагогических наук

E-mail: skash\_666@mail.ru

*Ermilov Aleksey Vasilevich*

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of pedagogical sciences

E-mail: skash\_666@mail.ru

*Никишов Сергей Николаевич*

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

кандидат технических наук

E-mail: 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

*Меркулова Юлия Алексеевна*

ФГКОУ ВО «Нижегородская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации»,  
Российская Федерация, г. Нижний Новгород

E-mail: volchonok88@mail.ru

*Merkulova Yulia Alekseevna*

Federal State Public Educational Establishment of Higher Training «Nizhny Novgorod Academy of the Ministry of the Interior of the Russian Federation»,

Russian Federation, Nizhny Novgorod

E-mail: volchonok88@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.

УДК 355/359.07

## **МОДЕЛЬ МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ РСЧС ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ РАБОТАМИ В АКВАТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**Д. А. КОЛЕРОВ, И. Л. СКРИПНИК, Т. Т. КАВЕРЗНЕВА\*, В. А. БАЛОБАНОВ\***

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

\*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

E-mail: dima11rus@inbox.ru.

Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) осуществляет реагирование на происшествия в акватории города. Функция управления силами и средствами (СиС) РСЧС возложена на Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) Главного управления (ГУ) МЧС России по г. Санкт-Петербургу. Однако оперативно-дежурная смена (ОДС) ЦУКС выполняет в процессе повседневной деятельности множество разнородных задач, в том числе в условиях риска и неопределенности, что снижает их когнитивные способности и влечёт за собой ошибки при принятии решений. Зачастую принятие решения о выборе СиС для реагирования на конкретное происшествие осуществляет оперативный дежурный (ОД) поисково-спасательной службы (ПСС) Санкт-Петербурга, который имеет большее представление о текущей обстановке в акватории города и имеющихся на вооружении ПСС СиС, а также экспертный опыт проведения поисково-спасательных работ (ПСР). Исходя из этого, возникает актуальная научная проблема, связанная с необходимостью автоматизации процесса принятия управленческих решений о выборе СиС, необходимых для проведения ПСР и совершенствования межведомственного информационного взаимодействия органов РСЧС с целью повышения достоверности принимаемых решений.

В статье рассмотрена существующая модель межведомственного информационного взаимодействия органов РСЧС при управлении ПСР в акватории Санкт-Петербурга, анализ которой выявил недостатки информационного взаимодействия. Для их устранения предложена усовершенствованная модель, позволяющая повысить оперативность управления привлекаемыми СиС, а значит, и сохранение большего количества жизней.

**Ключевые слова:** управление, ПСР, информационное взаимодействие, РСЧС, модель.

## **MODEL OF INTERDEPARTMENTAL INFORMATION INTERACTION OF RSCHS AUTHORITIES WHEN MANAGING SEARCH AND RESCUE IN THE WATER AREA OF ST. PETERSBURG**

**D. A. KOLEROV, I. L. SKRIPNIK, T. T. KAVERZNEVA\*, V. A. BALABANOV\***

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,

\*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
Russian Federation, Saint-Petersburg

E-mail: dima11rus@inbox.ru.

The Unified State System for the Prevention and Elimination of Emergency Situations (RSChS) responds to incidents in the water area of the city. The function of managing forces and means (SiS) of the RSChS is assigned to the Crisis Management Center (TsUKS) of the Main Directorate (GU) of the EMERCOM of Russia for the city of St. Petersburg. However, the operational duty shift (ODS) of the CCMS performs many diverse tasks in the course of daily activities, including under conditions of risk and uncertainty, which reduces their cognitive abilities and leads to errors in decision-making. Often, the decision on the choice of SIS for responding to a specific incident is made by the operational duty officer (OD) of the search and rescue service (PSS) of St. search and rescue operations (RPS). Proceeding from this, an urgent scientific problem arises related to the need to automate the process of making managerial decisions on the choice of the S&S necessary for conducting the RPS and improving the interdepartmental information interaction of the RSChS bodies in order to increase the reliability of the decisions made.

The article considers the existing model of interdepartmental information interaction of the RSChS bodies in the management of the RPS in the waters of St. Petersburg, the analysis of which revealed the shortcomings of information interaction. To eliminate them, an improved model has been proposed, which makes it possible to increase the efficiency of managing the involved S&S, and therefore save more lives.

**Key words:** management, RPS, information exchange, RSChS, model.

Согласно данным официальных источников в России ежегодно происходит порядка 50000 происшествий на водных объектах, из которых подавляющее большинство составляют происшествия с маломерными судами в летний период (14.08.2022 на реке Ждановка

катер Yamaha врезался в береговое ограждение, рис. 1), а так же происшествия, связанные с проваливанием людей под лёд в зимний период или отрывом льдин с рыбаками (28.02.2023 эвакуация трех групп рыбаков с оторвавшихся льдин, рис. 2).



**Рис. 1.** Происшествие с катером



**Рис. 2.** Спасение рыбаков с льдин

Основными причинами большого количества происшествий на водных объектах являются:

- популяризация водного туризма в летний период;
- удешевление технологий производства маломерных судов, что делает их более доступными;
- общие тенденции глобального потепления, влекущие уменьшение толщины ледового покрова в зимний период.

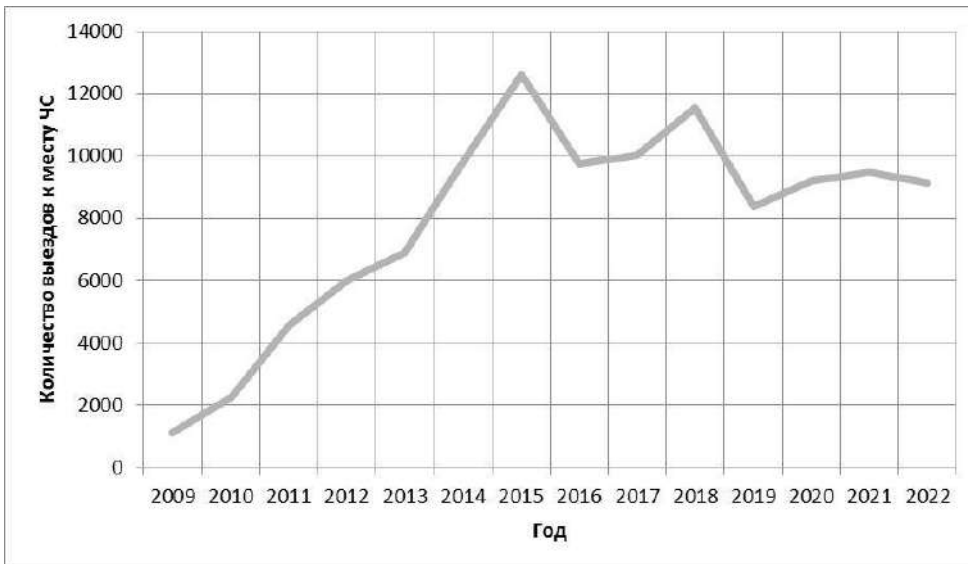
В акватории Санкт-Петербурга происходит большая часть происшествий на водных объектах, зарегистрированных в РФ, что обусловлено её географическими особенностями, а также совокупностью других обстоятельств, к которым относятся:

– значительное число водных объектов в субъекте;

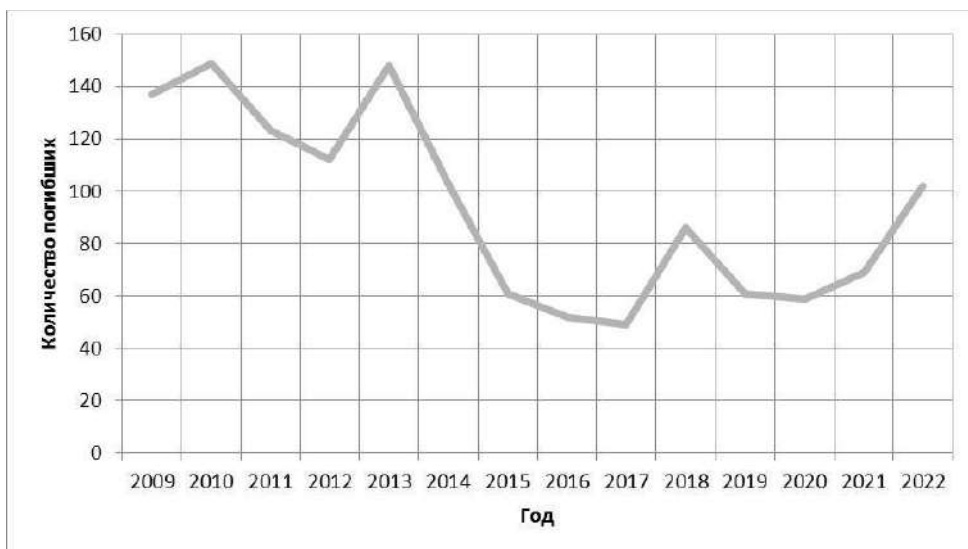
- высокий уровень развития водного туризма (экскурсии по рекам и каналам);
- большое количество населения и туристов, особенно в летний период, а также близость Финского залива к городу [1].

Ежегодно в акватории Санкт-Петербурга происходит порядка 10000 происшествий, на которые осуществляют реагирование СиС ПСС Санкт-Петербурга и МЧС России (рис. 3) [2].

Так же остаётся высоким уровень гибели людей в акватории Санкт-Петербурга (рис. 4). Кроме того, средний показатель гибели на 100 тыс. населения составляет 1,9-2,0. Это значение намного больше показателей некоторых стран мира [1].



**Рис. 3.** Количество выездов для проведения ПСР в акватории Санкт-Петербурга за период с 2009 по 2022 годы



**Рис. 4.** Количество погибших в акватории Санкт-Петербурга с 2009 по 2022 годы

Обработав статистические данные, можно сказать, что количество выездов на происшествия снижается, но в то же время намечается тенденция к увеличению числа погибших.

Однако, в дальнейшем следует учесть, что количество выездов и погибших должно с течением времени сокращаться. Для достижения этого необходимо произвести:

- совершенствование системы управления РСЧС, а именно оптимизацию существующих моделей и алгоритмов и разработать новые;
- оптимизацию процесса информационного обмена органов РСЧС при проведении ПСР;
- алгоритмизацию процесса принятия решений по управлению СиС при проведении ПСР;
- интеллектуализацию деятельности должностных лиц, принимающих управленческие решения;
- повышение сознательности людей в результате проведения пропагандистской работы по недопущению подобных действий.

Географическое расположение Санкт-Петербурга имеет важное значение для экономики нашей страны, так как он расположен на берегу Финского залива, и через его порты проходит грузооборот, равный 2 % ВВП страны. Балтийское море накладывает отпечаток на климатические особенности региона, что приводит к появлению сильных ветров и меняющейся ледовой обстановки в зимний период. Уникальное расположение города и историческая архитектура делает его самым популярным морским городом нашей страны. Это неизбежно приводит к увеличению общей численности людей на водных объектах и, как следствие, большому количеству происшествий.

14 государственных учреждений, взаимодействуя между собой, осуществляют безопасность людей на водных объектах (рис. 5) [1]. Все они являются компонентами РСЧС и осуществляют тесное взаимодействие между собой для оперативного реагирования на происшествия и обеспечения безопасности мероприятий, проводимых вблизи акватории (рождественские купания, массовые заплывы).



Рис. 5. Схема взаимодействия подразделений для безопасности людей на воде

Согласно требованиям нормативных документов юридическая ответственность за управление СиС возложена на ЦУКС ГУ МЧС России по г. Санкт-Петербургу. Однако, старший ОД ЦУКС, принимающий решение о составе и количестве привлекаемых СиС для проведения ПСР в акватории Санкт-Петербурга, должен учесть большое количество факторов, оказывающих влияние на сложившуюся обстановку. Используя когнитивные способности полностью их учесть невозможно. В связи с этим, при принятии решения ОД может выбрать СиС, которые физически не смогут прибыть к месту проведения ПСР в силу природных катаклизмов (большой волны, вы-

соких торосов) или других факторов (малой глубины фарватера, низкого пролёта моста, рис. 6). В случае низкого пролёта моста и высокого уровня воды в акватории (в момент, когда закрыты шлюзы на дамбе, в восточной части акватории Санкт-Петербурга происходит подъём уровня воды до 1,5 метров) не вся высланная техника сможет своевременно прибыть к месту происшествия. Таким образом, ответственность за принятие решения об отправке необходимой группировки СиС для оказания помощи пострадавшим на водном объекте с учётом тактико-технических характеристик техники и маршрутов следования лежит на ОД ПСС [3].

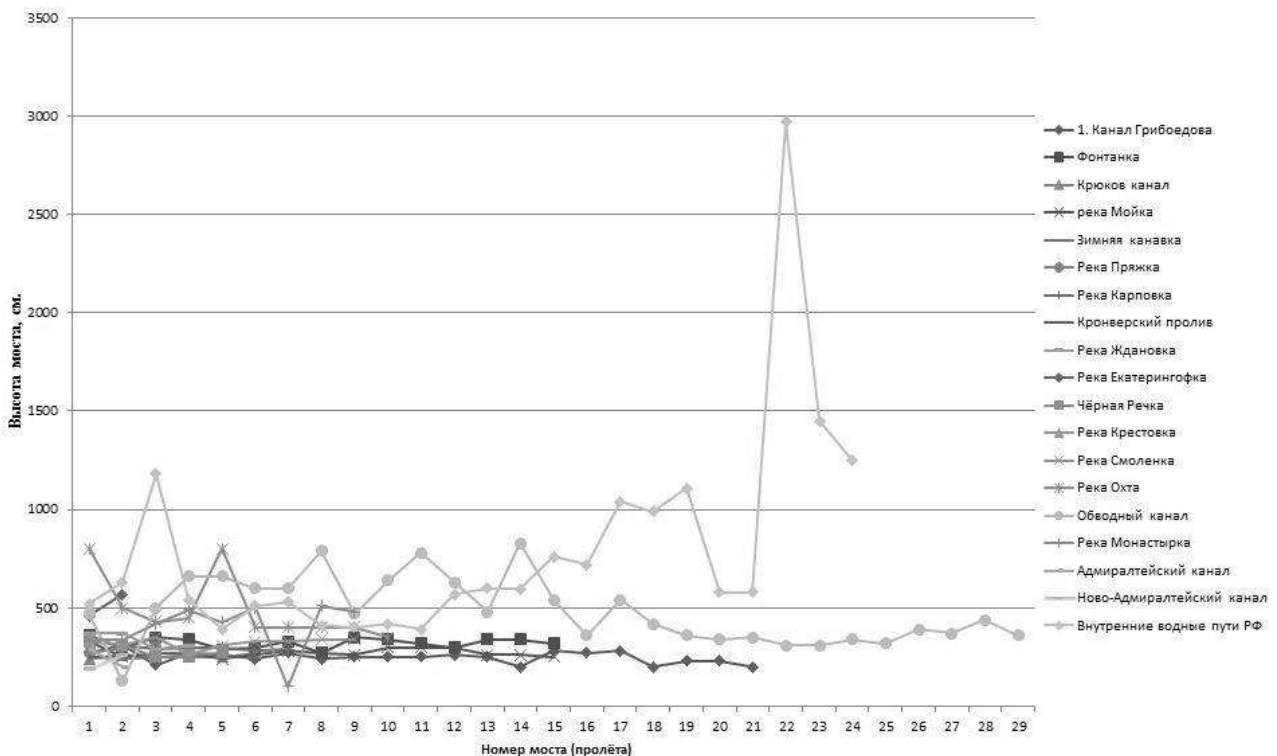


Рис. 6. Высота пролётов мостов, находящихся в акватории Санкт-Петербурга

Любое межведомственное информационное взаимодействие органов РСЧС при управлении ПСР начинается с заявки о происшествии, которая поступает в систему обработки вызовов 01. Далее формируется карточка вызова и автоматически отправляется заявка на выезд скорой помощи к месту происшествия. Старший ОД ЦУКС, получив информацию о происшествии, принимает решение об отправке СиС. Для принятия оптимального управленческого решения ему также необходима дополнительная информация, полученная от других ведомств, очевидцев или изображений с камер видеонаблюдения. После подготовки управленческого решения формируется заявка. В системе ГИС ЕДДС 01 указываются службы, которым необходимо осуще-

ствить реагирование. Информация о происшествии может быть получена не только от ЦУКС, а также от инспекторов Государственной инспекции по маломерным судам, спасателей ПСС, осуществляющих патрулирование акватории и обнаруживших происшествие. В случае с ПСС СиС могут не указываться, так как решение о выборе конкретного состава СиС осуществит ОД ПСС.

Исходя из сложившейся обстановки, оценив характеристику акватории, имеющиеся на вооружении СиС, ОД ПСС принимает решение о том, какие СиС будут задействованы, а также с какой ПСС будет осуществляться их выезд. После того как решение принято ОД ПСС посредством радиосвязи даёт сигнал на выезд СиС к месту проведения ПСР.

О ходе проведения ПСР ОД и спасатели ПСС осуществляют доклад в ЦУКС. В случае необходимости наращивания группировки СиС в месте происшествия старший ОД имеет право привлечь дополнительные СиС к проведению ПСР. Однако для этого ему необходима информация от ПСС, которая зачастую поступает несвоевременно, так как отсутствуют четкие временные требования. ОД ПСС стремится ограничиться силами ПСС и не может привлечь другие ведомства к проведению ПСР. В то же время ЦУКС наделен такими функциями и может привлечь СиС Регионального поисково-спасательного отряда, МЧС России или Северо-Западного авиационно-спасательного центра.

На рис. 7 изображена существующая модель межведомственного информационного взаимодействия органов РСЧС при управлении ПСР в акватории Санкт-Петербурга. Ана-

лиз функционирования данной модели показал, что она имеет некоторые несовершенства, а именно, ОД ПСС имеет право использовать только СиС, находящиеся на вооружении ПСС. Дополнительные СиС может привлекать только старший ОД ЦУКС.

Поэтому для устранения выявленных недостатков разработана усовершенствованная модель межведомственного информационного взаимодействия органов РСЧС при управлении ПСР в акватории Санкт-Петербурга (рис. 8), которая позволяет ОД ПСС привлекать СиС других ведомств для проведения ПСР. Такой подход основан на том, что ОД ПСС является наиболее компетентным лицом, который владеет спецификой акватории Санкт-Петербурга и может точнее принять решение о привлекаемых СиС.



Рис. 7. Существующая модель межведомственного информационного взаимодействия органов РСЧС при управлении ПСР в акватории Санкт-Петербурга

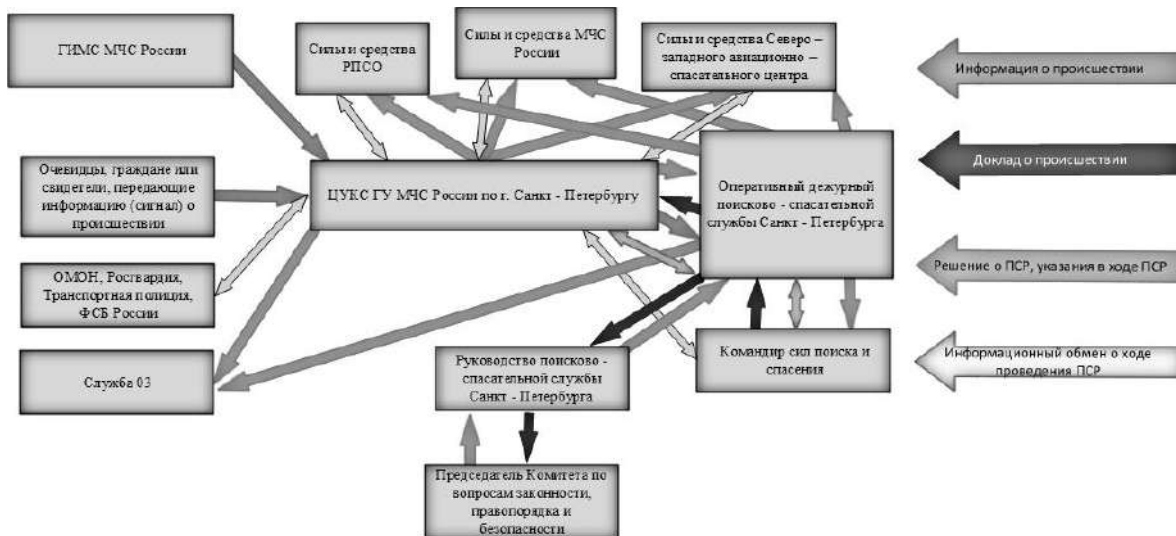


Рис. 8. Усовершенствованная модель межведомственного информационного взаимодействия органов РСЧС при управлении ПСР в акватории Санкт-Петербурга



Таким образом, в статье рассмотрена существующая модель межведомственного информационного взаимодействия органов РСЧС при управлении ПСР в акватории Санкт-Петербурга и вскрыты её проблемные вопросы. Для их решения предложена усовершенствованная модель, позволяющая ОД ПСС привлекать к проведению ПСР СиС других ведомств.

Дальнейшие исследования необходимо проводить в направлении формализации

информации, которой обмениваются органы РСЧС при проведении ПСР, алгоритмизации процесса принятия управленческих решений при проведении ПСР в акватории Санкт-Петербурга и процесса выбора количества и состава СиС, необходимых для проведения ПСР. Кроме того, интеллектуализация процесса позволит существенно снизить вероятность допущения ошибок при принятии управленческих решений [4, 5].

### Список литературы

1. О необходимости разработки концепции развития системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга / О. И. Аришина, Ю. Л. Данчук, Л. А. Промыслов [и др.] // Морской вестник. 2019. № 4. С. 115–120.
2. 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.
3. Куватов В. И., Заводсков Г. Н., Колеров Д. А. Оценка эффективности управления безопасностью на объектах водного транспорта // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 4. С. 81–90.
4. Куватов В. И., Горбунов А. А., Колеров Д. А. Метод интеллектуальной поддержки управленческих решений с помощью ассоциативных связей при прогнозировании чрезвычайных ситуаций // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 2. С. 116–124.
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. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2021. С. 726–730.

### References

1. O neobhodimosti razrabotki koncepcii razvitiya sistemy obespecheniya bezopasnosti na vodnykh ob»ektah Sankt-Peterburga [On the need to develop a concept for the development of a security system for water facilities in St. Petersburg] / O. I. Arishina, Yu. L. Danchuk, L. A. Promyslov [et al.]. *Morskoy vestnik*, 2019, issue 4, pp. 115–120.
2. Kolerov D. A., Potapov A. I., Utkin O. V. Kompleksnyj analiz prichin vozniknoveniya chrezvychajnyh situacij na transporte [Comprehensive analysis of the causes of emergencies in transport]. *Prirodnyye i tekhnogennyye riski (fiziko-matematicheskiye i prikladnyye aspekty)*, 2022, issue 3, pp. 38–46.
3. Kuvatov V. I., Zavodskov G. N., Kolerov D. A. Ocenka effektivnosti upravleniya bezopasnost'yu na ob»ektah vodnogo transporta [Evaluation of 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.
4. Kuvatov V. I., Gorbunov A. A., Kolerov D. A. Metod intellektual'noj podderzhki upravlencheskih reshenij s pomoshch'yu associativnyh svyazey pri prognozirovanii chrezvychajnyh situacij [The method of intellectual support for management decisions using associative links in predicting emergency situations]. *Nauchno-analiticheskiy zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy proti-vopozharnoy sluzhby MCHS Rossii»*, 2022. issue 2, pp. 116–124.
5. Matveev A. V., Kolerov D. A. Perspektivy primeneniya iskusstvennogo intellekta pri reagirovanii na CHS [Prospects for the use of artificial intelligence in response to emergencies]. *Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Monitoring, predotvrashcheniye i likvidatsiya chrezvychajnykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*.

Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy universitet  
Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby  
Ministerstva Rossiyskoy Federatsii po delam

grazhdanskoj oborony, chrezvychaynym  
situatsiyam i likvidatsii posledstviy stikhiynykh  
bedstviy, 2021, pp. 726–730.

*Колеров Дмитрий Алексеевич*

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

*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  
Head of Cabinet  
E-mail: dima11rus@inbox.ru

*Скрипник Игорь Леонидович*

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России  
им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,  
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург  
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры  
E-mail: ig.skripnick2011@yandex.ru

*Skripnik Igor Leonidovich*

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia  
named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E.N. Zinicheva,  
Russian Federation, Saint-Petersburg  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department  
E-mail: ig.skripnick2011@yandex.ru

*Каверзнева Татьяна Тимофеевна*

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург  
кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы техносферной безопасности  
E-mail: kaverztt@mail.ru

*Kaverzneva Tatyana Timofeevna*

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,  
Russian Federation, St. Petersburg  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Higher School  
of Technosphere Safety  
E-mail: kaverztt@mail.ru

*Балабанов Валерий Александрович*

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург  
кандидат медицинских наук, доцент Высшей школы техносферной безопасности  
E-mail: val-balabanov@yandex.ru

*Balabanov Valery Alexandrovich*

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,  
Russian Federation, St. Petersburg  
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Higher School of Technosphere Safety  
E-mail: val-balabanov@yandex.ru

УДК 005.33

## МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ МЧС РОССИИ

**В. И. КУВАТОВ<sup>1</sup>, О. Е. ЧУДАКОВ<sup>2</sup>, А. А. ТАРАНЦЕВ<sup>3</sup>, А. А. БАЛОБАНОВ<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации,  
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук,  
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

E-mail: kyb.valery@yandex.ru, oechuda@yandex.ru, t\_54@mail.ru, andrey.balobanov.92@mail.ru

Проблема оценки информационных рисков на данный момент имеет высокую актуальность. Данное обстоятельство обусловлено тем, что в настоящее время практически любая деятельность подразделений МЧС России сопровождается использованием информационных технологий.

В статье выделены основные составные части информационно-вычислительных сетей подразделений МЧС России, которые потенциально могут быть подвержены информационным рискам. Разработана математическая модель, позволяющая учитывать перечень основных параметров информационного риска. Предложена градация оценки ущерба от информационного риска, позволяющая учитывать невозможность получения точного значения ущерба от реализованной угрозы. Разработана поведенческая модель программы автоматизированной оценки и управления рисками.

**Ключевые слова:** информационные риски, технологии, управление рисками, информационно-вычислительные сети, модель.

## RISK MANAGEMENT MODEL IN A TYPICAL INFORMATION AND COMPUTING NETWORK OF THE MINISTRY OF EMERCOM OF RUSSIA

**V. I. KUVATOV<sup>1</sup>, O. E. CHUDAKOV<sup>2</sup>, A. A. TARANTSEV<sup>3</sup>, A. A. BALOBANOV<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> Saint-Petersburg University of the MIA of Russia  
Russian Federation, Saint-Petersburg

<sup>3</sup> Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences  
Russian Federation, Saint-Petersburg

E-mail: kyb.valery@yandex.ru, oechuda@yandex.ru, t\_54@mail.ru, andrey.balobanov.92@mail.ru

The problem of assessing information risks at the moment is of high relevance. This circumstance is due to the fact that at present almost any activity of the departments of the Ministry of Emergency Situations of Russia is accompanied by the use of information technologies.

The article highlights the main components of the information and computing networks of the units of the Ministry of Emergency Situations of Russia, which can potentially be exposed to information risks. A mathematical model has been developed that allows taking into account the list of the main parameters of information risk. A gradation of information risk damage assessment is proposed, which allows taking into account the impossibility of obtaining an accurate value of damage from a realized threat. A behavioral model of the automated risk assessment and management program has been developed.

**Key words:** information risks, technologies, risk management, information and computing networks, model.

В настоящее время вопрос информационной защищенности различных сфер и уровней ставится крайне остро. Эффективность функционирования различных систем напрямую связана с качеством информации, что делает ее одним из наиболее ценных ресурсов.

Высокую значимость в сфере информационной безопасности МЧС России имеют оценка и управление информационными рисками, так как данные процессы сильно влияют на степень оперативности и качество принятых управленческих решений.

Оценка информационных рисков является достаточно сложной аналитической работой. При этом до начала рассмотрения основных подходов к оценке информационных рисков необходимо дать четкие определения понятиям «риск» и «информационный риск».

Российский стандарт в области менеджмента риска устанавливает, что риск является следствием влияния неопределенности на достижение поставленных целей<sup>1</sup>.

Как и любые информационные системы, информационные средства, применяемые в МЧС России, подвержены информационным рискам. Но степень ответственности за поддержание безопасности ведомственной информационной инфраструктуры на требуемом уровне несопоставима с аналогичной задачей негосударственных организаций и учреждений: в отличие от бизнеса, защищающего свой частный интерес (например, коммерческую тайну), в ведомственных сетях и компьютерах хранится, обрабатывается и передается информация, напрямую касающаяся безопасности граждан и государства.

В основу исследования заложена теория управления рисками («риск-менеджмент»), которая занимается вопросами принятия таких управленческих решений, направленных на минимизацию возможных потерь при выполнении конкретной задачи и снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата.

Безусловно, в сферу обеспечения информационной безопасности компьютерных систем и сетей входит вопрос управления информационными рисками [1]. Для того чтобы получить возможность наиболее эффективно управлять информационными рисками необходимо:

1. Выявить информационные объекты, наиболее подверженные рискам.
2. Идентифицировать информационные угрозы и риски.

3. Разработать модель оценки рисков.

4. Провести оценку рисков.

5. На основе полученных данных выбрать риск-стратегию, методы и инструменты управления выявленными рисками.

На данный момент в подразделениях МЧС России стандартным набором информационных средств является набор, состоящий из следующих аппаратно-программных средств [2]:

- технические средства, обеспечивающие телефонную связь;

- технические средства, обеспечивающие факсимильную связь;

- технические средства, обеспечивающие радиосвязь;

- персональные электронно-вычислительные машины, предназначенные для удовлетворения служебных потребностей сотрудников, как правило, объединенные в общую локальную сеть, подключенные к Единой информационно-телекоммуникационной системе МЧС России и имеющие доступ к открытой сети «Интернет»;

- электронно-вычислительные машины и серверы, обеспечивающие работу прикладных сервисов (например, видеоконференцсвязи);

- электронно-вычислительные машины, обеспечивающие работу систем безопасности:

- 1) системы контроля и управления доступом на периметр подразделения,

- 2) системы видеонаблюдения за периметром подразделения,

- 3) системы датчиков и сенсоров инженерно-технической защиты периметра подразделения,

- 4) системы пожарной безопасности подразделения.

Наиболее вероятными потенциальными объектами информационного риска выступают электронно-вычислительные машины и информационно-вычислительная сеть подразделения. Данная ситуация характеризуется общим доступом в сеть с достаточно большим спектром функциональных возможностей (электронный документооборот, электронная почта, банки данных различного уровня и так далее) нескольких сотрудников через свои персональные компьютеры на рабочих местах. Данная информация может вызывать интерес у субъектов, стремящихся использовать ее в своих целях. В связи с чем появляются различные попытки завладеть подобной информацией, что ставит под угрозу сеть и компьютеры подразделений.

<sup>1</sup> ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство.

Всю совокупность уязвимостей, присущих сотрудникам, компьютерам и сети подразделения, предлагается рассматривать по трем основным направлениям:

1. Уязвимости, порождаемые аппаратно-программными средствами, при помощи которых проводится обработка, передача и хранение информации, а также каналы связи, объединяющие эти средства.

2. Уязвимости, порождаемые сотрудниками подразделения, которые взаимодействуют с аппаратно-программными средствами.

3. Уязвимости правовых и организационных мер, направленных на регулирование процедур использования сотрудниками аппаратно-программных средств.

К первой группе уязвимостей относятся:

- недостаточная надежность аппаратного обеспечения;
- недостаточная надежность программного обеспечения;
- слабая защищенность каналов связи;
- недостаточная надежность или полное отсутствие средств инженерно-технической защищенности вычислительной техники;
- использование морально и физически устаревших средств автоматизации, исчерпавших свой ресурс, а также нелегального программного обеспечения.

Ко второй группе уязвимостей относятся:

- низкая квалификация сотрудников;
- отсутствие у сотрудников навыков работы со средствами вычислительной техники и программными средствами;
- несоблюдение сотрудниками правил, относящихся к степени сложности и сохранности паролей;
- халатное отношение к правилам обращения со съемными носителями информации (магнитными и оптическими накопителями, USB-флеш-накопителями, съемными жесткими дисками);
- низкая мотивированность сотрудников в добросовестном выполнении служебных обязанностей, подверженность коррупционным проявлениям;
- нецелевое использование служебных технических средств.

К третьей группе уязвимостей относятся:

- отсутствие локальной политики информационной безопасности подразделения;
- отсутствие инструкции по корректному обращению со средствами вычислительной техники и съемными носителями информации;
- отсутствие практики проведения инструктивных занятий с сотрудниками по темам информационной безопасности, корректному

обращению со средствами вычислительной техники и съемными носителями информации;

- отсутствие механизмов идентификации, аутентификации и разграничения доступа;

- низкая квалификация администратора компьютеров и сети подразделения, несоблюдение им общих правил и процедур информационной безопасности, таких как нерегулярное обновление антивирусного программного обеспечения, сохранение учетных записей, логинов и паролей уволенных (уволившихся) сотрудников в активном состоянии и т. п.;

- отсутствие механизмов резервирования и дублирования особо критичной информации;

- несвоевременное проведение технического обслуживания, ремонтных и сопроводительных работ средств вычислительной техники.

Учитывая изложенное выше, предлагается для оценки информационных рисков использовать математическую модель, учитывающую следующие параметры:

- вероятность осуществления доступа к информации сторонних лиц;
- возможность несанкционированного доступа к каналам связи и передачи данных;
- уровень обеспечения мерами организационного и правового характера;
- уровень компетентности сотрудников, как подразделения, так и допущенных из сторонних организаций;
- возможность несанкционированного доступа к аппаратной части;
- возможность несанкционированного доступа к программной части;
- устойчивость инженерно-технической части подразделения;
- возможный ущерб в случае возникновения и реализации угрозы.

Математическая модель оценки информационных рисков [3], учитывающая данные параметры, представлена ниже – формула (1).

$$R = P_{од} * (J_{оп} + J_{кс} + J_{уит} + \frac{J_{лч} + J_{пч} + J_{кспд}}{3}) * G_y \quad (1)$$

где  $R$  – уровень информационного риска,  
 $P_{од}$  – вероятность осуществления доступа к информации сторонних лиц,

$J_{\text{ПОМ}}$  – коэффициент, учитывающий обеспечение мерами организационного и правового характера,

$J_{\text{КС}}$  – коэффициент, учитывающий уровень компетентности сотрудников, как подразделения, так и допущенных из сторонних организаций,

$J_{\text{УИТ}}$  – коэффициент, учитывающий устойчивость инженерно-технической части подразделения,

$J_{\text{АЧ}}$  – коэффициент, учитывающий возможность несанкционированного доступа к аппаратной части,

$J_{\text{ПЧ}}$  – коэффициент, учитывающий возможность несанкционированного доступа к программной части,

$J_{\text{КСПД}}$  – коэффициент, учитывающий возможность несанкционированного доступа к каналам связи и передачи данных,

$G_y$  – возможный ущерб в случае возникновения и реализации угрозы.

Согласно предложенной формуле (1) вероятность реализации несанкционированного доступа к информации подразделения  $R_{\text{ОД}}$  может принимать значения от 0 до 1 ([0;1]).

Числовые коэффициенты  $J_{\text{ПОМ}}$ ,  $J_{\text{КС}}$ ,  $J_{\text{УИТ}}$ ,  $J_{\text{АЧ}}$ ,  $J_{\text{ПЧ}}$  и  $J_{\text{КСПД}}$  для удобства вычислений предлагается измерять в пределах от 0 до 1 ([0;1]).

Так как точная оценка предполагаемого ущерба от реализованной угрозы практически не представляется возможной, предлагается параметр  $G_y$  также измерять в пределах от 0 до 1 ([0;1]) с учётом данных, представленных в таблице.

Таблица. Данные для выбора величины коэффициента  $G_y$

Размер предполагаемого ущерба, млн. руб.	Менее 10	10-37	37-62	62-87	Более 87
Величина коэффициента $G_y$	0,1	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	1

С учётом всех возможных значений, принимаемых рассмотренными выше параметрами, уровень риска  $R$  будет принимать значения в пределах от 0 до 4 ([0;4]).

Значения учитываемых показателей предлагается устанавливать методом экспертных оценок.

Для ускорения оценки уровня информационного риска подразделения МЧС России предлагается автоматизировать данный процесс путем разработки программного обеспечения [4]. Данный программный продукт должен быть ориентирован на использование сотрудниками подразделений и учитывать уровень их подготовленности в данном направлении.

Схема алгоритма работы программного продукта «Автоматизированная оценка и управление информационными рисками» представлена на рисунке.

Данная схема алгоритма работы программы состоит из 9 блоков, 7 из которых основные, 2 блока – начало и конец работы программы.

В функционал блока 1 входит отображение рабочего окна программы.

Второй блок включает в себя процесс ввода всех параметров уязвимости системы, включенных в математическую модель оценки рисков:

В ходе выполнения второго блока пользователь вводит в соответствующие формы значения параметров математической модели

оценки рисков: в  $R_{\text{ОД}}$  – вероятность осуществления доступа к информации сторонних лиц,  $J_{\text{ПОМ}}$  – коэффициент, учитывающий обеспечение мерами организационного и правового характера,  $J_{\text{КС}}$  – коэффициент, учитывающий уровень компетентности сотрудников, как подразделения, так и допущенных из сторонних организаций,  $J_{\text{УИТ}}$  – коэффициент, учитывающий устойчивость инженерно-технической части подразделения,  $J_{\text{АЧ}}$  – коэффициент, учитывающий возможность несанкционированного доступа к аппаратной части,  $J_{\text{ПЧ}}$  – коэффициент, учитывающий возможность несанкционированного доступа к программной части,  $J_{\text{КСПД}}$  – коэффициент, учитывающий возможность несанкционированного доступа к каналам связи и передачи данных,  $G_y$  – возможный ущерб в случае возникновения и реализации угрозы, а также уровень предельно допустимого риска. После этого управление передается в блок 3.

В ходе выполнения блока 3 программа производит вычисления уровня риска согласно формуле (1).

Отображение результатов вычислений и рекомендаций по управлению риском происходит в блоке 4. После чего пользователь может затребовать разъяснения по проведенным расчетам (блок 5) и на экране компьютера будет отображен ход вычислений (блок 6). В противном случае управление передается блоку 7.

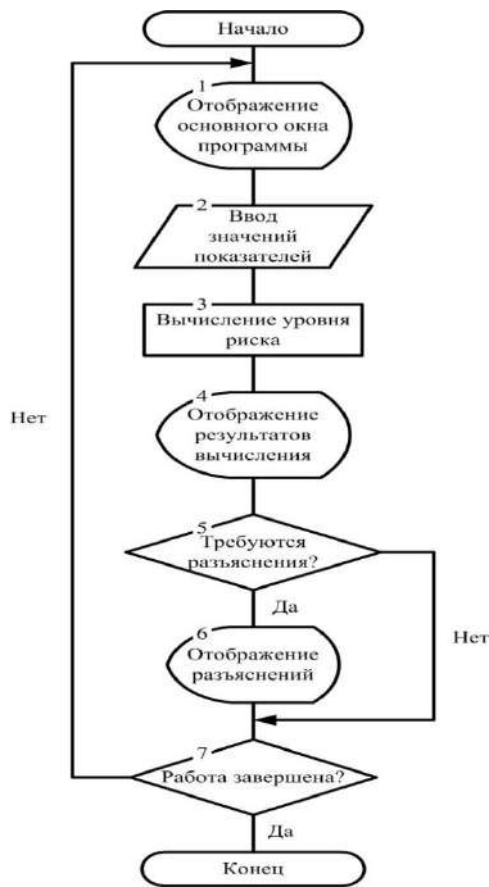


Рисунок. Поведенческая модель программы

### Список литературы

1. Куватов В. И., Примакин А. И., Якушев Д. И. Противодействие террористическим и экстремистским организациям в сети Интернет // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2015. № 1 (65). С. 91–94. EDN RTZDXG.

2. Хитов С. Б., Куватов В. И., Катаржнов А. Д. Организация проведения аудита соответствия автоматизированной обработки персональных данных в информационных системах МЧС России нормативным правовым актам Российской Федерации // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 3 (35). С. 120–124. EDN UNTXDL.

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

В случае, если пользователь закончил манипуляции с программой (блок 7), работа программы будет завершена. В обратном случае будет отображено основное окно программы (блок 1).

### Выводы:

1. Уязвимости, которым подвержены сотрудники, вычислительная техника и сеть подразделений МЧС России, удобно рассматривать по трем основным направлениям.

2. Математическая модель оценки информационных рисков типовой информационно-вычислительной сети подразделения МЧС России представлена формулой (1). Модель учитывает восемь переменных.

3. Автоматизацию процесса оценки и управления информационными рисками наиболее целесообразно проводить путем компьютерного программирования.

4. Поведенческая модель системы автоматизированной оценки и управления рисками представлена на рисунке. Она состоит из 9 блоков, 7 из которых основные, 2 блока – начало и конец работы программы.

4. Алгоритм оценки эффективности комплексной безопасности организационной системы / В. В. Конобеевских, А. В. Калач, Ю. Д. Моторьгин [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2022. № 4. С. 90–98. EDN QFPCUK.

### References

1. Kuvatov V. I., Primakin A. I., Yakushev D. I. Protivodeistvie terroristicheskim i ekstremistskim organizacijam v seti Internet [Countering terrorist and extremist organizations on the Internet]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii*, 2015, vol. 1 (65). pp. 91–94. EDN RTZDXG.

2. Hitov S. B., Kuvatov V. I., Katarjnov A. D. Organizaciya provedeniya audita sootvetstviya avtomatizirovannoi obrabotki personalnih dannih v informacionnih sistemah MChS Rossii normativnim pravovim aktam Rossijskoj Federacii [Organization of the audit of compliance of automated processing of personal data in the information systems of the Ministry of Emergency Situations of Russia with the regulatory legal acts of the Russian Federation]. *Problemi upravleniya riskami v tehnosfere*, 2015, vol. 3 (35), pp. 120–124. EDN UNTXDL

3. Matveev A. V. *Metodi modelirovaniya i prognozirovaniya* [Methods of modeling and forecasting]. SPb: St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Disaster Relief named after the Hero of the Russian Federation, General of the Army E. N. Zinicheva, 2022. 230 p. EDN IMLKWS.

4. Algoritm ocenki effektivnosti kompleksnoi bezopasnosti organizacionnoi sistemi [Algorithm for evaluating the effectiveness of the integrated security of the organizational system] / Konobeevskih V. V., Kalach A. V., Motorigin Yu. D. [et al.]. *Vestnik Voronejskogo instituta FSIN Rossii*, 2022, issue 4, pp. 90–98. EDN QFPCUK.

*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

*Чудаков Олег Евгеньевич*

Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург  
доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшего профессионального образования РФ  
E-mail: oechuda@yandex.ru

*Chudakov Oleg Evgenievich*

Saint-Petersburg University of the MIA of Russia, Russian Federation, Saint-Petersburg  
Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation  
E-mail: oechuda@yandex.ru

*Таранцев Александр Алексеевич*

Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург  
доктор технических наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ  
E-mail: t\_54@mail.ru

*Tarantsev Aleksandr Alekseevich*

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences Russian Federation, Saint-Petersburg  
Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation  
E-mail: t\_54@mail.ru

*Балобанов Андрей Александрович*

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

*Balobanov Andrey Aleksandrovich*

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



УДК 614.842.6

**ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ  
ПРИ ВЕДЕНИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ, В УСЛОВИЯХ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СФЕРЫ  
ГОСУДАРСТВА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВООРУЖЕННОГО КОНФЛИКТА**

**М. А. МАРЕЕВ<sup>1</sup>, А. Н. ДЕНИСОВ<sup>2</sup>, П. О. МИХАЙЛИН<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Главное управление пожарной охраны МЧС России,  
Российская Федерация, г. Москва

<sup>2</sup> Академия ГПС МЧС России  
Российская Федерация, г. Москва

E-mail: mareev.mikhail@mail.ru, dan\_aleks@mail.ru, mp9645606813@ya.ru

В условиях дестабилизации функционирования социальной и экономической сферы государства в результате вооруженного конфликта возникла необходимость в разработке нового научно-методического аппарата по управлению пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров.

Процесс тушения пожара начинается на этапе получения оперативной информации от системы объектовой противовоздушной обороны по каналам взаимодействия. Предварительная оценка обстановки позволяет руководителю тушения пожара определить необходимый состав сил и средств на основе анализа оперативной документации и выбора научно-методического аппарата, адекватного ко всем этапам ведения боевых действий.

С учетом указанного предложены дополнения новыми операциями и процедурами в нормативный алгоритм ведения боевых действий, предложена факторная модель ведения боевых действий, а также сформирована соотношение-группа показателей эффективности взаимодействия системы ПВО и системы противопожарной защиты.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, пожарно-спасательные подразделения, эффективность, факторная модель, поддержка, управление, пожар, этапы ведения боевых действий.

**SUPPORT FOR THE MANAGEMENT OF FIRE AND RESCUE UNITS  
DURING COMBAT OPERATIONS, IN CONDITIONS OF DESTABILIZATION  
OF THE FUNCTIONING OF THE SOCIAL AND ECONOMIC SPHERE  
OF THE STATE AS A RESULT OF ARMED CONFLICT**

**M. A. MAREEV<sup>1</sup>, A. N. DENISOV<sup>2</sup>, P. O. MIKHAILIN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Fire Main Office EMERCOM of Russia,  
Russian Federation, Moscow

<sup>2</sup> Academy of the state service of EMERCOM of Russia  
Russian Federation, Moscow

E-mail: mareev.mikhail@mail.ru, dan\_aleks@mail.ru, mp9645606813@ya.ru

In the conditions of destabilization of the functioning of the social and economic sphere of the state as a result of the armed conflict, it became necessary to develop a new scientific and methodological apparatus for managing fire and rescue units when extinguishing fires.

The process of extinguishing a fire begins at the stage of receiving operational information from the object air defense system through the channels of interaction. A preliminary assessment of the situation allows the fire extinguishing manager to determine the necessary composition of forces and means based on the analysis of operational documentation and the selection of scientific and methodological apparatus adequate to all stages of warfare.

Taking into account the above, additions are proposed with new operations and procedures to the normative algorithm of conducting combat operations, a factor model of conducting combat operations is

proposed, and a ratio is formed-a group of indicators of the effectiveness of the interaction of the air defense system and the fire protection system.

**Key words:** unmanned aerial vehicles, fire and rescue units, efficiency, factor model, support, management, fire, stages of warfare.

Эффективность системы управления пожарно-спасательными подразделениями при организации тушения пожаров является комплексным показателем, на который оказывают влияние простые свойства такие, как:

- прагматическая эффективность, характеризующая её способность реализовать собственное предназначение;
- техническая эффективность, показывающая уровень технического развития системы;
- технологическая эффективность, характеризующая легкость воспроизведения данной системы в необходимых количествах;
- эксплуатационная эффективность, отмечающая, насколько удобно использовать и обслуживать систему.

Показатели эффективности показывают в количественных единицах и определяют, насколько система достигла поставленной цели при выполнении текущих задач.

Эффективность системы управления пожарно-спасательными подразделениями обусловлена качеством выполнения боевых задач при организации тушения пожаров указанной системой. Качество выполнения боевых задач связано с совокупностью свойств системы, обуславливающих возможность ее использования для реализации её функционального предназначения. Основу системы управления пожарными подразделениями составляет информационная подсистема, для которой показателями качества являются надежность, достоверность и безопасность [1].

Исследование системы управления пожарно-спасательными подразделениями обусловлено предметной областью – территорией Российской Федерации (РФ), граничащей с зоной проведения специальной военной операции, подвергаемой время от времени, воздушным ударам со стороны беспилотных летальных аппаратов (БПЛА) и артиллерии противоборствующей стороны<sup>1</sup>. Объектами ударов, кроме военных объектов, являются сооружения энергетической и транспортной инфраструктуры: нефтебазы, аэродромы, склады, электроподстанции и другие объекты. В результате дестабилизации социально-экономической системы государства наруша-

ется (а зачастую полностью останавливается) стабильное функционирование объектов данного сегмента, что в значительной степени влияет на функционирование органов управления и сил пожарно-спасательных служб государства. Как показала практика конфликта на востоке Украины, огромное значение для сохранения жизни и здоровья населения, поддержки его жизнедеятельности в условиях специальной военной операции, уменьшения количества потерь гражданского населения, минимизации последствий применения оружия взрывного действия на объекты инфраструктуры и жизнеобеспечения населенных пунктов и государства в целом, сохранения экологии имеет своевременный переход к организации управления деятельностью пожарно-спасательных подразделений в условиях противостояния. Управление и тактика ведения боевыми действиями, применяемая в мирное время, кардинально меняется, а в наиболее сложных ситуациях абсолютно не применима для ликвидации пожаров и проведения аварийно-спасательных работ при многочисленных разрушениях, возникающих в результате массированных артиллерийских и авиационных обстрелов [2].

Показатели эффективности тушения пожаров в описанной ситуации можно разделить три уровня: информационные, информационно-боевые, боевые<sup>2</sup>.

К информационным показателям эффективности относятся: вероятности правильного распознавания БПЛА противника, вероятности правильного распознавания объекта удара, вероятность правильного распознавания наиболее опасного очага возгорания объекта удара.

К информационно-боевым показателям эффективности относятся: время реакции системы от момента обнаружения БПЛА противника до момента начала ликвидации последствий его применения по объекту; круговое вероятное отклонение противопожарного боеприпаса от максимального очага возгорания; круговое вероятное отклонение доставляемого

<sup>1</sup> Противовоздушная оборона. Режим доступа: <https://encyclopedia.mil.ru/encyclopedia/dictionary/details.htm?id=9474@morfDictionary>

<sup>2</sup> Управление силами и средствами пожарных подразделений (Принятие решений): методические указания по выполнению контрольной работы / А. Н. Денисов [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 31 с.

пожарным стволом огнетушащего вещества от максимального очага возгорания.

К боевым показателям эффективности относятся: предотвращённый ущерб объекта удара в связи с взаимодействием системы противовоздушной обороны (ПВО) и пожарных подразделений, стоимость произведённых затрат систем противопожарной и противовоздушной для снижения ущерба от применения БПЛА противника.

Этапы ведения боевых действий по тушению пожаров<sup>3</sup> (нормативный алгоритм боевых действий по тушению пожаров) в связи с описанной ситуацией получают своё дополнение новыми операциями и процедурами [3,4]:

1) прием и обработка информации по каналам взаимодействия при нахождении или приближении БПЛА противника к району ответственности пожарного подразделения;

2) анализ и распознавание вероятных объектов удара;

3) запуск своего БПЛА на возможный перехват БПЛА противника;

4) маневр своего БПЛА в момент обстрела БПЛА противника наземными средствами ПВО;

5) перехват (таран) своим БПЛА вражеского БПЛА;

6) анализ результата обстрела БПЛА противника наземными средствами ПВО;

7) в случае неудачного противодействия БПЛА противника переход к пункту 8;

8) анализ результатов воздушного удара БПЛА противника;

9) определение лиц, нуждающихся в помощи и спасении в результате воздушного удара;

10) разработка плана спасения лиц, находящихся под воздействием фактора пожара;

11) выбор наиболее опасного очага возгорания;

12) сброс противопожарного боеприпаса на максимальный по интенсивности огня очаг возгорания;

13) анализ результатов применения противопожарного боеприпаса;

14) возврат своего БПЛА для смены аккумуляторной батареи и загрузки противопожарного боеприпаса;

15) выезд пожарного расчёта к месту тушения пожара;

16) организация тушения пожара с помощью пожарного БПЛА с подъёмом пожар-

ного рукава с пенным составом на достаточную высоту и в нужную точку пространства для максимального покрытия очага пожара пенным составом;

17) анализ результатов применения пожарного БПЛА;

18) ликвидация очагов возгорания;

19) реализация мер по спасению лиц, оказавшихся под воздействием факторов пожара;

20) медицинская эвакуация лиц, пострадавших в результате пожара;

21) сбор личного состава, техники и их возвращение в пункт постоянной дислокации;

22) восстановление боеготовности пожарного подразделения.

Вся последовательность действий пожарных подразделений должна быть направлена на минимизацию времени реакции на пожарную опасность [5]. Конечный показатель эффективности указывает на величину отношения предотвращённого ущерба спасённого от пожара имущества к затратам на спасение. Предотвращённый ущерб защищаемого объекта максимизируется, а затраты на организацию взаимодействия между противовоздушной и системой противопожарной защиты минимизируются [6,7].

Эффективное управление пожарно-спасательными подразделениями обеспечивается на всех этапах проведения операции пожаротушения, и особенно, на заключительных этапах. Методы управления учитывают все информативные параметры, которые учитываются при передаче информации в режиме реального времени при ведении организации противодействия БПЛА противника и организации тушения пожаров [8].

Разработана факторная модель применения алгоритма ведения боевых действий по тушению пожаров с применением БПЛА (рис.1.)



Рис. 1. Факторная модель ведения боевых действий

<sup>3</sup> п. 10 Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, утвержденного приказом МЧС России от 16.10.2017 № 444.

Общая черта рассматриваемых боевых действий – упорядоченные в пространстве и времени виды боевой работы.

Для разработки эффективных алгоритмов факторной модели ведения боевых действий необходимо определить основные классы процессов, выполняемых при боевых действиях.

Структуру процесса ведения боевых действий, которая состоит из множества опера-

ций  $O = \{O_i \mid i = 1, n\}$ , (где  $O$  – операции, которые можно совершать с пожарно-техническим вооружением (ПТВ), БПЛА), выполняемых при пожаре и набора пожарного

вооружения  $PTV = \{PTV_j \mid j = 1, m\}$ , (где  $PTV$  – ПТВ, которое находится на пожарном автомобиле, БПЛА), можно описать оргграфом  $OG = (X, R)$ , где  $(X$  – ПТВ)  $\subset PTV \times O$ ,  $\|X\| = n$ ,  $(R$  – операции с ПТВ, БПЛА)  $\subset X \times X$ .

По структурным признакам выделили следующие типы боевых действий: линейные (последовательные), параллельные, групповые, альтернативные.

Линейные боевые действия (ЛБД) выполняются при тушении всех пожаров (сбор и выезд по тревоге, следование, тушение пожара, возвращение в часть), в которых последовательность действий задается в виде связного оргграфа  $OG = (X, R)$  для которого истинно:

$$\begin{aligned} (\forall i = \overline{1, n-1})(\|\Gamma^i(x)\| = 1); \\ (\forall i = \overline{2, n})(\|\overline{\Gamma}^i(x)\| = 1), \end{aligned} \quad (1)$$

где:

$$\Gamma(x) = \{x' \mid (x, x') \in R\};$$

$$\Gamma^2(x) = \Gamma(\Gamma(x));$$

$$\Gamma^n(x) = \Gamma(\Gamma^{n-1}(x));$$

$$\overline{\Gamma}(x) = \{x' \mid (x', x) \in R\};$$

$$\overline{\Gamma}^2(x) = \overline{\Gamma}(\overline{\Gamma}(x));$$

$$\overline{\Gamma}^n(x) = \overline{\Gamma}(\overline{\Gamma}^{n-1}(x)).$$

С помощью приведённой классификации возможно описать более сложные процессы при ведении боевых действий.

Таким образом, в статье предложены дополнения новыми операциями и процедурами в нормативный алгоритм ведения боевых действий, факторная модель ведения боевых действий, а также сформирована соотношение-группа показателей эффективности взаимодействия системы ПВО и системы противопожарной защиты.

### Список литературы

1. Топольский Н. Г., Слуев В. И., Холостов А. Л. Информационное обеспечение поддержки принятия решений по спасению людей в опасных ситуациях // Технологии техносферной безопасности. 2010. № 4. С. 12.

2. Денисов А. Н., Реутов Д. В. Алгоритмизация управления пожарно-спасательными подразделениями в условиях дестабилизации функционирования социальной и экономической сферы государства в результате вооруженного конфликта // Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: сборник тезисов и докладов XI-ой Международной научно-практической конференции. Кокшетау: КТИ МЧС РК, 2020. С. 109–114.

3. Мареев М. А., Денисов А. Н. Анализ методов и моделей поддержки управления пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 2 (43). С. 34–42.

4. Денисов А. Н., Данилов М. М., Гундар С. В. Организация тушения пожаров и подготовки пожарно-спасательных гарнизонов:

учебное пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. 127 с.

5. Кимстач И. Я., Девлищев П. П., Евтюшкин Н. М. Пожарная тактика. М.: Стройиздат, 1984. 590 с.

6. Expertenmeinungen zu notwendigen künftigen Entwicklungen im Bereich «Atemschutzeinsatz im Innenangriff samt BranddienstAusbildung», Österreich 2010.

7. Slaby C., Wibel A. Einsatztaktik für die Feuerwehr Hinweise zu Dachstuhlbränden. Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg, Bruchsal, 2012.

8. Модель и алгоритм управления пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров на металлургических предприятиях при разгрузке сырья из подвижного железнодорожного состава / А. Н. Денисов, М. М. Данилов, И. Г. Цокурова [и др.] // Computational nanotechnology. 2021. № 1. С. 59–67.

### References

1. Topolsky N. G., Sluev V. I., Kholostov A. L. Informatsionnoye obespecheniye podderzhki prinyatiya resheniy po spaseniyu lyudey v

opasnykh situatsiyakh [Informational support of decision-making support for saving people in dangerous situations]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2010, issue 4, P. 12.

2. Denisov A. N., Reutov D. V. Algoritmizatsiya upravleniya pozharno-spasatel'nymi podrazdeleniyami v usloviyah destabilizatsii funkcionirovaniya social'noj i ekonomicheskoy sfery gosudarstva v rezul'tate vooruzhennogo konflikta [Algorithmization of the management of fire and rescue units in conditions of destabilization of the functioning of the social and economic sphere of the state as a result of armed conflict]. *Aktual'nye problemy pozharnoy bezopasnosti, preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychajnykh situatsij: sbornik tezisev i dokladov XI -oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Kokshetau: KTI of THE Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, 2020. pp. 109–114.

3. Mareev M. A., Denisov A. N. Analiz metodov i modelej podderzhki upravleniya pozharno-spasatel'nymi podrazdeleniyami pri tushenii pozharov [Analysis of methods and models to support the management of fire and rescue units in extinguishing fires]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 2 (43), pp. 34–42.

*Мареєв Михайл Александрович*

Главное управление пожарной охраны МЧС России  
Российская Федерация, г. Москва  
старший инспектор  
E-mail: mareev.mikhail@mail.ru  
*Mareev Mikhail Aleksandrovich*  
Fire Main Office EMERCOM of Russia  
Russian Federation, Moscow  
Chief Inspector  
E-mail: mareev.mikhail@mail.ru

*Денисов Алексей Николаевич*

Академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Москва  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры  
E-mail: dan\_aleks@mail.ru  
*Denisov Aleksey Nikolaevich*  
Academy of the state service of EMERCOM of Russia,  
Russian Federation, Moscow  
doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department  
E-mail: dan\_aleks@mail.ru

*Михайлин Павел Олегович*

Главное управление пожарной охраны МЧС России  
Российская Федерация, г. Москва  
инспектор  
E-mail: mp9645606813@ya.ru  
*Mikhailin Pavel Olegovich*  
Fire Main Office EMERCOM of Russia  
Russian Federation, Moscow  
inspector  
E-mail: mp9645606813@ya.ru

4. Denisov A. N., Danilov M. M., Gundar S. V. *Organizatsiya tusheniya pozharov i podgotovki pozharno-spasatel'nykh garnizonov: uchebnoe posobie* [Organization of fire extinguishing and training of fire and rescue garrisons: textbook]. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2020, 127 p.

5. Kimstach I. Ya., Devlishchev P. P., Evtyushkin N. M. *Pozharnaya taktika* [Fire tactics]. Moscow: Stroizdat, 1984. 590 p.

6. Expertenmeinungen zu notwendigen künftigen Entwicklungen im Bereich «Atemschutzinsatz im Innenangriff samt Branddienstausbildung», Österreich 2010.

7. Slaby C., Wibel A. Einsatztaktik für die Feuerwehr Hinweise zu Dachstuhlbränden. Landesfeuerweherschule Baden-Württemberg, Bruchsal, 2012.

8. Model' i algoritm upravleniya pozharno-spasatel'nymi podrazdeleniyami pri tushenii pozharov na metallurgicheskikh predpriyatiyah pri razgruzke syr'ya iz podvizhnogo zheleznodorozhnogo sostava. [A model and algorithm for managing fire and rescue units when extinguishing fires at metallurgical enterprises when unloading raw materials from rolling stock] / A. N. Denisov, M. M. Danilov, I. G. Tsokurova [et al.]. *Computational nanotechnology*, 2021, issue 1, pp. 59–67.

УДК 614.841

## ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. П. САТИН<sup>1</sup>, Г. Н. ЛАХВИЦКИЙ<sup>1</sup>, С. В. РЕПИН<sup>1</sup>, С. А. ВОРОНИН<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация. г. Москва,

<sup>2</sup> Главное управление МЧС России по Нижегородской области,

Российская Федерация, г. Нижний Новгород,

E-mail: satin32@yandex.ru, egor70288@mail.ru; repin52@yandex.ru, s.a\_voronin\_2014@mail.ru

Оценка эффективности пожарно-профилактической работы является многокритериальной задачей, состоящей из уровня пожарной безопасности определенной территории, муниципального образования или региона в целом, социально-экономической и демографической структуры населения и территории и, собственно, данных о количестве проводимой профилактической работы. Уровень пожарной безопасности целесообразно измерять в общедоступных и понятных единицах. Подобной мерой могут служить интегральные пожарные риски. В статье проведена оценка интегральных пожарных рисков для муниципальных образований Нижегородской области, динамика изменения средних пятилетних значений, а также предложена классификация муниципальных образований, основанная на социально-экономических параметрах территории и результатах дисперсионного анализа.

**Ключевые слова:** интегральные пожарные риски, пожарная опасность территорий, профилактика пожаров, эффективность пожарной профилактики.

## ASSESSMENT OF INTEGRAL FIRE RISKS IN MUNICIPALITIES OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

A. P. SATIN<sup>1</sup>, G. N. LAKHVITSKY<sup>1</sup>, S. V. REPIN<sup>1</sup>, S. A. VORONIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia,

Russian Federation. Moscow

<sup>2</sup> Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Nizhny Novgorod region,

Russian Federation, Nizhny Novgorod,

E-mail: satin32@yandex.ru, egor70288@mail.ru; repin52@yandex.ru, s.a\_voronin\_2014@mail.ru

Evaluation of the effectiveness of fire prevention is a multi-criteria task consisting of the level of fire safety of a certain territory, municipality or region as a whole, the socio-economic and demographic structure of the population and territory and, in fact, data on the amount of preventive work carried out. It is advisable to measure the level of fire safety in publicly accessible and understandable units. Integral fire risks can serve as a similar measure. The article evaluates integral fire risks for municipalities of the Nizhny Novgorod region, as well as the dynamics of changes in the average five-year values.

**Key words:** integral fire risks, fire danger of territories, fire prevention, effectiveness of fire prevention.

Современная стадия социально-экономического развития государства, а также геополитическая обстановка требуют снижения административной нагрузки на бизнес в виде снижения количества контрольных (надзорных) мероприятий. Несмотря на это, запрос общества на обеспечение безопасности, в том числе защищенности от пожаров не снижается, равно как и требования к его уровню. Для

оценки уровня безопасности человека или какой-либо системы всё чаще используется понятие риска [1]. Под риском понимается количественная характеристика (мера) возможности реализации конкретной опасности и ее последствий, измеряемая, как правило, в соответствующих единицах [2].

Все риски условно делятся на локальные и интегральные [3]. Локальные – характеризуют опасности, которые могут угрожать отдельным производственным объектам<sup>1</sup> и людям, находящимся на них.

Интегральные риски охватывают опасности, угрожающие таким сложным и большим объектам защиты как города, регионы, страны, которые, в свою очередь, уже включают в себя здания, сооружения, различные промышленные объекты и так далее, а значит, они учитывают все локальные риски, входящие в состав этих систем [4].

Рассуждения о пожарных рисках нельзя вести в отрыве от статистики пожаров и их последствий [5]. В качестве основных пожарных рисков в [6] выделены следующие:

$R_1$  – риск для человека оказаться в условиях пожара в единицу времени;

$R_2$  – риск для человека погибнуть при пожаре;

$R_3$  – риск для человека погибнуть от пожара в единицу времени.

За единицу времени обычно принимается календарный год [7].

Таким образом, для оценки интегрального пожарного риска муниципальных образований Нижегородской области и региона в целом, а также сравнения с общероссийским показателем, необходимо исследовать статистические данные о пожарах, их последствиях, а также демографических показателях населенных пунктов.

В настоящей статье используются наименования муниципальных образований в соответствии с постановлением<sup>2</sup> Правительства Нижегородской области.

По состоянию на 2022 год, на территории Нижегородской области насчитывается 51 муниципальное образование, в том числе 15 городских и 36 муниципальных округов. Городской округ город Нижний Новгород имеет внутригородское деление на 8 районов, не имеющих статус муниципального образования. Расположенный на территории Нижегородской области г.о.г. Саров исключен из исследования, в связи с тем, что является закрытым ад-

министративно-территориальным образованием, учет и профилактика пожаров в данном муниципальном образовании осуществляется специальным управлением федеральной противопожарной службы № 4 МЧС России.

Оценка необходимости воздействия на регулируемую систему (уровень пожарной безопасности муниципальных образований Нижегородской области), осуществляется на основании данных о величине рисков, имеющих для населения.

Для определения величины исследуемых пожарных рисков собраны статистические данные о количестве населения<sup>3</sup>, пожарах и числе погибших на территории соответствующих муниципальных образований<sup>4,5,6</sup>. Данные о населении получены по состоянию на 1 января соответствующего года, поэтому учитывались в расчетах, как данные по итогам предыдущего календарного года.

Расчет пожарных рисков осуществляется по следующим формулам.

1. Риск для человека оказаться в условиях пожара в единицу времени:

$$R_1^{год} = \frac{N_{пож}^{год}}{N_n^{год}}, \quad (1.1.)$$

где  $N_{пож}^{год}$  – количество пожаров, произошедших на территории муниципального образования в текущем году;  $N_n^{год}$  – количество населения, проживающего на территории муниципального образования в текущем году.

2. Риск для человека погибнуть при пожаре:

$$R_2^{год} = \frac{N_{жертв}^{год}}{N_{пож}^{год}}, \quad (1.2.)$$

где  $N_{жертв}^{год}$  – количество человек, погибших при пожарах на территории муниципального образования в текущем году.

<sup>1</sup> Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации». [Электронный ресурс] URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_358750/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/) (дата обращения: 10.09.2022).

<sup>2</sup> Постановление Правительства Нижегородской области от 18 июня 2020 года № 493 «О Перечне муниципальных образований Нижегородской области» (в ред. от 06.06.2022 № 412) [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/571700936> (дата обращения: 03.09.2022).

<sup>3</sup> Федеральная служба государственной статистики // Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям (период 01.01.2012-01.01.2022). [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282>. (дата обращения: 07.09.2022).

<sup>4</sup> Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: статистический сборник. Под общей редакцией А. В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2016, 124 с.

<sup>5</sup> Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: статистический сборник. Под общей редакцией Д. М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2021, 112 с.

<sup>6</sup> Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статистический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022, 114 с.

3. Риск для человека погибнуть от пожара в единицу времени.

$$R_3^{zod} = R_1^{zod} \cdot R_2^{zod} \quad (1.3)$$

Для получения более удобочитаемых и наглядных значений пожарных рисков, для исследования их величины, произведено их нормирование с учетом численности населения.

Исследование динамики численности населения, количества пожаров и погибших, на них людей, представленное на рис. 1, указывает на наличие тенденции к снижению количества жителей во всех типах муниципальных образований. При этом, с 2019 года наблюдается резкий рост пожаров, обусловленный в первую очередь изменением порядка их учета<sup>7</sup>, а также рост количества погибших.

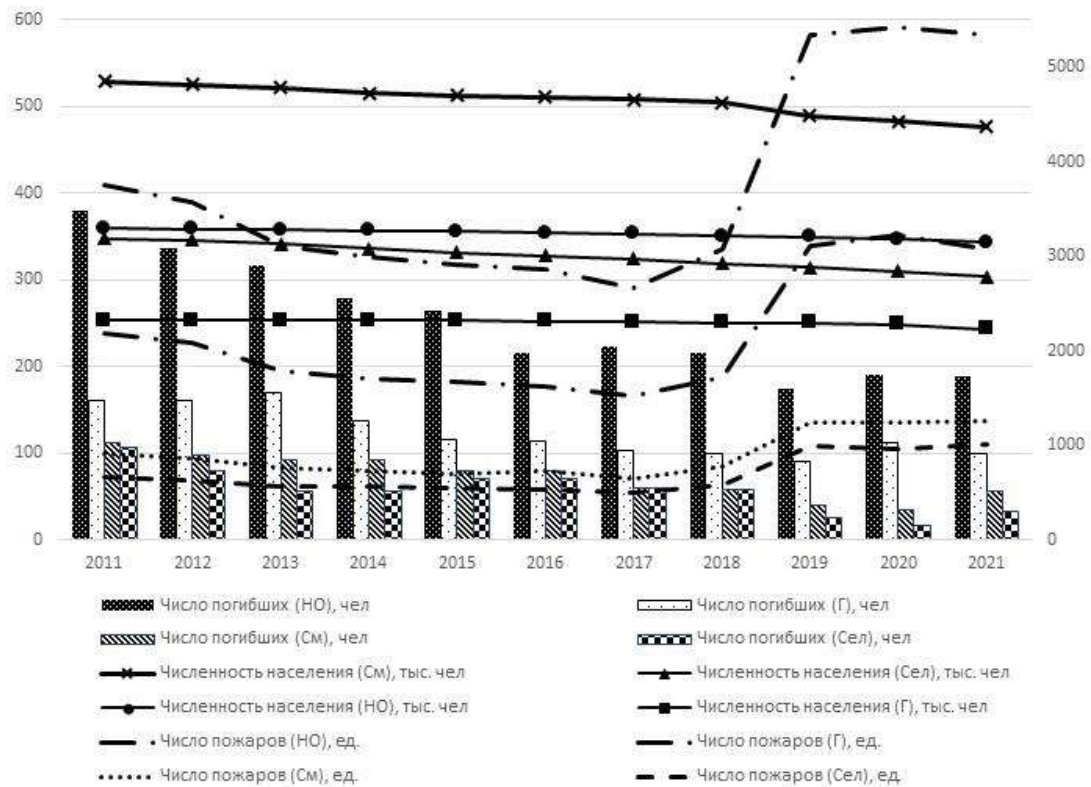


Рис. 1. Динамика основных исследуемых показателей Нижегородской области

Расчет значений величин риска проведен для каждого из муниципальных образований Нижегородской области, а также отдельно для внутригородских районов города Нижнего Новгорода, за 11 лет (в период с 2011 по 2021 годы).

Результаты расчета риска для человека погибнуть от пожара в единицу времени ( $R_3$ ) в муниципальных образованиях Нижегородской области, представлены на рис. 2. Анализ диаграммы показывает, что статистически значимая выборка значений величины  $R_3$  нахо-

дится в границах от 0,00 до 3,71 и обладает крайне высокой дисперсией, с выбросами до 7,4. Равно как и 50 %-й доверительный интервал находится в довольно широких границах (от 0,42 до 1,75).

В результате дисперсионного анализа, представленного в табл. 1, установлено наличие различий в средних и опровергнута гипотеза о независимости среднего значения  $R_3$  от муниципального образования. В пользу данного вывода свидетельствует уровень достоверности (P-Значение), который значительно ниже предельного значения допустимой ошибки (0,05), а также существенное превышение значения F-статистики над критическим значением.

<sup>7</sup> Приказ МЧС России от 8 октября 2018 г. № 431 «О внесении изменений в Порядок учета пожаров и их последствий, утвержденный приказом МЧС России от 21 ноября 2008 г. № 714» <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72025364>



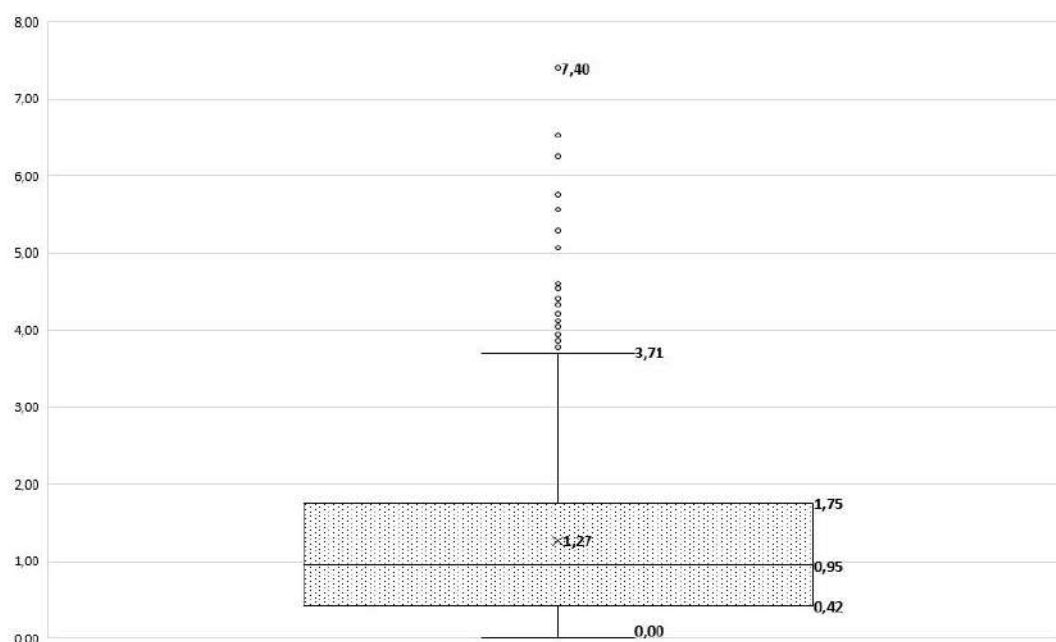


Рис. 2. Общее распределение величины  $R_3$  в Нижегородской области

Таблица 1. Дисперсионный анализ показателя  $R_3$  во всех муниципальных образованиях

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	236,357	55	4,2974	4,010331	1,85E-17	1,356882
Внутри групп	600,086	549	1,071582			
Итого	836,443	604				

Высокая дисперсия значений позволяет выдвинуть следующую гипотезу о необходимости группирования муниципальных образований на основе определенных критериев.

В связи с тем, что муниципальные образования имеют ярко выраженные различия по составу населения (городское / сельское), а также по геоэкономическим характеристикам, независимо от фактического наименования предлагается их следующее группирование:

- городские – городское население составляет не менее 65 %, административный центр является инфраструктурно-развитой территорией, имеющей большое количество производственных предприятий;

- смешанные – городское население составляет от 50 % до 80 %, административный центр является инфраструктурно-развитой территорией;

- сельские – городское население составляет не более 50 %.

Таким образом, все муниципальные образования были разделены на три типовые группы, примерно равные по количеству.

Дисперсионный анализ значений  $R_3$  внутри принятых групп показал, что в группах «Смешанные» и «Сельские» дисперсия отсутствует. Следовательно, это разделение статистически обоснованно. В группе «городские» наблюдается довольно высокая дисперсия, но дальнейшее дробление на более мелкие группы, не позволяет обосновать подобное деление на основании каких-либо других признаков.

Таким образом, разделение территории именно Нижегородской области на 3 группы муниципальных образований обосновано. Различие в средних (дисперсия) между этими группами, представленное в табл. 2, также является статистически значимым показателем.

Сравнительный анализ ящичковой диаграммы, представленной на рис. 3, указывает на наличие принципиальных отличий в значениях средних и медианных показателей между группами.

Таблица 2. Дисперсионный анализ межгруппового показателя  $R_3$

Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
город	198	125,1467	0,632054	0,192677
смешан	209	298,7811	1,429575	1,017346
сельские	198	344,8863	1,74185	2,304011

Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	129,9859	2	64,99295	55,61937	6,84E-23	3,01069
Внутри групп	703,4555	602	1,168531			
Итого	833,4414	604				

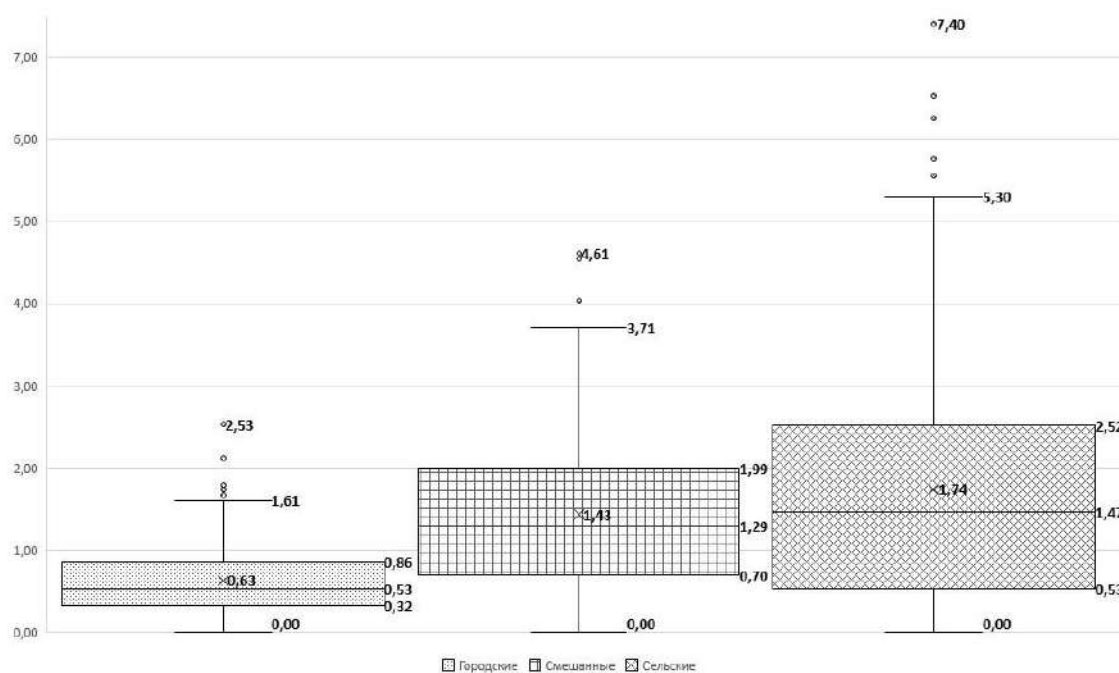


Рис. 3. Межгрупповое распределение величины  $R_3$  в Нижегородской области

Так самый высокий показатель наблюдается в группе «Сельские», а самый низкий в группе «Городские». Одновременно с этим, в группе «Сельские», наблюдается и довольно широкий доверительный интервал, что гипотетически может быть связано с существенными отличиями в плотности населения, а также иными факторами, которые подлежат дополнительному исследованию.

Анализ результатов расчета средних пятилетних значений интегральных пожарных рисков  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , а также показателей пожарных рисков 2021 года в муниципальных образованиях Нижегородской области, представ-

ленный на рис. 4 и в табл. 3 показал, что для городских поселений их значения значительно ниже, чем для смешанных и сельских. Несмотря на возрастающую с течением времени величину риска для человека оказаться в условиях пожара, величина риска  $R_2$  – снижается для всех видов муниципальных образований. Величина риска для человека погибнуть от пожара в единицу времени ( $R_3$ ) для Нижегородской области в целом за 11 лет (с 2011 по 2021 гг.) снизилась на 37,5 %, но в городских и смешанных населенных пунктах в 2021 году выросла на 1,2 % и 6,73 %, соответственно.

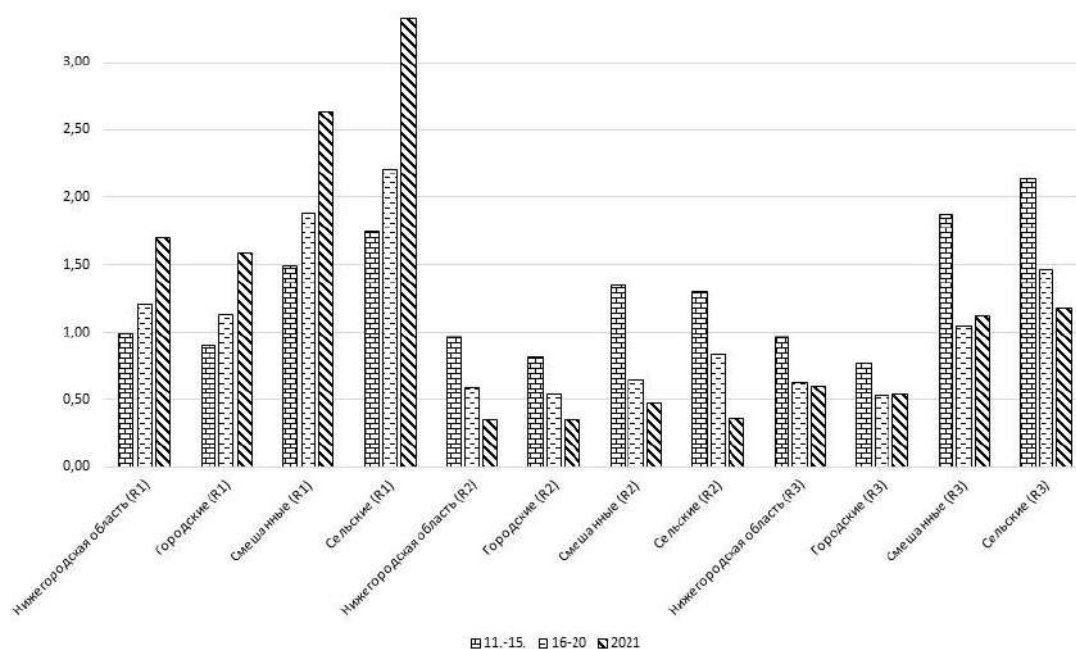


Рис. 4. Динамика изменения средних пятилетних значений величины пожарных рисков  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$

Таблица 3. Динамика изменения средних пятилетних значений величины пожарных рисков  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  в группах муниципальных образований в 2011–2021 гг.

Период	Нижегородская область	Городские	Смешанные	Сельские
$R_1$				
2011-2015	0,99648	0,90408	1,49466	1,74188
2012-2016	0,94579	0,85987	1,442047	1,68328
2013-2017	0,89292	0,81171	1,383162	1,6176
2014-2018	0,89432	0,81319	1,421526	1,64875
2015-2019	1,04472	0,96364	1,653873	1,92638
2016-2020	1,2074	1,12869	1,882685	2,20524
2017-2021	1,37058	1,28555	2,119742	2,54997
$R_2$				
2011-2015	0,9619	0,8184	1,34462	1,29955
2012-2016	0,91023	0,79263	1,28261	1,25799
2013-2017	0,88919	0,77539	1,19928	1,19631
2014-2018	0,82617	0,69657	1,05558	1,19513
2015-2019	0,70521	0,59666	0,80459	1,05402
2016-2020	0,59382	0,53436	0,64861	0,83186
2017-2021	0,51387	0,46466	0,53915	0,62503
$R_3$				
2011-2015	0,96057	0,77002	1,87267	2,1331
2012-2016	0,86368	0,71146	1,70761	1,96629
2013-2017	0,79668	0,6614	1,55635	1,85875
2014-2018	0,73786	0,59209	1,39405	1,92775
2015-2019	0,67588	0,52576	1,16519	1,78977
2016-2020	0,63357	0,5302	1,04858	1,46344
2017-2021	0,62077	0,52252	0,99391	1,26747

### Выводы

Результаты исследования показывают, муниципальные образования Нижегородской области подлежат условному группированию на основе состава населения и геоэкономических характеристик на Городские, Смешанные и Сельские.

Широкий доверительный диапазон значения  $R_3$ , свидетельствует в пользу того, что в первую очередь необходимо обратить внимание на профилактику пожаров в сельских муниципальных образованиях, сельских территориях смешанных муниципальных образований. При профилактике гибели людей, необходимо ориентироваться на городское население.

Кроме того, проведенное исследование позволяет провести ранжирование муниципальных образований по уровню интегральных пожарных рисков и более эффективно осу-

ществлять руководство профилактической работой на территории региона.

Вместе с тем, необходимо учитывать, что величины интегральных пожарных рисков, определенные по описанной методике, основаны на общегодовой статистике и не пригодны для регулирования оперативной обстановки в краткосрочном периоде. Следовательно, необходимо введение коэффициента, учитывающего долю пожаров и гибели на них людей в каждом месяце.

Для более эффективного распределения трудовых ресурсов при организации работы по профилактике пожаров, необходима дополнительная оценка степени влияния социально-экономических и демографических показателей региона, а также объема и видов профилактической работы на величины интегральных пожарных рисков.

### Список литературы

1. Клепко Е. А. Обеспечение пожарной безопасности городов и регионов на основе оценки и управления пожарными рисками: автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.10. М., 2007. 24 с. EDN NISOCT.
2. Пожарные риски: учебное пособие. / Н. Н. Брушлинский [и др.]. М.: Академия МЧС России, 2016. 66 с.
3. Основы теории пожарных рисков и её приложения: монография / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов, Е. А. Клепко [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 192 с.
4. Присяжнюк Н. Л., Малько В. А. Интегральный социально-экономический показатель пожарного риска и методика его оценки // Технологии техносферной безопасности. 2018. № 3 (79). С. 47–54. DOI 10.25257/TTS.2018.3.79.47-54. EDN YONYAX.
5. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. О статистике пожаров и о пожарных рисках // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 4. С. 40–48. <https://www.elibrary.ru/OFXCJB>
6. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование / под ред. Н. Н. Брушлинского и Ю. Н. Шебеко. М.: ФГУ ВНИИПО, 2007. 370 с.
7. Оценка пожарных рисков в муниципальных образованиях Калужской области / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов, Е. А. Клепко [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2011. № 2(36). С. 7. EDN RBTXJP.

### References

1. Klepko E. A. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti gorodov i regionov na osnove ocen-

ki i upravleniya pozharnymi riskami. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk [Ensuring fire safety of cities and regions based on fire risk assessment and management. Abstract cand. tech. sci. diss.]. М., 2007. 24 p. EDN NISOCT.

2. *Pozharnye riski: uchebnoye posobiye* [Fire risks: a training manual] / N. N. Brushlinskij [et al.]. М.: Akademiya MCHS Rossii, 2016. 66 p.

3. *Osnovy teorii pozharnyh riskov i eyo prilozheniya: monografiya* [Fundamentals of fire risk theory and its applications: monograph] / N. N. Brushlinskij, S. V. Sokolov, E. A. Klepko [et al.]. М.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2012. 192 p.

4. Prisyazhnyuk N. L., Mal'ko V. A. Integral'nyj social'no-ekonomicheskij pokazatel' pozharnogo riska i metodika ego ocenki [Integral socio-economic indicator of fire risks and method of its assessment]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2018, vol. 3 (79). pp. 47–54. DOI 10.25257/TTS.2018.3.79.47-54. EDN YONYAX.

5. Brushlinskij N. N., Sokolov S. V. O statistike pozharov i o pozharnyh riskah [About fire statistics and fire risks]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2011, vol. 20. issue 4, pp. 40–48. <https://www.elibrary.ru/OFXCJB>

6. *Pozharnye riski. Dinamika, upravlenie, prognozirovanie* [Fire risks. Dynamics, management, forecasting] / Pod red. N. N. Brushlinskogo i Yu. N. Shebeko. М.: FGU VNIPO, 2007. 370 p.

7. Ocenka pozharnyh riskov v municipal'nyh obrazovaniyah Kaluzhskoj oblasti [Assessment of fire risks in municipalities of the Kaluga region] / N. N. Brushlinskij, S. V. Sokolov, E. A. Klepko [et al.]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2011, vol. 2 (36), p. 7. EDN RBTXJP.

*Сатин Алексей Петрович*

Академия ГПС МЧС России  
Российская Федерация, Москва  
кандидат технических наук, начальник кафедры  
E-mail: A.Satin@academygps.ru

*Satin Alexey Petrovich*

Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia  
Russian Federation, Moscow  
Candidate of Sciences in Technology, Head of the Chair  
E-mail: A.Satin@academygps.ru

*Лавицкий Георгий Николаевич*

Академия ГПС МЧС России  
Российская Федерация, Москва  
адъюнкт кафедры информационных технологий  
E-mail: egor70288@mail.ru

*Lakhvitsky Georgy Nikolaevich*

Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia  
Russian Federation, Moscow  
Adjunct of the Department of Information Technology  
E-mail: egor70288@mail.ru

*Репин Сергей Викторович*

Академия ГПС МЧС России  
Российская Федерация, Москва  
адъюнкт кафедры информационных технологий  
E-mail: repin52@yandex.ru

*Repin Sergey Viktorovich*

Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia  
Russian Federation, Moscow  
Adjunct of the Department of Information Technology  
E-mail: repin52@yandex.ru

*Воронин Сергей Александрович*

Главное управление МЧС России по Нижегородской области  
Российская Федерация, Нижний Новгород  
главный специалист отдела организации надзорных и профилактических мероприятий  
управления надзорной деятельности и профилактической работы  
E-mail: s.a\_voronin\_2014@mail.ru

*Voronin Sergey Aleksandrovich*

The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Nizhny Novgorod region  
Russian Federation, Nizhny Novgorod  
Chief Specialist of the Department of Organization of Supervisory and Preventive Measures  
of the Department of Supervision and Preventive Work  
E-mail: s.a\_voronin\_2014@mail.ru

---

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

УДК 628.1.033

**БЕЗОПАСНОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ВЕНДИНГОВЫХ АППАРАТАХ**

**А. С. ЦВЕТКОВ<sup>1</sup>, С. А. БУЙМОВА<sup>1</sup>, А. Г. БУБНОВ<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Ивановский государственный химико-технологический университет,  
Российская Федерация, г. Иваново

<sup>2</sup> Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: alexsvet5@gmail.com, byumova@mail.ru, bubag@mail.ru

В работе представлены результаты эколого-гигиенической оценки интегрального показателя качества проб воды, риска для здоровья населения на основе химического и микробиологического анализа образцов из вендинговых аппаратов. Химический анализ воды, отобранной в 2021–2023 гг. показал повышенное содержание соединений Fe, Mn, а также отклонение от норм по содержанию сухого остатка и несоответствие по микробиологическим показателям.

**Ключевые слова:** питьевая вода, качество, вендинговые аппараты, химический анализ, загрязнители, потенциальная опасность, безопасность, риск.

**SAFETY OF DRINKING WATER IN VENDING MACHINES**

**A. S. TSVETKOV<sup>1</sup>, S. A. BUIMOVA<sup>1</sup>, A. G. BUBNOV<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Ivanovo State University of Chemistry and Technology,  
Russian Federation, Ivanovo

<sup>2</sup> 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: alexsvet5@gmail.com, byumova@mail.ru, bubag@mail.ru

The paper presents the results of an environmental and hygienic assessment of the integral indicator of the quality of water samples, the risk to public health based on the chemical and microbiological analysis of samples from vending machines. Chemical analysis of water taken in 2021 – 2023 showed an increased content of Fe, Mn compounds, as well as a deviation from the norms in terms of the dry residue content and a discrepancy in microbiological indicators.

**Keywords:** drinking water, quality, vending machines, chemical analysis, pollutants, potential danger, safety, risk.

**Введение**

Питьевая вода – вода, отвечающая по своему качеству в естественном состоянии или после обработки (очистки, обеззараживания) установленным нормативным требованиям и предназначенная для питьевых и бытовых нужд человека или для производства пищевой

продукции [1]. В большинстве населённых пунктов Российской Федерации забор воды осуществляется из поверхностных водоёмов, однако в некоторых населённых пунктах источники централизованного водоснабжения находятся в неудовлетворительном состоянии. Во многих городах это связано с устаревшим оборудованием для очистки и обеззараживания воды или его отсутствием [2]. Влияние антропогенных факторов может вызывать локальные и интенсивные изменения гидрохими-

ческих условий подземных вод, что может выразиться в загрязнении подземных вод. Наиболее уязвимы к загрязнению грунтовые воды и подземные воды первых от поверхности напорных горизонтов [3].

Вендинговые аппараты, которые можно встретить на улицах многих городов, сегодня становятся неотъемлемой частью жизни людей, обеспечивая их питьевой водой. Однако мы не можем быть уверены в чистоте поступающей на продажу воды. Это показывает важность мониторинга различных показателей (органолептических, химических, микробиологических).

Вендинговый аппарат – это устройство, состоящее из 4-х составных частей: рекламной панели, бункера розлива, купюроприёмника и информационного дисплея. Корпус торгового автомата изготавливается из некоррозийных композитных материалов или нержавеющей стали. Большинство современных аппаратов по продаже питьевой воды оснащены озоноатором, который обеззараживает тару покупателя и предотвращает попадание болезнетворных микроорганизмов. Установки фильтрации представлены фильтрами грубой очистки, повышающими насосами, блоком обратносмотической очистки воды и блоком ультрафиолетового обеззараживания (УФ). Обработанная установкой вода поступает в накопительный бак и автоматически пополняется при потреблении.

В вендинговых аппаратах различных торговых марок применяются различные установки очистки воды. Наиболее распространёнными являются многоступенчатая очистка (сеточная и угольная фильтрация, наномембрана, сетка из серебра, минерализатор, УФ-лампа и ионизатор) и технология обратного осмоса, при которой фильтрация идет на молекулярном уровне.

### Цель работы

Оценить безопасность употребления питьевой воды из вендинговых аппаратов г. Иваново и предложить методы минимизации определенной опасности.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

- сопоставление химического состава воды из разных аппаратов на основании данных поставщиков;
- выполнить микробиологический анализ проб воды;
- провести сравнение полученных экспериментальных данных о химическом и микробиологическом составе воды с информацией, представленной в отчётах;

- оценить величину риска для населения от питьевой воды на основе экспериментальных данных, полученных для характеристики состава образцов воды.

### Материалы и методы исследования

Химический и микробиологический анализ проводился для образцов питьевой воды из вендинговых аппаратов, приобретенных в холодный и тёплый период 2021-2023 гг.

Качество воды контролировалось в соответствии со следующими критериями качества:

- органолептические показатели (запах, вкус, цвет, мутность);
- общие показатели (рН, жёсткость, щёлочность, общая минерализация);
- содержание анионов:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ;
- содержание катионов:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  и общее содержание  $\text{Cu}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Mn}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Cr}_{\text{общ}}$ .

Контроль указанных показателей был проведён по аттестованным методикам стандартными методами химического и физико-химического анализа в соответствии с гигиеническими нормативами содержания веществ в питьевой воде по СанПиН 2.1.4.1074-01<sup>1</sup>.

Параллельно с определением физико-химических характеристик качества воды, проводился микробиологический контроль проб питьевой воды. В ходе эксперимента определялась сумма мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов (общее микробное число, ОМЧ) – для оценки общей обсеменённости проб и возможного наличия патогенной микрофлоры. Отбор по ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006)<sup>2</sup>, анализ – по МУК 4.2.1018-01<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»

<sup>2</sup> ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006) «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа (Переиздание)» от 12.12.2012 № 31942-2012 // Официальное издание. М.: Стандартинформ. 2019 г. с изм. и доп. в ред. от 01.01.2014.

<sup>3</sup> МУК 4.2.1018-01 «Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды (с Изменениями № 1, 2)» от 09.02.2001 № 4.2.1018-01 // официальное издание Федерального центра госсанэпиднадзора Минздрава России, Москва. 2001 г. с изм. и доп. в ред. от 01.07.2001.

Интегральный показатель качества воды определялся на основе четырёх факторов ( $K_1 - K_4$ ) в соответствии с методикой<sup>4</sup> [4]. Вклад отдельных компонентов в качество питьевой воды (величину потенциальной опасности – ПО), установлен равным 1 (или 100 %) и распределяется следующим образом:

- $K_1$  – «благоприятность» – 0,2 (20 %);
- $K_2$  – «безвредность» – 0,3 (30 %);
- $K_3$  – «физиологическая полноценность» – 0,3 (30 %);
- $K_4$  – «безопасность» – 0,2 (20 %).

Контролируемые параметры для компонента  $K_1$  включали кроме запаха, вкуса, цвета и мутности, также ионы тяжёлых металлов (ТМ) и другие критериальные поллютанты; для компонента  $K_2$  – ТМ, хлорорганические соединения (ХОС), F<sup>-</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Be<sup>2+</sup>, B<sup>3+</sup>, Si<sup>2+</sup>, As<sup>2+</sup>, Mo<sup>2+</sup>, нитрат-, нитрит- и аммонийный ион;  $K_3$  – сухой остаток, сухой остаток, жесткость, карбонат-, сульфат-, хлорид- анионы, катионы солей жёсткости, натрия и калия; для  $K_4$  – микробиологические показатели (ОМЧ, колифаги, общие колиформные бактерии (ОКБ)).

Для определения потенциального риска здоровью по Р 2.1.10.1920-04<sup>5</sup> применялись критерии:

- риск немедленного действия;

- риск развития хронической (длительной) интоксикации; расчёты проводили для веществ со значением максимальной концентрации (доля ПДК);

- риск канцерогенных факторов или специфического действия;

- суммарный (общетоксический) риск; при расчёте учитывались все вещества, присутствующие в исследуемом образце воды, исключая вещества, обладающие органолептическими лимитирующими признаками действия: жёсткость, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Cr<sub>общ</sub>, Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> [5].

Риски для здоровья человека оценивались с помощью значений среднесуточной дозы (СД) и коэффициентов опасности. Риск не канцерогенных эффектов проводится путём сравнения фактических уровней воздействия с безопасными уровнями воздействия (индекс опасности/коэффициент риска) [6].

### Полученные результаты

Вендинговые аппараты по продаже чистой питьевой воды в г. Иваново представлены 3 торговыми марками (см. рис. 1) – «РЗПАВ», «ПИЧАВ» и «ИЗЧВ». Источниками водозабора являются артезианские скважины (для «РЗПАВ» и «ПИЧАВ») и централизованная система водоснабжения («ИЗЧВ»).



**Рис. 1.** Торговые марки вендинговых аппаратов (г. Иваново)  
 а – «Родник здоровья. Природная артезианская вода» «РЗПАВ»;  
 б – «Природный источник. Чистая артезианская вода» «ПИЧАВ»;  
 в – «Источник здоровья. Чистая вода» «ИЗЧВ».

Торговая марка «ПИЧАВ» представлена на 50 вендинговыми аппаратами, бренд «РЗПАВ» – 90 вендинговыми аппаратами, «ИЗЧВ» – 8 аппаратами в городе Иваново и Ивановской области.

<sup>4</sup> Метод эколого-гигиенической оценки интегрального качества воды и риска здоровью населения. Рекомендован Минздравом РФ. Иваново – Санкт-Петербург, 2002.

<sup>5</sup> «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загряз-

Расположение торговых аппаратов на карте схематично показано на рис. 2.

Химический состав артезианской воды контролируется до её поступления в торговый аппарат (на водоматах приведены данные из протоколов лабораторных испытаний). Стоит

няющих окружающую среду» от 05.03.2004 № 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2004 г. с изм. и допол. в ред. от 05.03.2004.

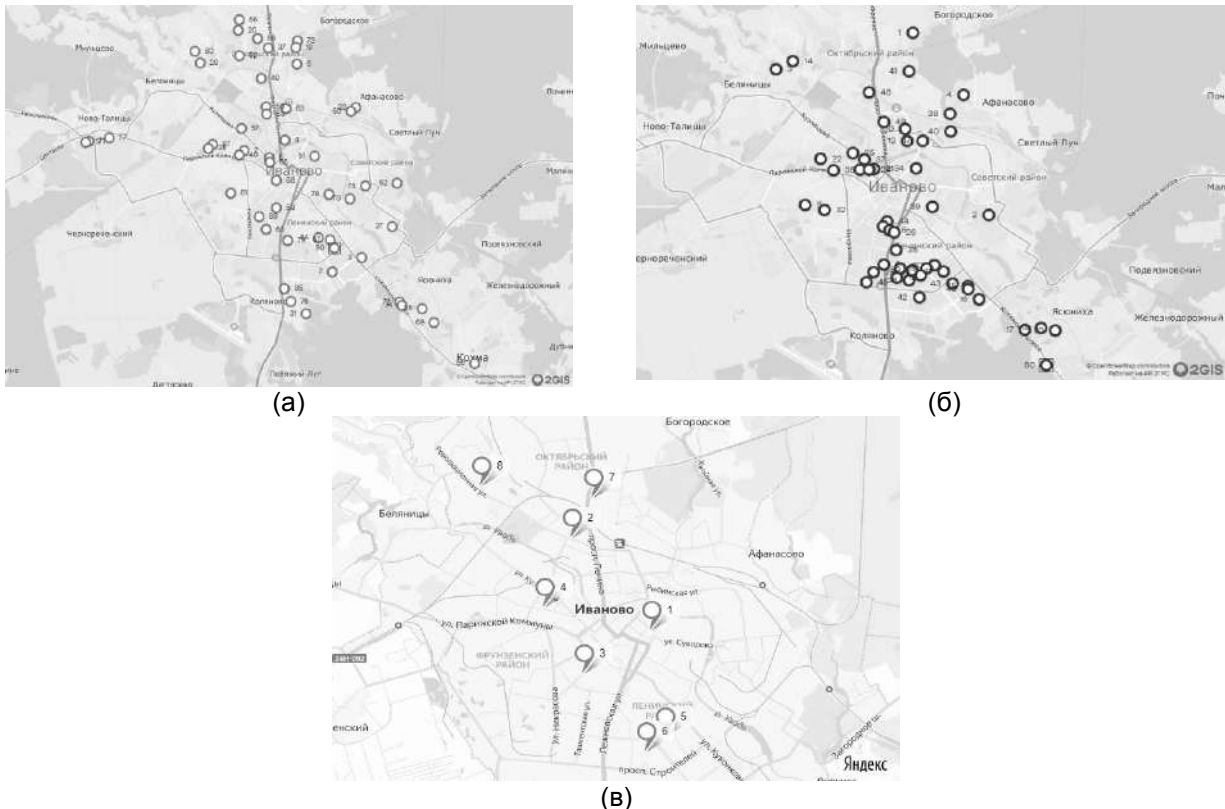


отметить, что в начале 2022 года представленные протоколы были датированы 2018 годом, а в январе 2023 года на водоматах появились протоколы испытаний за январь 2022 г. Ввиду этого факта нами осуществлялся химический и микробиологический анализ проб воды на наличие загрязняющих веществ.

Анализ показал, что были превышены значения ПДК<sub>пит</sub> по содержанию соединений Fe (на уровне от 10 до 83 %) более чем в 65 % проб, взятых для анализа за данный период. Для образца «ИЗЧВ» концентрация хлорид-ионов была на 4 % выше ПДК<sub>пит</sub> (2021 г.). Также в 2023 году наблюдалось превышение содержания сухого остатка (2,92–3,24 долей от N) в 83 % проанализированных проб и соеди-

нений  $Mn^{2+}$  (1,1–18,9 долей ПДК<sub>пит</sub>) во всех пробах питьевой воды из вендинговых аппаратов. Стоит отметить, что для пробы воды из водомата торговой марки «ПИЧАВ» (ул. Поэта Ноздрина, 11) была зафиксирована повышенная щелочность на уровне 1,02 долей ПДК<sub>пит</sub>.

Кроме того, было отмечено несоответствие по содержанию  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$  и  $SO_4^{2-}$  в образцах воды марки «ПИЧАВ» (эти показатели были занижены в представленных протоколах испытаний), но концентрация данного компонента не превышала ПДК<sub>пит</sub>. Это связано с тем фактом, что качество воды меняется в течение года, т.к. вода для некоторых аппаратов отбирается из артезианских скважин [7].



**Рис. 2.** Схематичное расположение вендинговых аппаратов различных марок: а – «РЗПАВ»; б – «ПИЧАВ»; в – «ИЗЧВ».

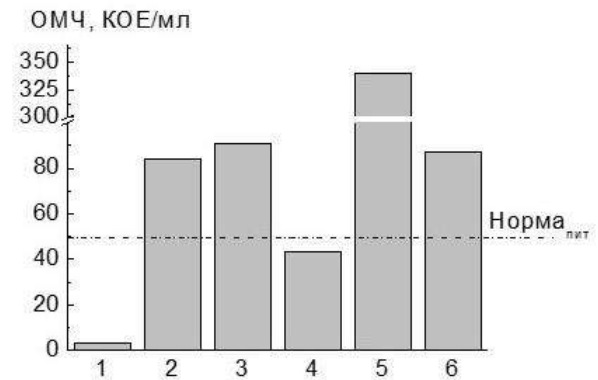
Высокие концентрации железа (общее) в воде для питья влияет на работу почек человека, печень и желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), вызывает поражение тканей и аллергические реакции; чрезмерное содержание соединений  $Mn^{2+}$  может вызвать заболевание легких и сердечно-сосудистой системы. Избыток хлорид-ионов в употребляемой воде для питья негативно влияет на сердечно-сосудистую систему, желудочно-кишечный тракт, катализирует развитие новообразований и формирование камней в почках. Повышен-

ные концентрации  $NO_2^-$  и  $SO_4^{2-}$  могут также вызывать негативное воздействие на здоровье людей, например, вызвать раздражение ЖКТ, слизистых оболочек носа, рта и глаз. Повышенное содержание величины сухого остатка оказывает значительное влияние на сердце и сосуды и усугубляет протекание хронических заболеваний (ишемическая болезнь сердца, стенокардия, гипертоническая болезнь) [8]. Чтобы приблизить содержание этих компонентов к норме, перед употреблением рекомендуется использовать систему доочистки воды

(например, сорбционную очистку с применением бытовых устройств кувшинного типа).

Микробиологический анализ показал, что большая часть отобранной воды не соответствовала установленным нормативным требованиям по общему количеству микроорганизмов (рис. 3), и такую воду не рекомендуется использовать без предварительной термической обработки.

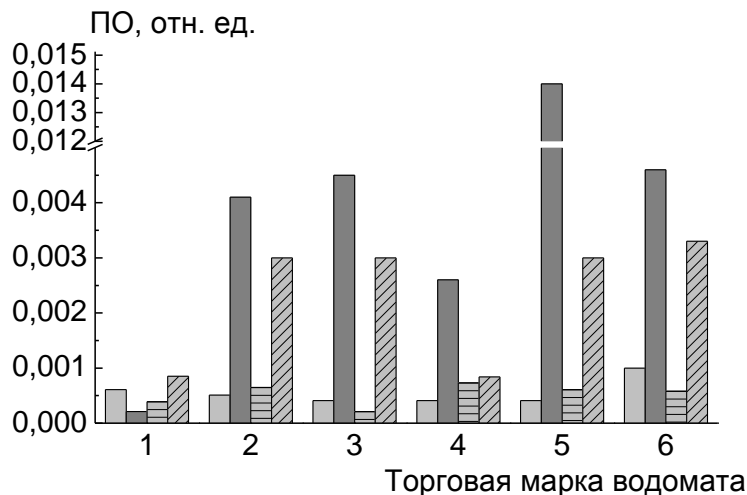
Значительный вклад в вероятность возникновения заболеваемости населения, согласно оценочным расчётам (рис. 4) вносят показатели  $K_1$  («благоприятность») и  $K_4$  («безопасность»), за счёт повышенного содержания соединений  $Fe_{общ}$  и  $Mn^{2+}$  в первом случае и превышения нормы по ОМЧ во втором. Согласно методике, утвержденной Министерством здравоохранения Российской Федерации, можно сделать вывод, что реализуемая в продажу вода благоприятная по органолептическим и физиологическим свойствам, безвредная по химическому составу, безопасная в эпидемиологическом отношении, но в то же время неполноценная в физиологическом отношении. Не рекомендуется пероральное употребление питьевой воды такого качества (без дополнительной сорбционной и/или термической обработки).



**Рис. 3.** Общее микробное число для различных образцов воды: 1 – «РЗПАВ»; 2, 3, 4, 5 – «ПИЧАВ»; 6 – «ИЗЧВ»

Полученные значения уровней риска для здоровья при употреблении воды из торговых автоматов представлены в таблице ниже. Анализ показывает, что питьевая вода из вендингового аппарата марки «РЗПАВ» является наиболее безопасной к употреблению.

Для оценки приемлемого уровня индивидуального риска, связанного с опасными видами деятельности, используется критерий приемлемости риска, который представляет собой вероятность одного смертельного случая (одного летального исхода) в год.



**Рис. 4.** Величина потенциальной опасности (ПО) питьевой воды из водоматов 1 – «РЗПАВ»; 2, 3, 4, 5 – «ПИЧАВ»; 6 – «ИЗЧВ».



Согласно критериям приемлемости, значения риска от присутствия в питьевой воде из вендинговых аппаратов соединений  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  и  $Cr_{общ}$  для взрослого человека (наименее уязвимой группы населения) при хроническом воздействии можно оценить как высокий риск – приемлемый лишь в особых обстоятельствах, для  $As^{2+}$  – риск максимален (неприемлем), а для детей раннего возраста от 1 года до трёх лет (наиболее уязвимой группы населения)

риск приемлем только для соединений  $Cd^{2+}$ , для  $Pb^{2+}$ ,  $As^{2+}$  и  $Cr_{общ}$  – неприемлемый риск.

Расчётная величина ущерба от индивидуального риска (при хроническом воздействии) при пероральном приеме проанализированных образцов питьевой воды классифицируется как умеренная или высокая. Поэтому рекомендуется дополнительная очистка и дезинфекция воды в торговых автоматах.

Таблица. Степень риска питьевой воды из разных аппаратов

№ пробы	Торговая марка	Категория людей	Годы			
			2021		2022	2023
			Зима	Лето	Зима	Зима
1	«РЗПАВ»	Взрослые	чрезв. опасн.	приемлемый	удовл.	приемлемый
		Дети (от 1 до 3 лет)	чрезв. опасн.	удовл.	удовл.	удовл.
2	«ПИЧАВ»	Взрослые	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	удовл.
		Дети (от 1 до 3 лет)	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	удовл.
3	«ПИЧАВ»	Взрослые	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	приемлемый	чрезв. опасн.
		Дети (от 1 до 3 лет)	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	удовл.	чрезв. опасн.
4	«ПИЧАВ»	Взрослые	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	неуд.
		Дети (от 1 до 3 лет)	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	неуд.
5	«ПИЧАВ»	Взрослые	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	удовл.
		Дети (от 1 до 3 лет)	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	удовл.
6	«ИЗЧВ»	Взрослые	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	удовл.
		Дети (от 1 до 3 лет)	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	чрезв. опасн.	неуд.

**Примечание:**

«удовл.» – удовлетворительный; «неуд.» – неудовлетворительный; «чрезв. опасн.» – чрезвычайно опасный.

**Выводы:**

1. Установлено, что в протоколах испытаний владельцев водоматов приведены заниженные значения некоторых показателей качества воды: соединения железа, содержание марганца; выявлено отклонение от нормы содержания сухого остатка при химическом анализе проб в 2021–2023 гг. Кроме того, микробиологический анализ показал повышенные (относительно нормы) значения для проб воды.

2. Была проведена оценка величины потенциальной опасности для населения от употребления воды питьевой из водоматов города Иваново, которая показала, что наиболее

значительный вклад вносит именно микробиологическое загрязнение.

3. Оценка показателей риска может быть использована для сравнения качества образцов питьевой воды из разных источников и для обоснования мер по дооснащению торговых автоматов; на её основе могут быть даны рекомендации производителям, компаниям, занимающимся техническим обслуживанием водоматов (установка дополнительных систем очистки, например, ультрафиолетовых ламп) и потенциальным потребителям (кипячение воды перед употреблением, использование бытовых фильтров [9]).

## Список литературы

1. Мареев И. А. Качество питьевой воды как глобальная экологическая проблема // Молодой ученый. 2020. № 50 (340). С. 402–403. URL: <https://moluch.ru/archive/340/76555/> (дата обращения: 10.01.2023).
2. Бубнов А. Г., Буймова С. А., Моисеев Ю. Н. Доочистка питьевой воды различного качества бытовыми устройствами // Современные проблемы гражданской защиты. № 3 (32). 2019. С. 24–32. URL: [http://ntp.edufire37.ru/wp-content/uploads/2019/09/текст\\_№3\\_2019.pdf](http://ntp.edufire37.ru/wp-content/uploads/2019/09/текст_№3_2019.pdf).
3. Рогозин М. Ю., Бекетова Е. А. Проблема загрязнения грунтовых вод // Молодой ученый. 2018. № 25 (211). С. 1–4. URL: <https://moluch.ru/archive/211/51594/> (дата обращения: 10.01.2023).
4. Бубнов А. Г., Буймова С. А. Методы интегральной оценки качества родниковых вод // Методы оценки соответствия. 2012. № 9. С. 25–33.
5. Булкина К. А., Бубнов А. Г., Буймова С. А. Риск для здоровья от употребления родниковых вод // Экология и управление природопользованием: сборник научных трудов Первой всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Вып. 1. Томск: ООО «Литературное бюро». 2017. С. 67–68.
6. Комарова М. М., Бубнов А. Г., Буймова С. А. Оценка риска от употребления родниковой воды городов Иваново и Кохма // Экология и управление природопользованием: сборник научных трудов Первой всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Вып. 1. Томск: ООО «Литературное бюро». 2017. С. 78–80.
7. Оценка качества и безопасности питьевой воды в вендинговых аппаратах / А. С. Цветков, С. А. Буймова, А. Г. Бубнов [и др.] // Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов–2022». М.: Перо. 2022. С. 378. URL: <https://drive.google.com/file/d/1z3ubvg3kcXq5XJt2BI8UUamQQgpR6Y7P/view> (дата обращения: 11.01.2023).
8. Куценко В. А. Основы токсикологии: научно-методическое издание. М.: Фолиант (мед), 2004. 720 с.
9. Буймова С. А., Комарова М. М., Бубнов А. Г. Водоподготовка питьевой воды бытовыми устройствами // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XII международной научно-практической конференции, посвященной году гражданской обороны. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 433–438.

## References

1. Mareev I. A. Kachestvo pit'evoy vody kak global'naja jekologicheskaja problema [Drinking water quality as a global environmental problem]. *Molodoj uchenyj*, 2020, vol. 50 (340), pp. 402–403. URL: <https://moluch.ru/archive/340/76555/> (data obrashhenija: 10.01.2023).
2. Bubnov A. G., Buimova S. A., Moiseev U. N. Doochistka pit'evoy vody razlichnogo kachestva bytovymi ustrojstvami [Post-treatment of drinking water of various quality with household appliances]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashhity*, 2019, vol. 3 (32), pp. 24–32. URL: [http://ntp.edufire37.ru/wp-content/uploads/2019/09/tekst\\_№3\\_2019.pdf](http://ntp.edufire37.ru/wp-content/uploads/2019/09/tekst_№3_2019.pdf).
3. Rogozin M. U., Beketova E. A. Problema zagryaznenija gruntovyh vod [The problem of groundwater pollution]. *Molodoj uchenyj*, 2018, vol. 25 (211), pp. 1–4. URL: <https://moluch.ru/archive/211/51594/> (data obrashhenija: 10.01.2023).
4. Bubnov A. G., Byimova S. A. Metody integral'noj ocenki kachestva rodnikovyh vod [Methods for integral assessment of spring water quality]. *Metody ocenki sootvetstvija*, 2012, issue 9, pp. 25–33.
5. Bulkina K. A., Bubnov A. G., Byimova S. A. Risk dlja zdorov'ja ot upotreblenija rodnikovyh vod [Health risks from drinking spring water]. *Ekologiya i upravlenie prirodopolzovaniem. Sbornik nauchnyh trudov Pervoj vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*, issue 1. Tomsk: ООО «Literaturnoe byuro», 2017. pp. 67–68.
6. Komarova M. M., Bubnov A. G., Buimova S. A. Ocenka riska ot upotreblenija rodnikovoј vody gorodov Ivanovo i Kohma [Risk assessment from the use of spring water in the cities of Ivanovo and Kokhma]. *Ekologiya i upravlenie prirodopolzovaniem: sbornik nauchnyh trudov Pervoj vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. issue 1. Tomsk: ООО «Literaturnoe byuro», 2017, pp. 78–80.
7. Ocenka kachestva i bezopasnosti pit'evoy vody v vendingovyh apparatah [Assessment of the quality and safety of drinking water in vending machines] / A. S. Cvetkov, S. A. Buimova, A. G. Bubnov [et al.]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchjonyh «Lomonosov–2022»*, Moscow: Pero, 2022, p. 378. URL: <https://drive.google.com/file/d/1z3ubvg3kcXq5XJt2BI8UUamQQgpR6Y7P/view> (data obrashhenija: 11.01.2023).
8. Kucenko V. A. *Osnovy toksikologii: nauchno-metodicheskoe izdanie* [Fundamentals of toxicology: scientific and methodical publication]. Moscow: Foliant (med), 2004, 720 p.

9. Bujmova S. A., Komarova M. M., Bubnov A. G. Vodopodgotovka pit'evoy vody bytovymi ustroystvami [Water treatment of drinking water by household appliances]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost: sbornik materialov XII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj godu grazhdanskoj oborony*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2017, pp. 433–438.

*narodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj godu grazhdanskoj oborony*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2017, pp. 433–438.

*Цветков Александр Сергеевич*

Ивановский государственный химико-технологический университет,  
Российская Федерация, г. Иваново,  
магистрант 1-го года обучения, кафедра промышленной экологии

E-mail: alextsvet5@gmail.com

*Tsvetkov Aleksander Sergeevich*

Ivanovo State University of Chemical Technology,  
Russian Federation, Ivanovo,

Master student of the 1-st year of study, Department of Industrial Ecology

E-mail: alextsvet5@gmail.com

*Буймова Светлана Александровна*

Ивановский государственный химико-технологический университет,  
Российская Федерация, г. Иваново,

кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры промышленной экологии,

E-mail: buymova@mail.ru,

*Buymova Svetlana Alexandrovna*

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,  
Russian Federation, Ivanovo,

Candidate of Chemical Sciences, associate Professor

E-mail: buymova@mail.ru

*Бубнов Андрей Германович*

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет,

Доктор химических наук, доцент, профессор кафедры промышленной экологии

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Доктор химических наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации пожарной техники,  
средств связи и малой механизации

E-mail: bubag@mail.ru

*Bubnov Andrey Germanovitch*

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,  
Russian Federation, Ivanovo

Doctor of Chemical Sciences, associate Professor, Professor of the Department of Industrial Ecology  
Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy  
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies  
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,  
Russian Federation, Ivanovo

Doctor of Chemical Sciences, associate Professor, Professor of the Department  
of Fire Engineering Operation, means of communication and small-scale mechanization

E-mail: bubag@mail.ru

---

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

УДК 614.841.415:621.31

**К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ НОВОГО ПОДХОДА  
К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ  
НА ПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ ПВХ-ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОКАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЯ КИСЛОРОДНОГО ИНДЕКСА**

**И. А. БОГДАНОВ, С. Н. УЛЬЕВА, С. А. ШАБУНИН, А. Л. НИКИФОРОВ**

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

E-mail: i.a.bogdanov@bk.ru; jivotjagina@mail.ru; sergeyshabunin@yandex.ru; anikiforoff@list.ru

В статье рассматривается необходимость пересмотра нормативной базы, регулирующей оценку пожарной опасности электрокабельных изделий, и применения новых подходов к оценке влияния термического старения на пожарную опасность их ПВХ-изоляции. Предлагается подход к оценке влияния термического старения на пожарную опасность ПВХ-изоляции электрокабельных изделий, разработанный на основе показателя кислородного индекса.

**Ключевые слова:** ПВХ-изоляция, старение полимеров, пожарная опасность, кислородный индекс.

**TO THE QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF A NEW APPROACH  
TO THE EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THERMAL AGING  
ON THE FIRE HAZARD OF PVC-INSULATION OF ELECTRIC CABLE PRODUCTS  
ON THE BASIS OF THE OXYGEN INDEX**

**I. A. BOGDANOV, S. N. UL'EVA, S. A. SHABUNIN, A. L. NIKIFOROV**

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: i.a.bogdanov@bk.ru; sergeyshabunin@yandex.ru; jivotjagina@mail.ru; anikiforoff@list.ru

The article discusses the need to revise the regulatory framework governing the assessment of the fire hazard of electrical cable products, and the application of new approaches to assessing the effect of thermal aging on the fire hazard of their PVC-insulation. An approach is proposed for assessing the effect of thermal aging on the fire hazard of PVC-insulation of electrical cable products, developed on the basis of the oxygen index.

**Key words:** PVC-insulation, polymer aging, fire hazard, oxygen index.

На сегодняшний день обеспечение пожарной безопасности кабельных изделий является актуальной задачей и находит свое подтверждение в данных по статистике пожа-

ров<sup>1</sup>. Согласно статистике, лидирующую позицию среди причин пожаров занимают пожары по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования. На рис. 1 представлено распределение пожаров, про-

изошедших за 2017–2021 гг., по видам изделий, на которых возник пожар. Исходя из анализа статистики, на рисунке представлены только те виды изделий, которые занимают лидирующие позиции.

Исходя из представленной диаграммы (рис. 1) видно, что в 2017–2018 годах кабельные изделия занимали первое место среди изделий, на которых возник пожар. Следует отметить, что пожары на объектах защиты, обусловленные такими источниками зажигания, как спички (зажигалка, свеча) и сигарета с 2019 года занимают лидирующие позиции.

Сложившаяся ситуация обусловлена внесением изменений в законодательство по учету пожаров<sup>2</sup>. С 2019 года отменен термин «загорание», все «бывшие загорания» на сегодняшний день учитываются как пожары. Распределение основных показателей крупных пожаров за 2017–2021 гг. по причинам их возникновения подтверждает, что за кабельными изделиями сохранилась лидирующая позиция среди пожаров, приводящих к значительному материальному ущербу и большому количеству жертв (по расчету на один пожар) (рис. 2).

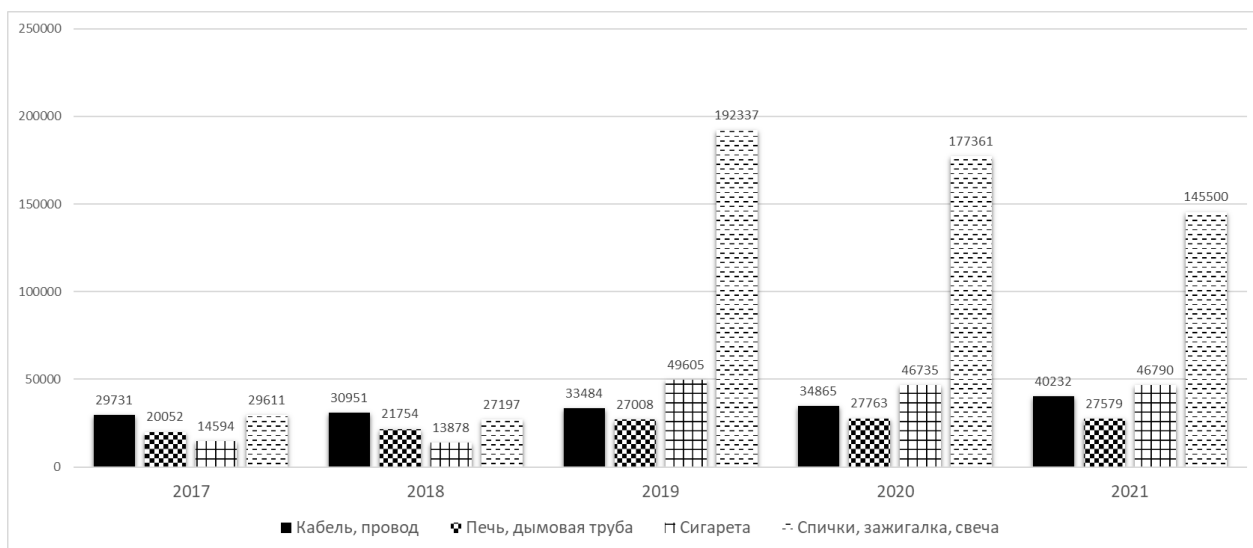


Рис. 1. Распределение пожаров, произошедших за 2017–2021 гг., по видам изделий, на которых возник пожар

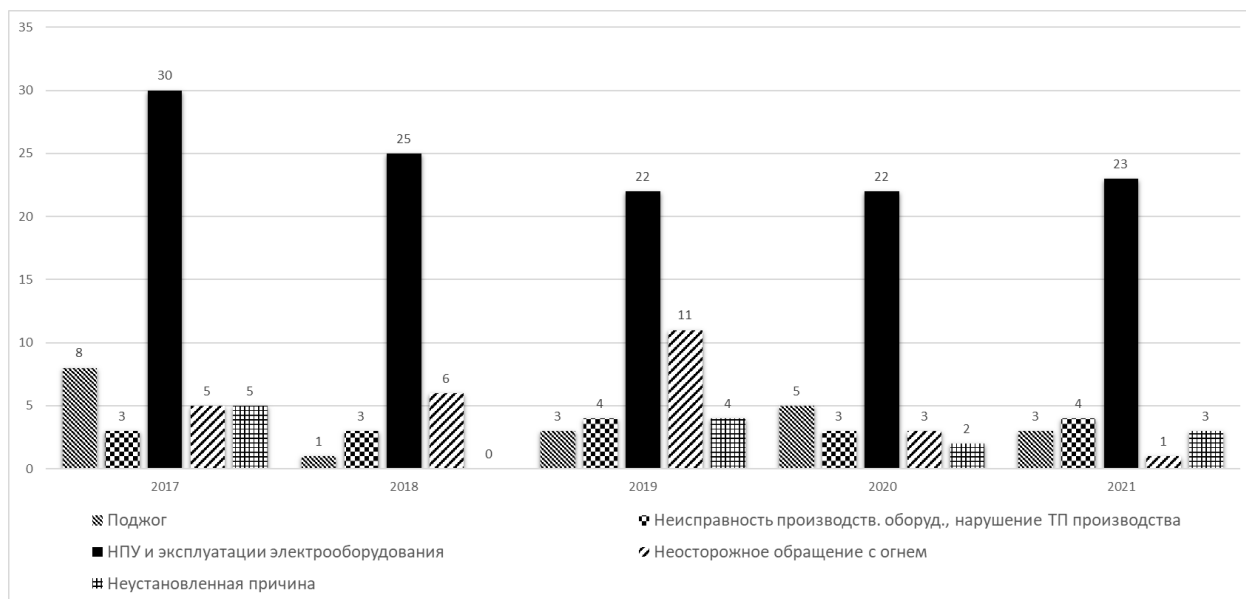


Рис. 2. Распределение количества крупных пожаров за 2017–2021 гг. по причинам их возникновения

<sup>2</sup> Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий: приказ МЧС России № 714 от 21.11.2008 // Российская газета. 2008. № 257.

На рис. 2 видно, что ежегодно количество пожаров, связанных с электрооборудованием как минимум в два раза превышает количество крупных пожаров по другим причинам (на рис. 2 представлены только самые количественные из причин возникновения крупных пожаров).

Таким образом, исходя из представленного анализа, можно говорить о том, что повышение пожарной безопасности в процессе эксплуатации кабельной продукции является актуальной и важной задачей.

Согласно статье 12 Федерального закона<sup>3</sup> все вещества и материалы (за исключением строительных, текстильных и кожевенных материалов) классифицируются по пожарной опасности. Частью 3 данной статьи установлено, что методы испытаний на горючесть веществ и материалов устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности, перечень которых утвержден распоряжением Правительства<sup>4</sup>. В данном нормативном правовом акте указан ГОСТ 21793-76<sup>5</sup>, который предназначен для сравнительной оценки способности пластмасс гореть в исследовательских испытаниях. Вместе с тем, в перечне присутствует и ГОСТ 12.1.044-89<sup>6</sup>, согласно которому значение кислородного индекса следует применять, в том числе при контроле горючести полимерных материалов. Объектом исследования в вышеприведенных методиках являются вещества и материалы, однако, на наш взгляд, в целях получения объективных данных следует рассматривать не конкретный материал, а реально эксплуатируемое кабельное изделие, т.к. наличие токопроводящей жилы и геометрические размеры могут существенно повлиять на физико-химические про-

цессы, протекающие при горении кабельных изделий [1].

Следуя логике, необходимо обратиться к ГОСТ 31565-2012<sup>7</sup>, который распространяется на кабельные изделия, к которым предъявляются требования по пожарной безопасности, предназначенные для прокладки в зданиях и сооружениях, и устанавливает классификацию, требования пожарной безопасности, преимущественные области применения. Но данным нормативным документом не предусмотрено испытание образцов после проведения старения.

С другой стороны, в системе нормативных документов, предъявляющих требования к кабельной продукции, присутствует ГОСТ 25018-81<sup>8</sup>, который регламентирует методы испытания изоляции и оболочек кабельной продукции, в том числе после проведения старения. Однако, в данном нормативном правовом акте не учтено влияние старения кабельных изделий, обусловленного условиями эксплуатации, на изменение их пожарной опасности. Актуальность исследования процессов старения и их влияние на пожарную опасность материалов изоляции и оболочек кабельных изделий была отмечена в работах [2, 3, 4].

Таким образом, учитывая вышеприведенный анализ нормативных требований, предъявляемых к кабельным изделиям, представляется возможным говорить об отсутствии нормативно утвержденных научно обоснованных методик оценки и прогнозирования ресурса электрических проводов и кабелей с целью их пожаробезопасной эксплуатации, чем и обусловлена актуальность данной научной работы.

Цель работы заключалась в проведении исследования влияния ориентации образца в пространстве на показатель предельного кислородного индекса кабельного изделия. Предварительная проработка данного направления исследования приведена в работе [5].

В качестве объекта исследования была выбрана изоляция провода ПуГВ (производитель ООО «Калужский кабельный завод»), который широко применяется при стационарной прокладке в осветительных сетях, а также для монтажа электрооборудования, машин, механизмов и станков.

<sup>3</sup> Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон [принят Гос. Думой 04.07.2008] // Собрание законодательства Российской Федерации, № 30, 28.07.2008, (ч.1), ст.3579.

<sup>4</sup> Об утверждении перечня национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и осуществления оценки соответствия: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 10.03.2009 № 304-Р // Собрание законодательства Российской Федерации, № 11, 16.03.2009, ст.1363.

<sup>5</sup> ГОСТ 21793-76. Пластмассы. Метод определения кислородного индекса. М.: Издательство стандартов, 1976. 14 с.

<sup>6</sup> ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2006. 100 с.

<sup>7</sup> ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.

<sup>8</sup> ГОСТ 25018-81. Кабели, провода и шнуры. Методы определения механических показателей изоляции и оболочек. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 8 с.



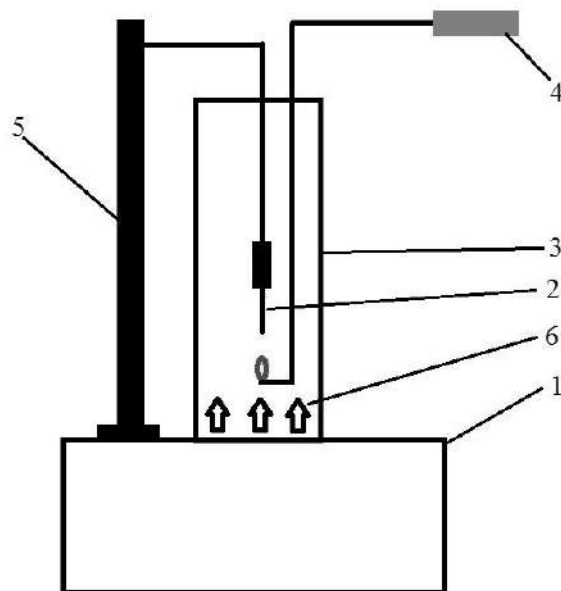
За основу при разработке метода исследования был взят метод определения показателя кислородного индекса в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89<sup>6</sup>. Сущность данного метода заключается в нахождении минимальной концентрации кислорода в потоке кислородно-азотной смеси, при которой наблюдается самостоятельное горение вертикально расположенного образца, зажигаемого сверху, что позволяет проводить сравнительную оценку общей меры горючести полимерных материалов и огнезащитных композиций. Результатом измерения по методике, описанной в п. 4.14. ГОСТ 12.1.044-89<sup>6</sup> является минимальное процентное количество кислорода в кислородно-азотной среде, при которой возможно самостоятельное горение образца. По этой причине часто исследователями делаются неверные выводы касательно пожарной опасности материала, поскольку зажигание сверху не учитывает все физические, физико-химические, теплофизические процессы, происходящие в условиях пожара, где распространение теплового потока происходит во все стороны. Немаловажную роль в распространении пожара играет направление теплового потока снизу вверх по материалу, поскольку восходящие

тепловые потоки интенсифицируют нагрев материала и его термическую деструкцию с образованием горючих продуктов. В связи с чем, нами было принято решение о поджоге образца снизу. В таких условиях восходящие тепловые потоки, возникающие в результате реакции горения подогревают горючее вещество, тем самым интенсифицируя реакцию; создаются более благоприятные условия газообмена для протекания реакции горения. Данные условия наиболее приближены к реальным условиям развития пожара и отвечают самому опасному сценарию развития пожара – вертикально расположенного кабельного изделия. Также отличие методики, по которой нами были проведены испытания, заключалось в подготовке образцов. Нами были отобраны образцы провода длиной 100 мм и нанесены метки на расстоянии 50 мм от конца образца, вступающего в контакт с источником зажигания. На рис. 3 и 4 представлен общий вид экспериментальной установки для проведения исследования и ее схема соответственно.

В табл. 1 приведены экспериментальные данные по оценке предельного кислородного индекса образцов при зажигании снизу.



**Рис. 3.** Общий вид экспериментальной установки для проведения исследования



**Рис. 4.** Схема экспериментальной установки для проведения исследования: 1 – установка для определения кислородного индекса Oxygen Module Index Concept Equipment; 2 – образец; 3 – стеклянная колба; 4 – газовая горелка; 5 – держатель образца; 6 – направление движения кислородно-азотной смеси

Таблица 1. Экспериментальные данные по оценке предельного кислородного индекса образцов при зажигании снизу

№ образца	Концентрация кислорода, %	Время горения после зажигания, с	Длина сгоревшей части, мм	Результат («0» - не сгорел, «Х» - сгорел)
1	25,0	15	50	Х
2	24,0	21	50	Х
3	23,0	27	50	Х
4	22,0	8	31	0
5	22,0	6	28	0
6	22,2	29	50	Х
7	22,0	12	39	0
8	22,2	31	50	Х
9	22,0	18	41	0
10	22,2	29	50	Х

По формуле 1, приведенной в ГОСТ 12.1.044-89<sup>5</sup>, определяем значение кислородного индекса (КИ) в % об.:

$$КИ = C_k + K \cdot d, \quad (1)$$

где  $C_k$  – конечное значение концентрации кислорода, определенное согласно п. 4.14.3.18, округленное до десятичного знака, % об.;  
 $d$  – разница между значениями концентрации кислорода, определенная согласно пп. 4.14.3.16-4.14.3.17, % об.;  
 $K$  – коэффициент, определяемый из табл. 13 согласно п. 4.14.4.2.

$$КИ = 22,2 + (-0,50) \cdot 0,2 = 22,1 \text{ \% об.}$$

Для сравнения нами был проведен эксперимент по стандартной методике с зажига-

нием образца сверху. В табл. 2 приведены экспериментальные данные проведенного исследования.

По формуле 1 определяем значение кислородного индекса (КИ) в % об.:

$$КИ = 23,2 + (-0,17) \cdot 0,2 = 23,2 \text{ \% об.}$$

Таким образом, показатель кислородного индекса при зажигании образца снизу на 1,1 % об. выше показателя кислородного индекса образца, зажигаемого сверху. Согласно методике по ГОСТ 12.1.044-89<sup>5</sup> сходимость метода не должна превышать 0,5 % об., что позволяет говорить о том, что ориентация образца в пространстве влияет на показатель кислородного индекса образца.

Таблица 2. Экспериментальные данные по оценке предельного кислородного индекса образцов при зажигании сверху

№ образца	Концентрация кислорода, %	Время горения после зажигания, с	Длина сгоревшей части, мм	Результат («0» - не сгорел, «Х» - сгорел)
1	24	30	50	Х
2	23	93	36	0
3	23	90	41	0
4	23,2	42	50	Х
5	23	30	38	0
6	23,2	50	45	0
7	23,4	91	50	Х
8	23,2	89	50	Х

Вместе с тем, необходимо обратить внимание на существенное влияние наличия хлоридных групп в составе полимера на его пожарную опасность [2]. Учитывая данное обстоятельство, можно предположить, что влияние расположения образца в пространстве на

показатель кислородного индекса после термического старения возрастет. Объясняется это закономерностями газообмена, возникающего в процессе горения ПВХ-изоляции кабельного изделия. Так как в результате термического старения возможно снижение количе-

ства хлоридных групп в составе ПВХ-изоляции, концентрация хлора в зоне горения снизится. При поджоге снизу удельная поверхность проекции зоны горения образца, к которой будет поступать кислород, интенсифицируя реакцию, возрастает.

На основании вышеизложенного можно предположить, что метод определения показателя кислородного индекса при зажигании об-

разца снизу будет более чувствительным и отражающим фактическую пожарную опасность кабельного изделия с ПВХ-изоляцией до и после термического старения по сравнению с аналогичной методикой, но при зажигании образца сверху. Однако, необходимо проведение эмпирического подтверждения этой гипотезы, что и является одной из задач дальнейших исследований.

### Список литературы

1. Берлин А. А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести // Соросовский образовательный журнал. 1996. Т. 2. № 9. С. 57–63.

2. Оценка влияния температурных воздействий на пожарную опасность изоляции на основе ПВХ-диэлектриков / И. А. Богданов, С. А. Шабунин, С. Н. Ульяева [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 4 (45). С. 64–70.

3. Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности изоляции и оболочек электрокабельной продукции, изготовленной из ПВХ / И. А. Богданов, С. А. Шабунин, А. Л. Никифоров [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-й годовщине образования гражданской обороны. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 31–35.

4. Ульяева С. Н., Никифоров А. Л., Шабунин С. А. Возможности термических методов анализа при определении пожарной опасности полимерных изоляционных материалов электрокабельных изделий // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 4 (41). С. 132–139.

5. Влияние способа воспламенения на пожароопасные свойства / С. А. Шабунин, И. А. Богданов, Н. М. Панев [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-й годовщине образования гражданской обороны. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 259–262.

### References

1. Berlin A. A. Gorenje polimerov i polimernye materialy ponizhennoj goryuchesti [Com-

bustion of polymers and polymeric materials of reduced flammability]. *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal*, 1996, vol. 2, issue 9, pp. 57–63.

2. Ocenka vliyaniya temperaturnykh vozdeystvij na pozharnuyu opasnost' izolyacii na osnove PVH-dielektrikov [Assessment of the influence of temperature effects on the fire hazard of insulation based on PVC dielectrics] / I. A. Bogdanov, S. A. Shabunin, S. N. Ul'eva [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 4 (45), pp. 64–70.

3. Aktual'nye problemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti izolyacii i obolochek elektrokabel'noj produkcii, izgotovlennoj iz PVH [Actual problems of ensuring fire safety of insulation and sheaths of electrical cable products made of PVC] / I. A. Bogdanov, S. A. Shabunin, A. L. Nikiforov [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 90-j godovshchine obrazovaniya grazhdanskoj oborony*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2022, pp. 31–35.

4. Ul'eva, S. N., Nikiforov A. L., Shabunin S. A. Vozmozhnosti termicheskikh metodov analiza pri opredelenii pozharnoj opasnosti polimernykh izolyacionnykh materialov elektrokabel'nyh izdelij [Possibilities of thermal analysis methods in determining the fire hazard of polymeric insulating materials of electrical cable products]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2021, vol. 4 (41), pp. 132–139.

5. Vliyanie sposoba vosplamneniya na pozharoopasnye svojstva [Influence of the method of ignition on fire hazardous properties] / S. A. Shabunin, I. A. Bogdanov, N. M. Panev [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 90-j godovshchine obrazovaniya grazhdanskoj oborony*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2022, pp. 259–262.

*Богданов Илья Андреевич*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
адъюнкт очной формы обучения

E-mail: i.a.bogdanov@bk.ru

*Bogdanov Ilya Andreevich*

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

E-mail: i.a.bogdanov@bk.ru

*Шабунин Сергей Александрович*

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

sergeyshabunin@yandex.ru

*Shabunin Sergey Aleksandrovich*

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

E-mail: sergeyshabunin@yandex.ru

*Ульева Светлана Николаевна*

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

E-mail: jivotjagina@mail.ru

*Ulieva 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, associate professor

E-mail: jivotjagina@mail.ru

*Никифоров Александр Леонидович*

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

E-mail: anikiforoff@list.ru

*Nikiforov Alexander Leonidovich*

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

E-mail: anikiforoff@list.ru

УДК 614.8

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАЗБИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТЕКОЛ

**В. Е. ИВАНОВ, П. В. ПУЧКОВ, А. В. ТОПОРОВ**

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

В данной статье пойдет речь о разработке конструкций устройств для разбивания автомобильных стекол при блокировании дверей в результате дорожно-транспортных происшествий. При разработке данных устройств учтено, что они должны быть оснащены стропорезом, бойком нажимного типа и бойком ударного типа, так же должно быть обеспечено удобство использования в защитных перчатках (крагах) пожарного. При разработке устройств применялись системы автоматизированного проектирования Autodesk AutoCAD, Autodesk Inventor и технология трехмерной печати. Разработанные трехмерные модели устройств загружались в программу Autodesk Inventor, где производился прочностной расчет конструкций.

**Ключевые слова:** конструкция, устройство, дорожно-транспортное происшествие, 3D-печать, автомобильное стекло, боек, трехмерная модель, прочность.

## DESIGN DEVELOPMENT OF A DEVICE WITH A SLINGER FOR BREAKING CAR WINDOWS

**V. E. IVANOV, P. V. PUCHKOV, A. V. TOPOROV**

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: vitaliyivanov@yandex.ru

In this article we will talk about the development of designs of devices for breaking car windows when blocking doors as a result of road accidents. When developing these devices, it is taken into account that they must be equipped with a sling cutter, a pressure-type striker and a shock-type striker, convenience of use in protective gloves (leggings) of a firefighter must also be ensured. During the development of the device, computer-aided design systems Autodesk AutoCAD, Autodesk Inventor and three-dimensional printing technology were used. The developed three-dimensional models of devices were loaded into the Autodesk Inventor program, where the strength calculation of structures was performed.

**Key words:** construction, device, traffic accident, 3D printing, car glass, firing pin, three-dimensional model, durability.

Согласно статистике, количество дорожно-транспортных происшествий в России в 2022 году по сравнению с 2021 годом снизилось на 4,97 % и составило 126705 ДТП, что остается на достаточно высоком уровне. Во время аварии при деформации кузова автомобиля блокируются двери, и для того чтобы быстро выбраться из автомобиля необходимо разбить стекло, в таких случаях применяются устройства для разбивания автомобильных стекол самими пострадавшими. Спасатели для

извлечения пострадавших могут использовать как шанцевый, так и специальные инструменты – стеклобой. Поэтому актуальной задачей будет являться разработка конструкции устройств для разбивания стекол, которые без затруднений могут использовать и спасатели, и сами пострадавшие.

Перед разработкой устройств для разбивания автомобильных стекол были учтены достоинства и недостатки существующих конструкций [1]. Разработка конструкций устройств производилась в системах автоматизированного проектирования AutoCAD и Autodesk Inventor, так как данные программы поддержи-

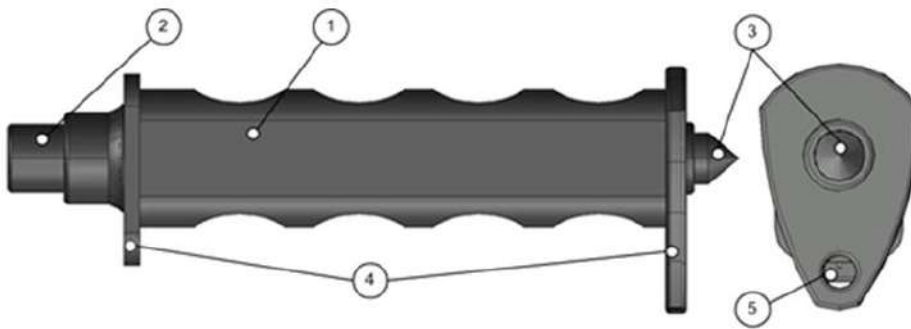
вают экспорт файлов в формат для 3D-печати, и позволяют создавать трехмерные модели сложной формы. В программе Autodesk Inventor производится прочностной анализ разрабатываемых конструкций устройств для разбивания автомобильных стекол, так как данная программа имеет встроенный модуль для прочностного расчета [2-4]. Кроме этого, в данной программе имеется генератор форм, который позволяет снизить вес детали, не уменьшая при этом ее прочность. Такой подход на этапе проектирования значительно снижает вероятность появления перегруженных участков на детали и позволяет создать опытный образец устройства без существенных доработок после проведения экспериментальных исследований [5, 6].

На рис. 1 представлена конструкция ручного комбинированного устройства для разбивания автомобильных стекол.

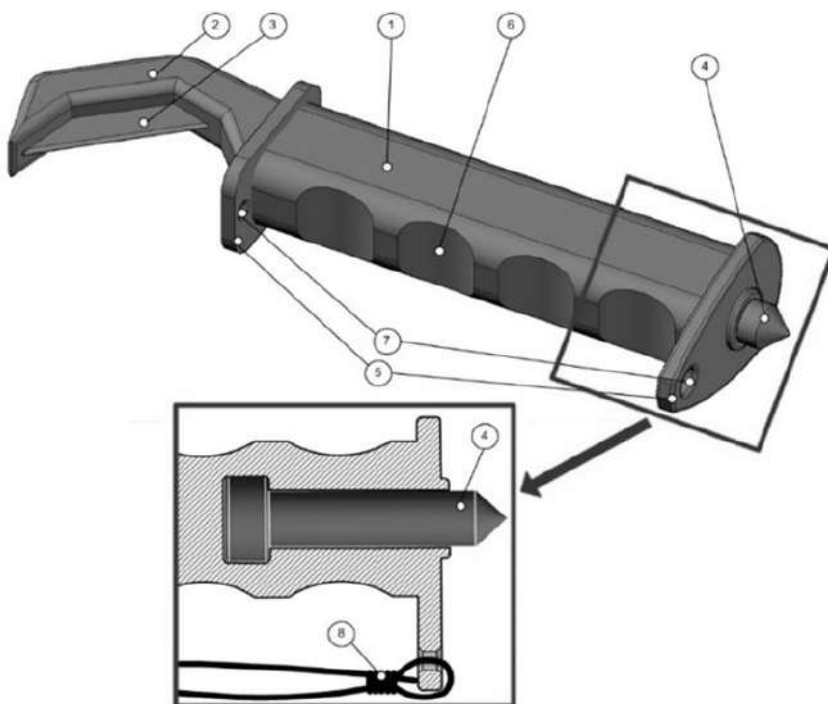
Корпус (1) стеклобоя оснащен гардами (4) для защиты рук от порезов при разбивании

стекла. Металлический боек (3) предназначен для разбивания стекла при помощи удара за счет человеческой силы. Боек (2) оснащен пружинным механизмом, а удар происходит при сжатии данного механизма. Боек (2) предназначен для применения в ограниченном пространстве, когда нет возможности замахнуться и сделать сильный удар по стеклу бойком (3). Габариты комбинированного устройства спроектированы с учетом того, что пожарные и спасатели при спасении пострадавших будут работать в защитных перчатках (крагах). Если пострадавшему требуется экстренно покинуть автомобиль при ДТП или при падении автомобиля в воду, и отсутствует возможность замахнуться рукой, то разбивать стекло необходимо бойком нажимного типа.

На рис. 2 представлено устройство для разбивания стекла и разрезания строп, ремней безопасности и одежды.



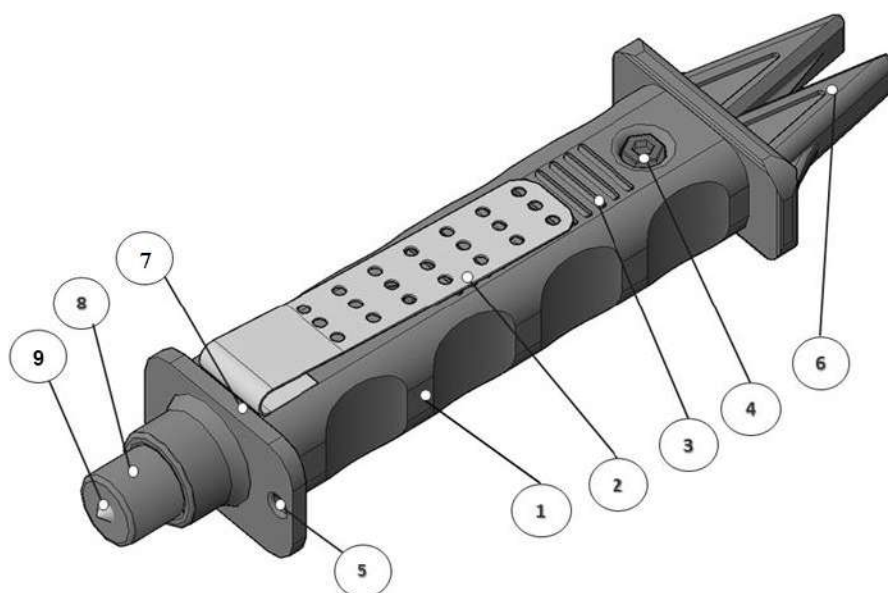
**Рис. 1.** Трехмерная модель стеклобоя ручного комбинированного:  
1 – рукоять;  
2 – стеклобой нажимного типа;  
3 – стеклобой ударного типа;  
4 – гарда;  
5 – отверстие под темляк



**Рис. 2.** Конструкция устройства для разбивания стекла со стропорезом:  
1 – рукоять; 2 – крюк для разрезания одежды и ремня безопасности; 3 – лезвие;  
4 – стеклобой; 5 – гарда;  
6 – подпальцевая выемка; 7 – отверстие под темляк; 8 – темляк

Разработанное устройство позволит не только разбить стекло автомобиля, но и перерезать ремень безопасности. При использовании данного устройства пожарными и спасателями оно дает возможность разрезать ремень безопасности или одежду при оказании помощи пострадавшим. Выполненная часть устройства в виде крюка с лезвием обеспечивает эффективное разрезание одежды на пострадавшем и защищает кожу от порезов. При заклинивании ремней безопасности данный стропорез так же будет необходим и позволит без затруднения их перерезать и освободить пострадавших при ДТП. Конструкцией устройства предусмотрена смена лезвий при их многократном применении. Корпус изготовлен при

помощи технологии трехмерной печати из пластика PLA. Стальной боек встроен в корпус и выполнен из закаленной стали, что способствует многократному применению в пожарно-спасательных подразделениях при спасении пострадавших в результате дорожно-транспортных происшествий. Размеры и форма корпуса спроектирована с учетом использования защитных перчаток (краг), чтобы обеспечить удобное расположение в руке. Габаритные размеры стеклобоя составляют 61x212x40 мм [2,3]. Гарды (5) и (7), встроенные в корпус, защищают руки от проскальзывания и дальнейших повреждений. Выемки под пальцы (6) формируют удобный хват в крагах.



**Рис. 3.** Конструкция разработанного устройства:  
1 – корпус устройства,  
2 – зажим-клипса,  
3 – насечка,  
4 – винт крепежный,  
5 – отверстие для крепления темляка,  
6 – V-образный стропорез, 7 – гарда,  
8 – корпус механизма для разбивания стекла,  
9 – боек

Устройство оснащено V-образным лезвием для разрезания строп, ремней безопасности, одежды. По сравнению с устройством, которое представлено на рис. 2, V-образное лезвие обеспечивает наибольшую безопасность при работе с ним, так как лезвие скрыто в V-образом профиле. Зажим-клипса (2) позволяет размещать устройство на ремне пожарного или спасателя. Боек нажимного типа (9) обеспечивает разбивание стекла без предварительного замаха рукой, что повышает его удобство использования в ограниченном пространстве.

Для разработки опытного образца применялась технология 3D-печати [7, 8]. Перед распечатыванием деталей для стеклобоя были проведены исследования режимов печати и степени заполнения объектов с сохранением прочностных характеристик. При 100 % запол-

нении деталей формируется монолитная структура, но в изделии присутствуют ненагруженные участки. При уменьшении плотности заполнения создается квадратная сетка, при этом, можно задать различную толщину начального и конечного слоев, чтобы обеспечить оптимальную износостойкость формируемой детали. Экспериментальные исследования на сжатие проводились согласно ГОСТ 4651-2014. В качестве основного материала для изготовления опытных образцов выбран пластик PLA. Согласно справочным данным для пластика PLA предел прочности составляет от 40 до 70 МПа. Экспериментальные исследования на сжатие проводились на машине ПСУ-10. На рис. 4 представлены фотографии внутренней структуры образцов с различной плотностью заполнения.

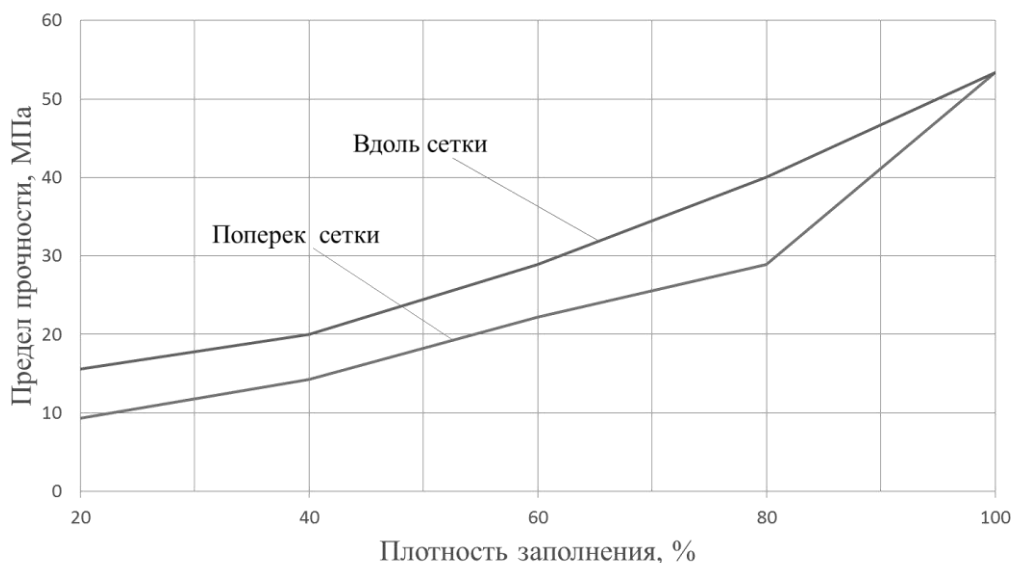


**Рис. 4** Фотографии внутренней структуры образцов с различной плотностью заполнения: а – 20 % заполнение, б – 80 % заполнение, в – 100 % заполнение

Для проведения испытаний экспериментальные образцы изготавливались квадратного сечения со стороной 15 мм и высотой 10 мм. 3D печать образцов производилась двумя способами: 1 – от основания, 2 – от боковой грани. Таким образом, достигалось различное расположение сетки при не 100 %-ом заполнении образцов. В первом случае сила, приложенная к образцам, располагалась вдоль сетки, а во втором случае сила располагалась поперек сетки. 3D-принтер формирует квадратную сетку с разной степенью заполнения. На рис. 4а показана сетка при 20 %-ом заполнении, на рис. 4б показана сетка при 80 %-ом заполнении образцов. В ходе проведения испытаний определено, что следы разрушения образца отчетливо видны при внутреннем заполнении пластиком на 20 %, при этом высота образцов с таким заполнением составила 7,8 мм. Эксперимент проводился с шагом по

заполнению в 20 %. На других образцах, с внутренним заполнением выше 20 %, видимых трещин при сжатии не наблюдалось, но при этом происходило выпучивание боковых поверхностей. Образцы с внутренним заполнением 80 % и 100 % подверглись наиболее значительной деформации, их высота после испытаний составила 5,9 мм и 5,1 мм соответственно. При внутреннем заполнении образцов на 40 % их высота после испытаний составила 7,1 мм, а при заполнении на 60 % – 6,4 мм. Данные высоты образцов измерялись после извлечения из машины ПСУ-10, а приведенные величины носят справочный характер. Выявлена закономерность, что при увеличении степени заполнения пластиком образцов, увеличивается их деформация.

На рис. 5 представлена зависимость предела прочности образцов от плотности заполнения пластиком PLA.



**Рис. 5.** Зависимость предела прочности образцов от плотности заполнения



При проведении экспериментальных исследований на сжатие были определены нормальные напряжения при разрушении образцов. Разрушение фиксировалось по падению нагрузки, прилагаемой к образцу. Зависимость предела прочности от плотности заполнения представлена на рис. 5. Как видим из рисунка, предел прочности материала вдоль линий сетки на 50 % выше, чем поперек линий сетки. Для графика нагружения вдоль сетки характерны два практически параллельных участка, имеющих различные углы наклона к горизонтальной оси. На участке от 100 % до 40 % заполнения наблюдается более интенсивное уменьшение величины предела прочности по сравнению с участком 40 %–20 %. Возможно, это обусловлено потерей устойчивости отдельных элементов внутренней структуры, на которые действует продольная сила, что наиболее значительно проявляется при снижении плотности заполнения менее 40 %. Нагрузка при этом воспринимается в основном сплошной внешней оболочкой. При нагружении образца поперек сетки происходит ее смятие и деформация ячеек. Это сказывается уже при незначительном снижении плотности внутрен-

него заполнения (порядка до 80 %). Таким образом, установлено, что прочность на сжатие изделий, полученных при помощи технологии 3D-печати, на 50 % выше при их нагружении вдоль линий сетки практически во всем диапазоне изменения плотности внутреннего заполнения. С учетом проведенных испытаний печать деталей для сборки стеклобоя осуществляется при 80 % заполнении, что обеспечивает оптимальную прочность детали и снижает расход пластика. Высота нижнего и верхнего слоев составила 1 мм.

#### Вывод

Разработаны новые конструкции устройств для разбивания автомобильных стекол при дорожно-транспортных происшествиях. Данные устройства могут применять пассажиры автомобилей для разбивания автомобильных стекол, если будут заблокированы двери в результате ДТП. Также могут применять пожарные и спасатели при спасении пострадавших в результате дорожно-транспортных происшествий для разбивания автомобильных стекол и перерезания ремней безопасности.

#### Список литературы

1. Иванов И. В., Пучков П. В. Разработка ручного инструмента для разбивания автомобильных стекол в аварийных ситуациях // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 293–295.
2. Сукощиков А. А., Пучков П. В. Восстановление деталей механизмов с помощью 3D печати // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 540–543.
3. Иванов В. Е., Легкова И. А., Пучков П. В. Применение современного программного продукта для трехмерного моделирования деталей и узлов пожарной техники // Пожарная и аварийная безопасность. 2017. № 2 (5). С. 53–65.
4. Иванов В. Е. Снижение металлоемкости конструкции средствами Autodesk Inventor // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции.

Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 427–429.

5. Иванов В. Е., Головатенко А. Ю. Современное программное обеспечение для проведения прочностных исследований разрабатываемых конструкций // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 224–227.

6. Иванов В. Е., Пучков П. В. Исследование технического состояния объектов машиностроения на основе компьютерного моделирования на примере разработки зажимов для устранения неисправностей пожарных рукавов // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2021. № 12. С. 543–546.

7. Иванов В. Е., Пучков П. В. Использование современных методов исследования при разработке новых конструкций зажимов для восстановления работоспособности напорных пожарных рукавов и оценка их технического состояния на основе компьютерного моделирования // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2021. № 3. С. 114–118.

8. Топоров А. В., Иванов В. Е. Исследование механических свойств модельного материала, полученного при помощи технологии 3D печати // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвящен-

ной 90-й годовщине образования гражданской обороны. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 565–568.

### References

1. Ivanov I. V., Puchkov P. V. Razrabotka ruchnogo instrumenta dlya razbivaniya avtomobil'nyh stekol v avariynyh situatsiyah [Development of a hand tool for breaking car windows in emergency situations]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj provedeniyu v Rossijskoj Federacii Goda nauki i tekhnologii v 2021 godu i 55-letiyu uchebnogo zavedeniya*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2021. pp. 293–295.
2. Sukonshchikov A. A., Puchkov P. V. Vosstanovlenie detalej mekhanizmov s pomoshch'yu 3D pechati [Restoration of mechanism parts using 3D printing]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 540–543.
3. Ivanov V. E., Legkova I. A., Puchkov P. V. Primenenie sovremennogo programmogo produkta dlya trekhmernogo modelirovaniya detalej i uzlov pozharnoy tekhniki [Application of a modern software product for three-dimensional modeling of parts and components of fire equipment]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'*, 2017, vol. 2 (5), pp. 53–65.
4. Ivanov V. E. Snizhenie metalloemkosti konstrukcii sredstvami Autodesk Inventor [Reduction of metal consumption of the structure by means of Autodesk Inventor]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 427–429.
5. Ivanov V. E., Golovatenko A. Yu. Sovremennoe programmnoe obespechenie dlya provedeniya prochnostnyh issledovaniy razrabatyvaemykh konstrukcij [Modern software for conducting strength studies of developed structures]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov XII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2021, pp. 224–227.
6. Ivanov V. E., Puchkov P. V. Issledovanie tekhnicheskogo sostoyaniya ob'ektov mashinostroeniya na osnove komp'yuternogo modelirovaniya na primere razrabotki zazhimov dlya ustraneniya neispravnostej pozharnyh rukavov [Investigation of the technical condition of mechanical engineering objects based on computer modeling on the example of the development of clamps for troubleshooting fire hoses]. *Sbornik v mashinostroenii, priborostroenii*, 2021, issue 12, pp. 543–546.
7. Ivanov V. E., Puchkov P. V. Ispol'zovanie sovremennykh metodov issledovaniya pri razrabotke novykh konstrukcij zazhimov dlya vosstanovleniya rabotosposobnosti napornyh pozharnyh rukavov i ocenka ih tekhnicheskogo sostoyaniya na osnove komp'yuternogo modelirovaniya [The use of modern research methods in the development of new clamp designs for restoring the operability of pressure fire hoses and assessing their technical condition based on computer modeling]. *Sbornik v mashinostroenii, priborostroenii*, 2021, issue 3, pp. 114–118.
8. Toporov A. V., Ivanov V. E. Issledovanie mekhanicheskikh svoystv model'nogo materiala, poluchennogo pri pomoshchi tekhnologii 3D pechati [Investigation of the mechanical properties of a model material obtained using 3D printing technology]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 90-j godovshchine obrazovaniya grazhdanskoj oborony*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2022, pp. 565–568.

*Иванов Виталий Евгеньевич*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru

*Ivanov Vitaly Evgenievich*

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: vitaliyivanov@yandex.ru

*Пучков Павел Владимирович*

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

E-mail: palpuch@mail.ru

*Puchkov 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

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: palpuch@mail.ru

*Топоров Алексей Валерьевич*

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

УДК 614.842.6

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РУЧНЫХ ПОЖАРНЫХ ТЕПЛОВИЗОРОВ

**С. Г. КАЗАНЦЕВ**

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

В представленной работе проведен качественный и количественный обзор ручных пожарных тепловизоров используемых пожарно-спасательными подразделениями России. Определены основные технические характеристики, которые должны лежать в основе того, какой тепловизор следует относить к пожарным. Сформулированы критерии оценки качества и требования к применяемым ручным пожарным тепловизорам. Предложена классификация пожарных ручных тепловизоров в соответствии с их назначением на тепловизоры разведки и тепловизоры ориентации.

**Ключевые слова:** пожарный, тепловизор, пирометр, разведка пожара, инфракрасное излучение.

## ANALYSIS OF THE APPLICATION OF HAND-HELD FIRE THERMAL IMAGERS CAMERAS

**S. G. KAZANTSEV**

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: skorpsem@yandex.ru

In the presented work, a qualitative and quantitative review of hand-held fire thermal imagers used by fire and rescue units of Russia is carried out. The main technical characteristics that should underlie which thermal imager should be classified as firefighters are determined. Criteria for assessing the quality and requirements for the used hand-held fire thermal imagers are formulated. A classification of fire hand-held thermal imagers is proposed in accordance with their purpose for reconnaissance thermal imagers and orientation thermal imagers.

**Key words:** firefighter, thermal imager, pyrometer, fire reconnaissance, infrared radiation.

Современное развитие технологий пожаротушения достигло момента, когда проведение разведки пожара при обследовании помещений, зданий, сооружений, транспортных средств можно проводить с помощью специальных технических средств. Так при проведении разведки пожара могут устанавливаться: опасность взрыва и обрушения; наличие легковоспламеняющихся веществ; наличие и возможность сопутствующих проявлений опасных факторов пожара, в том числе обусловленных особенностями технологии и организации производства в организациях; состояние и поведение строительных конструкций здания (сооружения), необходимость и места их вскрытия и разборки; наличие электроустановок под напряжением. Эти факторы в большинстве

случаев невозможно определить визуальным способом<sup>1</sup>.

Для безопасного проведения данных работ пожарно-спасательные подразделения могут оснащаться дополнительными техническими средствами<sup>2</sup>.

Среди устройств, применяемых в пожарном деле, можно выделить пирометры (инфракрасные термометры) и тепловизоры [1].

<sup>1</sup> Приказ МЧС России от 16.10.2017 года № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

<sup>2</sup> Приказ МЧС России от 27.06.2022 года № 640 «Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны»

Пирометр – устройство бесконтактного и быстрого измерения остаточной температурной зоны, которая находится на поверхности объекта. В основу его работы заложен принцип определения температурного значения поверхности объекта по его тепловому электромагнитному излучению. Пирометры дают возможность дистанционного измерения температуры в отдельных точках конструкций. А при необходимости распределение температурных зон по поверхности стены проводят последовательно в нескольких десятках точек. Измерения, как правило, проводятся сразу после ликвидации горения в помещении. Наиболее эффективно исследование развившихся пожаров, на которых конструкции здания успевают хорошо прогреться.

Таким образом, с помощью пирометров можно лишь определить температуру поверхности в заданной точке, в то время как тепловизоры – более функциональны [2].

Тепловизоры – это относительно новая технология, все чаще находящая применение в качестве эффективного средства проведения разведки на пожаре. Огромный спектр возможностей оценен пожарными подразделениями во всем мире, в первую очередь благодаря способности «видеть» в темноте и в условиях задымления [3].

Принцип работы тепловизора основывается на улавливании инфракрасного (теплого) излучения исходящего от объекта. Тепловое излучение объекта через оптику устройства передается на неохлаждаемый термодатчик (микроболометр), оцифровывается и отображается на дисплее тепловизора.

Характеристики ручных пожарных тепловизоров лежат в широком диапазоне параметров.

Определим основные технические характеристики, которые должны лежать в основе того, какой тепловизор следует относить к пожарным.

Требования к пожарным тепловизорам определены ГОСТом Р 58446-2019 «Техника пожарная. Комплект снаряжения для оснащения личного состава звена газодымозащитной службы. Общие технические требования. Методы испытаний».

Приведем основные характеристики, которые будут определять тепловизор, как пожарный.

Дисплей – размер экрана, измеряемый в дюймах. По требованиям установлено, что дисплей должен быть не менее 3,5 дюймов. Однако, под эти требования не подходят тепловизоры, интегрированные в пожарную каску или маску дыхательного аппарата, а также портативные тепловизоры.

Диапазон измеряемой температуры – минимальные и максимальные температуры, которые может измерять тепловизор. По требованиям установлено, что максимальная температура измерения должна быть не менее 1000°C. Однако, международные требования определяют предельную температуру в 650°C<sup>3</sup> [4]. Это соответствует температуре воспламенения угарного газа (CO) и соответственно объемной вспышке.

Разрешение инфракрасной (ИК) матрицы – это размер матрицы тепловизора (микроболометра), который измеряется в количестве пикселей по горизонтали и вертикали. Чем выше разрешение тепловизора, тем выше четкость изображения. С ростом четкости изображения повышается точность, скорость распознавания наблюдаемых объектов и дальность их обнаружения. По требованиям установлено, что разрешение должно быть не менее 160×120. Однако, большинство современных пожарных тепловизоров имеет разрешение 320×240 и 384×288.

Частота обновления кадров – количество отображаемых на дисплее тепловизора кадров в течение одной секунды. Она измеряется в Герцах (Гц). Чем выше показатель частоты обновления кадров, тем менее заметен эффект «замирания» изображения на дисплее тепловизора по отношению к реальной сцене. Такой характеристики требованиями не установлено. Тепловизоры предлагается подразделять на: низкочастотные – 30 Гц и менее, и высокочастотные – 50 Гц и более.

Температурная чувствительность – мера чувствительности матрицы тепловизора к тепловому излучению. Она измеряется в милликельвинах (мК). Чем меньше её значение, тем контрастней получается изображение на дисплее. По требованиям вышеупомянутого ГОСТ установлено, что температурная чувствительность должна быть не более 0,075°C (эквивалентно NETD – 75 Мк<sup>4</sup>). Однако, большинство современных пожарных тепловизоров имеет значительно меньший (лучший) показатель.

Поле зрения описывает область, видимую с помощью тепловизора. Оно измеряется в градусах и обычно задано в горизонтальном и вертикальном измерении. По требованиям установлено, что поле зрения должно быть не менее 45°/30°. Однако, большинство пожарных тепловизоров имеет значительно шире поле зрения.

<sup>3</sup> NFPA 1801 Standard on Thermal Imagers for the Fire Service

<sup>4</sup> NETD – (noise equivalent temperature difference) температурная чувствительность тепловизора

Тип аккумуляторной батареи (далее – АКБ) / время работы – продолжительность постоянной работы полностью заряженных элементов питания тепловизора (без их замены). По требованиям установлено, что время работы должно быть не менее 3 часов. Однако у большинства тепловизоров этот показатель более 4 часов.

Масса с АКБ по требованиям должна быть не более 1,4 кг. При этом, в линейке тепловизоров присутствуют модели менее 1 кг.

В связи с тем, что на сегодняшний день классификация пожарных тепловизоров отсутствует, мы предлагаем разделять их по предназначению на:

– тепловизоры, предназначенные для проведения разведки на пожаре. Будем называть их «Тепловизоры разведки»;

– тепловизоры, предназначенные для предотвращения дезориентации пожарного в условиях нулевой или ограниченной видимости. Будем называть их «Тепловизоры ориентации» (табл. 1).

К «Тепловизорам разведки» предлагается относить тепловизоры со следующими характеристиками:

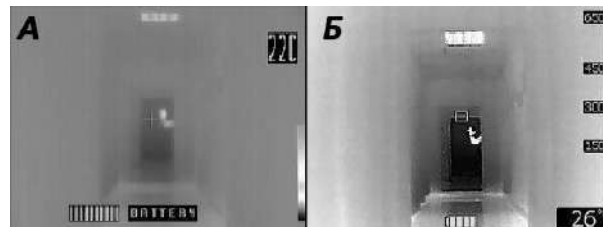
1. Дисплей – не менее 3,5 дюймов. Чем больше экран, тем выше разрешение. Тем детальнее информация доступна оператору.

2. Разрешение ИК матрицы не менее 320×240 пикселей. Этот параметр играет важную роль при разведке пожара. Так, например, количество пикселей в тепловизоре с разрешением 160×120 составляет 19,2 тыс. пикселей, для тепловизора с разрешением 320×240 – 76,8 тыс. пикселей, а для тепловизора с разрешением 384×288 уже – 110,6 тыс. пикселей. При разведке внутри зданий тепловизор с разрешением 160×120 позволит распознать кисть человека примерно с 2,5 метров, с разрешением 320×240 уже с 5 метров, 384×288 – с 7 метров (рис. 1).

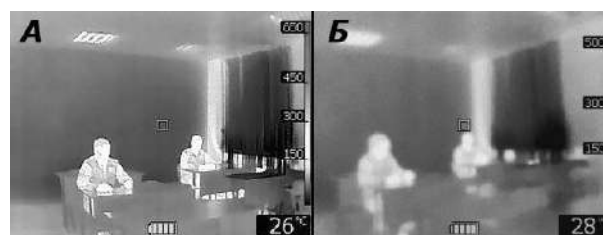
3. Частота смены кадров более 50 Герц. Для длительной работы в движении или с постоянно меняющейся сценой перед объективом тепловизора, когда требуется постоянная оценка обстановки, необходим тепловизор с высокой частотой смены кадров. Высокая частота смены кадров позволит не пропустить важные детали при осмотре (сканировании) окружающего пространства. Напротив, с низкой частотой смены кадров изображение будет замирать («тормозить»), как если бы у вас была «низкая скорость интернета».

4. Температурная чувствительность не более 0,075°C (75 мК). Когда разница температур наблюдаемых объектов минимальна, тепловизор с малым значением температурной

чувствительности покажет более качественное и информативное изображение с более высокой детализацией объектов и позволит различить те детали объектов, которые для тепловизоров с большим значением температурной чувствительности будут практически неразличимы (рис. 2).



**Рис. 1.** Детализация изображения тепловизоров с разрешением ИК матрицы 160×120 (А) и 320×240 (Б)



**Рис. 2.** Детализация изображения тепловизоров с температурной чувствительностью 0,030°C (А) и более 0,075°C (Б)

Остальные параметры, описанные ранее, не представляют значительного влияния для того, чтобы относить их к определенному виду тепловизоров.

«Тепловизоры ориентации» предназначены для предотвращения дезориентации пожарного. То есть, с таким тепловизором пожарный сможет найти выход из непригодной для дыхания среды (далее – НДС) на «свежий воздух» в случае аварийной ситуации. Их также можно использовать, чтобы найти открытое горение, но отслеживать перемещение конвективных тепловых потоков, полноценно осуществлять поиск пострадавших в НДС такими тепловизорами будет затруднительно.

К «Тепловизорам ориентации» предлагается относить тепловизоры со следующими характеристиками:

1. Дисплей – менее 3,5 дюймов.
2. Разрешение ИК матрицы – 160×120 пикселей.
3. Частота смены кадров менее 30 Гц.
4. Температурная чувствительность более 0,076°C (76 мК).

5. Кроме того, к «Тепловизорам ориентации» следует относить все тепловизионные устройства, интегрированные в средства индивидуальной защиты пожарных: каски пожарного и дыхательные аппараты.

**Таблица 1. Классификация пожарных тепловизоров по предназначению**

Параметр	Тепловизоры разведки	Тепловизоры ориентации
Дисплей, дюйм	3,5 и более	3,0 и менее
Разрешение ИК матрицы, пиксели	320×240 и более	160×120 и менее
Частота смены кадров, герц	50 и более	30 и менее
Температурная чувствительность, °С (мК)	менее 0,075 (75)	более 0,076 (76)

В 2022 году Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России направила запрос в Главное управление пожарной охраны о наличии тепловизоров в подразделениях Главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации, применяемых в ходе ведения боевых действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ (далее – АСР).

По этим данным ручные пожарные тепловизоры имеются во всех субъектах РФ, кроме ГУ МЧС России по Оренбургской области,

ГУ МЧС России по Карачаево-Черкесской Республике и ГУ МЧС России по Ненецкому автономному округу<sup>5</sup>.

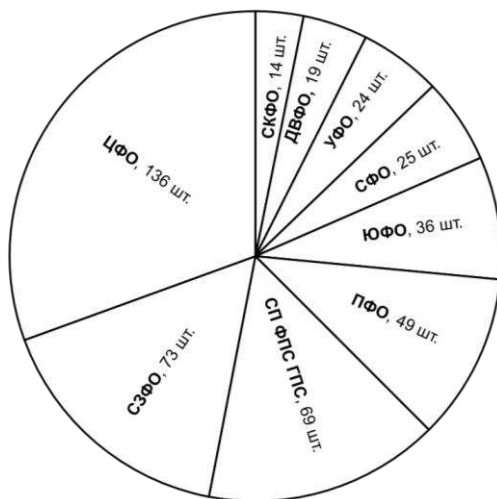
Всего ручных пожарных тепловизоров на вооружении в ГУ МЧС России по субъектам РФ насчитывается 376 штук и 69 штук в специальных подразделениях ФПС ГПС МЧС России. При этом наибольшее количество ручных пожарных тепловизоров находится на вооружении в:

1. ГУ МЧС России по г. Москве – 92 шт.
2. ГУ МЧС России по г. Санкт-Петербургу – 54 штук.
3. ГУ МЧС России по Республике Татарстан – 16 штук.

Следует отметить, что в 65-ти из 85-ти ГУ МЧС России по субъектам РФ на вооружении стоят 3 и менее пожарных тепловизоров.

Согласно, норм табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных пожарных автомобилей тепловизорами комплектуются автоцистерны всех классов по требованию заказчика<sup>6</sup>.

Однако, анализ сведений оснащенности подразделений тепловизорами, используемыми при ведении боевых действий по тушению пожаров и проведению АСР показал неравномерное распределение по федеральным округам и ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации (рис. 3).



- СКФО – Северо-Кавказский федеральный округ,  
 ДВФО – Дальневосточный федеральный округ.  
 УФО – Уральский федеральный округ.  
 СФО – Сибирский федеральный округ.  
 ЮФО – Южный федеральный округ.  
 ПФО – Приволжский федеральный округ.  
 СП ФПС ГПС – Специальные подразделения ФПС ГПС.  
 СЗФО – Северо-Западный федеральный округ.  
 ЦФО – Центральный федеральный округ.

**Рис. 3.** Распределение тепловизоров по федеральным округам МЧС России

<sup>5</sup> Отсутствуют данные ГУ МЧС России по Томской области, ГУ МЧС России по Еврейской автономной области и ГУ МЧС России по Чукотскому автономному округу

<sup>6</sup> Приказ МЧС России от 28.03.2014 года № 142 «О внесении изменения в приказ МЧС России от 25.07.2006 года № 425»

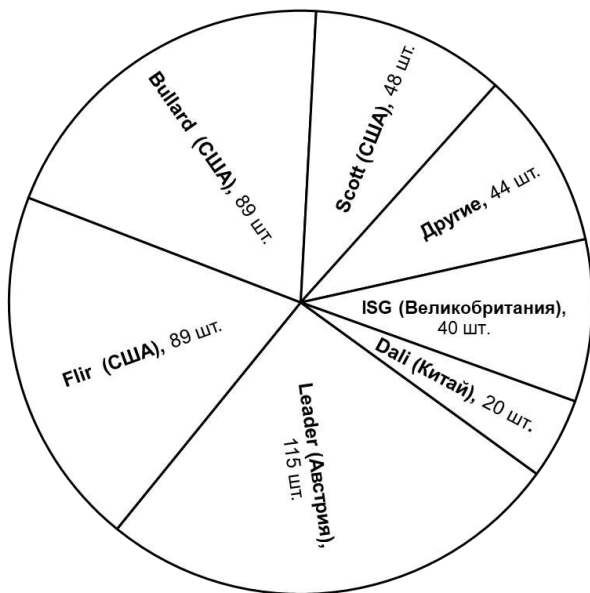
На вооружении в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы (далее – ФПС ГПС) стоят различные модели тепловизоров. При этом все они произведены за рубежом, в таких странах как США, Германия, Великобритания, Австрия и Китай.

В США тепловизоры производят компании: Bullard, MSA Safety, FLIR, 3M Scott; в Германии – Dräger; в Великобритании – Argus, ISG Infrasy; в Австрии – Leader; в Китае – Dali ITech.

Самыми распространенными тепловизорами, находящимися на вооружении ФПС ГПС являются модели:

1. Leader (Австрия) – тепловизор под торговым названием «Питон ТП-001»;
2. Flir (США) – тепловизор под одноименным брендом;
3. Bullard (США), тепловизор под торговым названием «Сойка» и «Сокол»;
4. Scott (США), тепловизор под одноименным брендом;
5. ISG (Великобритания), тепловизор под одноименным брендом (компания ликвидирована).

Остальные модели тепловизоров указаны в рис. 4.



**Рис. 4.** Количество ручных пожарных тепловизоров в ФПС ГПС

В табл. 2 приведены основные модели и технические характеристики тепловизоров, используемых пожарно-спасательными подразделениями в нашей стране.

Все производители, кроме Китая, относятся к странам, которые на сегодняшний день

прекратили продажу тепловизоров и комплектующих к ним. Таким образом, ремонт и техническое обслуживание тепловизоров, стоящих на вооружении пожарно-спасательных подразделений произвести невозможно.

Отечественные производители тепловизионных устройств не выпускают продукцию, удовлетворяющую требованиям для пожарных тепловизоров [5].

В связи с этим, разработка отечественного пожарного тепловизора должна являться приоритетной задачей.

Таким образом, можно констатировать, что комплектация автоцистерн тепловизорами различного класса происходит без учета потребности конечного потребителя. В связи с этим на наш взгляд необходимо предусмотреть обязательное комплектование тепловизорами не менее одного ручного пожарного тепловизора на пожарно-спасательное подразделение.

Один из вопросов, в предоставленных сведениях об оснащённости подразделений тепловизорами, был связан с наличием локальных нормативных актов (инструкций/ методических рекомендаций/ положений), которые бы регламентировали порядок применения тепловизионного оборудования при ведении боевых действий по тушению пожаров и проведении АСР. Все ГУ МЧС России по субъектам РФ и СП ФПС ГПС указали на то, что подобные документы не разработаны, а при подготовке к работе с тепловизорами используются руководства или инструкции по эксплуатации тепловизоров. При этом целями применения тепловизоров при пожаротушении были названы:

1. поиск пострадавших при проведении разведки в НДС звеньями газодымозащитной службы;
2. анализ температурных полей строительных конструкций;
3. поиск скрытых очагов горения.

Таким образом, можно констатировать, что на сегодняшний день в подразделениях ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации отсутствуют учебно-методические материалы по применению ручных пожарных тепловизоров, а значит подготовка с производится интуитивным порядком.

Стоит сказать, что для изучения вопроса применения пожарных тепловизоров при тушении пожаров и проведение АСР уже разработаны два учебных пособия [6, 7].

Использование пожарных тепловизоров позволяет повысить эффективность разведки пожара, ускорить поиск и спасение пострадавших, и сократить время локализации и ликвидации пожаров.



Таблица 2. Технические характеристики ручных пожарных тепловизоров используемых пожарно-спасательными подразделениями в России

Модель тепловизора	Страна производства	Экран, дюймов	Диапазон измеряемой температуры, °С	Разрешение ИК матрицы, пикселей	Частота обновления кадров, Гц	Температурная чувствительность при 30 °С, мК	Поле зрения по горизонтали/ по вертикали	Тип АКБ/ время работы, час	Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	Масса с АКБ, кг
Bullard Eclipse	США	2,4	от 0°С до 550°С	160x120	30	<75	45° / 33°	Ni-Mh / 3	165x101x86	0,68
Bullard LDX		3,5	от 0°С до 600°С	160x120	60	<50	40° / 30°	Ni-Mh / 2	198x132x109	0,89
Bullard T3X		3,5	от 0°С до 600°С	320x240	60	<30	40° / 31°	Ni-Mh / 4	175x100x140	1,1
Bullard T4X		4,3	от 0°С до 600°С	320x240	60	<30	40° / 31°	Ni-Mh / 4	203x147x145	1,4
Flir K1		2,4	от -20°С до 400°С	160x120	8,7	<100	57° / 44°	Li-ion / 5	65x85x208	0,41
Flir K2		3	от -20°С до 500°С	160x120	9	<100	47° / 35°	Li-ion / 4	90x105x250	0,7
Flir K33		4	от -20°С до 650°С	240x180	60	<40	51° / 38°	Li-ion / 4	120x125x280	1,1
Flir K53		4	от -20°С до 650°С	320x240	60	<30	51° / 38°	Li-ion / 4	120x125x280	1,1
Flir K65		4	от -20°С до 650°С	320x240	60	<30	51° / 38°	Li-ion / 4	120x125x280	1,1
MSA 5800		3,5	от -40°С до 560°С	320x240	30	<65	36° / 27°	Li-ion / 2	205x112x275	1,3
Scott X380		3,5	от -40°С до 1000°С	384x288	50	<50	44° / 32°	Li-ion / 4	130 x115x225	1,0
Scott E380/160		3,5	от -40°С до 1000°С	384x288	50	<50	44° / 32°	Li-ion / 4	210x150x105	1,3
Argus 4	Великобритания	3,5	от -40°С до 1000°С	320x240	60	<45	50° / 37°	Ni-Mh / 4	185x185x130	1,6
Argus Mi-Tic		2,7	от -40°С до 1000°С	384x288	60	<50	50° / 37°	LiFePO <sub>4</sub> / 5	85x88x200	0,83
SOLO 2		3	от -10°С до 600°С	160x120	30	<50	50° / 37°	Li-ion / 4	112x112x84	0,7
ISG SD 250		3,5	от 0°С до 1000°С	160x120	50	<50	42° / 31°	Li-ion / 4	284x145x144	1,4
ISG K250		3,5	от 0°С до 1000°С	160x120	50	<50	42° / 31°	Li-ion / 4	185x130x149	1,4
Leader	Австрия	3,5	от -40°С до 1150°С	320x240	60	<60	48° / 37°	LiFePO <sub>4</sub> / 4	150x120x90	0,65
Talisman Elite	Германия	3,5	от 0°С до 1000°С	320x240	30	<50	42° / 31°	Li-ion / 4	185x130x149	1,4
Drager UCF		3,5	от -40°С до 1000°С	160x120	50	<35	47° / 32°	Li-ion / 4	110x125x280	1,4
IRtech F2	Китай	3,5	от -20°С до 600°С	160x120	50	<100	30° / 22°	Ni-Mh / 2	190x128x273	1,3
IRtech F5		4,3	от -20°С до 1200°С	384x288	60	<60	49° / 36°	LiFePO <sub>4</sub> / 4	145x125x270	1,3

Развитие технологий происходит значительно быстрее, чем изучение методик использования этих технологий. Часто внедрение современных образцов техники и оборудования происходит без соответствующей подготовки / переподготовки к работе с ними. При этом если исполнитель не владеет приемами, способами и методиками использования пожарного оборудования, то он либо не использует это оборудование из-за страха вывести его из строя, либо неправильно эксплуатирует, что в свою очередь негативно сказывается на эффективности и обоснованности его применения и может приводить к поломке.

### Список литературы

1. Szajewska Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology, *Procedia Engineering*, 2017, issue 172, pp. 1067–1072.

2. Совершенствование информационного обеспечения групп разведки пожара при его мониторинге в здании с использованием инфракрасных технологий / Н. Г. Топольский, Д. В. Тараканов, К. А. Михайлов [и др.] // *Пожаровзрывобезопасность*. 2019. Т. 28. № 3. С. 89–97.

3. Казанцев С. Г., Шипилов Р. М., Легошин М. Ю. К вопросу использования тепловизоров при ликвидации пожаров и проведении аварийно-спасательных работ // *Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России*. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. С. 127–132.

4. Meaningful performance evaluation conditions for fire service thermal imaging cameras / F. Amon, A. Hamins, N. Bryner [et al.]. *Fire Safety Journal*, 2008, vol. 43, issue 8, pp. 541–550.

5. Смагин М. С. К вопросу о разработке отечественного пожарного тепловизора // *Актуальные вопросы профессиональной подготовки пожарных и спасателей: сборник материалов V Межвузовской научно-практической конференции*, Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 20–24.

6. *Пожарно-спасательная подготовка. Часть 1: практическое руководство* / С. Г. Казанцев, М. В. Серёгин, Р. М. Шипилов [и др.]. Иваново: 2020. 250 с.

7. Смагин М. С. Применение тепловизоров для решения пожарно-спасательных за-

Поэтому первой задачей, по мнению автора, является разработка отечественного ручного пожарного тепловизора, удовлетворяющего потребностям пожаротушения и проведения АСР.

Вторая задача заключается в подготовке учебно-методической литературы по эффективному применению ручных пожарных тепловизоров.

Третья задача – разработка специализированной программы обучения по пожарной тепловизионной подготовке, состоящей из теоретической и обязательной практической части.

доч. URL: [www.researchgate.net/publication/295074334\\_Primerenie\\_teplovizorov\\_dla\\_resenia\\_pozarno-spasatelnyh\\_zadac\\_Obnovlennaa-versia\\_na\\_maj\\_2021\\_goda\\_Mnogo\\_dobavlenij\\_p\\_o\\_sravneniu\\_s\\_rannimi\\_versiami\\_2021\\_goda](http://www.researchgate.net/publication/295074334_Primerenie_teplovizorov_dla_resenia_pozarno-spasatelnyh_zadac_Obnovlennaa-versia_na_maj_2021_goda_Mnogo_dobavlenij_p_o_sravneniu_s_rannimi_versiami_2021_goda) (Дата обращения: 01.03.2022).

### References

1. Szajewska Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology, *Procedia Engineering*, 2017, issue 172, pp. 1067–1072.

2. Sovershenstvovaniye informatsionnogo obespecheniya grupp razvedki pozhara pri yego monitoringe v zdanii s ispol'zovaniyem infrakrasnykh tekhnologiy [Improving the information support of fire reconnaissance groups during its monitoring in a building using infrared technologies] / N. G. Topolsky, D. V. Tarakanov, K. A. Mikhailov [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2019, vol. 28, issue 3, pp. 89–97.

3. Kazantsev S. G., Shipilov R. M., Legoshin M. Yu. K voprosu ispol'zovaniya teplovizorov pri likvidatsii pozharov i provedenii avariyno-spasatel'nykh rabot [On the issue of using thermal imagers in the elimination of fires and emergency rescue operations]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 25-letiyu MCHS Rossii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii 2015, pp. 127–132.

4. Meaningful performance evaluation conditions for fire service thermal imaging cameras / F. Amon, A. Hamins, N. Bryner [et al.]. *Fire Safety Journal*, 2008, vol. 43, issue 8, pp. 541–550.

5. Smagin M. S. K voprosu o razrabotke otechestvennogo pozharnogo teplovizora [On the issue of the development of a domestic fire

thermal imager]. *Aktual'nyye voprosy professional'noy podgotovki pozharnykh i spasateley: sbornik materialov V Mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2021, pp. 20–24.

6. *Pozharno-spasatel'naya podgotovka. Chast' 1: prakticheskoye rukovodstvo* [Fire and rescue training. Vol 1: practical guidance] / S. G. Kazantsev, M. V. Seregin, R. M. Shipilov [et al.]. Ivanovo: 2020. 250 p.

7. Smagin M. S. *Primeneniye teplovizorov dlya resheniya pozharno-spasatel'nykh zadach* [The use of thermal imagers for solving fire and rescue tasks]. URL: [www.researchgate.net/publication/295074334\\_Primenenie\\_teplovizorov\\_dla\\_resenia\\_pozarno-spasatelnyh\\_zadac\\_Obnovlennaa\\_versia\\_na\\_maj\\_2021\\_goda\\_Mnogo\\_dobavlenij\\_po\\_sravneniu\\_s\\_rannimi\\_versiami\\_2021\\_goda](http://www.researchgate.net/publication/295074334_Primenenie_teplovizorov_dla_resenia_pozarno-spasatelnyh_zadac_Obnovlennaa_versia_na_maj_2021_goda_Mnogo_dobavlenij_po_sravneniu_s_rannimi_versiami_2021_goda), Дата обращения: 01.03.2022.

*Казанцев Семён Григорьевич*

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

E-mail: skorpsem@yandex.ru

*Kazantsev Semyon Grigorievich*

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: skorpsem@yandex.ru

УДК 614.849

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПРОПАГАНДЫ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

**Р. В. КОШКАРОВ, Т. Р. ХАБИРОВ, С. А. САВЧЕНКО, М. А. КОЛБАШОВ\***

Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета  
ГПС МЧС России Дальневосточная пожарно-спасательная академия,  
Российская Федерация, г. Владивосток

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

E-mail: koshkarov79@mail.ru, habirov.t@mail.ru, ussur.tiger87@mail.ru, kolbашow@mail.ru

В результате использования социальных сетей выявлено, что для противопожарной пропаганды они являются эффективным способом информирования людей о мерах безопасности при возникновении пожара и предотвращения его возникновения.

С помощью социальных сетей можно быстро распространять информацию о правилах пожарной безопасности, напоминать о необходимости проверки электроприборов и газовых баллонов, о том, как правильно хранить легковоспламеняющиеся жидкости и многом другом. Кроме того, социальные сети позволяют проводить масштабные кампании по противопожарной пропаганде, привлекая к ним внимание широкой аудитории и создавая единую информационную базу для людей из разных регионов и стран.

Целью исследования является обоснование того, что размещение в интернете, социальных сетях информации по профилактике является эффективным средством по борьбе с предупреждением новых случаев пожаров.

**Ключевые слова:** пожары, социальные сети, противопожарная пропаганда, оценка практической значимости, правила пожарной безопасности.

## THE USE OF FIRE PROPAGANDA IN SOCIAL NETWORKS

**P. V. KOSHKAROV, T. R. KHABIROV, S. A. SAVCHENKO, M. A. KOLBASHOV**

Far Eastern Fire and Rescue Academy – a branch of St. Petersburg University of the State Fire Service  
of the Russian Ministry of Emergency Situations Far Eastern Fire and Rescue Academy,  
Russian Federation, Vladivostok

\* 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: koshkarov79@mail.ru, habirov.t@mail.ru, ussur.tiger87@mail.ru, kolbашow@mail.ru

The use revealed that social media for fire propaganda is an effective way to inform people about safety measures when a fire occurs and to prevent its occurrence.

With the help of social networks one can quickly disseminate information about fire safety rules, remind about the need to check electrical appliances and gas cylinders, about how to store flammable liquids and much more. In addition, social networks allow for large-scale fire prevention campaigns, attracting the attention of a wide audience and creating a single information base for people from different regions and countries.

The purpose of the study is to substantiate that the placement of information on prevention on the Internet, social networks is an effective means to combat the prevention of new cases of fires.

**Key words:** fires, social networks, fire propaganda, assessment of practical relevance, fire safety rules.

### Введение

В наше время социальные сети являются неотъемлемой частью нашей жизни. Они позволяют людям оставаться на связи, обмениваться информацией и новостями, а также делиться своими мыслями и впечатлениями. Однако, социальные сети могут быть не только источником развлечения и информации, но и средством противопожарной пропаганды, как для взрослых, так и детей.

Пожары являются одним из самых страшных и опасных бедствий, которые могут произойти в жизни людей. Они могут уничтожить жизнь, имущество и окружающую среду. В связи с этим возникает необходимость использовать все доступные инструменты для борьбы с ними и предотвращения их возникновения.

В данной статье будут рассмотрены социальные сети как эффективное средство противопожарной пропаганды, где будет изучено, как пространство интернета может использоваться для распространения информации о пожарах и мерах предосторожности, а также для координации действий при возникновении угрозы.

Выбранная тема является актуальной и важной, особенно в свете недавних природных катастроф, таких как лесные пожары, которые наносят значительный ущерб жизни и имуществу людей.

### Результаты исследования

К сожалению, пожары продолжают оставаться одной из наиболее серьезных проблем в России. По данным Департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России [1] в 2022 году в России зарегистрировано 352 323 пожара, на которых погибло 7 709 человек, в том числе 305 несовершеннолетних, получили травмы 8 148 человек. Материальный ущерб составляет 18,4 млрд. рублей. На пожарах спасено 28 911 человек, эвакуировано 192 990 человек. В среднем ежедневно происходило 965 пожаров, на которых погибал 21 человек, получали травмы 22 человека, огнем уничтожалось 141 строение. Количество погибших на 100 тыс. населения – 5,3 человек, количество травмированных на 100 тыс. населения – 5,6 человека.

Кроме того, в 2022 году наблюдалось также значительное количество случаев пожаров в лесах, парках и других природных зонах. По данным Федеральной службы по лесному хозяйству, с начала лета до конца августа 2022 года в России произошло более 50 тысяч лесных пожаров, которые привели к гибели более 200 человек и огромным экологическим проблемам.

В России, как и во многих других странах мира, основными причинами возникновения пожаров являются нарушения правил пожарной безопасности, несоблюдение технических норм и требований к эксплуатации зданий и сооружений, а также из-за человеческого фактора. Основные причины возникновения пожаров:

1. Неосторожное обращение с огнем – 51 967 пожаров, в том числе:
  - неосторожность при курении – 17 184;
  - детская шалость – 1 392.
2. Аварийный режим работы электрических сетей и оборудования – 54 288 пожаров.
3. Нарушение правил устройства и эксплуатации печного оборудования – 24 639 пожаров.
4. Поджог – 8 320 пожаров.
5. Иные причины – 6 079 пожаров.

Одной из главных причин пожаров в России является несоблюдение правил пожарной безопасности. Часто это происходит из-за недостатка информации, необходимой для того, чтобы понимать, какие действия нужно предпринимать в случае пожара. Также несоблюдение правил пожарной безопасности может быть вызвано отсутствием соответствующего оборудования и средств пожаротушения.

Другой распространенной причиной пожаров является нарушение правил электробезопасности. Это может произойти, если электропроводка установлена неправильно, если бытовые приборы не поддерживаются в хорошем состоянии или если существует перегрузка электрической сети.

Курение в запрещенных местах – еще одна из причин возникновения пожаров. В России существуют строгие правила, которые запрещают курение в общественных местах, но, несмотря на это, некоторые люди продолжают курить в неразрешенных местах, что может привести к возгоранию.

Также необходимо учитывать некачественные строительные материалы, которые могут привести к возникновению пожара в случае несоблюдения правил пожарной безопасности. Возможными причинами могут быть и действия злоумышленников, которые могут устроить поджог.

В целом, чтобы снизить количество пожаров в России, необходимо проводить информационную работу с населением, улучшать оборудование и технологии пожарной безопасности, а также усиливать надзор за соблюдением правил пожарной безопасности.

Многие государственные и муниципальные органы используют социальные сети для распространения информации о пожарах и

предупреждения людей о возможных угрозах. Они могут публиковать новости о пожарах, советы по пожарной безопасности, инструкции по эвакуации и действиям в случае пожара, а также информацию о местах, где можно получить помощь и поддержку в случае его возникновения [4].

Социальные сети позволяют людям самостоятельно обмениваться информацией о пожарах и делиться советами по предотвращению пожаров. Например, пользователи могут делиться опытом по использованию технических средств пожаротушения, а также рассказывать о том, как предотвратить возникновение пожаров в быту.

Также пространство интернета помогает организовывать совместные мероприятия и кампании по противопожарной пропаганде. Например, можно создать группу или сообщество в социальных сетях, которое будет заниматься пропагандой пожарной безопасности, публиковать полезную информацию и советы, организовывать тренировки и семинары.

Одним из примеров роли социальных сетей в противопожарной пропаганде является проект «Социальный пожарный». Этот проект создан с целью обучения населения правилам пожарной безопасности, распространения знаний о противопожарной защите и повышения культуры безопасности населения. Организаторы проекта используют социальные сети для общения с пользователями, организации конкурсов и акций, публикации информации о пожарах и советов по их предотвращению.

Кроме того, социальные сети также используются для проведения информационных кампаний, которые направлены на пропаганду правил пожарной безопасности. Например, в России существует проект «Внимание, пожар!» который создан МЧС России. Этот проект направлен на обучение школьников правилам пожарной безопасности, и участникам проекта предлагаются задания и игры, чтобы повысить интерес к данной теме. Кампания также использует социальные сети для распространения информации и публикации советов по предотвращению пожаров.

В современном мире никто не застрахован от пожаров. Особую тревогу испытываем мы – взрослые за детей. Именно пожары часто возникают из-за детской шалости: любопытность малышей приводит их к играм со спичками, бытовыми электроприборами, легковоспламеняющимися материалами.

Во время чрезвычайных ситуаций, дети, как правило, от страха прячутся в укромный уголок, вместо того чтобы позвать на помощь. Поэтому, задача всех взрослых – дать каждому

ребенку основные понятия противопожарной безопасности.

В ходе работы по ознакомлению детей с правилами пожарной безопасности, возникает необходимость в информировании в социальных сетях действиям при пожаре.

Данная информация направлена на обучение детей навыкам безопасного обращения с бытовыми приборами и правильного поведения в случае пожара, а также учит детей в случае пожара сообщать о нем по телефону «01», «112» в пожарную охрану. Знакомит с работой пожарной охраны. Знакомит с предупреждающими знаками.

В целом, социальные сети играют важную роль в противопожарной пропаганде и предотвращении пожаров. Они позволяют быстро и эффективно распространять информацию о возможных угрозах и советах по предотвращению пожаров, организовывать совместные мероприятия и кампании, а также обучать население правилам пожарной безопасности.

Одним из важных аспектов использования социальных сетей является возможность эффективного распространения информации о противопожарных мерах [10].

Первой и наиболее очевидной возможностью является широкий охват аудитории. Социальные сети используются огромным количеством людей в разных возрастных категориях и социальных группах. Таким образом, противопожарная информация, размещенная в социальных сетях, может быстро достичь большого количества людей. Более того, информация может быть распространена не только внутри страны, но и за ее пределами.

Второй возможностью является способность взаимодействия с аудиторией. Социальные сети позволяют пользователям комментировать и обсуждать размещенную информацию. Это также создает возможность получать обратную связь и учитывать мнения пользователей при планировании и проведении противопожарных мероприятий. Более того, пользователи могут самостоятельно поделиться своими знаниями и опытом в области пожарной безопасности, что может быть полезным для других людей.

Третьей возможностью является гибкость формата информации. Социальные сети позволяют размещать различные форматы информации – от текста до видео и фотографий. Это позволяет более эффективно донести информацию до аудитории. Например, видеoinструкции о правильном использовании огнетушителя или фотоотчеты о проведении пожарных учений могут быть более понятными и запоминающимися, чем простой текст.

Четвертой возможностью является способность использования целевой рекламы. Социальные сети позволяют настраивать таргетированную рекламу, которая будет показана только тем пользователям, которые соответствуют определенным параметрам. Например, можно настроить показ рекламы о противопожарных мерах только для пользователей определенного региона или сферы интересов.

Кроме того, социальные сети также могут использоваться для проведения онлайн-тренингов и мастер-классов по противопожарной безопасности. Это позволит улучшить знания и навыки пользователей в области пожарной безопасности, а также обеспечить им доступ к актуальной информации о правилах поведения при возникновении пожара.

Таким образом, возможности социальных сетей в распространении информации о противопожарных мерах очень широки и могут эффективно использоваться для улучшения пожарной безопасности.

Кампании противопожарной пропаганды в социальных сетях являются важным инструментом, который помогает обществу осознать опасности пожаров и принять меры предосторожности. Примерами успешных кампаний противопожарной пропаганды в социальных сетях в России являются:

1. #ОтветственностьЗаПрироду: Кампания, запущенная МЧС России в 2020 году, направленная на привлечение внимания к опасностям пожаров и повышение осведомленности населения о мерах предосторожности. Кампания включала различные ролики, публикации и посты в социальных сетях, а также информационные стенды на улицах городов.

2. #МойЛесМояОтветственность: Кампания, запущенная Рослесхозом в 2019 году, направленная на привлечение внимания к проблеме лесных пожаров и повышение осведомленности населения о мерах предотвращения. В рамках кампании были созданы различные ролики, посты в социальных сетях, а также информационные буклеты и стенды на территории лесов.

3. «Пожарный дозор» – это инициатива МЧС России, направленная на обучение жителей городов и населенных пунктов основам безопасности от пожара. В рамках кампании проводятся семинары, мастер-классы и тренировки, а также распространяются информационные материалы и видеоролики.

4. «Без пожаров – безопасная школа» – это проект, организованный Министерством образования Российской Федерации и МЧС России. Цель проекта – повышение уровня пожарной безопасности в школах и обуче-

ние учащихся и педагогов правилам безопасного поведения в случае пожара.

5. «Пламя надежды» – это благотворительный проект, созданный с целью помочь семьям погибших и пострадавших от пожаров. В рамках проекта проводятся различные мероприятия, сбор средств и другие акции.

6. «Пожарный бег» – это массовое спортивное мероприятие, организованное МЧС России. В рамках мероприятия участники бегут по заданному маршруту, совершая остановки у пожарных машин и проходя различные испытания на знание правил пожарной безопасности.

Из приведенных примеров кампаний по противопожарной пропаганде в России можно сделать вывод, что правительство России активно занимается повышением уровня осведомленности населения о противопожарной безопасности. Кампании проводятся в разных регионах страны, охватывают различные целевые аудитории, включая детей, подростков и взрослых, и предусматривают проведение различных мероприятий, таких как обучение, показы фильмов, рекламные ролики и раздача информационных материалов.

Такие кампании являются важным инструментом пропаганды противопожарной безопасности, который помогает снизить количество пожаров и предотвратить человеческие потери и материальный ущерб.

Использование социальных сетей в противопожарной пропаганде может быть эффективным инструментом, поскольку большинство людей проводят много времени в социальных сетях и могут получить важную информацию о противопожарной безопасности через эти каналы.

Во-первых, социальные сети позволяют быстро распространять информацию о противопожарной безопасности. Рекламные посты, рекламные ролики и другие материалы могут быстро распространяться через социальные сети и достигать большой аудитории.

Во-вторых, социальные сети могут использоваться для обмена информацией между специалистами по пожарной безопасности и населением. Комментарии и сообщения на страницах специальных служб пожарной безопасности могут помочь жителям получить ответы на вопросы и уточнения по теме противопожарной безопасности.

В-третьих, социальные сети могут использоваться для организации пожарных учений и других мероприятий. Например, специалисты по пожарной безопасности могут использовать социальные сети для объявления о пожарных учениях и других мероприятиях, связанных с противопожарной безопасностью.

Однако, необходимо учитывать, что использование социальных сетей может не достичь определенных категорий населения, которые могут не иметь доступа к интернету или не иметь навыков использования социальных сетей. Кроме того, информация, распространяемая через социальные сети, может быть неправильной или недостоверной, поэтому важно проводить анализ и проверку информации перед ее публикацией в социальных сетях.

Исследования использования социальных сетей для противопожарной пропаганды проводятся достаточно редко, но существует несколько работ, которые рассматривают эту тему.

Одно исследование, опубликованное в 2019 году, исследовало использование социальных сетей в качестве инструмента противопожарной пропаганды в Китае [2]. Автор исследования обнаружил, что использование социальных сетей может значительно повысить эффективность противопожарной пропаганды, и рекомендовал увеличить использование социальных сетей для этой цели.

Другое исследование, опубликованное в 2021 году, рассматривало использование социальных сетей для противопожарной пропаганды в Австралии. Авторы исследования обнаружили, что использование социальных сетей может быть эффективным инструментом для противопожарной пропаганды, но важно учитывать специфику социальных сетей, такую как алгоритмы рекомендаций и возможность размещения непроверенной информации.

В отчете МЧС России за 2019 год говорится о проведении пропагандистских мероприятий, включающих использование средств массовой информации и социальных сетей, с целью повышения уровня пожарной безопасности в России. В отчете также отмечается, что в 2019 году в социальных сетях было проведено более 150 тысяч пропагандистских мероприятий.

В статье «Как МЧС борется с пожарами в социальных сетях» на сайте РИА Новости упоминается, что МЧС России активно использует социальные сети, например, ВКонтакте, для распространения информации о пожарах, пропаганды пожарной безопасности и координации работы спасательных служб в случае чрезвычайных ситуаций.

Одним из преимуществ использования социальных сетей в борьбе с пожарами является возможность оперативного информирования населения о возникновении пожаров, о том, как предотвратить пожары и как действовать в случае ЧС [7]. Быстрое информирование может помочь людям быстро реагиро-

вать на пожар и принимать меры по защите себя и своих близких.

Кроме того, социальные сети могут использоваться для проведения пропагандистских мероприятий, направленных на повышение уровня осведомленности населения о пожарной безопасности и методах ее обеспечения. Примерами таких мероприятий могут быть конкурсы, опросы, игры и другие акции, которые помогают привлечь внимание людей к важности проблемы пожарной безопасности.

Кроме того, социальные сети могут использоваться для координации действий спасательных служб в случае ЧС. Например, в случае пожара в здании, информация о местонахождении пожара может быть быстро передана спасательным службам, которые могут принять меры по его тушению.

Однако следует отметить, что эффективность использования социальных сетей в борьбе с пожарами зависит от многих факторов, таких как качество информации, ее достоверность и доступность для населения. Кроме того, необходимо учитывать, что не все люди имеют доступ к социальным сетям, поэтому параллельно с использованием социальных сетей необходимо продолжать использовать и другие каналы информирования населения [3].

Перспективы использования социальных сетей для противопожарной пропаганды весьма обширны. «Социальные сети становятся все более популярным средством коммуникации, и многие люди получают информацию о текущих событиях и новостях именно через социальные сети» [5] – это делает данную область интернета очень перспективной инструментом для противопожарной пропаганды.

Одной из перспектив использования социальных сетей является возможность привлечения внимания молодежи к проблемам пожарной безопасности. Молодежь является основной аудиторией социальных сетей, поэтому использование социальных сетей может значительно повысить эффективность пропагандистских мероприятий среди молодежи.

Кроме того, использование социальных сетей позволяет оперативно и эффективно реагировать на возникающие ЧС. Например, информация о пожаре может быстро распространиться в социальных сетях, что позволит людям быстро узнать об этом и принять меры по защите себя и своих близких.

Еще одной перспективой использования социальных сетей является возможность проведения онлайн-тренингов и семинаров по пожарной безопасности. Это может быть особенно полезно в случае, если люди не могут



посетить обычные семинары и тренинги из-за ограничений в связи с пандемией.

Таким образом, использование социальных сетей в противопожарной пропаганде имеет большой потенциал и может быть эффективным инструментом для повышения уровня осведомленности населения о пожарной безопасности и предотвращения возникновения пожаров.

На основании анализа использования социальных сетей в различных сферах пожарной безопасности можно выделить несколько предложений по улучшению с целью распространения информации о противопожарных мерах:

1) Увеличение количества контента. Необходимо увеличить количество контента о противопожарных мерах и пожарной безопасности в социальных сетях. Контент должен быть интересным и доступным для всех категорий населения.

2) Использование разнообразных форматов. Следует использовать разнообразные форматы для распространения информации о противопожарных мерах, такие как видео, аудио и графические изображения. Это поможет привлечь внимание аудитории и улучшить усвоение информации.

3) Сотрудничество с блогерами и инфлюенсерами. Контент, созданный блогерами и инфлюенсерами, может быть более убедительным для аудитории, поскольку он может быть более авторитетным и уникальным.

4) Создание сообществ в социальных сетях. Создание сообществ для людей, которые заинтересованы в противопожарных мерах, поможет объединить людей, которые хотят обменяться опытом и знаниями о пожарной безопасности.

5) Взаимодействие с аудиторией. Необходимо взаимодействовать с аудиторией, отвечать на вопросы и комментарии, учитывать их мнение и предложения. Это поможет улучшить доверие аудитории к информации, которая распространяется в социальных сетях.

6) Привлечение внимания во время ЧС. В случае возникновения ЧС необходимо быстро оповещать аудиторию через социальные сети, чтобы люди могли принять меры по защите себя и своих близких.

6) Использование рекламы. Реклама может помочь повысить охват аудитории.

7) Оценка эффективности. Необходимо проводить оценку эффективности использования социальных сетей для противопожарной пропаганды и корректировать стратегию, если необходимо. Можно использовать различные метрики, такие как количество лай-

ков, комментариев, просмотров, репостов и другие, чтобы определить, какой контент наиболее популярен и эффективен.

8) Сотрудничество с экспертами. Необходимо сотрудничать с экспертами в области пожарной безопасности и использовать их знания для создания контента и привлечения внимания аудитории.

9) Улучшение алгоритмов. Социальные сети постоянно совершенствуют свои алгоритмы, чтобы улучшить работу с контентом. Необходимо следить за изменениями в алгоритмах и адаптироваться к ним, чтобы обеспечить максимальную эффективность распространения информации о противопожарных мерах.

В целом, использование социальных сетей для противопожарной пропаганды имеет большой потенциал, и с учетом перечисленных предложений, можно улучшить эффективность распространения информации о противопожарных мерах и повысить уровень пожарной безопасности в обществе.

Несмотря на большой потенциал использования социальных сетей для противопожарной пропаганды, существуют ряд проблем и ограничений, которые могут повлиять на эффективность такой деятельности [8]. Некоторые из них:

1) Низкая грамотность и доступность. Некоторые люди могут не иметь доступа к социальным сетям или иметь низкую грамотность в их использовании, что затрудняет распространение информации о противопожарных мерах.

2) Риски неправильной информации. В социальных сетях могут появляться непроверенные или ложные сведения, которые могут вводить в заблуждение аудиторию и приводить к неправильным действиям в случае пожара.

3) Низкая готовность к действию. Даже если люди получили информацию о противопожарных мерах, они могут не знать, как правильно действовать в случае пожара или не иметь необходимых инструментов для борьбы с огнем.

4) Проблемы с целевой аудиторией. Социальные сети не позволяют точно определить целевую аудиторию, что может привести к тому, что информация не будет достигать тех, кто наиболее нуждается в ней.

5) Ограничения алгоритмов социальных сетей. Алгоритмы социальных сетей постоянно меняются, что может затруднять распространение информации о противопожарных мерах и снижать ее эффективность.

Все эти проблемы и ограничения нужно учитывать при использовании социальных се-

тей для противопожарной пропаганды и принимать меры для их устранения или снижения влияния на эффективность.

### Заключение

Использование социальных сетей для противопожарной пропаганды является эффективным способом информирования людей о мерах безопасности при возникновении пожара и предотвращения его возникновения.

С помощью социальных сетей можно быстро распространять информацию о правилах пожарной безопасности, напоминать о необходимости проверки электроприборов и газовых баллонов, о том, как правильно хранить легковоспламеняющиеся жидкости и многом другом. Кроме того, социальные сети позволяют проводить масштабные кампании по противопожарной пропаганде, привлекая к ним внимание широкой аудитории и создавая единую информационную базу для людей из разных регионов и стран.

Однако необходимо помнить, что социальные сети – это лишь один из инструментов противопожарной пропаганды, и наиболее эффективный результат можно достигнуть при

использовании комплекса мер и методов, включая обучение населения, проведение мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в жилых домах, организацию пожарной охраны и т.д.

Социальные сети могут быть эффективным инструментом для распространения информации о противопожарных мерах, но для достижения максимальной эффективности необходимо учитывать потребности целевой аудитории, создавать высококачественный и интересный контент, использовать оптимальные форматы контента и взаимодействовать с пользователями.

Также необходимо помнить о том, что существуют определенные проблемы и ограничения, такие как недостаточная информированность пользователей о возможностях социальных сетей, ограничения в доступе к интернету и технические проблемы.

В целом, использование социальных сетей для противопожарной пропаганды может быть эффективным, но требует правильной стратегии и учета возможных ограничений и проблем.

### Список литературы

1. Белова Т. А. Система пропаганды в современной КНР // Наука. Мысль. 2020. № 8.1. С. 25.

2. Губанова Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Социальные сети. Модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: МЦНМО, ФИЗМАТЛИТ, 2010. 218 с.

3. Кришталь Д. А. Противопожарная пропаганда: основные направления и характеристики // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайной ситуации. 2014. №1 (5). С. 279–282.

4. Кузнецов А. Н. Противопожарная пропаганда в социальных сетях: проблемы и перспективы // Пожарная безопасность. 2017. № 1. С. 62–65.

5. Мельникова Е. В. Оценка эффективности использования социальных сетей в противопожарной пропаганде // Информационные технологии и безопасность. 2018. Т. 6. № 1. С. 18–22.

6. Николаева Ю. А., Решетникова О. В. Социальные сети как средство противопожарной пропаганды // Информационные технологии в образовании и науке. 2016. № 2. С. 90–94.

7. Сидоркин В. А. Организация связей с общественностью. М.: АГПС МЧС России, 2012. С. 134.

8. Хамраев Р. И., Азаматов А. С. Применение социальных сетей в противопожарной пропаганде // Информационные технологии и безопасность. 2019. Т. 7. № 1. С. 27–30.

9. Чубин В. В. Противопожарная пропаганда в социальных сетях: возможности и ограничения // Молодой ученый. 2018. № 10. С. 450–453.

### References

1. Belova T. A. *Sistema propagandy` v sovremennoj KNR* [The propaganda system in modern China]. Nauka. My`sI`, 2020, vol.8.1, p. 25.

2. Gubanov D. A., Novikov D. A., Chkhartishvili A. G. *Social`ny`e seti. Modeli informacionnogo vliyaniya, upravleniya i protivoborstva* [Social networks. Models of information influence, management and confrontation]. M.: MCzNMO, FIZMATLIT, 2010. 218 p.

3. Krishtal D. A. *Protivopozharnaya propaganda: osnovny`e napravleniya i xarakteristiki* [Fire prevention propaganda: main directions and characteristics]. *Sovremenny`e texnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony` i likvidacii posledstvij chrezvy`chajnoj situacii*, 2014, vol. 1 (5), pp. 279–282.

4. Kuznetsov A. N. Protivopozharnaya propaganda v social'ny`x setyax: problemy` i perspektivy` [Fire-fighting propaganda in social networks: problems and prospects]. *Pozharnaya bezopasnost`*, 2017, issue 1, pp. 62–65.

5. Melnikova E. V. Ocenka effektivnosti ispol'zovaniya social'ny`x setej v protivopozharnoj propagande [Evaluation of the effectiveness of the use of social networks in fire prevention propaganda] *Informacionny`e texnologii i bezopasnost`*, 2018, vol. 6, issue 1, pp. 18–22.

6. Nikolaeva Yu. A., Reshetnikova O. V. Social'ny`e seti kak sredstvo protivopozharnoj propagandy` [Social networks as a means of fire-fighting propaganda]. *Informacionny`e texnologii v obrazovanii i nauke*, 2016, issue 2, pp. 90–94.

7. Sidorkin V. A. *Organizaciya svyazej s obshhestvennost`yu* [Organization of public relations]. Moscow: AGPS EMERCOM of Russia, 2012. 134 p.

8. Khamraev R. I., Azamatov A. S. Primenenie social'ny`x setej v protivopozharnoj propagande [The use of social networks in fire propaganda]. *Informacionny`e texnologii i bezopasnost`*, 2019, vol. 7, issue 1, pp. 27–30.

9. Chubin V. V. Protivopozharnaya propaganda v social'ny`x setyax: vozmozhnosti i ogranicheniya [Fire-fighting propaganda in social networks: opportunities and limitations]. *Molodoj ucheny`j*, 2018, issue 10, pp. 450–453.

*Кошкарое Руслан Витальевич*

Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета  
ГПС МЧС России Дальневосточная пожарно-спасательная академия,  
Российская Федерация, г. Владивосток

Начальник кафедры СД

E-mail: [koshkarov79@mail.ru](mailto:koshkarov79@mail.ru)

*Koshkarov Ruslan Vitalievich*

Far Eastern Fire and Rescue Academy – branch of St. Petersburg University of the State Fire Service  
of the Russian Ministry of Emergency Situations Far Eastern Fire and Rescue Academy,  
Russian Federation, Vladivostok

Head of Department SD

E-mail: [koshkarov79@mail.ru](mailto:koshkarov79@mail.ru)

*Хабиров Тимур Ренатович*

Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета  
ГПС МЧС России Дальневосточная пожарно-спасательная академия,  
Российская Федерация, г. Владивосток

старший преподаватель кафедры ТиАСР

E-mail: [habirov.t@mail.ru](mailto:habirov.t@mail.ru)

*Khabirov Timur Renatovich*

Far Eastern Fire and Rescue Academy – branch of St. Petersburg State Fire Service University  
of the Russian Ministry of Emergency Situations Far Eastern Fire and Rescue Academy,  
Russian Federation, Vladivostok

Senior Lecturer of the Department of TiASR

E-mail: [habirov.t@mail.ru](mailto:habirov.t@mail.ru)

*Савченко Сергей Александрович*

Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета  
ГПС МЧС России Дальневосточная пожарно-спасательная академия,  
Российская Федерация, г. Владивосток

старший преподаватель кафедры ТиАСР

E-mail: [ussur.tiger87@mail.ru](mailto:ussur.tiger87@mail.ru)

*Savchenko Sergey Alexandrovich*

Far Eastern Fire and Rescue Academy – branch of St. Petersburg University of the State Fire Service  
of the Russian Ministry of Emergency Situations Far Eastern Fire and Rescue Academy,  
Russian Federation, Vladivostok

Senior Lecturer of the Department of TiASR

E-mail: [ussur.tiger87@mail.ru](mailto:ussur.tiger87@mail.ru)

*Колбашов Михаил Александрович*

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

кандидат технических наук, доцент

E-mail: kolbashow@mail.ru

*Kolbashov Mikhail Alexandrovich*

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: kolbashow@mail.ru

УДК 621

## ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ ТРЕБОВАНИЯМ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**А. Н. МАХНЁВА**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,  
Российская Федерация, г. Тюмень  
E-mail: mahnjovaan@tyuiu.ru

В статье описан опыт проведения оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств (ОПО НГДП) требованиям промышленной безопасности по методике, разработанной при непосредственном участии автора [1]. Разработка методики оценки соответствия ОПО НГДП требованиям промышленной безопасности (методика) позволяет получить полную и достоверную информацию об уровне промышленной безопасности на объекте. Методика включает в себя: процесс оценки соответствия; критерии оценки деятельности организаций в области промышленной безопасности ( $k_1$ – $k_{22}$ ) (критерии оценки); системный показатель соответствия ОПО НГДП требованиям промышленной безопасности ( $\Xi$ ) (системный показатель) – обобщенный показатель, в соответствии с которым определяется уровень промышленной безопасности объекта; инструменты визуализации «объектограмму безопасности» и «кривую безопасности». Методика может применяться аудиторами, а также факультативно специалистами в области промышленной безопасности. Доказано, что применение методики позволяет обеспечить эксплуатацию ОПО НГДП с учетом требований промышленной безопасности и избежать штрафных санкций при контрольно-надзорных мероприятиях, осуществляемых инспекторами Ростехнадзора.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, уровень промышленной безопасности, оценка соответствия, аудит промышленной безопасности, опасный производственный объект нефтегазодобывающего производства.

## THE CONFORMITY ASSESSMENT OF HAZARDOUS INDUSTRIAL FACILITIES OF OIL AND GAS PRODUCTION OF INDUSTRIAL SAFETY REQUIREMENTS

**A. N. MAKHNEVA**

Industrial University of Tyumen  
Russian Federation, Tyumen  
E-mail: mahnjovaan@tyuiu.ru

In the article the experience of conformity assessment of hazardous industrial facilities of oil and gas production of industrial safety requirements by methodology is described. The methodology of conformity assessment of hazardous industrial facilities of oil and gas production of industrial safety requirements (the methodology) gives full and reliable information about level of industrial safety on object. The methodology consists: process of conformity assessment; assessment criteria; system indicator – generalized indicator that defines level of industrial safety on object; visualization tools such as «safety objectogram» and «safety curve». The methodology can be used for auditors and specialists in field of industrial safety. It is proved that the methodology provides operation of oil and gas production in accordance industrial safety requirements and avoids fines.

**Keywords:** industrial safety, level of industrial safety, conformity assessment, industrial safety audit, hazardous industrial facilities of oil and gas production.

### Введение

Опасные производственные объекты нефтегазодобывающих производств являются ключевыми элементами топливно-энергетического комплекса Российской Федерации – с одной стороны, с другой – выступают источниками потенциальной опасности. На указанных объектах в 2021 г. произошло 14 аварий, что на 40 % больше чем в предыдущем, а ущерб от произошедших аварий составил 2123,85 млн руб., что почти в 15 раз больше по сравнению с 2020 г.<sup>1</sup> По результатам проверок, проведенных в 2021 г. инспекторами Ростехнадзора, было выявлено 8217 нарушений требований промышленной безопасности, что на 40 % больше чем в 2020 г.<sup>1</sup> А ведь именно систематическое несоблюдение требований промышленной безопасности является основной причиной нежелательных событий на ОПО НГДП, таких как аварии и инциденты.

Помимо внешних проверок, проводимых инспекторами Ростехнадзора, все организации, эксплуатирующие ОПО (в том числе ОПО НГДП), осуществляют внутренние проверки – производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности. Известно, что в ближайшие годы планируется внедрение в число элементов регулирования промышленной безопасности нового вида деятельности – аудита промышленной безопасности [2]. Аудит промышленной безопасности представляет собой процедуру комплексного обследования ОПО, проводимую с целью соответствия его фактического состояния требованиям законодательства в области промышленной безопасности. На практике аудит промышленной безопасности уже давно проводится многими компаниями [3,4,5 и др.] и, как любая процедура, требует разработки методологической основы. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 19011-2021 «Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента» содержит основы проведения аудита. Однако, в настоящий момент нет известной методики, позволяющей провести аудит промышленной безопасности и интерпретировать результаты его проведения.

### Основная часть

Разработка методики началась в 2016 г. Параллельно с проработкой ключевых положений методики осуществлялась ее апробация на ОПО НГДП. В период с 2016 по 2019 гг. осуществлялось структурирование и систематизация основных требований промышленной безопасности, с целью определения ключевых критериев оценки (рис. 1), соответствующих потребностям компаний, эксплуатирующих ОПО и позволяющих улучшить взаимодействие компаний с надзорными органами по вопросам промышленной безопасности, формировался «каркас» методики.

Позднее был разработан перечень показателей результативности деятельности в области промышленной безопасности, который, в связке с элементами риск-ориентированного подхода, позволил определять уровень промышленной безопасности объекта. Тем самым была создана некая система сопоставления ОПО НГДП между собой. И только в 2022 г. методика, пройдя ряд изменений и преобразований, была издана в виде учебно-методического пособия [1].

За период с 2016 по 2022 г. методика была апробирована более чем на сотне ОПО НГДП. В качестве примера описаны результаты апробации методики на трех предприятиях нефтедобычи.

С использованием методики, в ходе аудита промышленной безопасности, была проведена оценка соответствия требованиям промышленной безопасности следующих ОПО НГДП крупных нефтяных компаний:

- фонд скважин;
- система промысловых (межпромысловых трубопроводов);
- участок предварительной подготовки нефти.

Процесс оценки соответствия ОПО НГДП требованиям промышленной безопасности осуществлялся в 4 этапа:

- 1) Планирование и организация работ;
- 2) Сбор информации о нарушениях в области промышленной безопасности;
- 3) Анализ полученных результатов;
- 4) Разработка рекомендаций.

На первом этапе была запрошена предварительная информация об оцениваемых объектах и эксплуатирующих их организациях, с целью планирования работ и формирования аудиторских групп. Данный этап сопровождался выездом аудиторов на объекты для ознакомления группы с этапами производства и сопровождающими их технологическими процессами. По окончании данного этапа составлены программы проведения работ.

<sup>1</sup> Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2020-2021 гг. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. – URL: [https://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) (дата обращения 20.04.2022).



Рис. 1. Перечень критериев оценки деятельности организаций в области промышленной безопасности ( $k_1$ –  $k_{22}$ )

На втором этапе проводилась идентификация нарушений требований промышленной безопасности. Нарушения с целью удобства их дальнейшей обработки распределяются в соответствии с предложенным перечнем критериев оценки.

Второй этап включал в себя документарную проверку и натурное обследование объектов аудита.

В ходе документарной проверки аудиторской группой осуществлялся анализ проектной, технической и эксплуатационной документации, охватывающей все стадии жизненного цикла ОПО НГДП, согласно перечню критериев оценки (рис.1).

При проведении натурального обследования аудиторской группой осуществлялось посещение объектов, в соответствии с программой проведения работ.

Натурное обследование объектов включало:

- внешний осмотр зданий, сооружений и технических устройств объекта;
- анализ эксплуатационной и технической документации (на наличие и правильность ее ведения);
- фото- или видеофиксацию выявленных нарушений требований промышленной безопасности;
- опрос работников объекта в форме беседы.

На третьем этапе осуществлялся анализ полученных результатов.

В соответствии с методикой [1], значение каждого из критериев оценки ( $k_i$ ) представляет собой сумму произведений показателей

результативности деятельности в области промышленной безопасности ( $q_i$ ) на соответствующие им весовые коэффициенты ( $w_i$ ):

$$k_i = \sum_i q_i \cdot w_i. \quad (1)$$

Учитывая, что при осуществлении основных производственных процессов на ОПО НГДП могут иметь место правовые ( $R_n$ ), техногенные ( $R_{тех}$ ) и профессиональные ( $R_{проф}$ ), то весовой коэффициент ( $w_i$ ) каждого показателя результативности предложено устанавливать в соответствии со следующим выражением:

$$\frac{w_{R_n}}{w_{R_{тех}}} = \frac{w_{R_n}}{w_{R_{проф}}} = \frac{1}{2}. \quad (2)$$

Результаты оценки соответствия исследуемых ОПО НГДП в виде «объектограммы безопасности» представлены на рис. 2. В соответствии с рис. 2 системный показатель соответствия ОПО НГДП требованиям промышленной безопасности ( $\Theta$ ) определяется по формуле 3.

$$\Theta = \frac{S_{реал}}{S_{max}}, \quad (3)$$

где  $S_{реал}$  – площадь многоугольника «объектограммы безопасности», образованного фактическими значениями критериев оценки ( $k_i, k_{i+1}$ );  $S_{max}$  – площадь многоугольника «объектограммы безопасности», образованного максимально возможными значениями критериев оценки ( $k_i, k_{i+1} = 4$ ).

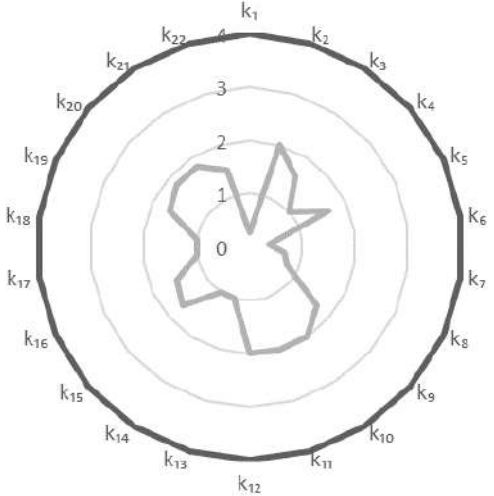
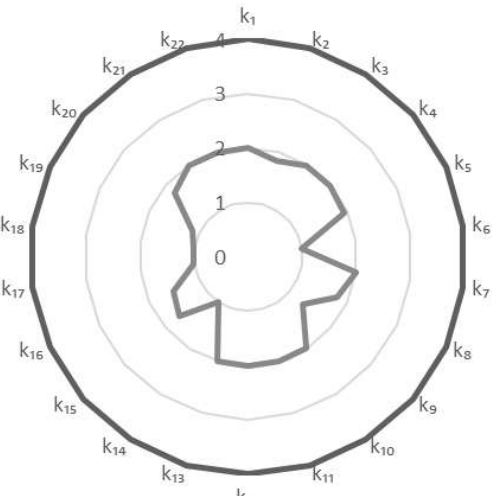
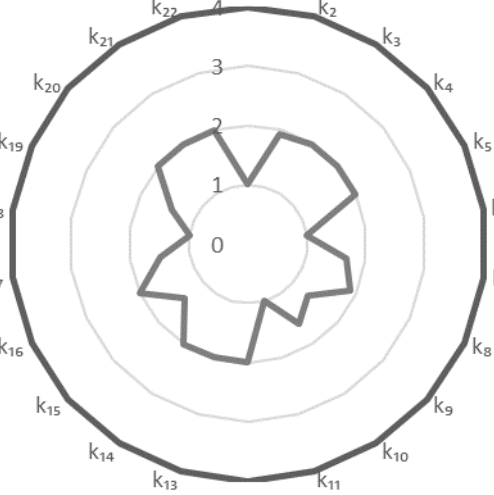
Фонд скважин	Система промышленных (межпромысловых трубопроводов)
	
<p><i>В состав объекта входят:</i></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ взрывчатые вещества</li> <li>▪ 133 скважины</li> <li>▪ 133 колонные головки</li> <li>▪ 133 фонтанные арматуры</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ нефтегазосборные трубопроводы – 5 шт. (протяженность – 24241/1242/62/436/467 м; диаметр – 159..168/89/89..114/89/114 мм; рабочее давление – 4 МПа; глубина прокладки – 1,2 м)</li> <li>▪ выкидные линии от скважин до групповых замерных устройств – 13 шт. (протяженность – 80/233/233/530/40/40/40/48/68/100/87/87/450 м; диаметр – 73/95..108/95..108/89/73/73/73/89/89/89/89/89/89 мм; рабочее давление 4 МПа; глубина прокладки – 0,8 м)</li> <li>▪ высоконапорные водоводы – 1 шт. (протяженность – 30 м; диаметр 89 мм; рабочее давление – 16 МПа; глубина прокладки – 1,8 м)</li> </ul>
<p><b>Участок предварительной подготовки нефти</b></p>	<p><i>В состав объекта входят:</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ депульсатор</li> <li>▪ нефтегазовые сепараторы – 2 шт.</li> <li>▪ отстойники – 4 шт.</li> <li>▪ нефтенагреватели – 2 шт.</li> <li>▪ установки предварительного сброса воды – 2 шт.</li> <li>▪ сепараторы газовые – 2 шт.</li> <li>▪ резервуары вертикальные стальные (РВС-1000 – 2 шт., РВС-2000 – 1 шт.)</li> <li>▪ емкость аварийная</li> <li>▪ емкость подземная</li> <li>▪ емкость отпуска нефти</li> <li>▪ блоки реагентного хозяйства – 2 шт.</li> <li>▪ оперативный узел учета сырой нефти</li> <li>▪ факельное хозяйство</li> <li>▪ насосная пожаротушения</li> <li>▪ площадка приема нефти</li> </ul>

Рис. 2. «Объектограммы безопасности» исследуемых ОПО НГДП



В соответствии со значением системного показателя соответствия ОПО НГДП требованиям промышленной безопасности (Э) объекту присваивается уровень промышленной безопасности ( $Y_{пб}$ ) от 0 до 4 (табл. 1).

Состояние промышленной безопасности исследуемых ОПО НГДП до и после ре-

ализации предложенных рекомендаций представлено в табл. 2.

Установлено, что состояние ПБ исследуемых ОПО НГДП после реализации методики оценки соответствия ОПО НГДП ТПБ улучшилось на 39-112% (табл. 2).

Таблица 1. Шкала уровней промышленной безопасности

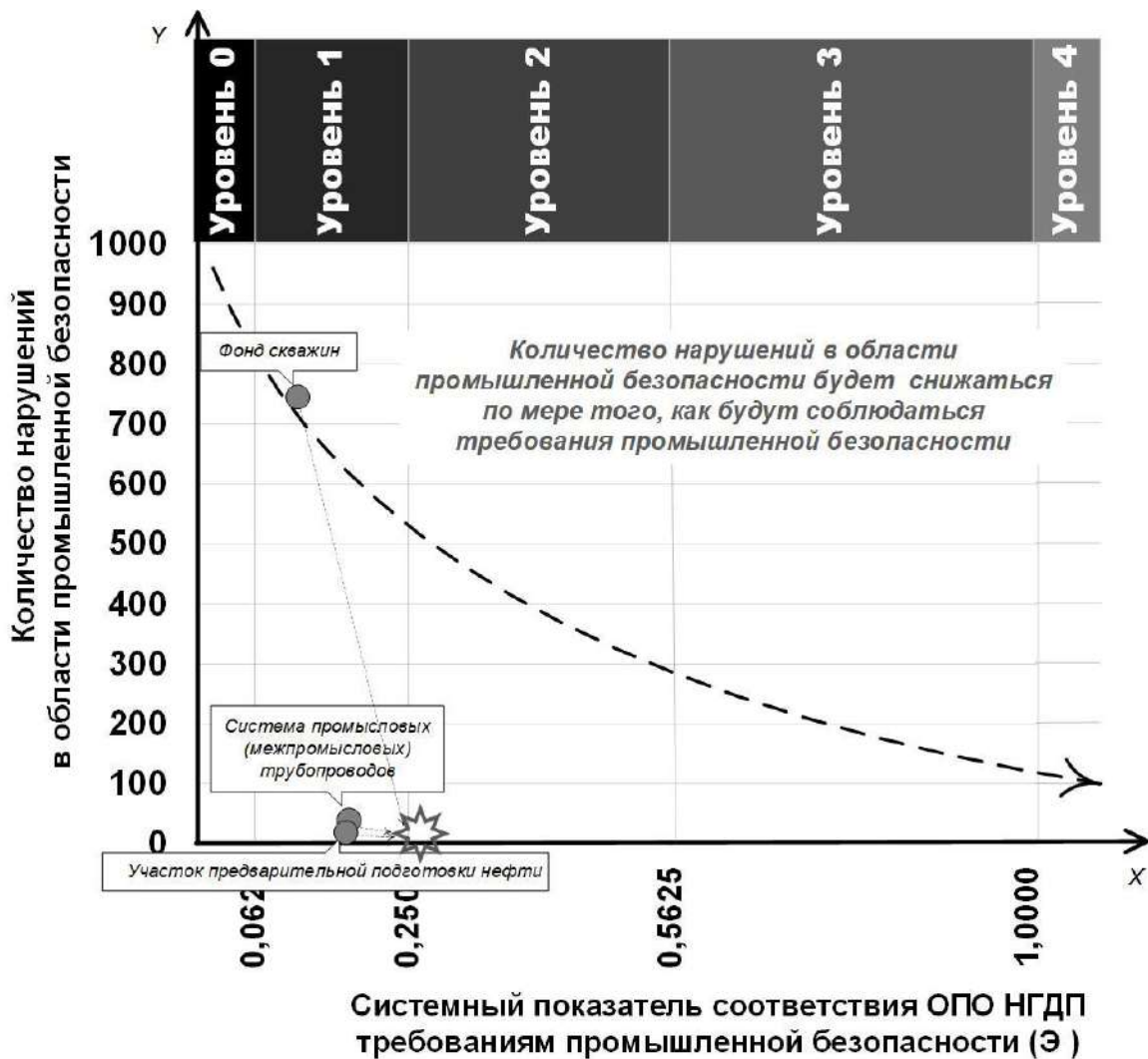
Значение системного показателя (Э)	Уровень промышленной безопасности ( $Y_{пб}$ )	Характеристика
$0 \leq \mathcal{E} < 0,0625$	0	Требования нормативных правовых актов (НПА) в области промышленной безопасности (ПБ), предусмотренные законодательством РФ не соблюдены
$0,0625 \leq \mathcal{E} < 0,25$	1	Фрагментарное соблюдение требований НПА в области ПБ, предусмотренных законодательством РФ
$0,25 \leq \mathcal{E} < 0,5625$	2	Требования НПА в области ПБ, предусмотренные законодательством РФ безопасности соблюдены. Рекомендуется обеспечить соблюдение ВНМД
$0,5625 \leq \mathcal{E} < 1$	3	Требования НПА в области ПБ, предусмотренные законодательством РФ соблюдены. Требования ВНМД соблюдены, могут иметься незначительные отклонения
$\mathcal{E} = 1$	4	Требования НПА в области ПБ, предусмотренные законодательством РФ соблюдены. Требования ВНМД соблюдены в полной мере. Стремление к постоянному совершенствованию

Таблица 2. Состояние промышленной безопасности исследуемых ОПО НГДП до и после реализации предложенных рекомендаций

№ п/п	Наименование объекта аудита	Количество нарушений в области ПБ	Состояние ПБ до реализации предложенных рекомендаций		Количество нарушений в области ПБ	Состояние ПБ после реализации предложенных рекомендаций		Темп прироста ( $T_i$ ), (%)
			Значение системного показателя соответствия ОПО НГДП требованиям ПБ (Э)	Уровень ПБ ( $Y_{пб}$ )		Значение системного показателя соответствия ОПО НГДП требованиям ПБ (Э)	Уровень ПБ ( $Y_{пб}$ )	
1	Фонд скважин	748	0,1182	1	0	0,2500	2	111,51
2	Система промысловых (межпромысловых) трубопроводов	31	0,1798	1	0	0,2500	2	39,04
3	Участок предварительной подготовки нефти	14	0,1738	1	0	0,2500	2	43,84

В соответствии с предложенной методикой, организации, эксплуатирующие исследуемые ОПО НГДП, соблюдают требования нормативных правовых актов в области промышленной безопасности Российской Федерации фрагментарно ( $Улб = 1$ ). В связи с этим, на четвертом этапе были подготовлены конкретные научно обоснованные рекомендации и предложения по повышению эффективности деятельности ОПО НГДП в сфере промышленной безопасности.

После устранения нарушений, выявленных с помощью предлагаемой методики, состояние промышленной безопасности исследуемых ОПО НГДП было охарактеризовано как соответствующее требованиям законодательства Российской Федерации (рис. 3). Данный факт подтверждают акты Ростехнадзора: по результатам плановых проверок на данных ОПО НГДП нарушений выявлено не было ( $Улб = 2$ ).



- – состояние промышленной безопасности по результатам оценки соответствия ОПО НГДП требованиям промышленной безопасности
- ★ – состояние промышленной безопасности после реализации предложенных рекомендаций (на основании актов Ростехнадзора)

Рис. 3. «Кривая безопасности» исследуемых ОПО НГДП

### Заключение

Таким образом, по результатам апробации методики оценки соответствия ОПО НГДП требованиям промышленной безопасности, можно сделать следующие выводы:

- во-первых, методика позволяет определять «слабые места» в системе управления промышленной безопасностью – на основании значений критериев оценки;
- во-вторых, с помощью методики можно присваивать ОПО НГДП уровень промышленной безопасности;
- в-третьих, используя методику периодически можно проследить динамику состояния промышленной безопасности конкретного ОПО НГДП во времени;
- в-четвертых, результаты, полученные при применении методики, позволяют сравнивать состояние промышленной без-

опасности нескольких аналогичных ОПО НГДП между собой.

На основе предложенной методики спроектирована база данных, позволяющая принимать решения по результатам осуществления оценки соответствия ОПО НГДП ТПБ [6].

### Перечень сокращений

ВНМД – внутренний нормативно-методический документ, НПА – нормативный правовой акт, ОПО НГДП – опасный производственный объект нефтегазодобывающего производства, ПАСС – профессиональная аварийно-спасательная служба, ПБ – промышленная безопасность, РФ – Российская Федерация, ПМЛА – план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий, СУПБ – система управления промышленной безопасностью, ТР ТС – Технический регламент Таможенного союза, ТУ – техническое устройство.

### Список литературы

1. Солодовников А. В., Махнёва А. Н. Методика оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности: учебно-методическое пособие. Тюмень: ТИУ, 2022. 50 с.
2. Аудит промышленной безопасности опасных производственных объектов / Ю. Ф. Карabanов, А. С. Печёркин, В. А. Ткаченко [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 2. С. 60–69.
3. Сковородкин В. Ю., Туникова Г. В. Аудит промышленной безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2003. № 3. С. 42–45.
4. Кловач Е. В., Селезнёв Г. М., Ткаченко В. А. О результатах аудитов в сфере промышленной безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 7. С. 72–76.
5. Солодовников А. В., Шабанова В. В., Абдрахманов Н. Х. Аудит промышленной безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2022. № 1. С. 5–27.
6. Свидетельство о регистрации базы данных. Оценка соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности / А. Н. Махнёва, А. В. Солодовников. – № 2022623355; заявл. 22.11.2022; опубл. 22.12.2022

### References

1. Solodovnikov A. V., Mahnyova A. N. *Metodika ocenki sootvetstviya opasnykh proizvodstvennykh ob»ektov neftegazodobyvayushchih proizvodstv trebovaniya promyshlennoj bezopasnosti: uchebno-metodicheskoe posobie* [Methodology for assessing the compliance of hazardous industrial facilities of oil and gas production with industrial safety requirements: a teaching aid]. Tyumen': TIU, 2022. 50 p.
2. Audit promyshlennoj bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob»ektov [Industrial safety audit of hazardous production facilities] / Yu. F. Karabanov A. S. Pecherkin, V. A. Tkachenko [et al.] // *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2019, issue 2, pp. 60–69.
3. Skovorodkin V. Yu., Tunikova G. V. Audit promyshlennoj bezopasnosti [Industrial safety audit]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2003, issue 3. pp. 42–45.
4. Klovach E. V., Seleznyov G. M., Tkachenko V. A. O rezul'tatah auditov v sfere promyshlennoj bezopasnosti [On the results of audits in the field of industrial safety]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2022, issue 7, pp. 72–76.
5. Solodovnikov A. V., Shabanova V. V., Abdrahmanov N. H. Audit promyshlennoj bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob»ektov neftegazovogo kompleksa [Industrial safety audit of hazardous production facilities of the oil and gas complex]. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo»*, 2022, issue 1, pp. 5–27.

6. Mahnyova A. N., Solodovnikov A. V. Svidetel'stvo o registracii bazy dannyh. Ocenka sootvetstviya opasnyh proizvodstvennyh ob»ektov neftegazodobyvayushchih proizvodstv trebovani-

yam promyshlennoj bezopasnosti [Assessment of compliance of hazardous production facilities of oil and gas production with industrial safety requirements], № 2022623355.

*Махнёва Арина Николаевна*

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,

Российская Федерация, Тюмень

старший преподаватель кафедры техносферной безопасности

E-mail: mahnjovaan@tyuiu.ru

*Makhneva Arina Nikolaevna*

Industrial University of Tyumen

Russian Federation, Tyumen

senior lecturer of Department of Technosphere safety

E-mail: mahnjovaan@tyuiu.ru

УДК 628.147.22

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ ОБРАЗОВАНИЮ ПИРОФОРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ

**А. С. МИТРОФАНОВ, С. А. СЫРБУ**

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
E-mail: mitart1992@mail.ru, syrbue@yandex.ru

В статье рассматриваются способы нанесения композитных составов, препятствующих образованию пирофорных отложений на внутренних поверхностях технологического оборудования для хранения нефти. Определен способ нанесения двухслойного покрытия, позволяющий достичь необходимого количества действующего агента и равномерного его распределения в матрице, за счет выбора оптимального времени нанесения второго слоя. Установлено положительное влияние разработанной технологии нанесения покрытия на адгезионные характеристики композитного состава.

**Ключевые слова:** антикоррозионная обработка, пирофорные отложения, композитный материал, адгезия.

## DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR APPLICATION OF COMPOSITE COATINGS PREVENTING THE FORMATION OF PYROPHORIC DEPOSITS ON THE INTERNAL SURFACES OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR OIL STORAGE

**A. S. MITROFANOV, S. A. SYRBU**

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: mitart1992@mail.ru, syrbue@yandex.ru

The article discusses methods for applying composite compositions that prevent the formation of pyrophoric deposits on the internal surfaces of process equipment for oil storage. A method for applying a two-layer coating has been determined, which makes it possible to achieve the required amount of the active agent and its uniform distribution in the matrix, by choosing the optimal time for applying the second layer. The positive effect of the developed coating technology on the adhesive characteristics of the composite composition has been established.

**Keywords:** anticorrosion treatment, pyrophoric deposits, composite material, adhesion.

Вертикальные резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов характеризуются большими габаритами, поэтому их строительство осуществляется непосредственно на месте дальнейшей эксплуатации. Технология изготовления резервуаров достаточно сложна и состоит из ряда этапов [1]. Одним из завершающих и важных этапов является окрашивание, как наружной, так и внутренней поверхностей. В данном случае речь идет не только о придании конструкции достойного внешнего вида, но

и об антикоррозионной защите.

Существует достаточное количество способов окрашивания стальных поверхностей, например, таких как:

- окрашивание кистью или валиком;
- способ воздушного либо безвоздушного распыления;
- окунание;
- порошковое окрашивание с последующей полимеризацией.

Выбор способа окрашивания зависит от типа краски и окрашиваемой поверхности [2], также учитывается и площадь обрабаты-

емой поверхности. В соответствии с приложением Р Правил антикоррозионной защиты резервуаров<sup>1</sup>, в качестве окрасочного оборудования рекомендуется применение аппаратов безвоздушного распыления высоковязких красок с нагревателем, окрасочных аппаратов безвоздушного распыления и пневматических распылителей.

В общем виде типовая технологическая схема антикоррозионной защиты внутренней поверхности резервуаров выглядит следующим образом:

❖ Подготовка внутренней поверхности РВС к проведению работ (для резервуаров, бывших в эксплуатации):

- опорожнение;
- очистка;
- диагностика;
- текущий или капитальный ремонт.

❖ Подготовка металлической поверхности к окраске:

- обезжиривание;
- абразивная очистка;
- удаление абразива;
- обеспыливание.

❖ Окраска:

- подготовка лакокрасочного материала (ЛКМ);
- нанесение ЛКМ;
- контроль среды;
- контроль в процессе нанесения ЛКМ.

❖ Отверждение каждого слоя покрытия.

❖ Контроль качества покрытия:

- внешний вид;
- толщина;
- адгезия;
- сплошность.

❖ Устранение выявленных дефектов.

Качественное выполнение всех этапов приведенной технологической схемы по антикоррозионной обработке внутренней поверхности резервуаров не позволяет стальной конструкции корродировать в условиях агрессивной среды, обусловленной, в том числе, содержанием сероводорода. То есть покрытие препятствует протеканию химических реакций железа с сероводородом и, как следствие, образованию продуктов этих реакций, склонных к самовозгоранию. Важно отметить, что на основании Правил<sup>1</sup>, покрытие должно выполнять защитную функцию на протяжении длительного периода времени (не менее 10 лет). Несмотря на широкий ассортимент различных составов, на рынке антикоррозионных покрытий одной из актуальных задач в нефтяной отрасли [3] является предотвращение образо-

вания пирофорных отложений на внутренней поверхности технологического оборудования для хранения нефти, что особенно важно для сортов нефти с высоким содержанием сернистых соединений [4].

Для решения проблемы по борьбе с образованием пирофорных отложений нами были разработаны защитные композитные составы на основе полимочевины (ПМ) в качестве матрицы. В качестве наполнителей (действующих агентов) использовали активированный уголь (АУ) марки «БАУ-А», диоксид титана (рутил) и шунгит в различных соотношениях. Для всех разработанных покрытий были определены различные технические характеристики, такие как адгезия, эластичность, стойкость к статическому воздействию жидкостей (бензину и сырой нефти) и др. Установлено, что полученные составы не только не уступают применяемым в сфере антикоррозионной защиты ЛКМ, но по некоторым параметрам превосходят их.

Во всех видах испытаний в качестве материала образцов применялась малоуглеродистая сталь марки «Сталь 3». Выбор марки стали был обусловлен тем, что именно из такой стали производятся резервуары для хранения нефти и наиболее «богатых» сероводородом нефтепродуктов. Образцы готовились размерами 100×40×4 мм. Подготовка образцов включала в себя очистку корд-щеткой с последовательным удалением жировых отложений путем обработки поверхности растворителем марки «Р4» (основные компоненты в составе: ацетон 26 %, толуол 62 %). Нанесение составов на стальные образцы производили методом окунания. Сушку производили в естественных условиях (средняя температура составила 20°C) при относительной влажности воздуха 55-60 % в течение суток.

Однако при проведении испытаний было замечено, что при высыхании образцов, обработанных защитными составами, распределение наполнителя становилось неравномерным. Наблюдалось последовательно уменьшение количества частиц на единицу площади по мере удаления от верхней кромки пластины к нижней. Очевидно, такой эффект обусловлен движением композитного состава под действием силы тяжести вдоль вертикальной оси образца с момента нанесения слоя до увеличения вязкости в процессе высыхания (рис. 1). Общее количество частиц действующего агента на площади образца уменьшалось, и оптимальное соотношение компонентов композитного состава не выдерживалось. Таким образом, возникла необходимость в изменении технологии окрашивания вертикальной стальной поверхности.

<sup>1</sup> РД-05.00-45.21.30-КТН-005-1-05 Правила антикоррозионной защиты резервуаров.

Нанесение защитного состава в 2 или более слоев представлялось логичным выходом из сложившейся ситуации. С целью не допустить увеличения общей толщины защитного покрытия и расхода материала на единицу площади поверхности, что привело бы к удорожанию покрытия в целом, в состав добавляли до 70 % по массе растворителя марки «P4». Такой подход позволил снизить вязкость композиции и получить более тонкие слои без снижения защитных и физико-механических свойств покрытия.

Определение необходимого количества слоев, требующихся для достижения оптимального соотношения массы матрицы и наполнителя, производилось путем сравнения образцов с образцом-эталоном. Для визуализации в испытаниях в качестве образцов применялись пластиковые пластины белого цвета размерами 100×50 мм. Подготовка поверхности образцов заключалась в обезжиривании растворителем марки «P4» и ручной обработке с использованием абразивной бумаги P400 (размер зерна 28-40 мкм). Для нанесения был выбран состав на основе матрицы из полимочевины с добавлением 1 масс. ч. измельченного активированного угля. Добавление в полимочевину активированного угля придает составу черный цвет, что позволяет визуально оценить наличие частиц, зафиксировавшихся в покрытии при высыхании. Нанесение составов на образцы производили методом окунания. Сушку каждого слоя производили при вертикальном расположении в естественных условиях (средняя температура составила 20°C) при относительной влажности воздуха 55-60 % в течение суток.

Образец-эталон был подготовлен путем нанесения одного слоя композитного состава по указанной технологии с тем отличием, что сушка эталона проходила при его горизонтальном расположении. Горизонтальное расположение образца при сушке не позволяло композитному составу стекать под действием силы тяжести, соответственно внедренный в матрицу наполнитель также оставался на поверхности пластины в необходимом количестве.

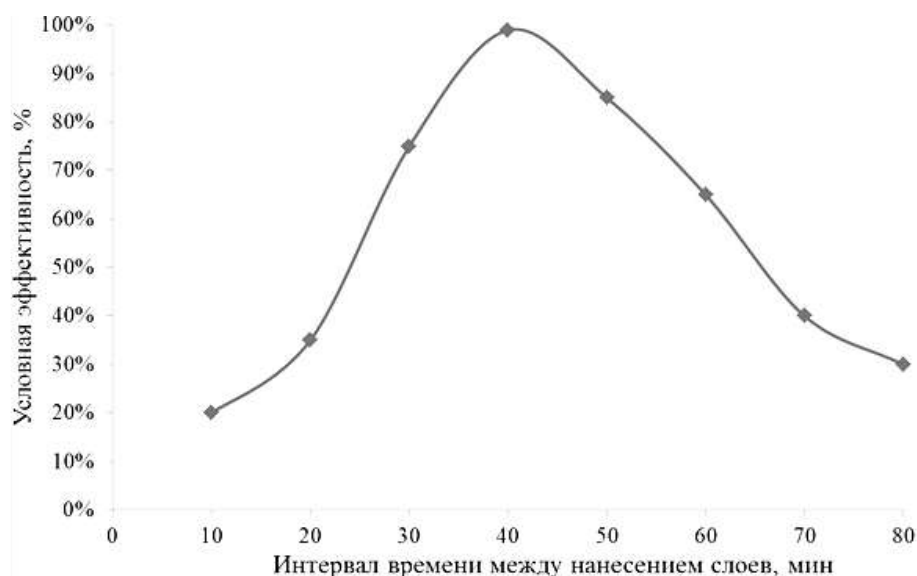
В результате серии экспериментов было установлено, что нанесение даже 5 слоев (с сушкой каждого слоя в указанных выше условиях) не придало экспериментальному образцу такого же равномерного распределения частиц действующего агента, как у эталона, а, следовательно, и оптимальное массовое соотношение наполнителя к матрице достигнуто не было. Вместе с тем было замечено, что

нанесение второго слоя до момента полного высыхания первого значительно улучшает ситуацию. Поэтому на следующем этапе эксперимента был определен оптимальный временной интервал между нанесением слоев. Для этого было подготовлено 8 однотипных образцов, каждый из которых был покрыт одним слоем, содержащим 100 масс. ч. полимочевины с добавлением 70 масс. ч. растворителя (т.е. без добавления действующего агента). Второй слой защитного состава, представляющий собой 100 масс. ч. полимочевины, разбавленной 50 масс. ч. растворителя, с добавлением 1 масс. ч. наполнителя, наносился на «загрунтованный» образец через 10, 20, 30... 80 минут. После полного высыхания образцов визуально определялась условная эффективность технологии методом сравнения экспериментальных образцов с образцом-эталоном. Наилучший эффект был достигнут при нанесении второго слоя через 40 минут после первого (рис. 1). Установлено, что через 40 минут сушки покрытие перестает обладать текучестью, становится достаточно вязким и липким, что позволяет получить оптимальное содержание и равномерное распределение наполнителя в композитном материале при нанесении всего двух слоев.

Таким образом, предлагаемая технология получения антикоррозионного покрытия реализуется следующим образом:

1. Подготовка поверхности стали (механическая очистка, обеспыливание, обезжиривание).
2. Нанесение первого слоя (грунтование), состоящего из полимочевины с добавлением 70 масс. ч. растворителя марки «P4».
3. Сушка в естественных условиях (средняя температура 20 °С, относительная влажность воздуха 55-60 %) в течение 40 минут.
4. Нанесение второго слоя, состоящего из полимочевины с добавлением 50 масс. ч. растворителя марки «P4» и 1 масс. ч. наполнителя (действующего агента, например, активированного угля).
5. Сушка в естественных условиях до полного завершения процесса поликонденсации защитного покрытия (не менее 3 суток).

Кроме визуального контроля качества, т.е. содержания и равномерности распределения наполнителя в матрице композитного состава, определяли толщину покрытия в 6 произвольных точках на каждом образце. Усредненные результаты измерений сведены в таблицу.



**Рис. 1.** Влияние временного интервала между нанесением слоя матрицы и слоя композитного материала на условную эффективность процесса нанесения

**Таблица. Составы защитных композитных покрытий**

Толщина покрытия после полного высыхания, мкм				Интервал времени между нанесением слоев, мин
Количество и состав слоев				
Однослойное	Однослойное	Однослойное (эталон)	Двухслойное	
100 масс. ч. ПМ* 1 масс. ч. АУ	100 масс. ч. ПМ 70 масс. ч. Р4 1 масс. ч. АУ	100 масс. ч. ПМ 1 масс. ч. АУ	100 масс. ч. ПМ 70 масс. ч. Р4	
			100 масс. ч. ПМ 50 масс. ч. Р4 1 масс. ч. АУ	
291	211	342	216	0
			235	10
			253	20
			279	30
			295	40
			286	50
			280	60
			264	70
			251	80

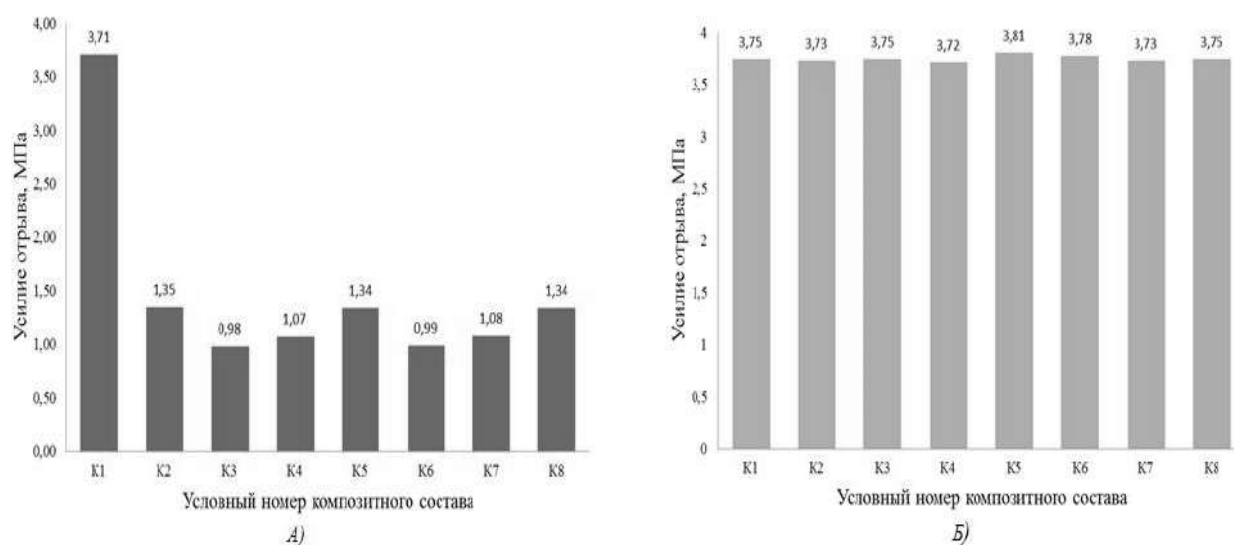
\*Примечание: ПМ – полимочевина, Р4 – растворитель марки «Р4», АУ – березовый активированный уголь марки «БАУ-А».

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что в случае соблюдения предложенной выше технологии нанесения защитных составов толщина покрытия образца-эталона, подготовленного исключительно для сравнения, превосходит толщину двухслойного покрытия на 47 мкм. Толщина двухслойного покрытия сопоставима с толщиной однослойного покрытия без использования растворителя (295 мкм и 291 мкм соответственно). Однако, следует отметить, что предлагаемая технология обеспечивает не только необходимую толщину пленки, но и более равномерное распределение наполнителя в ней.

Для оценки адгезионных характеристик ранее разработанных защитных составов (К1, К2, К3...К8, где состав К1 представляет собой полимочевину, смешанную с 70 масс. ч. растворителя без добавления действующих агентов), нанесенных по предлагаемой технологии, были проведены испытания в соответствии с методикой определения адгезии методом отрыва<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> ГОСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002) Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва.





**Рис. 2.** Результаты испытаний прочности адгезии к подложке из стали марки «Сталь 3» композиций на основе полимочевины (А – однослойное покрытие, Б – двухслойное покрытие).

В ходе анализа полученных результатов установлено, что при однослойном нанесении защитных составов (рис. 2А) внедрение действующих агентов значительно снижает адгезию покрытий (с 3,71 МПа до 0,98÷1,35 МПа). В случае нанесения двухслойного покрытия по предлагаемой технологии (рис. 2Б), негативное влияние наполнителя на адгезионные характеристики практически полностью нивелируется, а в некоторых случаях адгезия хоть и незначительно, но улучшается (с 3,75 МПа для композиции K1 до 3,81 МПа для K5). Такой эффект связан с тем, что при двухслойном нанесении отсутствует контакт частиц наполнителя со стальной подложкой, в

результате чего не происходит снижения площади соприкосновения полимочевины и стали.

Таким образом, предлагаемая технология нанесения композитных материалов на поверхность стали марки «Сталь 3» позволяет получить более равномерное распределение действующего агента (наполнителя) в матрице и необходимую толщину покрытия, а также улучшает адгезионные характеристики разработанных композитов. С использованием предлагаемого подхода будет возможно применение наполнителей, способных обеспечить удаление серосодержащих соединений из нефти не только адсорбционными, но и химическими способами.

### Список литературы

1. Миронов Е. Г. Методы повышения надежности РВС // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. 2019. С. 90–91.
2. Медведев М. С. Современные способы нанесения лакокрасочного покрытия // Эпоха науки. 2020. №. 24. С. 100–103
3. Проблемы защиты от коррозии при эксплуатации трубопроводных систем и оборудования нефтегазовой отрасли / К. Н. Абдрахманова, И. А. Дягилев, Н. Х. Абдрахманов [и др.] // Безопасность техногенных и природных систем. 2020. №. 3. С. 39–46.

4. Агафонова Г. Л., Кожеева А. В. Опыт применения лакокрасочных материалов для противокоррозионной защиты нефтепромышленного оборудования ОАО АНК «Башнефть» // Коррозия территории НЕФТЕГАЗ, 2012, № 1 (21), с. 24–28

### References

1. Mironov E. G. Metody povysheniya nadezhnosti RVS [Methods for improving the reliability of RCS]. *Peredovye innovacionnye razrabotki. Perspektivy i opyt ispol'zovaniya, probleme vnedreniya v proizvodstvo*, 2019, pp. 90–91.
2. Medvedev M. S. Sovremennyye sposoby naneseniya lakokrasochnogo pokrytiya

[Modern methods of applying paintwork]. *Эпоха науки*, 2020, issue 24, pp. 100–103

3. Problemy zashchity ot korrozii pri ekspluatacii truboprovodnyh sistem i oborudovaniya neftegazovoj otrasli [Problems of corrosion protection in the operation of pipeline systems and equipment in the oil and gas industry] / K. N. Abdrakhmanova, I. A. Dyagilev, N. Kh. Abdrakhmanov [et al.]. *Bezopasnost' tekhnogennyh i pri-*

*rodnyh system*, 2020, issue 3, pp. 39–46.

4. Agafonova G. L., Kozhaeva A. V. Opyt primeneniya lakokrasochnyh materialov dlya protivokorroziionnoj zashchity neftepromyslovogo oborudovaniya OAO ANK «Bashneft'» [Experience in the use of paints and varnishes for anti-corrosion protection of oilfield equipment of JSC ANK «Bashneft'»]. *Korroziya territorii NEFTEGAZ*, 2012, vol. 1 (21), pp. 24–28

*Митрофанов Артур Сергеевич*

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

адъюнкт

E-mail: mitart1992@mail.ru

*Mitrofanov Artur 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

Postgraduate student

E-mail: mitart1992@mail.ru

*Сырбу Светлана Александровна*

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

заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин

E-mail: syrbue@yandex.ru

*Syrbu Svetlana 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

Head of the Department of Natural Sciences

E-mail: syrbue@yandex.ru

УДК 614.84

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ВЫПОЛНЕНИЮ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

**А. Л. НИКИФОРОВ, С. Н. УЛЬЕВА, И. А. ЛЕГКОВА**

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
E-mail: anikiforoff@list.ru; jivotjagina@mail.ru; legkovai@mail.ru

Обеспеченность пожарно-спасательных частей пожарными напорными рукавами и их техническое состояние в значительной степени определяют боевую готовность и оперативность подразделений при тушении пожаров, поэтому работа по ремонту и восстановлению работоспособности пожарных рукавов является важной технической задачей. В данной работе предложен новый способ проведения капитального ремонта пожарных рукавов на основе применения полимерных композитов, отвердевающих в результате воздействия на них сверхвысокочастотного (СВЧ) нагрева. На основе проведенных предварительных оценочных испытаний приведены сравнительные характеристики полимерных композиций и представлены современные водные дисперсии и эмульсии полимеров, отличающиеся высокими показателями пожарной безопасности и экологичности. Предлагаемый метод отверждения полимерных композиций в поле токов высокой и сверхвысокой частот является наиболее эффективным по сравнению с традиционным конвективным методом нагрева, что обусловлено высокой скоростью и равномерностью нагрева. Для осуществления на практике капитального ремонта пожарных рукавов данным способом разработана конструкция пилотной установки, которая первоначально должна быть создана в виде действующего макета, на основе которого в дальнейшем может быть изготовлена полноценная промышленная установка.

**Ключевые слова:** пожарные рукава, способы ремонта рукавов, полимерные материалы, СВЧ сушка, установка для ремонта.

## NEW APPROACHES TO THE OVERHAUL OF FIRE HOSES

**A. L. NIKIFOROV, S. N. UL'EVA, I. A. LEGKOVA**

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: anikiforoff@list.ru; jivotjagina@mail.ru; legkovai@mail.ru

The provision of fire and rescue units with fire pressure hoses and their technical condition largely determine the combat readiness and efficiency of units in extinguishing fires, therefore, the repair and restoration of fire hoses is an important technical task. This paper proposes a new method for overhauling fire hoses based on the use of polymer composites that harden as a result of exposure to microwave heating. On the basis of the preliminary evaluation tests carried out, comparative characteristics of polymer compositions are given and modern aqueous dispersions and emulsions of polymers are presented, which are distinguished by high fire safety and environmental friendliness. The proposed method of curing polymer compositions in the field of high and microwave currents is the most effective in comparison with the traditional convective heating method, due to the high speed and uniformity of heating. To put into practice the overhaul of fire hoses by this method, a design of a pilot plant has been developed, which should initially be made in the form of an operating mock-up, on the basis of which a full-fledged industrial installation can be made in the future.

**Key words:** fire hoses, hose repair methods, polymeric materials, SHF drying, equipment for repair.

Оперативность и эффективность при проведении пожарно-спасательных работ во многом зависит от их пожарно-технического вооружения. При этом наиболее часто используемым и уязвимым видом пожарно-технического вооружения по-прежнему остаются пожарные рукава [1, 2]. Ограниченные сроки работоспособности данного оборудования объясняются тяжелыми условиями эксплуатации, а также недостаточно тщательной организацией их содержания и обслуживания.

Следует отметить, что напорные пожарные рукава используются значительно чаще, чем другие виды пожарного оборудования. На долю пожарных рукавов приходится 85 % отказов пожарной техники. При этом виды повреждений рукавов из общего числа отказов распределяются следующим образом: 60 % – свищи, 30 % – разрывы защитного слоя, 10 % – срыв соединительных головок, выдавливание уплотнительных колец [3, 4]. Повышение надежности рукавов и увеличение срока их службы достигается не только разработкой конструкций новых рукавов и их производством, но и разработкой новых способов и устройств, позволяющих осуществлять ремонт вышедшего из строя рукава и восстанавливать его работоспособность, что подчеркивает актуальность и практическую значимость проводимого исследования.

Во время организации тушения пожаров напорные рукава подвергаются различным воздействиям, в результате которых происходит повреждение рукава, что влечет снижение количества или прекращение подачи в зону горения огнетушащих веществ, увеличение времени тушения и материального ущерба от пожара. При эксплуатации во время тушения пожара рукава могут получать термические и механические повреждения – прогары (рис. 1а), порезы (рис. 1б), проколы (рис. 1в), отслоение внутреннего слоя (рис. 1д), разъедание оболочки агрессивными веществами и т.п. Повышение рабочего давления в рукавной системе приводит к появлению свищей (рис. 1г), продольных и поперечных разрывов (рис. 1е).

Еще одной причиной повреждений является длительное хранение пожарного рукава, что приводит к его спрессованности – в результате на ребрах рукава появляются дефекты – свищи, снижающие эффективность его работы. Для предотвращения этого необходимо производить его техническое обслуживание

– периодические раскатку, промывку, сушку и перекатку на новое ребро<sup>1</sup>.

Следует особо отметить тот факт, что реальные сроки службы пожарных рукавов значительно меньше нормативной долговечности. Это свидетельствует о том, что пожарные рукава являются наиболее дорогостоящей частью пожарно-технического вооружения, поэтому работа по ремонту и восстановлению работоспособности пожарных рукавов является важной технической задачей.

Ремонт пожарных рукавов производится двумя основными способами – наклеиванием заплат на наружную поверхность рукава клеевыми составами и вулканизацией сырой резиной<sup>2</sup>.

Не смотря на то, что в настоящее время оба этих способа достаточно широко применяются, имеется необходимость в разработке новых эффективных и малозатратных методов ремонта рукавной базы.

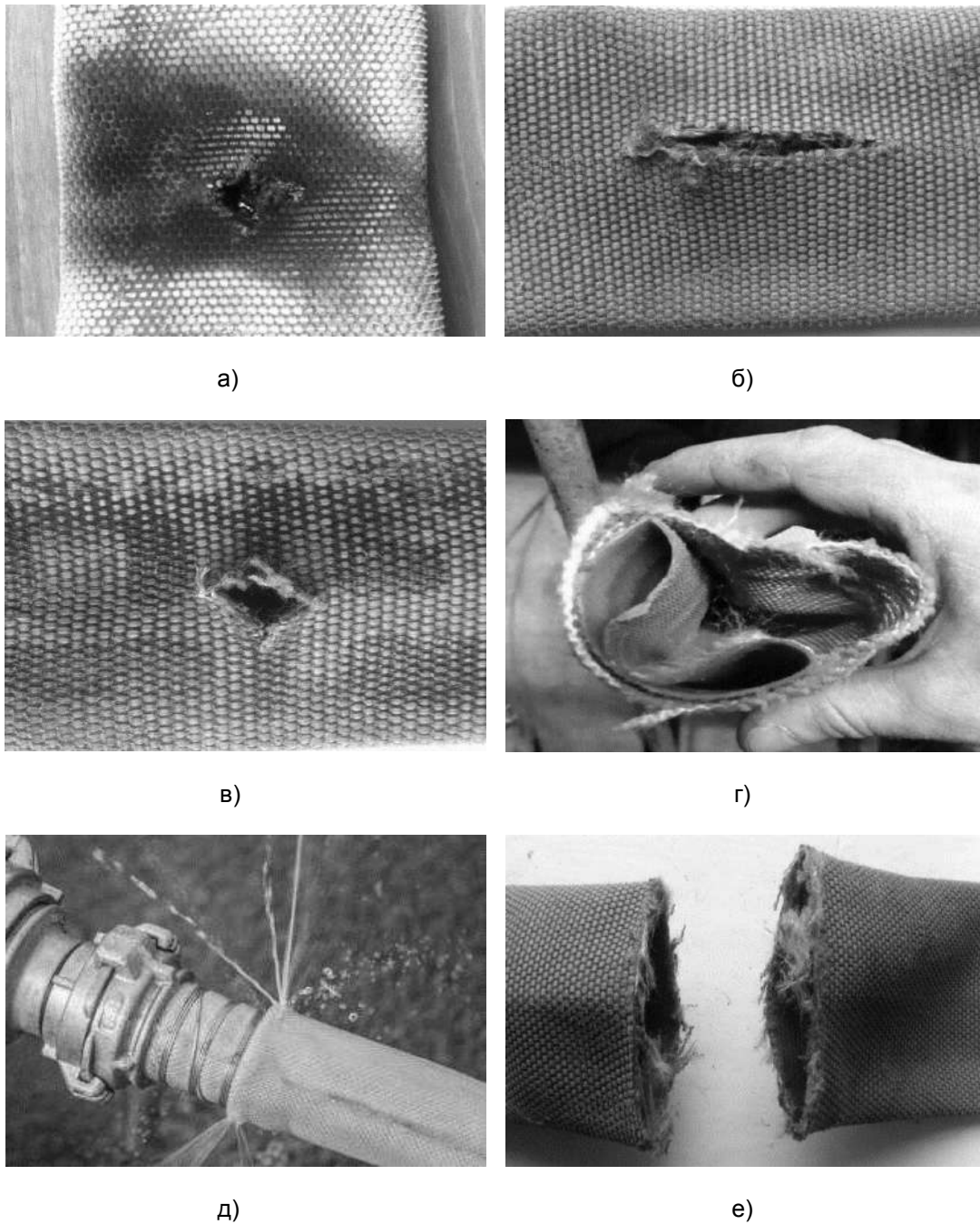
В связи с этим предлагается способ капитального ремонта пожарных рукавов с использованием полимерных дисперсий и эмульсий на водной основе, образующих при термической обработке прочные эластичные пленки с высокой адгезией к текстильным тканым материалам. При этом предлагается для осуществления нагрева использовать инновационные методы воздействия на материал – электромагнитные излучения инфракрасного (ИК) или высоко- и сверхвысокочастотного (ВЧ/СВЧ) диапазонов.

Цель работы – разработка эффективного способа ремонта пожарных рукавов на основе использования водных растворов полимерных эмульсий и дисперсий.

Следует отметить, что использование водных растворов полимерных эмульсий и дисперсий для восстановления работоспособности пожарных рукавов предполагает проведение как капитального, так и локального ремонтов. В обоих случаях для получения пленочных покрытий используется тепловая обработка. Для нагрева можно было бы использовать традиционные контактный и конвективный методы подвода тепла, однако данные способы изжили себя морально – они затратны, имеют низкий КПД использования тепловой энергии, и существенно уступают по всему набору показателей эффективности волновым методам нагрева, к которым относятся ИК, ВЧ и СВЧ нагрев.

<sup>1</sup> ГОСТ Р 51049-2008 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.

<sup>2</sup> ГОСТ Р 53277-2009 Техника пожарная. Оборудование по обслуживанию пожарных рукавов. Общие технические требования. Методы испытаний.



**Рис. 1.** Повреждения напорных пожарных рукавов:  
а) прогар; б) порез; в) прокол; г) отслоение внутреннего слоя; д) свищ; е) разрыв

Кратко отметим, что ИК нагрев предпочтительнее использовать при проведении текущего ремонта, так как он предполагает большую мобильность и простоту использования, нежели диэлектрический нагрев в поле токов ВЧ/СВЧ.

В настоящее время предложены два механизма воздействия ВЧ/СВЧ-поля на вещество [5, 6].

Первый механизм обусловлен присутствием в веществе диполей, которые при дей-

ствии электромагнитного поля приобретают определённую ориентацию. При увеличении мощности ВЧ/СВЧ-излучения степень ориентации диполей возрастает, а при уменьшении мощности наблюдается восстановление хаотичности колебательного и вращательного движения молекул, за счёт чего вещество и нагревается.

Второй механизм обусловлен проводимостью, характерной для водных растворов, содержащих ионы электролитов. При воздей-

ствии ВЧ/СВЧ-поля происходит движение ионов, приводящее к нагреву водной среды. Так авторы в своей работе [7] отмечают, что ВЧ/СВЧ-нагрев эмульсий более предпочтителен, чем прямой нагрев, так как нагревается активная к электромагнитному излучению часть среды, и это приводит к дестабилизации системы, которая в дальнейшем будет расслаиваться. Таким образом, ВЧ/СВЧ-поле действует селективно относительно капель воды, и нагревание в ВЧ/СВЧ-поле происходит равномерно во всем объеме дисперсионной среды.

Кратко сущность диэлектрического нагрева может быть объяснена явлением саморазогрева эмульсий, в состав которых входят вещества, молекулы которых обладают дипольным моментом. Полярные молекулы, попадая в переменное электромагнитное поле высоких и сверхвысоких частот, начинают ориентироваться по полярности вдоль силовых линий поля. Однако смена полярности поля в аппликаторе происходит с высокой скоростью, что не способствует завершению протеканию процессов переориентации молекул в пространстве, а лишь приводит к возникновению интенсивного межмолекулярного трения, вызывающего выделение большого количества тепловой энергии. Если нагреваемый таким образом материал имеет равномерные строе-

ние и структуру, то тепловыделение в каждой точке его объема будет одинаковым. Учитывая, что окружающий изделие воздух при этом не нагревается, то на его поверхности температура будет ниже, чем в объеме. То есть по сравнению с контактным и конвективными методами нагрева мы будем иметь обратный профиль распределения температуры по толщине обрабатываемого материала. Это явление играет положительную роль в формировании полимерных пленок, так как тепловой поток развивается изнутри материала, то и формирование пленки идет так же, что обеспечивает высокую сплошность и отсутствие дефектов в виде микротрещин на поверхности. При традиционных способах нагрева пленка формируется с наружных слоев и запирает влагу в объеме материала, которая при дальнейшем нагреве испаряется, и пары, выходя наружу, приводят к микро разрушениям поверхностного слоя. Это влечет за собой снижение механической прочности формируемых пленок. Ранее это было нами доказано при изучении процессов желирования ПВХ-пластизоля [8]. В табл. 1 приведены сравнительные данные прочностных характеристик ПВХ пленок, полученных с использованием конвективного и диэлектрического нагрева.

**Таблица 1. Прочностные характеристики ПВХ пленок, полученных с использованием конвективного и диэлектрического нагрева**

№ п/п	Толщина образца, мм	Величина разрывного усилия (F, кгс) при:	
		ВЧ-желировании	Конвективно-термическом методе желирования
1	1	5	2,5
2	1,3	5,4	3,2
3	2	6,5	3,7
4	2,5	10	6,4

Исходя из полученных ранее данных, можно предположить, что использование токов ВЧ/СВЧ при осуществлении капитального ремонта рукавов позволяет совершать эффективный разогрев диэлектрических материалов обладающих дипольным строением молекул благодаря электромагнитному излучению с частотами 5 МГц–2,45 ГГц. Предлагаемый метод отверждения полимерных композиций в

поле токов высокой и сверхвысокой частот представляется наиболее эффективным по сравнению с традиционным конвективным методом нагрева, что обусловлено высокой скоростью и равномерностью нагрева [9–11].

В качестве полимерных композиций предлагается использовать водные эмульсии и дисперсии, сравнительные характеристики которых представлены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнительные характеристики полимерных композиций

Название	Описание	Назначение	Основные достоинства
Лапрол ПП-3083, Лапрол ПП-3086	Однокомпонентные полиуретановые связующие, отверждаются под воздействием атмосферной влаги.	Для высокопрочных упруго-эластичных покрытий на основе резиновой крошки (продукт утилизации отходов резинотехнических изделий и шин), песка, отходов ППУ и т.п. Применяются при производстве полиуретанов.	Невзрывоопасные, трудно воспламеняющиеся. Не содержат растворителей, наполнителей и пластификаторов. Дают упругое, эластичное износостойкое покрытие, отличающееся высокой абразивной, химической и водостойкостью, а также устойчивостью к ударным нагрузкам.
СВАН-500С	Продукт представляет собой суспензию пигментов и наполнителей на основе акриловой дисперсии с добавлением различных вспомогательных веществ.	Краска применяется для окраски шифера, бетона, деревянных конструкций, штукатурки и загрунтованного металла.	Эластичность, износостойкость, атмосферостойкость, водостойкость, термостойкость. Пожаробезопасность, в составе краски отсутствуют горючие материалы.
Аквапол-10	Водная полиуретановая дисперсия. Образуется прозрачную нелипкую и очень эластичную пленку.	Композиция предназначена для использования в качестве связующего и/или пленкообразователя в композициях различного назначения: грунтования и окончательной отделки кож, получения искусственных кож, водно-дисперсионных ЛКМ	Относится к негорючим и невзрывоопасным продуктам. Морозостойкость. Эластичность.

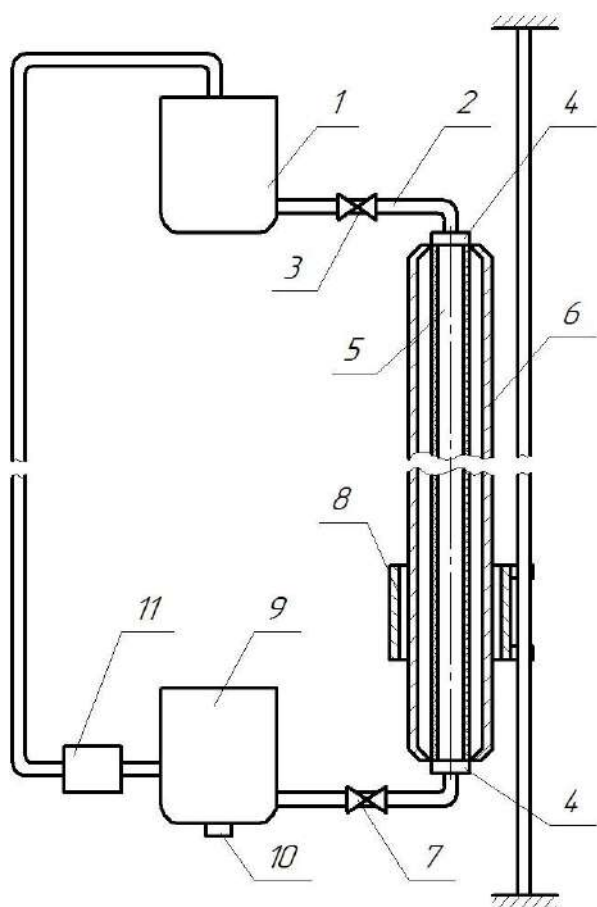
Следует отметить, что в табл. 2 представлены современные водные дисперсии и эмульсии полимеров, отличающиеся высокими показателями пожарной безопасности и экологичности. Нами были проведены предварительные оценочные испытания данных композиций. Для этого на текстильные материалы с помощью воздушной ракля наносились загущенные полимерные композиции, которые затем проходили термическую обработку в течение двух минут при 180° С. После этого полученный образец испытывали на водоудержание, для чего он крепился герметично в виде мембраны снизу к цилиндрической камере, которая заполнялась водой под давлением. Фиксировалась высота водяного столба, при которой на поверхности мембраны начинали появляться капли воды. В результате испытаний были получены обнадеживающие результаты. Однако необходимо проведение испытаний на реальных объектах и подбор наиболее подходящих для ремонта композиций. Следует также предусмотреть разработку методики испытаний восстановленных изделий. Что касается осуществления капитального ремонта рукавов на практике – нами разработана кон-

струкция пилотной установки (рис. 2), которая первоначально должна быть изготовлена в виде действующего макета и в дальнейшем может быть доработана, и при масштабировании может быть изготовлена полноценная промышленная установка.

Ремонтируемый рукав 5 при проведении работ помещается вертикально в защитный чехол 6, предотвращающий разбрызгивание полимерной композиции. Ремонтируемый рукав заполняется полимерной водной дисперсией, которая имеет необходимую вязкость и подается самотеком из питающей емкости 1 (при вертикальном расположении установки), либо нагнетается насосом при небольшом давлении (порядка 1-1,5 атм) (для горизонтальной установки). После выдерживания рукава, заполненного полимерной композицией, в течение 3-5 минут излишки композиции перемещаются в емкость для сбора 9. В ходе выполнения ремонтных работ полимерная композиция используется многократно, для чего осуществляется ее периодическая перекачка из емкости 9 в емкость 1. После этого производится термическая фиксация полимера на поверхностях рукава, для чего используется

СВЧ-устройство, которое с определенной скоростью перемещается вдоль ремонтируемого рукава. Рукав, прошедший обработку, извлека-

ется из установки и направляется на испытания и последующую эксплуатацию, либо повторную обработку (при необходимости).



**Рис. 2.** Схема вертикальной установки для ремонта пожарных рукавов:  
1 – емкость с составом для обработки;  
2 – трубопровод; 3 – запорный клапан;  
4 – соединительная головка; 5 – пожарный рукав;  
6 – защитный чехол; 7 – запорный клапан;  
8 – устройство СВЧ-нагрева; 9 – емкость для сбора полимерной композиции;  
10 – клапан для слива состава; 11 – насос

### Выводы:

Таким образом, на основании первичной оценки возможностей осуществления капитального ремонта пожарных рукавов, можно сделать следующие выводы:

– предлагаемый метод проведения капитального ремонта рукавов позволяет производить ремонт поврежденных и изношенных рукавов с использованием современных отечественных экологически- и пожаробезопасных полимерных дисперсий;

– применение микроволнового нагрева для отверждения полимерных покрытий позволит существенно сократить продолжительность теплового процесса и повысить прочностные характеристики изделия.

Для реализации предлагаемого проекта необходимо проведение научного исследования, направленного на осуществление выбора полимерных дисперсий, обеспечивающих получение наилучшего технического результата, а также оптимизацию режимов обработки.

### Список литературы

1. Елфимова М. В. Обслуживание пожарных рукавов // Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. 2010. № 3 (54). С. 55–62.
2. Полозов А. А., Самохвалов Ю. П. Определение относительных частот использования пожарного оборудования на пожарах // Пожаровзрывобезопасность, 2006, Т. 15, № 4, С. 62–65.

3. Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И. В. Сараев, А. Г. Бубнов, В. Ю. Курочкин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность, 2015, Т. 24, № 4. С. 66–71.

4. Сараев И. В., Мурза И. М. Устройства для проведения оперативного ремонта напорных пожарных рукавов на пожаре // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново:



Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 97–100.

5. Структура и свойства воды, облученной СВЧ излучением / В. Ю. Мышкин, В. А. Власов, В. А. Хан [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2012. № 81. С. 64–75.

6. О разрушении углеводородных эмульсий под действием электромагнитных полей / М. Ю. Доломатов, Р. С. Сабитов, Р. М. Сафуанова [и др.] // Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, 2017, № 2 (108), С. 39–51.

7. Мастобаев Б. Н., Шаммазов А. М., Мовсумзаде Э. М. Химические средства и технологии в трубопроводном транспорте нефти. М.: Химия, 2002. 295 с.

8. Никифоров А. Л. Теория и практика отделки текстильных материалов и полимерных пленок в поле токов высокой частоты: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.19.03. Иваново, 1989. 17 с.

9. Особенности конструкции ВЧ-аппликаторов для непрерывной обработки расправленных текстильных материалов и возможность оптимизации режимов их работы / О. Г. Циркина, А. Л. Никифоров, Б. Н. Мельников [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2006. № 2 (289). С. 58–61.

10. Дрогун А. Е., Циркина О. Г., Никифоров А. Л. Особенности процесса желирования ПВХ-пластизолей в поле токов высокой частоты при формировании полимерных покрытий на текстильных материалах // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2010. № 4 (325). С. 67–70.

11. Циркина О. Г., Дрогун А. Е., Никифоров А. Л. Исследование возможности применения диэлектрического нагрева для совершенствования технологических процессов получения ПВХ-покрытий // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 11. № 1. С. 33–35.

## References

1. Elfimova M. V. Obsluzhivanie pozharnykh rukavov [Fire hose maintenance]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta Ministerstva vnutrennih del Rossii*. 2010. vol. 3 (54), pp. 55–62.

2. Polozov A. A., Samohvalov Yu. P. Opredelenie otnositel'nykh chastot ispol'zovaniya pozharnogo oborudovaniya na pozharah [Determination of the relative frequencies of use of fire equipment on fires]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2006, vol. 15, issue 4. pp. 62–65.

3. Otnositel'naya obshchaya pol'za – dopolnitel'nyj kompleksnyj kriterij vybora pozharnykh rukavov [Relative overall benefit – an additional comprehensive criterion for the selection of fire hoses] / I. V. Saraev, A. G. Bubnov, V. Yu. Kurochkin [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2015, vol. 24, issue 4, pp. 66–71.

4. Saraev I. V., Murza I. M. Ustrojstva dlya provedeniya operativnogo remonta napornykh pozharnykh rukavov na pozhare [Devices for prompt repair of pressure fire hoses on fire]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov XI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2020. pp. 97–100.

5. Struktura i svojstva vody, obluchenoj SVCH izlucheniem [Structure and properties of water irradiated with microwave radiation] / V. Yu. Myshkin, V. A. Vlasov, V. A. Han [et al.]. *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyy zhurnal KubGAU*, 2012, issue 81, pp. 64–75.

6. O razrushenii uglevodorodnykh emul'sij pod dejstviem elektromagnitnykh polej [On the destruction of hydrocarbon emulsions under the influence of electromagnetic fields] / M. Yu. Dolomatov, R. S. Sabitov, R. M. Safuanova [et al.]. *Razrabotka i ekspluatatsiya neftyanykh i gazovykh mestorozhdenij*, 2017, vol. 2 (108), pp. 39–51.

7. Mastobaev B. N., Shammazov A. M., Movsumzade E. M. *Himicheskie sredstva i tekhnologii v truboprovodnom transporte nefii* [Chemical means and technologies in oil pipeline transportation]. M.: Himiya, 2002, 295 p.

8. Nikiforov A. L. Teoriya i praktika odelki tekstil'nykh materialov i polimernykh plenok v pole tokov vysokoy chastoty. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk [Theory and practice of finishing textile materials and polymer films in the field of high-frequency currents. Abstract cand. tech. sci. diss.]. Ivanovo, 1989. 17 p.

9. Osobennosti konstrukcii VCH-applikatorov dlya nepreryvnoj obrabotki raspravlennykh tekstil'nykh materialov i vozmozhnost' optimizatsii rezhimov ih raboty [Design features of VCH applicators for continuous processing of straightened textile materials and the possibility of optimizing their operating modes] / O. G. Cirкина, A. L. Nikiforov, B. N. Mel'nikov [et al.]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*, 2006, vol. 2 (289), pp. 58–61.

10. Drogun A. E., Cirкина O. G., Nikiforov A. L. Osobennosti processa zhelirovaniya PVH-plastizolej v pole tokov vysokoy chastoty pri formirovanii polimernykh pokrytij na tekstil'nykh materialah [Peculiarities of PVH-Plastisol Gelling Process in the Field of High-Frequency Currents in the Formation of Polymer Coatings on Textile

Materials]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*, 2010, vol. 4 (325), pp. 67–70.

11. Cirкина O. G., Drogun A. E., Nikiforov A. L. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya dielektricheskogo nagreva dlya sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh processov polucheniya

PVH-pokrytij [Study of the possibility of using dielectric heating to improve the technological processes for obtaining PVH coatings]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti*, 2011, vol. 11, issue 1, pp. 33–35.

*Никифоров Александр Леонидович*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, профессор

E-mail: anikiforoff@list.ru

*Nikiforov Alexander Leonidovich*

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

Russian Federation, Ivanovo

Doctor of technical sciences, professor

E-mail: anikiforoff@list.ru

*Ульева Светлана Николаевна*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук, доцент

E-mail: jivotjagina@mail.ru

*Ulieva 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

*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 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 technical sciences, assistant professor

E-mail: legkovai@mail.ru

УДК 614.843.27

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОВОЛОЧНОГО ХОМУТА НА СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ АРМАТУРЕ

**П. В. ПУЧКОВ, В. Е. ИВАНОВ, В. П. ЗАРУБИН**

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

Материал статьи посвящен вопросам создания герметичных соединений гибких трубопроводов и различной соединительной арматуры типа штуцер; предложена конструкция специального устройства, предназначенного для создания проволочных хомутов на гибких трубопроводах различного диаметра; рассмотрена возможность применения разработанного устройства для фиксации пожарного рукава на втулке соединительной головки.

**Ключевые слова:** шланг, рукав, проволока, фиксация, проволочный хомут, обслуживание, ремонт.

## DEVELOPMENT OF A DEVICE DESIGN FOR CREATING A WIRE CLAMP ON A CONNECTING ARMATURE

**P. V. PUCHKOV, V. E. IVANOV, V. P. ZARUBIN**

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: vitaliyivanov@yandex.ru

The material of the article is devoted to the creation of hermetic connections of flexible pipelines and various connecting fittings of the fitting type; the design of a special device designed to create wire clamps on flexible pipelines of various diameters is proposed; the possibility of using the developed device for fixing the fire hose on the sleeve of the connecting head is considered.

**Keywords:** hose, sleeve, wire, fixing, wire clamp, maintenance, repair.

Борьба с пожарами, наносящими материальный ущерб и приносящими угрозу жизни и здоровью людей, является важной и актуальной задачей. На борьбу с ними направляются все возможные силы сотрудников и работников пожарной охраны, а также самые современные средства пожаротушения, пожарные автомобили и оборудование. Эффективность выполнения боевых задач при тушении пожаров зависит не только от профессионализма пожарных, но и от работоспособности и надежности применяемого пожарно-технического вооружения [1, 2].

Из всего многообразия специального пожарного оборудования, чаще всего, на пожарах, используют напорные рукава. Они являются неотъемлемым пожарно-техническим

вооружением и входят в комплектацию всех пожарных автоцистерн. Исправные рукава являются залогом успешного проведения работ по тушению пожара. И поэтому требуют к себе особого внимания в части касающейся обслуживания, хранения и эксплуатации. Рукава требуют проведения своевременных операций по техническому обслуживанию и ремонту. Проведение комплекса работ с рукавами после использования на пожаре, а именно мойка, сушка, талькирование, перекачка на новое ребро, навязка соединительных головок, обеспечивает их долговечную работу и минимизирует преждевременный выход из строя [3–5].

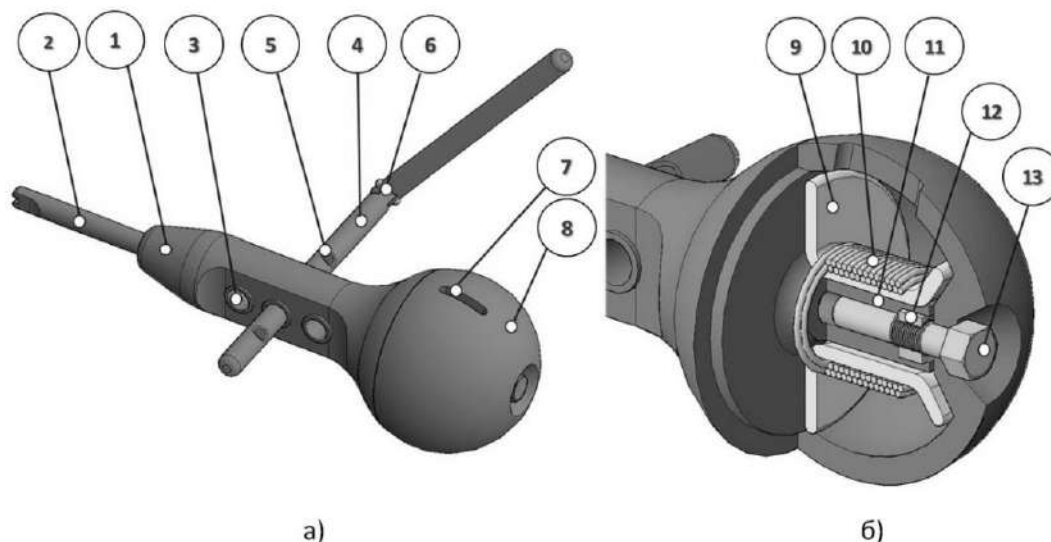
Однако использование рукавов в тяжелых условиях не исключает возможности их повреждения. Острые и раскаленные предметы наносят рукавам различного рода повреждения, нарушая их герметичность и снижая производительность работы. В этих случаях

рукава требуют замены или ремонта. Обслуживание рукавов проводят на специализированных участках, оснащенных необходимым оборудованием и приспособлениями. Для оптимизации эксплуатации и ремонта пожарных рукавов каждая пожарно-спасательная часть должна иметь такой участок. Однако, не все пожарно-спасательные части целесообразно укомплектовывать сложным и дорогостоящим специальным оборудованием для вулканизации проколов на рукавах, перекачки рукавов на новое ребро и навязки рукавов на соединительные головки. Поэтому поиск оборудования меньшей стоимости, но с тем же функционалом является важной задачей.

Рассматривая одну из самых трудоемких ремонтных операций, а именно навязку

рукавов на штуцера соединительных головок можно сделать заключение, что без применения дорогостоящего оборудования не обойтись. Однако есть ряд разработок устройств для навязки рукавов способных частично заменить дорогостоящие станки. К таким приспособлениям можно отнести различные хомутатели. С помощью этих приспособлений можно создать хомут на гибком трубопроводе, не уступающий по надежности навязке, выполненной специальным станком.

В настоящей работе предлагается конструкция ручного устройства, предназначенного для экспресс-ремонта пожарных рукавов в случае ослабления навязки рукава на соединительной головке (рис. 1).

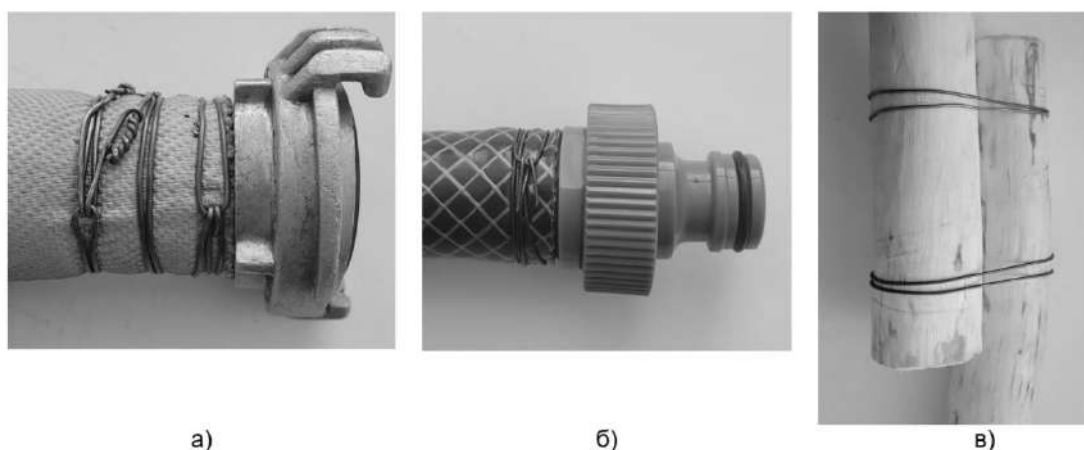


**Рис.1.** Специальное устройство для создания проволочного хомута на соединительной арматуре:  
 1 – корпус; 2 – ригель с фиксатором проволоки; 3 – отверстие для установки воротка; 4 – вороток;  
 5 – отверстие для фиксации вязальной проволоки; 6 – цилиндрический шарнир;  
 7 – отверстие для выпуска проволоки; 8 – сферическая рукоятка; 9 – катушка;  
 10 – проволока вязальная; 11 – ось; 12 – гайка; 13 – винт.  
 а – конструкция специального приспособления в сборе;  
 б – устройство сферической рукояти для хранения вязальной проволоки.

С помощью предложенного устройства возможно оперативное создание проволочного хомута для фиксации пожарных рукавов (рис. 2а) и других различных видов трубопроводов на штуцерах и патрубках при ремонте автомобильного оборудования (рис. 2б). Кроме этого, возможно создавать надежное соединение нескольких деталей, например, при сборке носилок из подручных материалов для переноски пострадавшего (рис. 2в).

Устройство состоит из корпуса (1) с одной стороны которого установлен металлический ригель (2) с прорезью для захвата проволоки (рис. 1а). С другой стороны корпуса расположена рукоятка сферической формы (8). В

рукоятке установлена катушка (9) (рис. 1б) для хранения вязальной проволоки (10). Вязальная проволока извлекается из катушки через щелевидное отверстие (7) в сферической рукоятке. В корпусе устройства предусмотрено три отверстия (3), предназначенные для установки воротка (4) и служащие для создания проволочного хомута определенного диаметра. Вороток представляет из себя конструкцию из двух металлических стержней, соединенных между собой с помощью цилиндрического шарнира (6). В стержне (5) выполнены 2 отверстия диаметром 2 мм, предназначенные для фиксации проволоки при создании проволочного хомута.

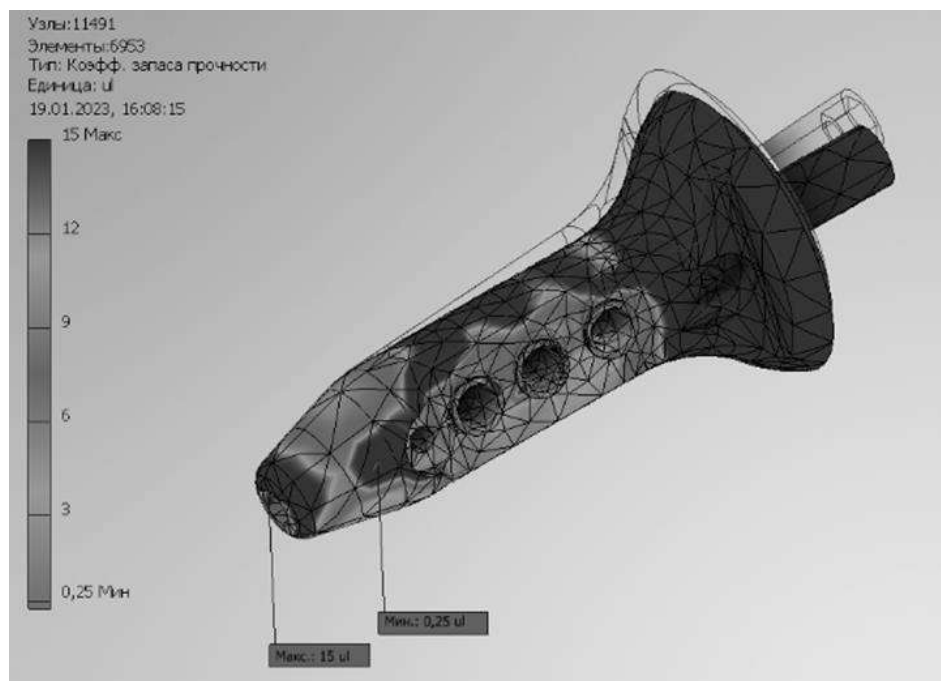


**Рис. 2.** Область применения проволочных хомутов:  
 а – фиксация тела пожарного рукава на втулке соединительной головки;  
 б – закрепление шланга; в – соединение деталей.

В качестве материалов для изготовления устройства могут выступать металлы, пластики или их комбинации. Учитывая сложную геометрическую форму корпуса (1), его предлагается изготовить из пластмассы по технологии 3D печати. Это позволит сократить время и значительно упростить технологию изготовления. Части устройства, испытывающие максимальные нагрузки, а именно ригель (2) и вороток (4) (рис. 1), изготавливаются из стали. Комбинация материалов позволит облегчить конструкцию изделия, сохраняя ее прочност-

ные характеристики. О надежности пластикового корпуса можно судить на основании проведенных расчетов.

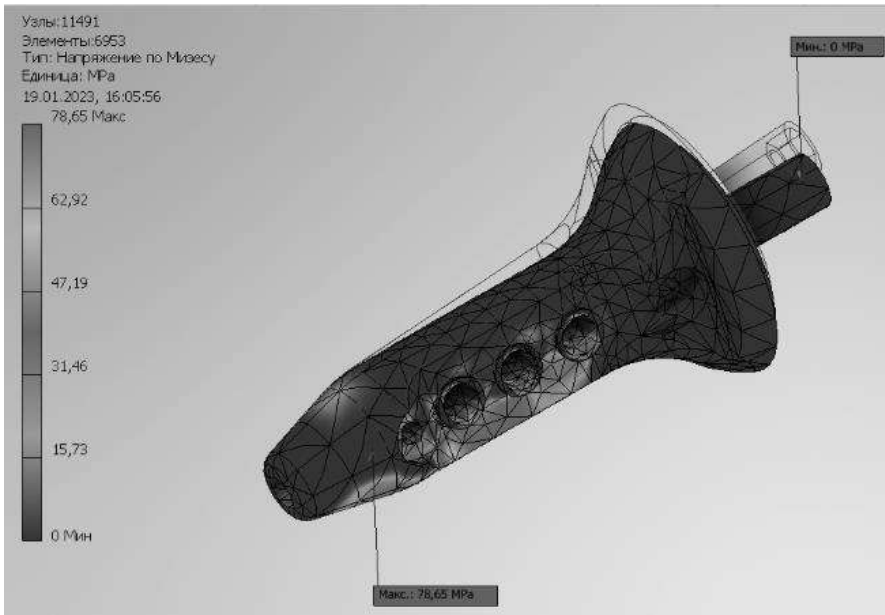
Используя систему автоматизированного проектирования «Autodesk Inventor» с системой прочностного анализа [6–9] проведен расчет корпуса устройства, выполненного из ударопрочного ABS пластика. Пластик обладает высокой механической прочностью и долговечностью, сохраняет механические свойства при температуре до  $-40^{\circ}\text{C}$ , обладает высокой химической стойкостью.



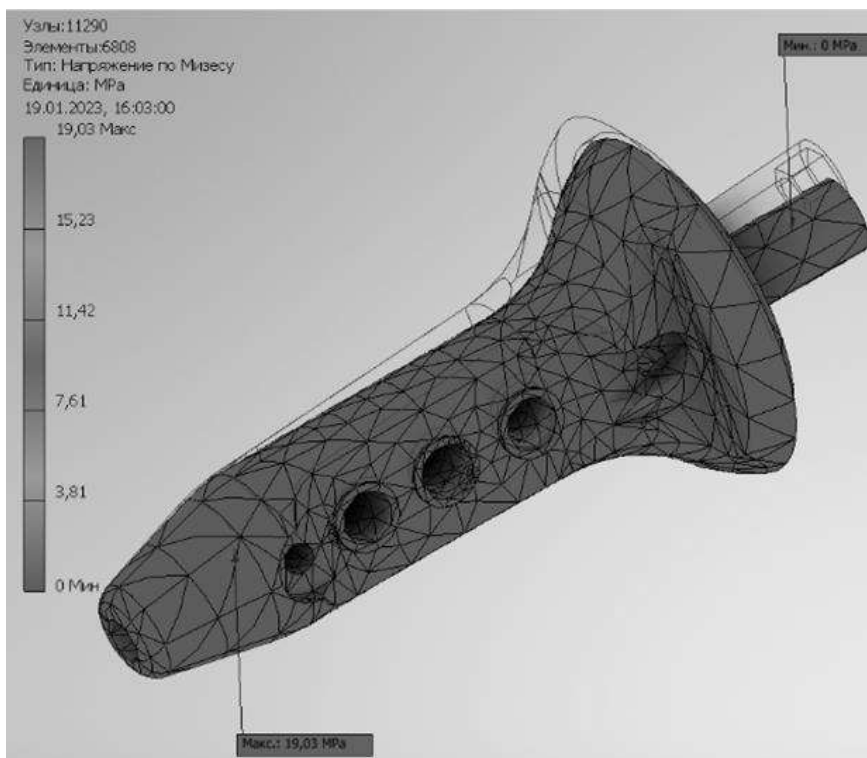
**Рис. 3.** Модель распределения коэффициента запаса прочности на различных участках корпуса специального устройства, выполненного из ABS пластика

Расчет выполнен методом конечных элементов на основании созданной трехмерной модели, разбитой на полигоны (триангуляции). На основании заданного материала и приложенных нагрузок, боковой со значением 500 Н и осевой со значением 1000 Н получена модель распределения коэффициента запаса прочности (рис. 3) и модель распределения опасных напряжений (рис. 4) на различных участках корпуса специального устройства,

выполненного из ABS пластика. На основании результатов расчета можно сделать заключение, что корпус имеет участки, на которых превышено допустимое напряжение для выбранного материала, а коэффициент запаса прочности составляет менее 1. Это указывает на необходимость провести изменения в конструкции и усилить ослабленные участки корпуса.



**Рис. 4.** Модель распределения опасных напряжений, возникающих в корпусе специального устройства



**Рис. 5.** Модель распределения напряжений, возникающих в корпусе специального устройства после его модернизации

Согласно проведенным расчетам модернизации подвергались элементы корпуса, имеющие концентраторы напряжений в местах сопряжения граней, и габаритные размеры некоторых его частей для соблюдения условия прочности ABS пластика при заданных действующих силах. Повторно проведенные расчеты модернизированной модели (рис. 5) показывают, что напряжения, возникающие в корпусе устройства, не превышают допустимый предел прочности для выбранного материала 50 МПа. Это позволяет сделать заключение о том, что изготовленный с помощью 3D печати по проведенным расчетам корпус устройства выдержит прилагаемую к нему нагрузку в процессе работы.

### Список литературы

1. Пучков П. В., Бикмурзин М. Н. Разработка конструкции устройства для обслуживания пожарных рукавов. Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сборник материалов XIV международной научно-практической конференции курсантов (студентов), слушателей и адъюнктов (аспирантов, соискателей) ученых. Т. 1. Минск: УГЗ, 2020. С. 197–198.

2. Пучков П. В., Долотин Г. А. Разработка конструкции станка для навязки пожарных рукавов на соединительные головки. Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново. Часть I. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 472–474.

3. Пучков П. В. Приспособление для быстрой и безопасной скатки пожарных напорных рукавов. «Системы безопасности – 2018»: материалы двадцать седьмой международной научно-технической конференции. М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. С. 180–183.

4. Пучков П. В., Ахметов Д. Ш. Разработка конструкции привода устройства для скатки и перекачки пожарных рукавов Пожарная безопасность и защита в ЧС: сборник материалов XII итоговой научно-практической конференции курсантов, слушателей и студентов, посвященной Году культуры безопасности. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 336–340.

5. Иванов В. Е. Снижение металлоемкости конструкции средствами Autodesk Inventor // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всерос-

Таким образом, конструкция устройства для создания проволочного хомута на гибких трубопроводах, может быть выполнена с использованием сочетания металлических элементов и элементов, выполненных из ABS пластика. Это делает процесс изготовления менее энергозатратным и более технологичным. Устройство, созданное таким образом, будет иметь меньший вес и габариты что положительно отражается на удобстве работы. Компактность, простота в использовании, а также многофункциональность позволяют применять разработанное устройство в полевых условиях для создания надежного соединения гибких трубопроводов с арматурой в виде штуцеров и соединительных головок.

сийской научно-практической конференции. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 427–429.

6. Иванов В. Е., Легкова И. А., Пучков П. В. Применение современного программного продукта для трехмерного моделирования деталей и узлов пожарной техники // Пожарная и аварийная безопасность. 2017. № 2 (5). С. 53–65.

7. Иванов В. Е., Головатенко А. Ю. Современное программное обеспечение для проведения прочностных исследований разрабатываемых конструкций // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 224–227.

8. Иванов В. Е., Пучков П. В. Исследование технического состояния объектов машиностроения на основе компьютерного моделирования на примере разработки зажимов для устранения неисправностей пожарных рукавов // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2021. № 12. С. 543–546.

9. Иванов В. Е., Пучков П. В. Использование современных методов исследования при разработке новых конструкций зажимов для восстановления работоспособности напорных пожарных рукавов и оценка их технического состояния на основе компьютерного моделирования // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2021. № 3. С. 114–118.

### References

1. Puchkov P. V., Bikmurzin M. N. Razrabotka konstrukcii ustrojstva dlya obsluzhivaniya pozharnyh rukavov [Design development of a device for servicing fire hoses]. *Obespechenie be-*

zopasnosti zhiznedeyatel'nosti: problemy i perspektivy: sbornik materialov XIV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii kursantov (studentov), slushatelej i ad»yunktov (aspirantov, soiskatelej) uchenyh. Vol. 1. Minsk: UGZ, 2020, pp. 197–198.

2. Puchkov P. V., Dolotin G. A. Razrabotka konstrukcii stanka dlya navyazki pozharnyh rukavov na soedinitel'nye golovki [Development of a machine design for imposing fire hoses on connecting heads]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu kul'tury bezopasnosti*, vol. 1. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2018, pp. 472–474.

3. Puchkov P. V. Prispособlenie dlya bystroj i bezopasnoj skatki pozharnyh napornyh rukavov [Device for fast and safe rolling of fire pressure hoses]. «*Sistemy bezopasnosti – 2018*»: materialy dvadcat' sed'moj mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2018, pp. 180–183.

4. Puchkov P. V., Akhmetov D. Sh. Razrabotka konstrukcii privoda ustrojstva dlya skatki i perekatki pozharnyh rukavov [Development of a device drive design for rolling and rolling fire hoses]. *Pozharnaya bezopasnost' i zashchita v CHS: sbornik materialov XII itogovoj nauchno-prakticheskoy konferencii kursantov, slushatelej i studentov, posvyashchennoj Godu kul'tury bezopasnosti*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2018, pp. 336–340.

5. Ivanov V. E. Snizhenie metalloemkosti konstrukcii sredstvami Autodesk Inventor [Reducing the metal consumption of the structure by means of Autodesk Inventor]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya

pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 427–429.

6. Ivanov V. E., Legkova I. A., Puchkov P. V. Primenenie sovremennogo programmnogo produkta dlya trekhmernogo modelirovaniya detalej i uzlov pozharnoj tekhniki [Application of a modern software product for three-dimensional modeling of parts and components of fire equipment]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'*, 2017, vol. 2 (5), pp. 53–65.

7. Ivanov V. E., Golovatenko A. Yu. Sovremennoe programnoe obespechenie dlya provedeniya prochnostnyh issledovanij razrabatyvaemykh konstrukcij [Modern software for conducting strength studies of developed structures]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov XII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2021, pp. 224–227.

8. Ivanov V. E., Puchkov P. V. Issledovanie tekhnicheskogo sostoyaniya ob»ektov mashinostroeniya na osnove komp'yuternogo modelirovaniya na primere razrabotki zazhimov dlya ustraneniya neispravnostej pozharnyh rukavov [Investigation of the technical condition of mechanical engineering objects based on computer modeling on the example of the development of clamps for troubleshooting fire hoses]. *Sborka v mashinostroenii, priborostroenii*, 2021, issue 12, pp. 543–546.

9. Ivanov V. E., Puchkov P. V. Ispol'zovanie sovremennykh metodov issledovaniya pri razrabotke novyh konstrukcij zazhimov dlya vosstanovleniya rabotosposobnosti napornyh pozharnyh rukavov i oценка ih tekhnicheskogo sostoyaniya na osnove komp'yuternogo modelirovaniya [The use of modern research methods in the development of new clamp designs for restoring the operability of pressure fire hoses and assessing their technical condition based on computer modeling]. *Sborka v mashinostroenii, priborostroenii*, 2021, issue 3, pp. 114–118.

*Пучков Павел Владимирович*

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

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: palpuch@mail.ru

*Puchkov 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

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: palpuch@mail.ru



*Иванов Виталий Евгеньевич*

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

кандидат технических наук, доцент

E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru

*Ivanov Vitaly Evgenievich*

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru

*Зарубин Василий Павлович*

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

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: docent432@yandex.ru

*Zarubin Vasily Pavlovich*

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: docent432@yandex.ru

УДК 614.715

## ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ ПЫЛЕВЫДЕЛЯЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Е. В. РОМАНЮК<sup>1</sup>, С. П. ВОРОНОВ<sup>2</sup>, А. Г. ВЛАСОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Москва

<sup>2</sup> Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России  
Российская Федерация, г. Москва  
E-mail: scercso@mail.ru

На основе анализа существующих нормативно-технических документов обосновывается необходимость разработки нового документа, позволяющего проводить оценку работоспособности и пожарной безопасности производственных аспирационных систем для производств, связанных с обращением горючей пыли. Предлагается структура документа и методика проведения проверки, позволяющие учесть особенности применяемого оборудования, технических устройств предупреждения возгорания и противопожарной защиты производственной аспирационной системы. Разработан алгоритм оценки обеспечения пожарной безопасности производственной аспирации с учетом особенностей горючей пыли и специфики оборудования.

**Ключевые слова:** горючая пыль, работоспособность, пожарная безопасность, производственная аспирационная система, ГОСТ, аспирация, пылеулавливание, взрывобезопасность, взрывоопасные процессы, системы аспирации, местные отсосы.

## CHECKING THE OPERABILITY AND FIRE SAFETY OF INDUSTRIAL ASPIRATION SYSTEMS OF DUST-PRODUCING INDUSTRIES

E. V. ROMANYUK<sup>1</sup>, S. V. VORONOV<sup>2</sup>, A. G. VLASOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia,  
Russian Federation, Moscow

<sup>2</sup> The Supervisory and Preventive Efforts Department of EMERCOM of Russia,  
Russian Federation, Moscow  
E-mail: scercso@mail.ru

Based on the analysis of existing regulatory and technical documents, the necessity of developing a new document that allows assessing the operability and fire safety of industrial aspiration systems for industries related to the circulation of combustible dust is justified. The structure of the document and the methodology of the inspection are proposed, which allow taking into account the features of the equipment used, technical devices for fire prevention and fire protection of the industrial aspiration system. An algorithm for assessing the fire safety of industrial aspiration has been developed, taking into account the characteristics of combustible dust and the specifics of the equipment.

**Key words:** combustible dust, operability, fire safety, industrial aspiration system, GOST, aspiration, dust collection, explosion safety, explosive processes, aspiration systems, local suction.

Согласно международной статистике пылевые взрывы и пожары происходят регулярно во всех странах мира, что говорит о международном характере проблемы контроля пылевыделения и пылеулавливания на производстве. В Российской Федерации пылевые взрывы и пожары не являются редким явлени-

ем [1, 2]. Так 14 ноября 2021 года произошел взрыв с последующим пожаром на Новолипецком металлургическом комбинате, в результате которого пострадала женщина. Причиной было неисправное оборудование аспирации конвейера углеподготовки. 25 ноября 2021 года произошла крупная техногенная авария на шахте «Листвяжная», принадлежащей компании АО ХК «СДС-Уголь» (Кемеровская область, Россия). В результате происшествия

погиб 51 человек, 106 человек пострадали. Согласно открытым источникам в Интернете причиной аварии стали неработающее вентиляционное оборудование, вследствие чего произошел взрыв и начался пожар. Разные источники утверждают, что первоначально причиной стало накопление взрывоопасной концентрации метана, другие – что причина – возгорание и взрыв угольной пыли. Можно продолжать приводить печальные примеры, подтверждающие тот факт, что проблема имеет общегосударственный масштаб.

Согласно статье 48 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года производственная аспирационная система является одним из способов исключения условий образования горючей среды в производственном помещении, если пыль яв-

ляется горючей, и соответственно является элементом системы предотвращения пожаров, обеспечивающей пожарную безопасность производственного предприятия. Производственная система аспирации или производственная аспирационная система – это комплекс оборудования, осуществляющего улавливание и утилизацию пылегазовых потоков посредством всасывания, очистки и выброс в атмосферу или помещение [3-5].

Производственные системы аспирации – сложные технологические объекты, проверка которых требует узкоспециальных знаний, однако основные принципы их контроля могут и должны быть определены соответствующими нормативными документами, выполнение требований которых позволит повысить безопасность их эксплуатации [3–6].

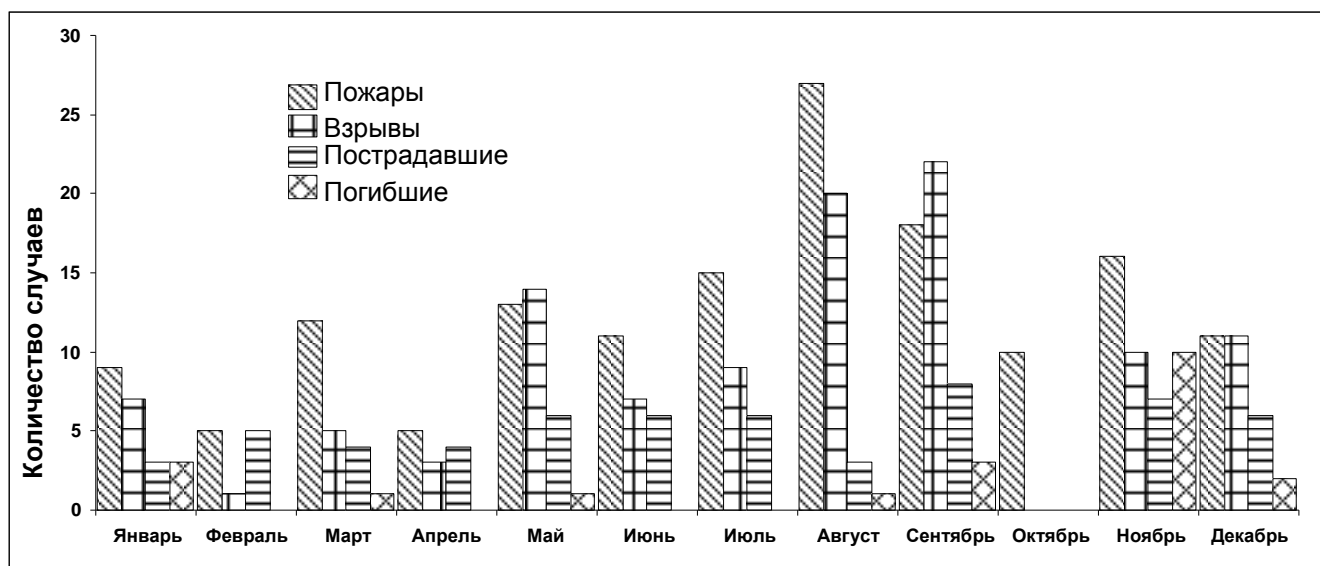


Рис. 1. Статистика пылевых взрывов в мире за 2021 год

Существует ряд документов, позволяющих реализовать данную оценку опосредованно, однако результаты в этом случае не вполне юридически обоснованы. Требования к видам, комплектности и общие требования к эксплуатационным документам ПАС могут быть рассмотрены согласно ГОСТ 2.601–2013 «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы», однако, данный документ носит общий характер, требует детального изучения технических систем и не ориентирован на оценку ключевых моментов при обеспечении пожарной безопасности ПАС. В данном ГОСТ-е указано, что «на основании его (ГОСТ-а) допускается разрабатывать стандарты, устанавливающие виды, комплектность и общие требования к выполнению эксплуата-

ционных документов на изделия конкретных видов техники с учетом их специфики». Таким образом, можно говорить о том, что сам ГОСТ 2.601–2013 создает предпосылки для разработки специального документа, позволяющего реализовать ключевые аспекты пожарной безопасности ПАС и диктующего специальный алгоритм при их контроле, разработке и проектировании. Документ должен способствовать быстрой и точной оценке фактического состояния ПАС специалистами различного инженерного профиля, тем самым обеспечивая экономию ресурсов времени для сбора и анализа информации в области пылеулавливания и обеспечения безопасности данного процесса.

В российской базе нормативных документов, регулирующих и стандартизирующих вопросы производственных аспирационных систем можно с оговоркой выделить ключевые документы, позволяющие определить некоторые аспекты пожарной безопасности производственных систем аспирации (таблица).

Как видно из таблицы, некоторую информацию о проверке работоспособности и

пожарной безопасности данных систем можно получить из представленных документов, однако такая работа требует значительных затрат времени. В первой группе документов можно найти некоторые термины и определения, а также определиться с общим подходом к оценке. Однако данная группа не дает понятия о специфике оценки пожарной безопасности для разных производств.

Таблица. Существующие нормативные документы

№ п/п	Группа документов	Наименование документа	Краткая характеристика
1.	Общие вопросы	ГОСТ 22270-2018 Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. ГОСТ 12.1.041-83 Пожаровзрывоопасность горючих пылей. Общие требования.	Термины, определения, общие подходы
2.	Особая группа	Свод правил 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.	В тексте имеется информация, относящаяся к производственным системам аспирации, однако область определения запрещает их применение, что оговаривается в пункте 1.2 «Настоящий свод правил не распространяется на системы: [...] б) специальных нагревающих, охлаждающих и обеспыливающих установок и устройств для технологического и электротехнического оборудования; аспирации, пневмотранспорта и пылегазоудаления от технологического оборудования и пылесосных установок».
3.	Технические требования к производственным системам аспирации (вентиляции)	«Указания по проектированию аспирационных установок предприятий по хранению и переработке зерна и предприятий хлебопекарной промышленности», утвержденные приказом Минсельхозпрода России от 26.03.98 № 169. Приказ Ростехнадзора от 03.09.2020 № 331 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья». Свод правил 108.13330.2012 СНиП 2.10.05-85. Предприятия, здания и сооружения по хранению и переработке зерна.	Принципы организации и устройства производственных систем аспирации, требования к их эффективному и безопасному функционированию, относящиеся к предприятиям определённого профиля.

№ п/п	Группа документов	Наименование документа	Краткая характеристика
		ПБО-157-90 Правила пожарной безопасности в лесной промышленности. ВНЭ 5-79 Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности.	
4.	Требования к техническим устройствам аспирации	Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Свод правил 486.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности. ГОСТ Р 59374.3-2021. Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 3. Предохранительные клапаны и разрывные мембраны в сочетании. ГОСТ Р 53323-2009. Огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений и прочие.	Содержат требования к различным техническим устройствам, которые используются в комплексе оборудования для защиты производственных аспирационных систем

В особую группу были отнесены документы, в тексте которых присутствует информация о производственных аспирационных системах, но область определения документа четко оговаривается, в связи с чем применение данных документов юридически не обосновано. К таким документам, например, относится Свод правил 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», в котором прописывается область применения, исключая ПАС (цитата – «... не распространяется на системы ... аспирации, пневмотранспорта и пылегазоудаления от технологического оборудования и пылесосных установок»).

Третья группа позволяет детально оценить состояние производственных аспирационных установок, но область применения ограничивает перечень производственных объектов, к которым данные документы могут быть применимы.

Четвертая группа в равной мере может быть отнесена ко всем видам производств, связанных с выделением горючей пыли и не только к пылегазовым потокам, но затрагивает отдельные технические устройства и системы.

С учетом приведенного анализа следует разработать стандарт, позволяющий учесть весь опыт разработки документации в сфере контроля и проверки работы производствен-

ных аспирационных систем, а также принять во внимание и скорректировать недостатки существующих документов. Результатом должен стать документ, содержащий общий алгоритм проверки и способствующий упрощению процедуры и повышению качества проверки функционирования производственных аспирационных систем (ПАС). Областью применения такого стандарта являются производственные аспирационные системы промышленных предприятий, направленные на очистку производственных аспирационных потоков от горючей пыли.

Принимая во внимание существующую терминологию, а также анализируя ее недостатки, можно определить производственную аспирационную систему как комплекс оборудования, представляющий собой подвид вентиляции и предназначенный для удаления пылегазового потока от мест его образования посредством создания давления или разрежения, очистки от пыли и других загрязнений в специальных устройствах и возврата в атмосферу или в производственное помещение [7–9].

Работа ПАС направлена, в первую очередь, на соблюдение норм предельно допустимых выбросов в атмосферу. Основным условием является достижение значения концентрации пыли в потоке после ПАС менее предельно допустимой концентрации в воздухе

рабочей зоны и менее предельно допустимого выброса при выходе потока в атмосферу, что способствует соблюдению норм экологии и охраны труда. С точки зрения обеспечения пожарной безопасности концентрация пыли в воздухе производственного помещения после ПАС должна быть не более 30 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени. Такое условие выполняется с помощью очистных устройств, устанавливаемых в воздухопроводы ПАС. Для улавливания пыли используются пылеуловители различного типа, особенности конструкции и эксплуатация которых диктуют необходимость оговаривать особые аспекты проверки ПАС [9–12, 14].

В качестве пылеуловителя могут быть использованы пылеулавливающие устройства различного принципа действия: сухие (инерционные, центробежные, фильтры, комбинированные), мокрые (скрубберы) и электроосадители [7, 9]. Принципы работы устройств значительно отличаются, и поэтому применение каждого из пылеуловителей с взрывопожароопасным пылегазовым потоком диктует условия обеспечения эффективности и пожарной безопасности. Эти аспекты следует учесть и четко обозначить в документах, регламентирующих пожарную безопасность. Так, напри-

мер, применение электрофильтра для потоков с горючей пылью полностью исключено, так как данный пылеуловитель генерирует потенциальный источник воспламенения. Исключением является применение инертной транспортирующей среды, что крайне редко используется.

На рис. 2 представлена классификация пылеуловителей по принципу действия. Мокрые пылеуловители могут эффективно и безопасно использоваться для горючих пылей. Пылеосадительные камеры, циклоны могут быть использованы при наличии дополнительных технических усовершенствований и средств защиты. Так, применение циклона с дополнительной осаждающей вставкой из негорючих материалов [13] позволит значительно снизить взрывопожарную опасность путем изменения соотношения количества взвеси и аэрогеля в полости пылеуловителя. Подвид сухих пылеуловителей – фильтр – предпочтителен при работе с взрывоопасными потоками, так как осаждает пыль и связывает ее в структуре фильтровального слоя. Использование электрофильтра, как ранее было сказано, недопустимо с взрывопожароопасными потоками, содержащими горючую пыль.

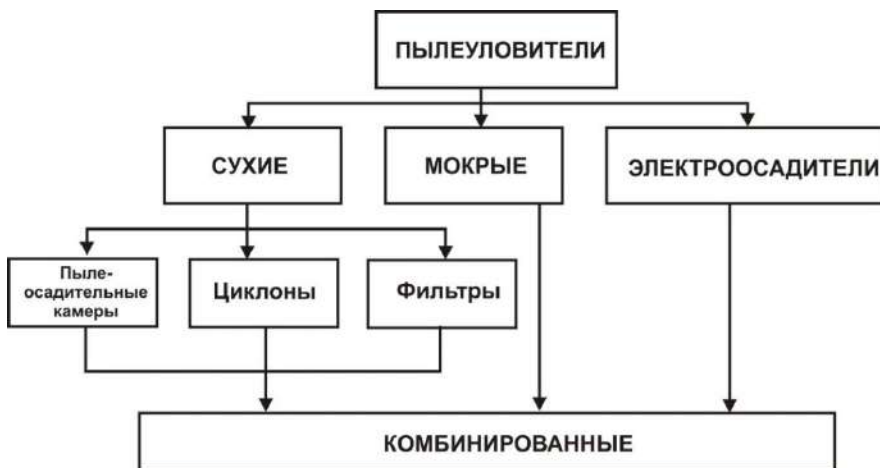


Рис. 2. Классификация пылеуловителей по принципу действия

Возможность применения того или иного устройства пылеулавливания оценивается с учетом горючих свойств пыли и пылегазового потока. Эта оценка может быть реализована с помощью разработанной схемы, представленной на рис. 3 [14]. Основными критериями при отнесении к горючей и взрывоопасной являются химический состав и нижний концентрационный предел распространения пламени [15,16]. При оценке взрывопожароопасных свойств смешанной пыли следует учитывать «стандартные размеры» пыли согласно «Атласу промышленных пылей» [17], разработан-

ному НИИОГАЗ. Данные размеры зависят не только от природы материала, но и специфики технологического производства и конкретной операции. Например, пыль древесная, отходящая от фрезерного станка и от шлифовального станка при обработке древесины, будет отличаться своим дисперсным составом. Поэтому при проектировании инженерных конструкций используется средний медианный диаметр пыли и среднее квадратичное отклонение размера частиц от среднего медианного диаметра пыли. Т.е. при оценке свойств взрывопожароопасных пылей принимается так

называемый стандартный для данного производства и технологической операции средний медианный диаметр частицы пыли, как преобладающий. Разработка НКПРП (нижнего концентрационного предела распространения пламени) предполагает, что указана концентрация стандартной пыли согласно известным сведениям о промышленных пылях, т.е. НКПРП, пыли с конкретным средним медианным диаметром пыли и средним квадратичным отклонением от него.

Понятия «взрывоопасная пыль» и «пожароопасная пыль» разграничиваются также с помощью НКПРП, являющейся индивидуальной характеристикой определенного вещества и подразумевающей присутствие взвешенной пыли характерного (стандартного) диаметра в замкнутом пространстве.

Пыль, концентрация которой в замкнутом пространстве для воспламенения может превысить  $65 \text{ г/м}^3$ , является неустойчивой взрывесью и переходит в состояние взрыве-

ля. В этих условиях первичный взрыв маловзрывоопасен, однако возможно возгорание осевшей пыли того же химического состава. В этом случае термин «пожароопасная пыль» становится более корректным. В обоих случаях для воспламенения пыли необходим источник. Понятия «пожароопасная пыль» и «взрывоопасная пыль», используемые в ПУЭ для выбора степени защиты электрооборудования как возможного источника зажигания, могут быть применимы и для других возможных источников зажигания: теплота самонагрева, теплота трения и искр, статическое и природное электричество, так как в любом случае критерием возможности взрыва или возгорания является НКПРП. Природа источника воспламенения здесь не имеет значения, а значит классификация пыли, применяемая в ПУЭ, может быть использована и для оценки горючих свойств пыли в комбинации с любым источником воспламенения.



Рис. 3. Классификация пыли

Особенностью оценки пожарной опасности функционирования ПАС является анализ потенциальных источников зажигания. Согласно статистике наиболее частым источником зажигания является электрооборудование, поэтому следует уделить внимание электрооборудованию в зоне расположения ПАС и электрооборудованию, обслуживающему саму ПАС. Согласно ГОСТ

31610.10-2-2017 / IEC 60079-10-2:2015 для ПАС и прилегающей к ней территории могут быть определены следующие зоны: зона 20 и зона 21. Согласно СП 423.1325800.2018 «Электроустановки низковольтные зданий и сооружений» в зависимости от характеристики материала происхождения горючей пыли зоны, опасные по воспламенению горючей пыли, делятся на подзоны 20а, 21а, 22а; 20б, 21б, 22б

и 20в, 21в, 22в. Определение уровня взрывозащиты проводится в соответствии с указанными зонами [18].

Соответствие оборудования для новой установки или эксплуатация старого оборудования должны быть проверены согласно ГОСТ IEC 60079-14-2013. Согласно ПУЭ помещения и наружные установки ПАС относятся к зоне класса В-I, а именно зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов). Соответственно для ПАС по РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» тип молниезащиты будет определяться по данной зоне [18].

Все вышеприведенные сведения из нескольких документов должны быть резюмированы и конкретизированы в проекте, что значительно сократит время на оценку и контроль оборудования.

ПАС как отдельная система, направленная на обслуживание технологического процесса очистки воздуха от пыли и других загрязнений, имеет свои специальные технические средства обеспечения и контроля ее эффективности и безопасности, поэтому следует указать возможные технические решения для ее контроля и защиты, а также предложить алгоритмы оценки необходимого минимума, который должен быть использован для ее защиты. Направления, средства и методы ее защиты представлены на схеме рис. 4.

Применяемые технические средства и системы контроля и защиты могут быть разделены на две группы: предотвращение аварийных и пожароопасных ситуаций и противопожарная защита. Перечень и средства предотвращения воспламенения в ПАС указаны в документах третьей и четвертой группы таблицы. Информация по противопожарной защите может быть получена опосредованно после расчета категорий помещений по взрывопожарной и пожарной защите, а также частично в соответствующих сводах правил. К средствам противопожарной защиты относятся такие технические средства как системы и модули пожаротушения, огнепреградители, взрыворазрядители, блокирующие заслонки и т.д.

Контроль ПАС, а также автоматизированные системы управления ПАС должны учитывать особенности оснащения ПАС техническими устройствами пылеулавливания, очистки воздуха и средствами противопожарной защи-

ты. Пылеуловители ПАС комплектуются датчиками уровня пыли бункеров, температуры на входе и выходе, давления и разрежения, входной и выходной запыленности, датчиками возгорания в зависимости от вида. Фильтры-пылеуловители обязательно оснащают датчиками давления. Циклоны и пылесадительные камеры оснащают расходомерами или термоанемометрами. Для электрофильтров реализуют контроль энергопитания осадительных электродов. Скрубберы оснащают датчиками давления. Для комбинированных устройств используют различные приборы с учетом специфики составных частей.

Для любой ПАС обязателен контроль бункера с уловленной пылью, который реализуется с помощью уровнемеров и датчиков температуры. Контроль концентрации горючей пыли после очистки и в производственном помещении реализуется с помощью пылемеров различного принципа действия. Данные о контроле должны содержаться в журналах контроля ПАС.

Подсистема автоматизированного управления ПАС является неотъемлемой частью общезаводской АСУ ТП. В состав АСУ ПАС должны входить подсистемы, отвечающие за работоспособность следующих элементов: пылеуловителей и очистителей воздуха; средств взрывозащиты и пламяпреграждения; системы пожаротушения [19-20].

Анализ существующих нормативных документов в области оценки производственных систем аспирации, а также с учетом существующей литературы в рассматриваемой области, новейших рекомендаций и разработок позволил сформулировать следующую методику проверки работоспособности и пожарной безопасности производственных систем аспирации.

1. Оценка производственного объекта с точки зрения наличия и обращения горючей пыли.

2. Определение взрывопожароопасных свойств пыли с учетом приведенной классификации.

3. Определение наличия производственных аспирационных систем на объекте. При отсутствии имеет место нарушение требования пожарной безопасности согласно Федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07. 2008 г.

4. Оценка состава производственной системы аспирации по техническим паспортам и сопоставление с фактической ситуацией. Отсутствие технических паспортов, а также несоответствие фактической системы паспорту является нарушением требований пожарной



безопасности.

5. Оценка возможности применения пылеулавливающих устройств и тягодутьевых устройств с данным видом пыли. Несоответствие влечет рекомендации по корректировке технического оснащения ПАС.

6. Проверка документации (паспорт, журнал) и визуальная оценка фактического состояния устройств пылеулавливания.

7. Оценка средств предупреждения взрывов и пожаров в ПАС. Проверка документации (паспорт, журнал) и визуальная оценка фактического состояния следующих элементов

ПАС: систем контроля и автоматизации.

8. Проверка соответствия категорий по взрывопожарной и пожарной опасности.

9. Оценка необходимости и наличия средств противопожарной защиты, а также документальная и фактическая проверка их состояния.

10. Вывод о соответствии или несоответствии требованиям пожарной безопасности. Ознакомление с замечаниями и выдача предписаний. Составление отчёта о соответствии ПАС требованиям пожарной безопасности.

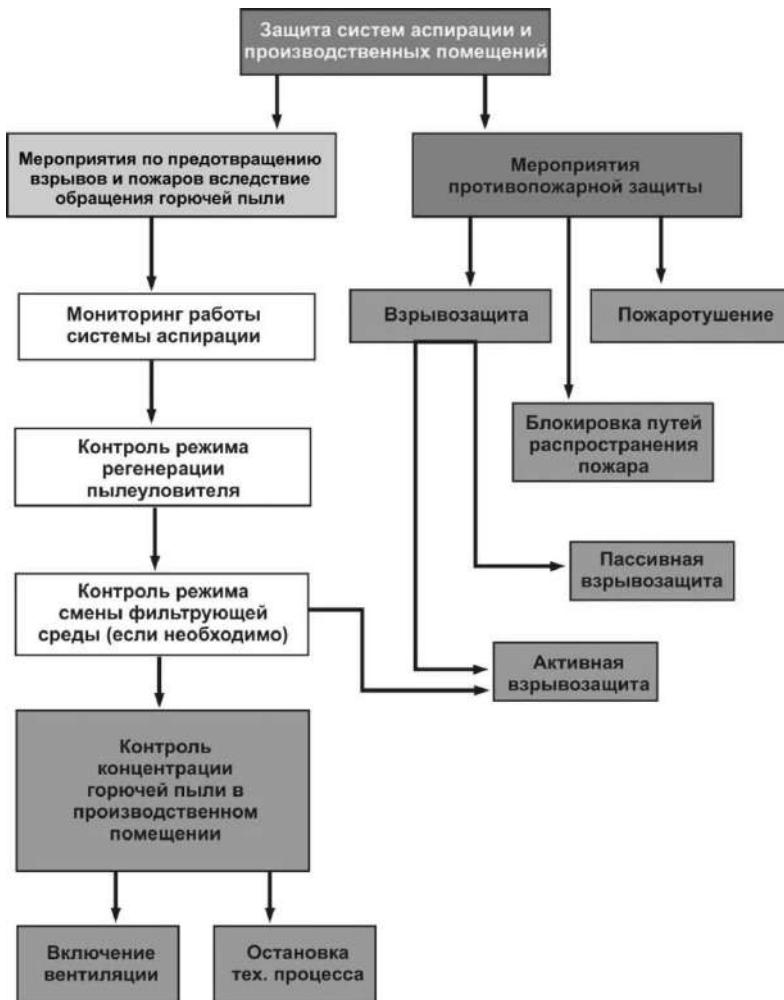


Рис. 4. Система обеспечения пожарной безопасности аспирации и производственного помещения

Таким образом, предлагаемый алгоритм оценки может быть реализован в виде ГОСТ Р «Производственные системы аспирации. Проверка работоспособности и обеспечения пожарной безопасности» и будет ориентирован, прежде всего, на сотрудников надзорных органов МЧС, ограниченных по времени, отводимом на поиск нужной информации и детальное изучение отраслевых документов. Систематизация информации о технических особенностях ПАС и совместимости различных конструктивных решений с горючими пылега-

зовыми потоками, а также возможности реализации новых технических решений в области контроля и безопасности позволяет минимизировать затраты на оценку пожарной безопасности ПАС, а также сделать эту оценку более корректной и обоснованной. Реализация алгоритма должна осуществляться без оформления дополнительных документов и проверочных листов, отчет может носить произвольную форму, так как целью разработки алгоритма и ГОСТа, соответственно, является траектория проведения проверки и методические реко-

мендации для сотрудников МЧС.

### Список литературы

1. Бudyкина Т. А., Ляшенко С. М. Взрывопожарная опасность сахарных заводов // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Задачи, технологии и решения комплексной безопасности: сборник статей по материалам XV Международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2019. С. 217–220.

2. Cox B. L., Hietala D. C., Ogle R. A. Dust explosions and collapsed ductwork // Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2020. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii>.

3. Ладыгичев М. Г., Бергнер Г. Я. Зарубежное и отечественное оборудование для очистки газов: Справочное издание. М.: Тепло-техник, 2004. 696 с.

4. Industrial Ventilation. Design Guidebook. London: Academic Press, 2001. 1520 p.

5. Бошняков Е. Н. Аспирационно-технологические установки предприятий цветной металлургии. М.: Металлургия, 1987. 160 с.

6. Бudyкина Т. А., Кучер В. В. Мероприятия по улучшению условий труда работников асфальтобетонных заводов // Актуальные научные проблемы обеспечения пожарной безопасности и охраны труда: сборник трудов XXX Международной научно-практической конференции, 2020. С. 15–19.

7. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та. 2005. 210 с.

8. Barton J. Dust Explosion Prevention and Protection: A Practical Guide. Elsevier Science, 2002. 300 p.

9. Швыдкий В. С., Ладыгичев М. Г. Очистка газов: справочное издание. М.: Теплоэнергетик, 2002. 640 с.

10. Marmo L., Ferri A., Danzi E. Dust explosion hazard in the textile industry. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2019. Vol. 62. 103935. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950423019303018>

11. Purushothama B. Air pollution control in textile industry, Humidification and Ventilation Management in Textile Industry. Woodhead Publishing India, 2009, pp. 194-205.

12. The Real Dirt on Dust: Scientific Review of Dust Collectors. Washington: Venturedyne Ltd, 2004. 80 p.

13. Романюк Е. В., Каргашилов Д. В., Некрасов А. В. Циклоны высокой эффективности для очистки пылегазовых выбросов //

Безопасность в техносфере. 2014. № 4. С. 51–55.

14. Медведева В. С., Билинкис Л. И. Охрана труда и противопожарная защита в химической промышленности. М.: Химия, 1982. 295 с.

15. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х частях. М.: Асс. «Пожнаука», 2004.

16. Пожарная безопасность. Взрыво-безопасность / А. Н. Баратов, Е. Н. Иванов, А. Я. Корольченко [и др.] М.: Химия, 1987. 272 с.

17. Скрябина Л. Я. Атлас промышленных пылей. Части 1-3. URL: <http://en.bookfi.net/book/1488039>.

18. Моссоулина Л. А. Применение электрооборудования во взрыво- и пожароопасных производствах: учебное пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2015. 86 с.

19. Романюк Е. В. Автоматизированная система управления производственной аспирацией с фильтрами-пылеуловителями // Автоматизация в промышленности. 2021. № 4. С. 21–25.

20. Романюк Е. В., Федоров А. В. Автоматизированная система контроля работы фильтров-пылеуловителей с несвязанной структурой зернистого слоя во взрывобезопасном режиме // Автоматизация в промышленности. 2018. № 8. С. 13–16.

### References

1. Budykina T. A., Lyashenko S. M. Vzryvopozharnaya opasnost' saharnyh zavodov [Explosion and fire hazard of sugar factories]. *Zadachi, tekhnologii i resheniya kompleksnoj bezopasnosti: sbornik statej po materialam XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet, 2019. pp. 217–220.

2. Cox B. L., Hietala D. C., Ogle R. A. Dust explosions and collapsed ductwork // Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2020. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii>.

3. Ladygichev M. G., Bergner G. Ya. Zarubezhnoe i otechestvennoe oborudovanie dlya ochistki gazov [Foreign and domestic equipment for gas purification: Reference edition]. М.: Teplo-tekhnik, 2004. 696 p.

4. Industrial Ventilation. Design Guidebook. London: Academic Press, 2001. 1520 p.

5. Boshnyakov E. N. *Aspiracionno-tekhnologicheskie ustanovki predpriyatij cvetnoj*

*metallurgii* [Aspiration-technological installations of non-ferrous metallurgy enterprises]. M.: Metallurgiya, 1987. 160 p.

6. Budykina T. A., Kucher V. V. Meropriyatiya po uluchsheniyu uslovij truda rabotnikov asfal'tobetonnyh zavodov [Measures to improve the working conditions of workers of asphalt concrete plants]. *Aktual'nye nauchnye problemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i ohrany truda: sbornik trudov HKHX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2020, pp. 15–19.

7. Vetoshkin A. G. *Processy i apparaty pyleochistki* [Processes and devices of dust cleaning]. Penza: Izd-vo Penz. gos. un-ta, 2005. 210 p.

8. Barton J. Dust Explosion Prevention and Protection: A Practical Guide. Elsevier Science, 2002. 300 p.

9. Shvydkiy V. S., Ladygichev M. G. *Ochistka gazov* [Gas purification: reference edition]. M.: Teploenergetik, 2002. 640 p.

10. Marmo L., Ferri A., Danzi E. Dust explosion hazard in the textile industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2019, vol. 62, atc. 103935. URL: <https://www.science-direct.com/science/article/abs/pii/S0950423019303018>.

11. Purushothama B. Air pollution control in textile industry, Humidification and Ventilation Management in Textile Industry. Woodhead Publishing India, 2009. Pp. 194-205.

12. The Real Dirt on Dust: Scientific Review of Dust Collectors. Washington: Venturedyne Ltd, 2004. 80 p.

13. Romanyuk E. V., Kargashilov D. V., Nekrasov A. V. Ciklony vysokoy effektivnosti dlya ochistki pylegazovyh vybrosov [High-efficiency cyclones for cleaning dust and gas emissions]. *Bezopasnost' v tekhnosfere*, 2014, issue 4, pp. 51–55.

14. Medvedeva V. S., Bilinkis L. I. *Ohrana truda i protivopozharnaya zashchita v himicheskoy promyshlennosti* [Labor protection and fire protection in the chemical industry]. M.: Khimiya, 1982. 295 p.

15. Korol'chenko A. Ya., Korol'chenko D. A. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya. Spravochnik: v 2-h chastyakh* [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of extinguishing them. Directory: in 2 parts.] M.: Ass. «Pozhnauka», 2004. 713 p.

16. *Pozharnaya bezopasnost'. Vzryvobezopasnost'* [Fire safety. Explosion safety. Reference ed. / A. N. Baratov, E. N. Ivanov, A. Ya. Korol'chenko [et al.]. M.: Himiya, 1987. 272 p.

17. Skryabina L. Ya. Atlas promyshlennykh pylej. Chasti 1-3. [Atlas of industrial dust. Parts 1-3]. URL: <http://en.bookfi.net/book/1488039>.

18. Mossoulina L. A. *Primenenie elektrooborudovaniya vo vzryvo- i pozharoopasnykh proizvodstvakh: uchebnoye posobie* [The use of electrical equipment in explosive and fire-hazardous industries]. Samara: Samar. gos. tekhn. un-t, 2015. 86 p.

19. Romanyuk E. V. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya proizvodstvennoj aspiraciej s fil'trami-pyleuloviteleyami [Automated control system of industrial aspiration with dust]. *Avtomatizaciya v promyshlennosti*, 2021, issue 4, pp. 21–25.

20. Romanyuk E. V., Fedorov A. V. Avtomatizirovannaya sistema kontrolya raboty fil'trov-pyleulovitelej s nesvyazannoj strukturoj zernistogo sloya vo vzryvobezopasnom rezhime [Automated system for monitoring the operation of dust filters with an unrelated granular layer structure in explosion-proof mod]. *Avtomatizaciya v promyshlennosti*, 2018, issue 8, pp.13–16.

*Романюк Елена Васильевна*  
Академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, Москва  
кандидат технических наук, доцент  
E-mail: scercso@mail.ru

*Romanyuk Elena Vasilyevna*,  
Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia,  
Russian Federation, Moscow  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
E-mail: scercso@mail.ru

*Воронов Сергей Павлович*  
Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России  
Российская Федерация, Москва  
E-mail: scercso@mail.ru  
кандидат технических наук, заместитель директора

*Voronov Sergey Pavlovich*

The Supervisory and Preventive Efforts Department of EMERCOM of Russia  
Russian Federation, Moscow  
Candidate of Technical Sciences, Associate Director  
E-mail: scercso@mail.ru

*Власов Александр Геннадьевич*

Академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, Москва  
кандидат технических наук, доцент  
E-mail: scercso@mail.ru

*Vlasov Alexander Gennadyevich*

Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia  
Russian Federation, Moscow  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
E-mail: scercso@mail.ru

УДК 614.841.41

## **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, О. Г. ЦИРКИНА**

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

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru, element\_37@mail.ru, anikiforoff@list.ru, ogtsirkina@mail.ru

Обеспечение пожарной безопасности людей и объектов защиты является важной задачей. Для ее достижения разрабатываются и утверждаются нормативные документы, исследуются пожароопасные свойства веществ и материалов, разрабатываются новые технологии. Значительное внимание уделяется строительным материалам и конструкциям. При этом обеспечение пожарной безопасности текстильных материалов, имеющих широкий спектр применения, также является актуальным направлением.

В данной статье рассмотрен ряд проблем, связанных с определением и исследованием пожароопасных свойств тканей, волокон и нетканых материалов различного функционального назначения. Отражены проблемы классификации текстильных материалов, отсутствия единых показателей пожарной опасности и методов их исследования, вопросы применения огнезащитных составов. Проведен обзор научных и производственных разработок по теме работы. Показана необходимость проведения углубленного экспериментального исследования, призванного решить существующие проблемы и противоречия.

**Ключевые слова:** текстильные материалы, пожароопасные свойства, огнезащита, интумесцентные составы, специальная защитная одежда.

## **SUBSTANTIATION OF CURRENT 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, O. G. TSIRKINA, A. L. NIKIFOROV**

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: nika.spiridonowa@yandex.ru, element\_37@mail.ru, anikiforoff@list.ru, ogtsirkina@mail.ru

Ensuring the fire safety of people and objects of protection is an important task. To achieve it, regulatory documents are being developed and approved, the fire-hazardous properties of substances and materials are being investigated, new technologies are being developed. Considerable attention is paid to building materials and structures. At the same time, ensuring fire safety of textile materials with a wide range of applications is also an urgent direction.

This article discusses a number of problems related to the definition and study of fire-hazardous properties of fabrics, fibers and nonwovens of various functional purposes. The problems of classification of textile materials, the lack of uniform fire hazard indicators and methods of their research, the use of flame retardants are reflected. A review of scientific and industrial developments on the topic of the work is carried out. The necessity of conducting an in-depth experimental study designed to solve existing problems and contradictions is shown.

**Key words:** textile materials, fire-hazardous properties, fire protection, intumescent compounds, special protective clothing.

В повседневной жизни мы ежедневно сталкиваемся с огромным количеством разнообразных горючих материалов. Текстильные материалы в этом списке занимают лидирующее положение. Текстильные материалы окружают нас и используются нами в быту и производстве. Все они выполняют самые разнообразные функции. Однако высокая пожарная опасность текстильного сырья и изделий, равно как и их устойчивость к воздействию высоких температур предъявляет к ним особые требования и ограничивает возможности их применения. Вопросы снижения пожарной опасности данной продукции остаются актуальной задачей на протяжении многих десятилетий, а в настоящее время стоят как никогда остро, что объясняется появлением новых волокон, композиционных тканых и нетканых материалов [1–6].

Следует отметить, что вопросы выбора эффективных способов огнезащиты текстильных материалов напрямую связаны с вопросами адекватной оценки их пожароопасных свойств. В настоящее время данной проблеме уделяется значительное внимание. Выработке подходов к оценке пожарной опасности текстильных материалов, которая позволяла бы проводить их сравнительный анализ, посвящено достаточно большое количество работ [7–11]. Однако, несмотря на это, до сих пор не существует единого подхода к оценке пожарной опасности данных материалов, равно как и нет четких единых рекомендаций по огнезащитным обработкам текстильных материалов, относящихся к различным группам функционального назначения и использования. Данный факт объясняется рядом причин, основными из которых являются:

- широкий ассортимент номенклатуры текстильных материалов, отличающихся по своей структуре (волокна, пряжа, ткани, нетканые материалы);
- разделение материалов на синтетические, искусственные и природные, что определяет их механические и физико-химические свойства;
- функциональное назначение и области использования сырья и готовых изделий;
- выбор способов снижения пожарной опасности.

Для того, чтобы выработать общие подходы к проведению сравнительной оценки пожарной опасности текстильных материалов, различающихся по своей химической природе, пространственной структуре и функциональному назначению, необходимо тщательно проработать каждый из выделенных выше пунктов. Если рассматривать весь ассортимент текстильных материалов и изделий, то стано-

вятся понятны объем исследований и затраты времени на проведение такого исследования. Проблему не удастся решить быстро, процесс исследования, обработки и систематизации данных займет длительное время и будет продолжаться по мере появления новых материалов. Первоначально должен быть определен круг показателей, характеризующих пожарную опасность того или иного материала, при этом должно учитываться и то, где и как будет использоваться каждый конкретный материал. Мы должны оценивать опасность, определяемую как видом и составом материала, так и фактическим состоянием материала на момент воспламенения. Для примера, совершенно по-разному будет протекать процесс горения куска ткани и ткани в рулоне.

В связи с перечисленными проблемами наиболее важным представляется выбор подходов к оценке тех пожароопасных свойств текстильных материалов, которые должны наиболее полно отражать общие показатели пожарной опасности. В основу классификации групп текстильных материалов, на наш взгляд, должна быть положена классификация по химической природе волокнообразующего полимера, что соответствует классическим подходам к оценке физико-химических и механических свойств всех текстильных материалов, сырья и изделий из них.

Таким образом, все текстильные материалы по природе использованных волокнообразующих полимеров могут быть разбиты на четыре большие группы:

- природные;
- искусственные;
- синтетические;
- смесовые.

В свою очередь внутри каждой группы должно прослеживаться деление материалов на такие подгруппы, как:

- волокна;
- пряжа;
- ткани;
- нетканые материалы.

Исходя из этого, должна быть произведена оценка показателей пожарной опасности исследуемых материалов и рекомендован способ снижения пожарной опасности каждого конкретного текстильного материала, учитывающий специфические условия его дальнейшей эксплуатации. Текстильные материалы, прошедшие огнезащитную обработку, также должны быть протестированы с использованием методик, позволяющих определить их пожароопасные свойства, а также изменение физико-химических и механических свойств.

Следует отметить, что наибольший интерес представляет группа целлюлозосодержащих текстильных материалов, так как данные ткани и волокна обладают уникальными свойствами – воспроизводимостью сырьевых ресурсов, возможностью переработки отходов производства и утилизации отработанных материалов, экологичностью и высокими санитарно-гигиеническими, физико-химическими, механическими и термическими показателями.

Хотелось также обратить особое внимание на актуальность еще одной проблемы, обусловленной правильностью выбора огнезащиты текстильного материала с учетом области его дальнейшего использования и соблюдения предъявляемых к нему требований. В настоящее время выпускается достаточно большое количество тканей с огнезащитной обработкой, однако дальнейшее использование этих материалов не всегда оправдано с точки зрения науки и логики и, в первую очередь, это касается тканей для изготовления защитной и специальной одежды.

Поэтому одной из задач должна стать задача строгого категорирования текстильных материалов, прошедших огнезащитную обработку в соответствии с их функциональным назначением.

Огнезащита текстильных материалов может осуществляться как в процессе формирования синтетических волокон (полиэтилентерефталат, полиакрилонитрил, полиамид и др.), когда огнезащитная добавка вводится в расплав полимера, так и на стадии отделки готовых тканях. Именно второй метод является наиболее привлекательным, так как для огромной группы тканей из природных волокон представляется единственно приемлемым<sup>1</sup> [12, 13].

В настоящее время используются два основных способа придания огнезащитных свойств целлюлозным тканым и нетканым материалам.

Первый способ заключается в пропитке материала раствором антипирена, в качестве которого чаще всего используют неорганические соли. Сущность метода заключается в заполнении пор волокнообразующего материала негорючим веществом, препятствующим контакту кислорода воздуха с горючей средой. В данном случае изменений химической структуры целлюлозы не происходит. С теплофизической точки зрения такая обработка приводит к увеличению теплопроводности материала, т.е. его прогрев будет протекать более эффек-

тивно, нежели необработанного. Таким образом, при внешнем тепловом воздействии будет происходить термодеструкция целлюлозы, так как данный способ не позволяет повысить термическую устойчивость ткани, но пламенное горение будет отсутствовать [14]. Данный факт следует учитывать при выборе функционального назначения такого текстильного материала.

Второй способ предполагает модификацию молекулы целлюлозы. При этом целлюлоза, химически взаимодействуя с рядом веществ, образует негорючее соединение. Наибольшее распространение для такой огнезащитной обработки получили препараты Пробан и Пироватек (Pyrovatex фирмы Huntsman)<sup>2</sup>.

Целлюлоза образует с компонентами данных препаратов прочные ковалентные связи, что позволяет получать уникальные негорючие хлопчатобумажные и льняные ткани. Компания «Чайковский текстиль» предлагает инновационную огнезащитную технологию FRall для отделки целлюлозосодержащих тканей, которые могут быть использованы для изготовления спецодежды (рисунок)<sup>2</sup>.

Рассматривая вопросы огнезащиты текстильных материалов, нельзя оставить без внимания аспект, касающийся методов исследования, позволяющих оценить термические свойства готовых тканей.

Исследователи в своих работах использовали термогравиметрический анализ тканей, прошедших огнезащитную пропитку [15]. Наличие огнезащитного препарата (как правило, неорганических солей) изменяет количество зольного остатка. Совершенно иная картина имеет место быть при использовании методов огнезащиты, основанных на химической модификации молекулы целлюлозы. На это было указано в докладе профессора МГТУ им. А. Н. Косыгина Н. С. Зубковой на 2-й международной конференции «Полимерные материалы XXI века», проходившей в рамках 14-й международной выставки «Химия-2007»<sup>3</sup>. Докладчик обращает внимание на высокую скорость разложения целлюлозосодержащих тканей в температурном интервале 300–350°C, обработанных составами Пробан и Пироватек, в связи с чем предлагает использовать

<sup>1</sup> Способы и средства огнезащиты текстильных материалов. Руководство МЧС России. Введ. 2004-01-21. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004. 48 с.

<sup>2</sup> Чайковский текстиль: официальный сайт [электронный ресурс]. URL: <https://textile.ru/index> (дата обращения 01.04.2023).

<sup>3</sup> Выступление проф. Н. С. Зубковой, МГТУ им. А. Н. Косыгина, на 2-й международной конференции «Полимерные материалы XXI века», проходившей в рамках 14-й международной выставки «Химия-2007» [электронный ресурс]. URL: [https://www.newchemistry.ru/printletter.php?n\\_id=854](https://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=854) (дата обращения 15.04.2023).

такие ткани для изготовления специальной защитной одежды сварщиков или рабочих других пожароопасных профессий. Также в докладе было отмечена важная роль использования современных методов экспресс-анализа для реализации быстрого выбора текстильного материала, прошедшего огнезащитную обработку, с целью определения области их использования. С одной стороны, данное предложение

имеет глубокий научный смысл и должно найти практическую реализацию. Однако, с нашей точки зрения, здесь должны быть учтены некоторые нюансы, касающиеся самого важного требования, предъявляемого к специальной защитной одежде, – способности защищать эксплуатанта от того или иного негативного воздействия.

### Сравнительный анализ существующих огнестойких технологий




Технология	Технология нанесения огнезащитной отделки путем реакции «сшивки» (проникновения внутрь)	Технология нанесения огнезащитной отделки поверхностным способом	Технология FRall
			
уровень огнезащитных свойств	таж высокий Увеличивается после стирок	высокий	высокий
прочность и износостойкость	средняя	высокая	высокая
сырьевой состав ткани	100 хлопок	100 хлопок и смесовые ткани	100 хлопок и смесовые ткани
экологичность	низкое содержание формальдегида	среднее содержание формальдегида	низкое содержание формальдегида

Рисунок. Преимущества технологии FRall компании «Чайковский текстиль»

Остановимся подробнее на одежде сварщика. Обычно она изготавливается из льняного брезента либо плотных хлопчатобумажных тканей. В данном случае негативным фактором выступают искры, обладающие достаточно низкой зажигательной способностью. Ткани, обработанные пропиточными и модифицирующими огнезащитными составами, в данном случае отлично справляются со своей задачей – защищают ткань от возгорания, а работника от получения ожоговых травм. Однако при выполнении сварочных работ кроме искр образуются капли и брызги расплавленного металла. В данном случае возгорания прошедших огнезащитную обработку тканей также не произойдет, но целостность структуры ткани будет нарушена более мощным источником нагрева. Расплавленная капля металла, попав на ткань, приведет к термодеструкции целлюлозы и станет источником ожогового травматизма. Вопрос можно решить, используя защитные подкладки или подложки. Использование защитных подложек не всегда удобно, так как возникает необходимость огнезащиты самой подложки, а для горячих цехов использование такого средства со-

здаст некомфортные условия для рабочего.

Таким образом, возникает необходимость разработки новой концепции огнезащиты текстильных материалов для изготовления защитной одежды для работников «горячих» производств – они не только не должны гореть, но и защищать человека от ожогового травматизма, а в ряде случаев и от избыточных тепловых потоков.

Рассматривая различные альтернативные подходы к огнезащите горючих материалов в целом, мы обратили внимание на использование для этой цели интумесцентных (вспучивающихся) составов. Следует заметить, что вспучивающиеся составы обычно используют для защиты металлических и железобетонных строительных конструкций. Их основное назначение – сдерживание теплового потока. Сущность метода заключается в том, что на поверхность изделия наносится слой специальной краски или лака, в состав которых входят два основных компонента – пленкообразователь и вещество, разлагающееся при нагреве с выделением большого количества газообразных продуктов. При воздействии высокой температуры пленкообразующее веще-



ство размягчается и становится эластичным. Одновременно начинает разлагаться и второй компонент, при этом образующиеся газы вспучивают размягченную пленку, образуя пузырь, заполненный негорючим газом. Под действием нарастающего теплового потока оболочка пузыря сгорает, образуя карбонизованный твердый остаток, что, в конечном счете, эффективно сдерживает тепловой поток [16-17].

Данный метод может быть реализован и при обеспечении огнезащиты текстильных материалов. Известен ряд работ, выполненных в данном направлении [18-19]. Эти работы следует рассматривать как сугубо экспериментальные, призванные показать, что данный способ пригоден для огнезащиты текстиля. В наших ранних публикациях [20] также рассматривались вопросы, связанные с разработкой интумесцентных составов для обеспечения огнезащиты тканей.

В соответствии с анализом литературных данных и имеющегося собственного практического опыта при создании полноценных эффективных интумесцентных составов для текстильных материалов, пригодных для реализации в промышленных масштабах, необходимо проведение углубленного экспериментального исследования, призванного решить следующие задачи:

- установить оптимальные соотношения между рабочими температурными характеристиками защищаемой ткани (температура начала деструкции волокнообразующего полимера), температурами плавления и деструкции пленкообразующего полимера, температурой разложения вспучивающего агента;
- произвести подбор необходимых компонентов интумесцентного состава;
- разработать способ нанесения за-

щитного состава на текстильный материал;

- добиться получения прочных интумесцентных покрытий с высокими показателями адгезии к защищаемым поверхностям;
- обеспечить неоднократное «срабатывание» защитного состава при нанесении многократного термического повреждения в одной и той же точке локализации;
- рассмотреть вопросы, связанные с возможностью восстановления поврежденных участков интумесцентного покрытия;
- выработать практические рекомендации по использованию текстильных материалов, имеющих различные интумесцентные покрытия.

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

- классификация текстильных материалов по показателям пожарной опасности является сложной актуальной задачей, требующей выработки требований к выбору универсальных методов оценки пожароопасных свойств;
- практическое использование текстильных материалов, прошедших огнезащитную обработку, должно находиться в соответствии с их функциональным назначением;
- текстильные материалы, предназначенные для изготовления специальной одежды, должны быть не только негорючими, но и обеспечивать надежную защиту работников от ожогового травматизма и опасных тепловых воздействий;
- перспективным направлением снижения пожарной опасности тканых материалов является использование интумесцентных составов.

### Список литературы

1. Патент 2526551 Российская Федерация МПК D 06 M 13/422. Огнестойкий текстиль / Кливер Джеймс Д., Грир Джеймс Трэвис, Старкен Кэндес В. [и др.]; опубл.: 27.08.2014, Бюл. № 24.
2. Патент 2523330 Российская Федерация МПК C 09 K 21/14. Огнестойкий декоративно-отделочный материал и способ его получения: / Д. В. Лабок, Л. В. Вершинин, Т. Б. Сорокина [и др.]; опубл.: 20.07.2014, Бюл. № 9.
3. Патент 2454907 Российская Федерация МПК A 41 D 19/015. Материалы, защищающие от ожогов / Пансе Даттатрея; опубл.: 10.07.2012, Бюл. № 19.
4. Фазуллина Р. Н. Разработка огнестойких текстильных материалов, модифицированных низкотемпературной плазмой пониженного давления и вспучивающимся антипи-

реном: автореферат ... дис. канд. техн. наук: 05.19.01. Казань, 2015. 16 с.

5. Сабирзянова Р. Н., Красина И. В. Современные тенденции в производстве огнестойких текстильных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 5. С. 75–79.

6. Назаров Ю. В., Попова В. В. Инновационный текстиль. Основные виды и области применения // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10 (52). Ч. 2. С. 172–174.

7. Новые подходы к оценке пожароопасных свойств текстильных материалов / А. Л. Никифоров, О. Г. Циркина, С. Н. Ульева [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность. 2019. № 4 (15). С. 11–18 [Электронный ресурс]. URL: <http://pab.edufire37.ru/> (дата обращения 20.02.2020).

8. Комплексная оценка пожарной опасности текстильных и кожевенных материалов: рекомендации / Н. В. Смирнов [и др.]. М.: ВНИИПО, 2014. 28 с.

9. Исследование воспламеняемости текстильных материалов / В.И. Бесшапошникова, М.В. Загоруйко, Т.В. Александрова [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 5 (347). С. 11–13.

10. Методы испытания воспламеняемости материалов / Р. Ш. Еналеев, И. В. Красина, В. С. Гасилов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. Вып. 13. С. 73–78.

11. Микрюкова О. Н. Разработка и исследование свойств огнезащитных текстильных материалов и пакетов спецодежды: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01. М., 2018. 176 с.

12. Собурь С. В. Огнезащита материалов и конструкций: учебно-справочное пособие. 7-е изд., с изм. М.: ПожКнига, 2019. 208 с.

13. Патент 2110631 Российская Федерация МПК D 06 M 11/155. Способ придания огнезащитных свойств текстильному сырью / Ю. С. Цагараева; опубл. 10.05.1998.

14. Константинова Н. И. Огнезащита текстильных материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.03. М., 2004.

15. Оценка термостойкости текстильных материалов боевой одежды пожарного методом синхронного термического анализа / О. В. Беззапонная, И. В. Бизин, Е. В. Головина [и др.] // Техносферная безопасность. 2021. № 4 (33). С. 101–112.

16. Еремина Т. Ю., Гравит М. В., Дмитриева Ю. Н. Особенности и принципы построения рецептур огнезащитных вспучивающихся композиций на основе эпоксидных смол // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 7 (том 21). С. 52–56.

17. Халтуринский Н. А., Крупкин В. Г. О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 10. С. 33–36.

18. Исследование теплопроводности текстильных материалов, пропитанных вспучивающимся антипиреном, методом дифференциально-термического анализа / Р. Н. Фазуллина, И. В. Красина, С. В. Ильюшина [и др.] // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 7. С. 86–88.

19. Сабирзянова Р. Н., Красина И. В. Новые методы придания огнестойкости текстильным материалам // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SmarTex-2014): сборник материалов XVII международного научно-практического семинара. Иваново: Тек-

стильный институт ИВГПУ, 2014. С. 51–54.

20. Оценка влияния вспучивающихся огнезащитных составов на показатели пожарной опасности текстильных материалов / В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина, С. А. Шабунин [и др.] // Повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, посвященного 110-летию А. Н. Плановского (ISTS «EESTE-2021»). Т. 2. М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021. С. 217–221.

## References

1. Kliver Dzhejms D., Grir Dzhejms Trevis, Starcken Kendes V. [et al.]. Ognestojkij tekstil' [Fire-resistant textiles], Patent 2526551 Rossiyskaya Federatsiya IPC D 06 M 13/422, opubl. 27.08.2014, Byul. № 24.

2. Labok D. V., Vershinin L. V., Sorokina T. B. [et al.]. Ognestojkij dekorativno-otdelochnyj material i sposob ego polucheniya [Fire-resistant decorative and finishing material and method of its production], Patent 2523330, Rossiyskaya Federatsiya IPC C 09 K 21/14, opubl. 20.07.2014, Byul. № 9.

3. Panse Dattatreya Materialy, zashchishchayushchie ot ozhogov [Materials that protect against burns], Patent 2454907 Rossiyskaya Federatsiya IPC A 41 D 19/015, opubl. 10.07.2012, Byul. № 19.

4. Fazullina R. N. Razrabotka ognestojkih tekstil'nyh materialov, modifitsirovannyh nizkotemperaturnoj plazmoj ponizhennogo davleniya i vspuchivayushchimsya antipirenom. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk [Development of fire-resistant textile materials modified with low-temperature low-pressure plasma and swelling flame retardant. Abstract cand. tech. sci. diss.]. Kazan', 2015, 16 p.

5. Sabirzyanova R. N., Krasina I. V. Sovremennye tendencii v proizvodstve ognestojkih tekstil'nyh materialov [Current trends in the production of fire-resistant textile materials]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2013, issue 5, pp. 75-79.

6. Nazarov Yu. V., Popova V. V. Innovatsionnyj tekstil'. Osnovnye vidy i oblasti primeneniya [Innovative textiles. Main types and areas of application]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2016, vol. 10 (52), issue 2, pp. 172–174.

7. Novye podhody k ocenke pozharoopasnyh svoystv tekstil'nyh materialov [New approaches to assessing the fire-hazardous properties of textile materials] / A. L. Nikiforov,

O. G. Tsirkina, S. N. Ulieva [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'*, 2019, vol. 4 (15), pp. 11–18. URL: <http://pab.edufire37.ru/> (in Russ.).

8. *Kompleksnaya ocenka pozharnoj opasnosti tekstil'nyh i kozhevnyh materialov: rekomendacii* [Comprehensive fire hazard assessment of textile and leather materials: recommendations] / N. V. Smirnov [et al.]. Moscow: VNIPO, 2014. 28 p.

9. Issledovanie vosplamyaemosti tekstil'nyh materialov [Investigation of the flammability of textile materials] / V. I. Besshaposhnikova M. V. Zagoruyko, T. V. Aleksandrova [et al.]. *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*, 2013, vol. 5 (347), pp. 11–13.

10. Metody ispytaniya vosplamyaemosti materialov [Methods of testing the flammability of materials] / R. Sh. Enaleev, I. V. Krasina, V. S. Gasilov [et al.]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2013, vol. 16, issue 13, pp. 73–78.

11. Mikryukova O. N. Razrabotka i issledovanie svojstv ogneshchitnyh tekstil'nyh materialov i paketov specodezhdy. Diss. kand. tekhn. nauk [Development and research of properties of flame-retardant textile materials and workwear packages. Cand. tech. sci. diss.]. M., FGBOU VO «RGU im. A. N. Kosygina», 2018. 176 p.

12. Sobur' S. V. *Ogneshchita materialov i konstrukcij: uchebno-spravochnoe posobie. 7-e izd., s izm* [Fire protection of materials and structures: educational and reference manual. 7th ed., with ed.]. Moscow: PozhKniga, 2019, 208 p.

13. Sposob pridaniya ogneshchitnyh svojstv tekstil'nomu syr'yu [Method of imparting flame-retardant properties to textile raw materials], Patent 2110631C1 Ros. Federaciya / Cagaraeva YU.S., zayavl. 28.12.1995, opubl. 10.05.1998, 4 p.

14. Konstantinova N.I. Ogneshchita tekstil'nyh materialov [Fire protection of textile materials. Dr. tech. sci. diss.] : dis. ... d-ra tekhn. nauk : 05.26.03 / Konstantinova Nataliya Ivanovna. Moscow, 2004, 277 p.

15. Ocenka termostojkosti tekstil'nyh materialov boevoj odezhdy pozharного metodom sinhronnogo termicheskogo analiza [Assessment of heat resistance of textile materials of firefighter's combat clothing by synchronous thermal analysis] / O. V. Bezzaponnaya, I. V. Bizin,

E. V. Golovina [et al.]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2021, vol. 4 (33), pp. 101–112.

16. Eremina T. Yu., Gravit M. V., Dmitrieva Yu. N. Osobennosti i principy postroeniya receptur ogneshchitnyh vspuchivayushchih kompozicij na osnove epoksidnyh smol [Features and principles of construction of formulations of flame retardant swelling compositions based on epoxy resins]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2012, vol. 21, issue 7, pp. 52–56.

17. Halturinskij N. A., Krupkin V. G. O mekhanizme obrazovaniya ogneshchitnyh vspuchivayushchih pokrytij [About the mechanism of formation of flame-retardant swelling coatings]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2011, vol. 20, issue 10, pp. 33–36.

18. Issledovanie teploprovodnosti tekstil'nyh materialov, propitannyh vspuchivayushchimi antipirenom, metodom differencial'no-termicheskogo analiza [Investigation of thermal conductivity of textile materials impregnated with a swelling flame retardant by differential thermal analysis] / R. N. Fazullina, I. V. Krasina, S. V. Il'yushina [et al.]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2016, vol. 19, issue 7, pp. 86–88.

19. Sabirzyanova R. N., Krasina I. V. Nove metody pridaniya ognestojkosti tekstil'nym materialam [New methods of fire resistance of textile materials]. *Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SmarTex-2014): sbornik materialov HVII mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminar. Ivanovo, Tekstil'nyj institut IVGPU, 2014, pp. 51–54.*

20. Ocenka vliyaniya vspuchivayushchih ogneshchitnyh sostavov na pokazateli pozharnoj opasnosti tekstil'nyh materialov [Assessment of the effect of bulging flame retardants on the fire hazard indicators of textile materials] / V. G. Spiridonova, O. G. Tsirkina, S. A. Shabunin [et al.]. *Povyshenie energoresursoeffektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti processov i apparatov himicheskoy i smezhnyh otraslej promyshlennosti: sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo simpoziuma, posvyashchennogo 110-letiyu A. N. Planovskogo (ISTS «EESTE-2021»)*, vol. 2, Moscow, FGBOU VO «RGU im. A. N. Kosygina», 2021, pp. 217–221.

Спиридонова Вероника Гербертовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: nika.spiridonova@yandex.ru

*Spiridonova Veronika Gerbertovna*

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

Russian Federation, Ivanovo

lecturer

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru

*Сорокин Дмитрий Вячеславович*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: element\_37@mail.ru

*Sorokin Dmitrij Vyacheslavovich*

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences

E-mail: element\_37@mail.ru

*Никифоров Александр Леонидович*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, старший научный сотрудник

E-mail: anikiforoff@list.ru

*Nikiforov Aleksandr Leonidovich*

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

Russian Federation, Ivanovo

doctor of technical sciences, senior researcher

E-mail: anikiforoff@list.ru

*Циркина Ольга Германовна*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, 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, associate professor

E-mail: ogtsirkina@mail.ru

УДК 614.841.41

## ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИДАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ

С. А. СЫРБУ<sup>1</sup>, О. Г. ЦИРКИНА<sup>1</sup>, А. Х. САЛИХОВА<sup>1</sup>, В. Г. СПИРИДОНОВА<sup>1</sup>,  
Т. В. ФРОЛОВА<sup>1</sup>, Н. Н. КУЗЬМИНА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново

<sup>2</sup> МИРЭА-Российский технологический университет  
Российская Федерация, г. Москва

E-mail: syrbye@yandex.ru, ogtsirkina@mail.ru, salina\_77@mail.ru, nika.spiridonowa@yandex.ru, frolovatanja@mail.ru, nina.kuzmina.1992@mail.ru

Ткани и изделия технического и специального назначения должны обладать высокими прочностными характеристиками, устойчивостью к воздействию внешней среды, требуемыми гигиеническими качествами, а также низкой пожарной опасностью. Одним из наиболее перспективных путей получения огнезащитных текстильных материалов является нанесение на них поверхностным способом полимерных композиционных материалов, содержащих антипирены. В работе представлены результаты исследования возможности повышения устойчивости текстильных материалов с полимерным покрытием на основе поливинилхлорида (ПВХ) к огневому воздействию за счет введения в состав ПВХ-пленки наполнителей неорганической природы. Показано, что введение добавок, в частности, шунгита и смеси двуокиси титана с шунгитом, в состав ПВХ-композиций, наносимых на ткань, увеличивает сопротивляемость полотна открытому пламени в первом случае и способствует сдерживанию теплового потока во втором. Отмечено, что вводимые наполнители катализируют разложение ПВХ-пленки, покрывающей материал, при этом процесс сопровождается выделением хлористого водорода в смеси с атомарным хлором, что является нежелательным. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования в области поиска и создания эффективных и экологически безопасных огнезащитных композиций.

**Ключевые слова:** огнезащита текстиля, антипирен, полимерное покрытие, поливинилхлоридная пленка, термическое разложение.

## PROBLEMATIC ISSUES OF GIVING TEXTILE MATERIALS SPECIAL PROTECTIVE PROPERTIES

S. A. SYRBU<sup>1</sup>, O. G. TSIRKINA<sup>1</sup>, A. H. SALIKHOVA<sup>1</sup>, V.G. SPIRIDONOVA<sup>1</sup>,  
T. V. FROLOVA<sup>1</sup>, N. N. KUZMINA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> MIREA – Russian Technological University  
Russian Federation, Moscow

E-mail: syrbye@yandex.ru, ogtsirkina@mail.ru, salina\_77@mail.ru, nika.spiridonowa@yandex.ru, frolovatanja@mail.ru, nina.kuzmina.1992@mail.ru

Fabrics and products of technical and special purpose must have high strength characteristics, resistance to environmental influences, the required hygienic qualities, as well as low fire hazard. One of the most promising ways to obtain flame-retardant textile materials is to apply polymer composite materials containing flame retardants to them by a surface method. The paper presents the results of a study of the possibility of increasing the resistance of textile materials with a polymer coating based on polyvinyl chloride (PVC) to fire due to the introduction of inorganic fillers into the PVC film. It is shown that the introduction of additives, in particular, shungite and a mixture of titanium dioxide with shungite, into the composition of PVC

compositions applied to the fabric increases the resistance of the fabric to open flame in the first case and helps to contain the heat flow in the second. It is noted that the introduced fillers catalyze the decomposition of the PVC film covering the material, while the process is accompanied by the release of hydrogen chloride in a mixture with atomic chlorine, which is undesirable. In this regard, further research is needed in the search for and creation of effective and environmentally safe flame retardant compositions.

**Key words:** textile fire protection, flame retardant, polymer coating, polyvinyl chloride film, thermal decomposition.

Текстиль и текстильные изделия широко используются как в быту, так и в различных отраслях промышленности. Требования, предъявляемые к потребительским и эксплуатационным свойствам текстильных материалов, зависят от их области применения и назначения. По назначению текстиль можно подразделить на материалы для одежды, обуви, дома (ткани для интерьера, мебели, напольных покрытий), технические, медицинские, гигиенические, защитные и специальные текстильные материалы. К защитным, техническим и специальным тканям и изделиям из них предъявляются особые требования. Помимо высоких прочностных характеристик, устойчивости к воздействию внешней среды, требуемых гигиенических качеств большинство из них должны обладать низкой пожарной опасностью.

Среди огромного количества видов текстильных материалов, используемых для пошива одежды, создания предметов интерьера, в промышленном производстве и в строительстве, существует группа тканей, которые относят к негорючим. Таким материалом является прежде всего давно известная, используемая при температуре до 500 °С, негорючая асбестовая ткань. Она вырабатывается из природного слоистого минерала асбеста и не содержит сгораемых органических веществ, поэтому в полном смысле слова является негорючей. Существует и много других видов как негорючих, так и огнестойких текстильных материалов, используемых в самых различных областях – это стеклоткани, углеродные, арамидные, базальтовые, кремнеземные и некоторые другие материалы.

Ко второй группе тканей, из которых изготавливается огнеупорная спецодежда для сварки, защитные костюмы для работы в горячих цехах, можно отнести натуральные материалы высокой плотности, изготовленные из хлопка и льна. Таковой является, например, брезентовая ткань. Указанная ткань по своим свойствам является огнестойкой, так как способна небольшой период сопротивляться пламени и высокой температуре, что позволяет надежно защитить человека, одетого в изготовленную из нее спецодежду, в зоне прямого

контакта с негативными факторами воздействия. Огнезащитная обработка различными видами антипиренов придает брезенту дополнительную стойкость к непосредственному контакту с открытым огнем, а также высокотемпературному тепловому воздействию. С этой целью широко используются огнезащитные пропитки, наносимые на ткань объемным способом. В настоящее время рынок препаратов текстильной химии широко представлен огнезащитными пропитками, такими как «Тезагран», «Нортекс», «Антал-ТМ», «МС (ткани)», «Асфор-ТМ», «Огнеза» и другие. Такой вид пропиток препятствует возгоранию ткани и обеспечивает огнезащитные свойства материала. При воздействии источника зажигания (искры или открытого пламени) огнеупорная пропитка не позволяет текстильному материалу поддерживать горение за счет образования в процессе разложения препарата негорючего газа. Одновременно с этим, на ткани образуется пленка расплава, защищающая материал от контакта с кислородом воздуха и последующего горения. Огнеупорные пропитки достаточно долговечны, однако имеют свойство со временем вымываться из ткани. Поэтому для сохранения своих огнезащитных свойств изделия должны периодически дополнительно обрабатываться<sup>1</sup>.

Одним из наиболее перспективных путей получения огнезащитных текстильных материалов, обеспечивающих перманентную огнезащитную обработку, является нанесение на тканую основу полимерных композиционных материалов, содержащих антипирены, поверхностным способом. В данном случае на поверхности полотна формируется негорючая полимерная эластичная пленка.

Целью проведения представленной работы является исследование возможности повышения устойчивости текстильных материалов с полимерным покрытием на основе поливинилхлорида (ПВХ) к огневому воздействию за счет введения в состав ПВХ-пленки наполнителей неорганической природы.

<sup>1</sup> Огнеупорная и негорючая ткань: виды материалов и характеристики: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/negoryuchaya-tkan/> / Дата обращения 17.03.2023.

**Описание эксперимента и результатов**

Для испытаний были подготовлены образцы хлопчатобумажной ткани «брезент» с поверхностной плотностью 500 г/м<sup>2</sup>:

- исходный «брезент» без покрытия (образец №1),
- «брезент» с нанесенным ПВХ (образец №2),
- «брезент» с нанесенным ПВХ + TiO<sub>2</sub> (образец №3);
- «брезент» с нанесенным ПВХ + шунгит (образец №4);
- «брезент» с нанесенным ПВХ + TiO<sub>2</sub> + шунгит (образец №5).

Составы на основе ПВХ для поверхностного нанесения на ткань (ПВХ-пластизол) готовили следующим образом: смешивали поливинилхлорид (ПВХ) эмульсионный и диоктилфталат при комнатной температуре до получения однородной пасты, после чего помещали в термошкаф с температурой 30–35° С на 0,5–1 час при условии постоянного перемешивания. Готовый состав охлаждался в течение 15–20 минут до комнатной температуры. Далее для получения различных образцов вводили наполнители: шунгитовый порошок, диоксид титана и их смесь.

Готовые составы наносили на ткань методом воздушной ракля, при этом толщина наносимого слоя составляла 0,50 ± 0,01 мм, и проводили обработку образцов в среде горячего воздуха с температурой 145–150° С в течение

5 мин. Характеристика основных компонентов для получения полимерного покрытия на основе ПВХ представлена в табл. 1.

Диоксид титана и шунгитовый порошок обладают значительно более высокой по сравнению с целлюлозой и ПВХ термической стойкостью, поэтому они были выбраны в качестве добавок в ПВХ-пластизол в количестве 2 % от его массы при получении образцов № 3 и № 4, соответственно. Смесь указанных добавок, используемая в образце № 5, содержала по 1 масс. % диоксида титана и шунгитового порошка. Помимо этого, шунгитовый порошок может образовывать в ПВХ-пленке коксовый слой, защищающий материал от контакта с кислородом воздуха, а TiO<sub>2</sub> имеет высокую отражающую способность и хорошую совместимость с любым пленкообразователем.

На первом этапе исследования были проведены предварительные испытания, характеризующие способность полученных образцов сдерживать тепловой поток. С этой целью был использован тепловизор марки Testo 875-2i. Погрешность измерения, указанная в паспорте прибора, составляет ± 2° С от измеряемого значения. Нагрев образцов осуществляли на металлической пластине, размещенной на открытом нагревательном элементе электроплитки, с начальной температурой 50° С в течение 2 мин., при этом тепловизором фиксировалась начальная и конечная температура образца. Полученные данные представлены в табл. 2.

**Таблица 1. Характеристика основных компонентов для получения полимерного покрытия на основе ПВХ**

Название	Формула	Агрегатное состояние	Область применения
Поливинилхлорид (ПВХ) эмульсионный	– (CH <sub>2</sub> – CHCl) <sub>n</sub> –	твердый порошок	полимерное покрытие
Диоктилфталат (ДОФ)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOC <sub>8</sub> H <sub>17</sub> ) <sub>2</sub>	вязкая жидкость	пластификатор
Шунгитовый порошок	C <sub>тв.</sub> (96-99%)	черный порошок t <sub>пл.</sub> ~ 3527° С	широкая, в т.ч. радиационная защита [1]
Диоксид титана	TiO <sub>2</sub>	белый порошок t <sub>пл.</sub> = 1850-1870° С	лакокрасочная продукция, пластмассы

**Таблица 2. Изменение температуры поверхности образцов с разным составом ПВХ-покрытия**

Характеристика	Номер образца				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Начальная температура образца	30±2	30±2	27±2	27±2	27±2
Конечная температура образца	90±2	90±2	84±2	85±2	70±2

Из приведенных данных видно, что наилучшими свойствами, обеспечивающими сдерживание теплового потока, является образец № 5 с ПВХ-покрытием, содержащим наполнители в виде смеси диоксида титана и шунгита.

Второй этап был связан с исследованиями полученных образцов на устойчивость к прожиганию. Поскольку материал имеет пле-

ночное покрытие, то использовать гостированную методику, предусматривающую поджигание образца с необработанного края, не представляется целесообразным. Для сравнительного анализа образцы прожигались по центру газовой горелкой, расположенной перпендикулярно к плоскости ткани. При этом фиксировалось время полного прожигания материала. Полученные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3. Время прожигания образцов с разным составом ПВХ-покрытия

Характеристика	Номер образца				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Время полного прожигания образца, с	20±1	55±1	45±1	153±1	58±1

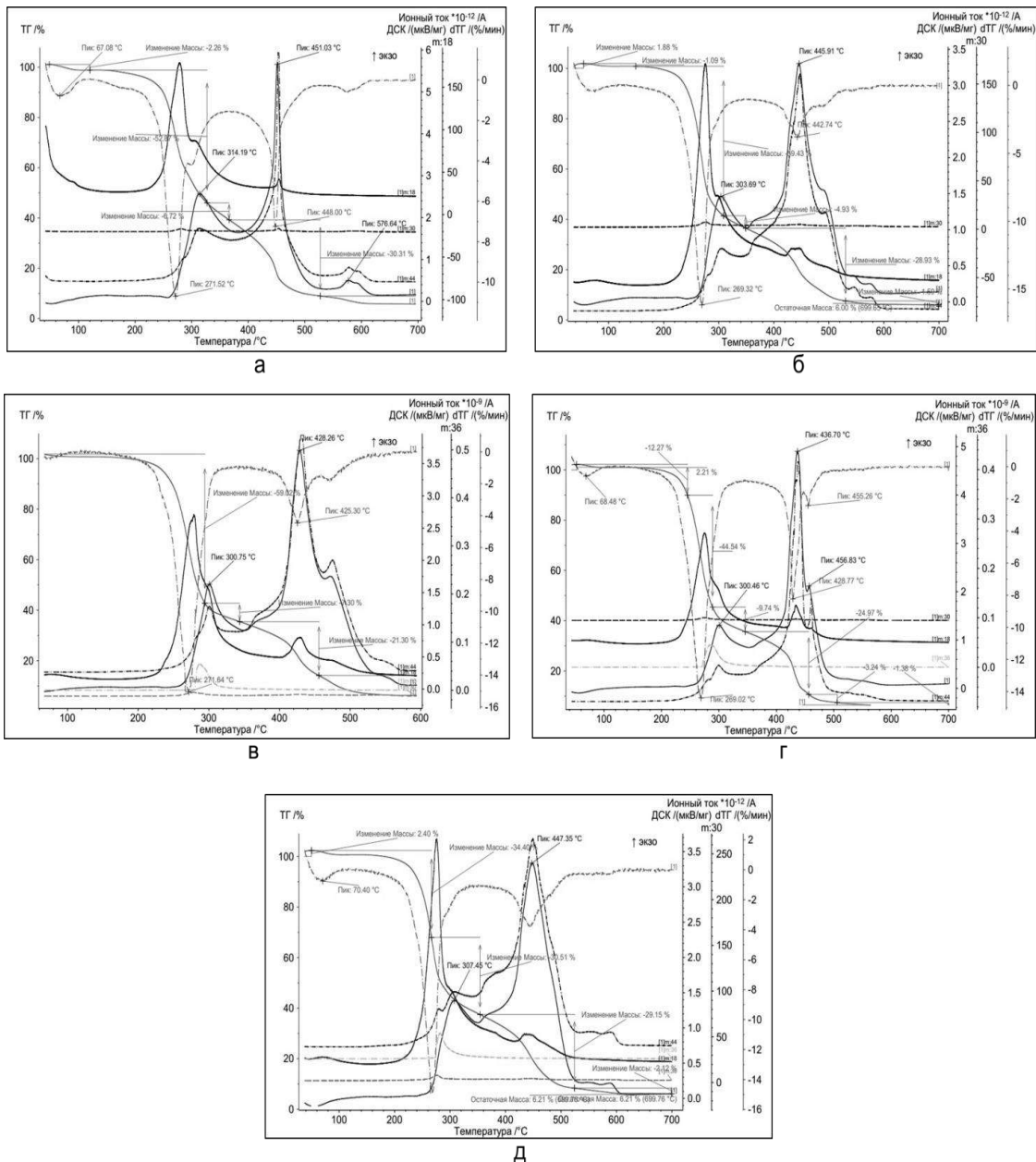


Рисунок. Результаты термического анализа для исходного брезента (а), брезента с ПВХ (б), брезента с ПВХ и TiO<sub>2</sub> (в), брезента с ПВХ и шунгитом (г), брезента с ПВХ, TiO<sub>2</sub> и шунгитом (д)



Полученные результаты свидетельствуют о том, что максимальной устойчивостью к воздействию открытого пламени является образец № 4 с нанесенным ПВХ составом, содержащим шунгит.

Ранее в работах [2,3] были приведены данные, характеризующие поведение целлюлозосодержащих текстильных материалов при

высокотемпературном воздействии в среде инертного газа, то есть в результате протекания термодеструкции.

Представленные в настоящем исследовании данные термического анализа получены в кислородно-азотной смеси, имитирующей воздушную среду. Результаты представлены на рисунке и в табл. 4.

Таблица 4. Результаты термических исследований испытываемых образцов

Пики на кривых	Образец				
	№1	№2	№3	№4	№5
	Исходный брезент	Брезент с ПВХ	Брезент с ПВХ + TiO <sub>2</sub>	Брезент с ПВХ + шунгит	Брезент с ПВХ + TiO <sub>2</sub> + шунгит
Потеря массы, %	Температура t, °C (t ± 0,05), при которой происходит потеря массы образцов:				
~ 1-2 %	67,08	75,00	80,00	68,48	70,40
~ 50-60 %	271,52	269,32	271,64	269,02	270,00
~ 85-95 %	576,64	699,65	550,00	510,00	510,00
Скорость потери массы, % / мин	max: 271,52 448,00	max: 269,32 442,74	max: 271,64 425,30	max: 269,02 428,77 min: 455,26	max: 269,02 446,00
Тепловой эффект, Q	Экзо 1-ый пик: 314,19 2-ой пик max: 451,03 3-ий пик min: 576,64	Экзо 1-ый пик: 303,69 2-ой пик max: 445,91 –	Экзо 1-ый пик: 300,75 2-ой пик max: 428,26 –	Экзо 1-ый пик: 300,46 2-ой пик max: 436,70 3-ий пик min: 456,83	Экзо 1-ый пик: 307,45 2-ой пик max: 447,31 –
Продукты разложения	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O CH <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O CH <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O CH <sub>2</sub> O HCl + Cl <sub>ат</sub>	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O CH <sub>2</sub> O HCl + Cl <sub>ат</sub>	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O CH <sub>2</sub> O HCl + Cl <sub>ат</sub>
Температура разложения ПВХ-пленки с выделением HCl + Cl <sub>ат</sub>	–	выделения HCl + Cl <sub>ат</sub> не зафиксировано	285-295	285-295	285-295
Температура удаления максимального количества:					
H <sub>2</sub> O	279-282 455-460	279-282 440-450	279-282 425-430	279-282 435-440	279-282 440-450
CO <sub>2</sub>	450-460	450-460	450-460	450-460	450-460
CH <sub>2</sub> O	явной температурной зависимости не зафиксировано				
HCl + Cl <sub>ат</sub>	–	–	285-295	285-295	285-295

Известно, что на скорость термической деструкции целлюлозы влияет ее надмолекулярная структура. Аморфная часть легче подвергается деструкции, чем кристаллическая. Линейное регулярное строение макромолекул, кристаллическая структура и прочные водородные связи делают целлюлозу достаточно термостойкой. Реакции термической деструкции целлюлозы не ограничиваются расщеплением молекулярных цепей. Происходят также реакции дегидратации и окисления [4].

Главными продуктами термического распада целлюлозы являются уголь, водный дистиллят, смола и газы. Жидкие продукты распада содержат уксусную кислоту, ацетон и многие другие вещества. Разными исследователями найдены муравьиная кислота, формальдегид, фурфурол, оксиметилфурфурол, метилфурфурол, фураны, метилэтилкетон, фенол, следы толуола [5].

Данные, полученные в ходе представленной работы, также выявили наличие в продуктах разложения целлюлозной составляющей материала воды, углекислого газа, формальдегида и угольного остатка, а при термодеструкции образцов с ПВХ-покрытием и наполнителями ещё и хлороводорода в смеси с атомарным хлором.

Обобщенные данные по результатам термических исследований материалов с полимерным пленочным покрытием представлены в табл. 4. В условиях, имитирующих термоокисление в воздушной среде, различий в полученных кривых дифференциальной термogravиметрии для представленных образцов практически не наблюдается.

Из представленных в таблице данных видно, что для образцов с нанесенным ПВХ-слоем и ПВХ-слоем, содержащим наполните-

ли, максимальный пик на кривых теплового потока смещается в диапазон более низких температур: с 445,91 °С для образца с ПВХ-покрытием до 428,26 °С – для ПВХ + TiO<sub>2</sub> и 436,70 °С – для ПВХ + шунгит. Для покрытия ПВХ + TiO<sub>2</sub> + шунгит максимальный пик на кривых теплового потока имеет место при 447,31 °С, то есть в данном случае присутствует синергический эффект наполнителей, увеличивающий термостойкость полимерного покрытия. Помимо этого, для образцов с наполнителями в процессе термоокислительной деструкции наблюдается выделение смеси HCl и атомарного Cl<sub>ат</sub>, что не было зафиксировано для образца с «чистым» ПВХ-покрытием.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что введение добавок неорганической природы, в частности, шунгита и смеси двуокиси титана с шунгитом, в состав ПВХ-композиций, наносимых на ткань, увеличивает сопротивляемость полотна открытому пламени в первом случае и способствует сдерживанию теплового потока – во втором. Также следует отметить, что вводимые наполнители катализируют разложение ПВХ-пленки, покрывающей материал, при этом процесс сопровождается выделением хлористого водорода в смеси с атомарным хлором, что является нежелательным. Помимо этого, значительный интерес представляет рассмотрение вопроса адгезии ПВХ-полимерной композиции к волокнистому субстрату. В данном случае в первую очередь следует учитывать природу адгезива и субстрата. Поэтому, необходимость проведения дальнейших исследований в области эффективных и экологически безопасных огнезащитных композиций является очевидной.

### Список литературы

1. Тюльнин Д. В., Резниченко С. С., Тюльнин В. А. Качество шунгитового сырья и приоритетные сферы его практического использования. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2010. № 11. С. 112–124.

2. Оценка пожароопасных свойств текстильных материалов из природных целлюлозных волокон / О. Г. Циркина, Л. В. Шарнина, А. Л. Никифоров [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 3 (32). С. 81–88.

3. Использование методов термического анализа для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных волокон / В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина,

А. В. Петров [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. № 5 (389). 2020. С. 92–97.

4. Азаров В. И. Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для вузов. СПб.: СПбЛТА, 1999. 628 с.

5. Кононов Г. Н. Химия древесины и её основных компонентов: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям 260300 и 260200. 2-е изд., испр. и доп. М: МГУЛ, 2002. 260 с.

### References

1. Tyulnin D. V., Reznichenko S. S., Tyulnin V. A. Kachestvo shungitovogo syr'ya i prioritetnyye sfery yego prakticheskogo ispol'zovaniya [The quality of shungite raw materials and pri-

ority areas of its practical use]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)*, 2010, issue 11, pp. 112–124.

2. Otsenka pozharoopasnykh svoystv tekstil'nykh materialov iz prirodnykh tsellyuloznykh volokon [Assessment of fire-hazardous properties of textile materials from natural cellulose fibers] O. G. Tsirkina, L. V. Sharnina, A. L. Nikiforov [et al.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2019, vol. 3 (32), pp. 81–88.

3. Ispol'zovaniye metodov termicheskogo analiza dlya otsenki pozharoopasnykh svoystv tekstil'nykh materialov iz tsellyuloznykh volokon [The use of thermal analysis methods to assess the fire-hazardous properties of textile materials from cellulose fibers] / V. G. Spiridonova,

O. G. Tsikina, A. V. Petrov [et al.]. *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*, vol. 5 (389), 2020, pp. 92–97.

4. Azarov V. I. *Khimiya drevesiny i sinteticheskikh polimerov: Uchebnik dlya vuzov* [Chemistry of wood and synthetic polymers: Textbook for universities]. SPb: SPbLTA, 1999. 628 p.

5. Kononov G. N. *Khimiya drevesiny i yeyo osnovnykh komponentov: Uchebnoye posobiye dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nostyam 260300 i 260200. 2-ye izd., ispr. i dop.* [Chemistry of wood and its main components: A textbook for students. universities studying in specialties 260300 and 260200. 2nd ed., ispr. and add.]. M: MGUL, 2002. 260 p.

*Сырбу Светлана Александровна*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
доктор химических наук, профессор  
E-mail: syrbue@yandex.ru

*Syrbu Svetlana 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  
doctor of chemistry sciences, professor  
E-mail: syrbue@yandex.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

*Салихова Аниса Хамидовна*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
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  
candidate of technical sciences, associate professor  
E-mail: salina\_77@mail.ru

*Спиридонова Вероника Гербертовна*

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

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru

*Spiridonova Veronika Gerbertovna*

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

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru

*Фролова Татьяна Владиславовна*

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

E-mail: frolovatanja@mail.ru

*Frolova Tatiana Vladislavovna*

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 science  
E-mail: frolovatanja@mail.ru

*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

УДК 662.311.11

## РАСЧЕТ СРЕДНЕПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАМЕНИ С ПОМОЩЬЮ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МАССОВОЙ СКОРОСТИ ВЫГОРАНИЯ

**С. М. ХУСНУТДИНОВА, Ф. Ш. ХАФИЗОВ, Ш. И. ХАФИЗОВ**  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
Российская Федерация, г. Уфа  
E-mail: sumbulryamova993@gmail.com

В данной статье приведена краткая характеристика показателя массовой скорости выгорания веществ ( $m'$ ), рассмотрены методы её определения (расчетные, экспериментальные, с использованием справочной литературы) и исследованы их недостатки. При вычислении указанной величины необходимо знать её удельную теплоемкость, теплоту испарения и сгорания, либо динамическую или кинематическую вязкость паров, которые для некоторых веществ можно определить только опытным путем, что делает данный подход трудоемким. Справочные показатели массовой скорости выгорания на сегодня представлены для небольшого ряда продуктов. При этом определение величины  $m'$  методом испытаний является достаточно трудоемким, требует наличия необходимого поверенного оборудования и больших затрат времени. С целью совершенствования действующих методик предложен новый подход к определению величины массовой скорости выгорания жидких нефтепродуктов, который представлен в виде номограмм, отражающих графики зависимостей массовой скорости выгорания от температуры кипения и плотности продукта, а также в виде формулы расчета рассматриваемой величины на основе построенных номограмм. Такой усовершенствованный подход позволит сократить число переменных, необходимых для вычисления значения массовой скорости выгорания вещества. Также в статье приведены результаты расчета величины среднеповерхностной плотности теплового излучения пламени в зависимости от диаметра очага и удельной массовой скорости выгорания для бензина и дизельного топлива с использованием формул из действующей утвержденной методики (приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404), а также с использованием предложенного метода.

**Ключевые слова:** тепловое излучение, массовая скорость выгорания, индивидуальное вещество, топливная смесь, среднеповерхностная плотность теплового излучения.

## CALCULATION OF THE AVERAGE SURFACE THERMAL RADIATION DENSITY OF A FLAME USING AN IMPROVED APPROACH TO DETERMINING THE MASS BURNUP RATE

**S. M. KHUSNUTDINOVA, F. Sh. KHAFIZOV, Sh. I. KHAFIZOV**  
Ufa State Oil Technical University,  
Russian Federation, Ufa  
E-mail: sumbulryamova993@gmail.com

This article explores methods for determining the mass burnout rate of substances: from reference literature, by calculation, by experiment. Based on the analysis of existing methods for determining the investigated quantity, it was concluded that the last two methods are rather laborious, and in reference materials, data are given for a limited number of substances, which allows us to conclude that it is necessary to improve existing methods. An improved method developed by us for determining the value of the mass burnout rate of oil products using nomograms that reflect graphs of the dependences of the mass burn-out rate on the boiling temperature and density of the product is described, and a formula for calculating the considered value based on the constructed nomograms is derived. The proposed approach makes it possible to reduce the number of variables required to calculate the value of the mass burnout rate of a substance. The values of the average surface density of thermal radiation of the flame depending on the diameter of the source and the specific mass burn-up rate for gasoline and diesel fuel were calculated using formulas from the current approved methodology (Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated July 10, 2009 No. 404), as well as using the proposed method.

**Key words:** thermal radiation, mass burnup rate, individual substance, fuel mixture, average surface density of thermal radiation.

### Введение

Массовая скорость выгорания  $m'$ , кг/(м<sup>2</sup>·с) – это масса горючего вещества, выгорающая за единицу времени с единицы площади пожара. Одним из показателей, определяющих интенсивность теплоизлучения пламени при прогнозировании рисков возникновения пожаров является массовая скорость выгорания вещества. Интенсивность излучения тепла рассчитывают в целях определения расстояний, безопасных при воздействии теплоизлучения на постройки, оборудование и человека. Помимо этого, величина  $m'$  горючих веществ (материалов) влияет на температуру горения, интенсивность развития пожара и другие параметры. Исследуемый показатель важен при оценке интенсивности подачи огнетушащих веществ на установки пожаротушения. [1]

### Материалы и методы исследования

На сегодняшний день значения исследуемой в данной работе величины приведены в некоторых справочных материалах для узкого ряда углеводородов. При отсутствии данных  $m'$  как правило прибегают к экспериментальному методу определения её величины. Данный метод достаточно трудоемкий, вследствие необходимости получения ожидаемых результатов, для выполнения условий допустимых погрешностей при заданных значениях доверительной вероятности. Следует отметить, что на сегодня в отечественной литературе отсутствуют действующие утверждённые либо официально опубликованные методики определения массовой скорости выгорания для жидких веществ.

Искомую величину также можно вычислить расчетным способом. Ниже приведены формулы расчета из действующих утвержденных методик.

Согласно Методике определения расчетных величин пожарного риска на производствах<sup>1</sup>:

$$m' = \frac{0.001 \cdot H}{L + C(T - T_0)}, \quad (1)$$

<sup>1</sup> Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах»

где  $H$  – величина удельной теплоты сгорания продукта, кДж/кг;  $L$  – величина удельной теплоты парообразования продукта, кДж/кг;  $C$  – величина удельной теплоемкости продукта, кДж/(кг·К);  $T$  – температура кипения продукта, °К;  $T_0$  – начальная температура продукта, °К.

Согласно Методическим рекомендациям по проведению количественного анализа риска аварий на конденсатопроводах и продуктопроводах<sup>2</sup>:

$$m_f = m_f^0 \cdot [1 - \exp(-\beta_f \cdot D_{эф.ф})], \quad (2)$$

где  $D_{эф.ф}$  – эффективный диаметр пролива, м;  $\beta_f$  – параметр из Приложения 10 Методических рекомендаций<sup>2</sup>; в случае отсутствия данных принимается  $\beta_f = 0,7 \text{ м}^{-1}$ ;  $m_f^0$  – массовая скорость выгорания, определяется из Приложения 10 Методических рекомендаций<sup>2</sup>, а в случае отсутствия данных  $m_f^0 = m'$  (формула 1), кг/(м<sup>2</sup>·с);  $D_{эф.ф}$  – эффективный диаметр пролива, м.

Формулы расчета, приведенные в действующих методиках применимы как для однокомпонентных веществ, так и для их смесей, при условии выполнения вычислений на фракцию в составе смеси с наибольшим значением величины  $m'$ . Но при этом должны быть известны значения удельных теплот сгорания и парообразования, а также удельной теплоемкости, которые не всегда присутствуют в справочных материалах, а их расчет не представляется возможным из-за отсутствия каких-либо переменных, вследствие чего возникает необходимость определения их экспериментальным путем. Данный способ определения исследуемой величины является трудоёмким и требует наличия необходимого оборудования [2].

<sup>2</sup> Приказ Ростехнадзора "Об утверждении Руководства по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на конденсатопроводах и продуктопроводах»" от 30.03.2020 № 139

Известно, что процесс горения топливной смеси характеризуется выгоранием отдельных фракций в их составе. Таким образом, для многокомпонентных веществ расчет необходимо производить, учитывая изменения показателей плотности и температуры в процессе горения.

Показатель интенсивности теплового излучения важен при прогнозировании рисков опасности пожара, особенно на объектах хранения жидких топлив. Исходя из приведенного выше анализа, можно заключить о необходимости совершенствования настоящих методов определения удельной массовой скорости выгорания нефтепродуктов.

#### Усовершенствованный метод определения массовой скорости выгорания

На рис. 1 представлены графики зависимости массовой скорости выгорания нефтепродуктов от их температуры кипения и плотности (в диапазоне 0,65–1,02 г/см<sup>3</sup>), построенные с использованием формул 1 и 2 из

действующих методик. При невозможности определения каких-либо переменных в процессе расчетов, их значения вычислялись с помощью интерполяции.

Ниже представлена предложенная формула:

$$m' = k_1 \cdot \rho_4^{20} + k_2, \quad (3)$$

где  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты, зависящие от разницы между температурой кипения и начальной температурой  $\Delta T$ ;  $\rho_4^{20}$  – плотность нефтепродукта, г/см<sup>3</sup>.

Коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  определяются согласно графикам на рис. 2, 3, 4 в зависимости от диапазонов  $\Delta T$  (130-210 °К, 210-230 °К и 230-510 °К соответственно порядку рисунков).

Уравнения, описывающие графики коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  на рис. 2-4, также применимы в качестве формул при определении  $m'$  по формуле (3).

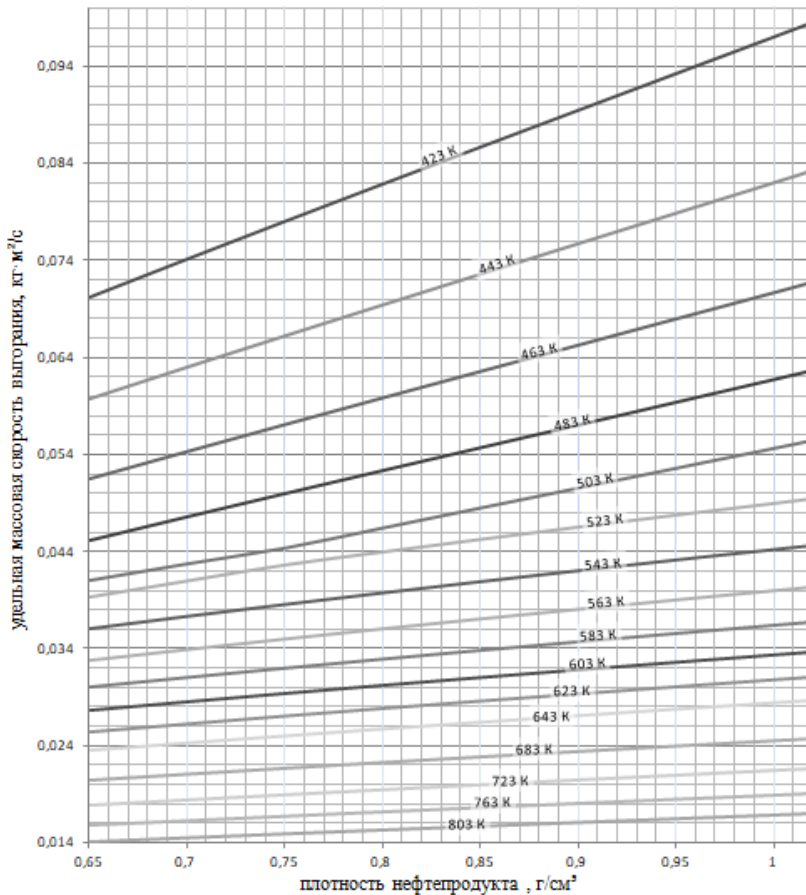


Рис. 1. Графики определения величины  $m'$  для нефти и нефтепродуктов

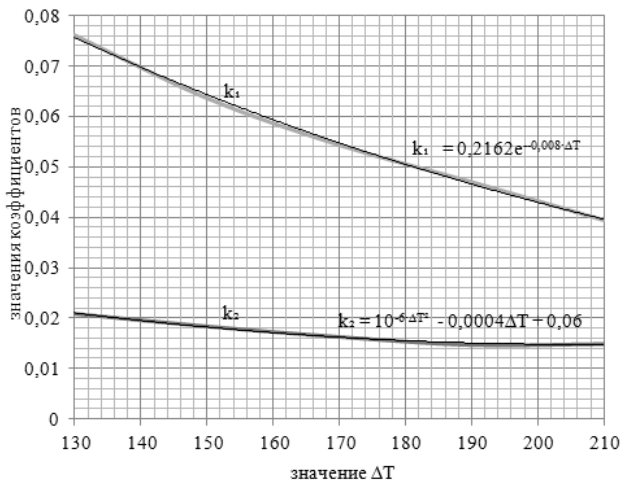


Рис. 2. Графики определения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  при  $\Delta T$  от 130 до 210 °K

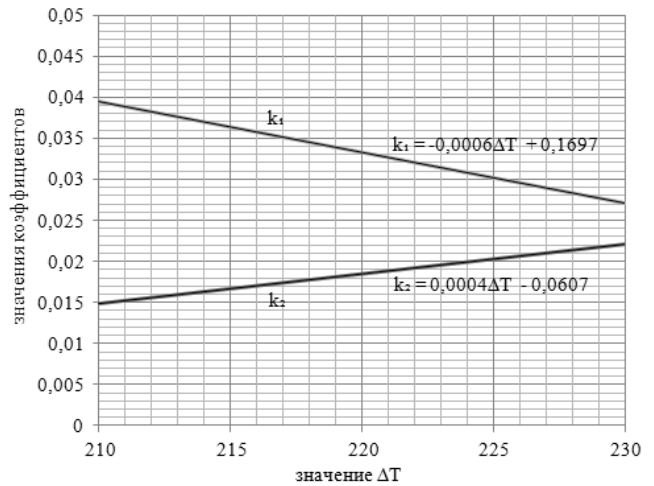


Рис. 3. Графики определения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  при  $\Delta T$  от 210 до 230 °K

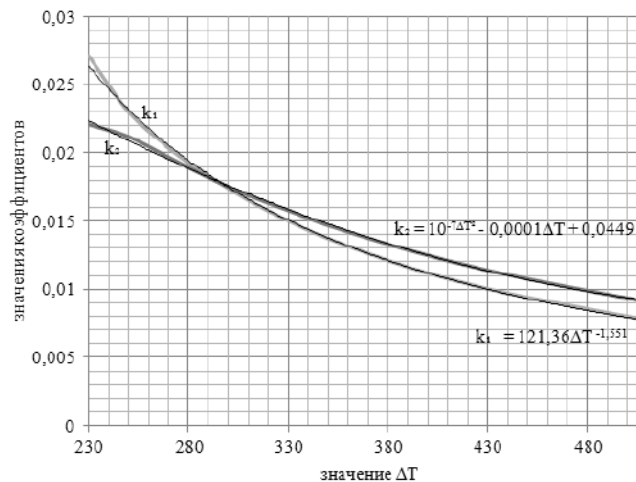


Рис. 4. Графики определения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  при  $\Delta T$  от 230 до 210 °K

### Расчет среднеповерхностной плотности теплового излучения пламени горения нефтепродуктов

По определению, интенсивность излучения пламени — это отнесённая к площади поперечного сечения единичной площадки энергия, переносимая излучением пламени за единицу времени. Значение среднеповерхностной плотности теплового излучения пламени ( $E_f$ ) определяется в целях оценки излучательной способности пламени, зависящей от размеров очага пожара, вида горючего вещества, типа пожара (факельное горение, пожар пролива, горение твёрдых горючих веществ)<sup>3</sup>.

Согласно Методике<sup>1</sup>, значения  $E_f$  для многокомпонентных нефтепродуктов можно определить следующим алгоритмом:

$$E_f = \frac{0,4 \cdot m' \cdot H_{CT}}{1 + 4 \cdot L/d}, \quad (4)$$

Эффективный диаметр пролива  $d$  (м) рассчитывается по формуле<sup>1</sup>:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (5)$$

где  $F$  — площадь пролива,

<sup>3</sup> Интенсивность излучения пламени. URL: <https://вдпо.рф/> (дата обращения 20.02.2023)



Длина пламени  $L$  (м) определяется по формулам<sup>1</sup>:

$$\text{при } u^* \geq 1 \quad L = 55 \cdot d \cdot \left( \frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0.67} \cdot u_*^{0.21}, \quad (6)$$

$$\text{при } u^* < 1 \quad L = 42 \cdot d \cdot \left( \frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0.61}, \quad (7)$$

$$\text{где: } u_* = \frac{\omega_0}{\sqrt{\frac{3m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\text{п}}}}}, \quad (8)$$

где  $m'$  – массовая скорость выгорания продукта,  $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ;  $\rho_a$  – плотность окружающей атмосферы,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{п}}$  – плотность насыщенных паров продукта при температуре кипения,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\omega_0$  – скорость ветра,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $g$  – ускорение свободного падения ( $9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ ).

Преобразовав уравнение Менделеева-Клапейрона, можно найти плотность насыщенных паров  $\rho_{\text{п}}$ .

Уравнение Менделеева-Клапейрона<sup>4</sup> [3]:

$$P_{\text{н}} \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T, \quad (9)$$

где  $P_{\text{н}}$  – давление насыщенных паров продукта, мм рт. ст.;  $V$  – объём насыщенных паров продукта,  $\text{м}^3$ ;  $m$  – масса насыщенных паров продукта, г;  $M$  – молярная масса насыщенных паров продукта, г/моль;  $T$  – температура кипения, °К.

$$\rho_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot M}{R \cdot T}, \quad (10)$$

С помощью уравнения, выведенного методом корреляции Миллера можно найти давление насыщенных паров [4]:

$$\lg P_{\text{н}} = A' - \frac{B'}{T} + C_1 \cdot T + C_2 \cdot T^2, \quad (11)$$

$$\text{где } A' = 0,607k \left[ 4 \frac{T_{\text{кр}}}{T_{\text{кип}}} - \left( \frac{T_{\text{кип}}}{T_{\text{кр}}} \right)^2 \right] - 1,448k \left[ \frac{T_{\text{кр}}}{T_{\text{кип}}} - \frac{T_{\text{кип}}}{T_{\text{кр}}} \right] + 2,88081, \quad (12)$$

$$B' = 0,980k \cdot T_{\text{кр}}, \quad (13)$$

$$C_1 = \frac{-1,448k}{T_{\text{кр}}}, \quad (14)$$

$$C_2 = \frac{0,607k}{T_{\text{кр}}^2}, \quad (15)$$

$$k = \frac{L}{4,567 T_{\text{кр}} \left( 1 - \frac{T_1}{T_{\text{кр}}} \right)^{0,38}}, \quad (16)$$

$$T_{\text{кр}} = 1,05 t_{\text{ср}} + 160, \quad (17)$$

$$P_{\text{кр}} = K \frac{T_{\text{кр}}}{M}, \quad (18)$$

где  $T_{\text{ср}}$  – средняя температура кипения фракции нефтепродукта, °С;  $M$  – молекулярная масса фракции, г/моль;  $K$  – константа, принимающая значения для парафиновых углеводородов 5–5,3, для нафтеновых 6 и ароматических 6,5–7, как правило, для нефтепродуктов берётся значение  $K=5,5$ .

Ниже приведены результаты расчета средних значений  $E_f$  для некоторых нефтепродуктов, которые вычислены с помощью формулы 4 с использованием значений  $m'$  из справочных данных со значениями  $E_f$ , вычисленными по формуле 4 с использованием разработанной формулы 3 (либо номограммы).

**Таблица. Значения среднеповерхностной плотности теплового излучения пламени в зависимости от диаметра очага и удельной массовой скорости выгорания для бензина и дизельного топлива**

Нефтепродукт	$E_f$ , кВт/м <sup>2</sup> , при $d$ , м					$m'$ , кг/(м <sup>2</sup> ·с)
	10	20	30	40	50	
$m'$ из Методики <sup>1</sup>						
Бензин	110,8	137,3	152,8	166,6	178,4	0,061
Дизтопливо	90,1	108,7	122,8	132,9	141,1	0,042

<sup>4</sup> Теплофизические свойства // Химия нефти URL: <http://proofoil.ru/Oilchemistry/heatphysicsproperty1.html> (дата обращения: 01.05.2021)

m' из номограммы (рис. 1)						
Бензин	107,7	136,9	149,1	161,5	172,7	0,0555
Дизтопливо	87,4	100,2	112,8	120,7	129,4	0,0356
Относительная погрешность между двумя расчетами Δ, %						
Бензин	2,7	0	2,6	3	2,8	7,5
Дизтопливо	3,3	8,3	8,1	9	8,5	12,5

### Выводы

Для оценки сходимости предложенного подхода к определению массовой скорости выгорания нефтепродуктов с существующими методами, определены её значения, а также значения среднеповерхностной плотности теплового излучения пламени для бензина и дизтоплива. Относительная погрешность полученных  $E_f$  для бензина составляет 0–2,8 %, для дизтоплива 3,3–8,5 % и увеличивается по мере увеличения диаметра пролива нефтепродукта. Следует отметить, что максимальная относительная погрешность значений  $m'$ ,

полученных с помощью формулы 1 из Методики<sup>1</sup> и предложенной формулы 3, для нефтепродуктов с плотностью в диапазоне 0,65–1,02 г/см<sup>3</sup> составила 0,13%.

При расчетах с помощью предложенного метода используются две переменные: плотность и температура кипения вещества. Это позволяет облегчить процесс определения массовой скорости выгорания нефтепродуктов, и, следовательно, процесс расчета как среднеповерхностной плотности теплового излучения, так и интенсивности теплового излучения пламени.

### Список литературы

1. Физико-химические основы развития и тушения пожара: учебное пособие / С. С. Тимофеева, Т. И. Дроздова, Г. В. Плотникова [и др.] Иркутск: Иркутский государственный технический университет, 2013. 174 с.
2. Хуснутдинова С. М., Хафизов Ф. Ш., Хафизов И. Ф. Исследование методов определения удельной массовой скорости выгорания нефтепродуктов // Научный электронный журнал «Техносферная безопасность», 2021. № 1 (30). С. 67–71.
3. Рабинович Г. Г. Расчет основных процессов и аппаратов нефтепереработки. 3-е издание: справочник. М.: издательство «Химия», 1979. С. 23–25.
4. Хафизов Ф. Ш., Краснов А. В. Давление насыщенных паров для нефтепродуктов. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012. № 3.

### References

1. *Fiziko-himicheskie osnovy razvitiya i tusheniya pozhara: uchebnoe posobie* [Physical and chemical bases for the development and extinguishing of a fire] / S. S. Timofeeva, T. I. Drozdova, G. V. Plotnikova [et al.]. Irkutsk: Irkutskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2013. 174 p;
2. Khusnutdinova S. M., Khafizov F. Sh., Khafizov I. F. Issledovanie metodov opredeleniya udel'noj massovoj skorosti vygoraniya nefteproduktov [Study of methods for determining the specific mass burnout rate of petroleum products]. *Nauchnyj elektronnyj zhurnal «Tekhnosfernaya bezopasnost'»*, 2021. vol. 1 (30). pp. 67–71;
3. Rabinovich G. G. *Raschet osnovnyh processov i apparatov neftepererabotki. 3-e izdanie: spravochnik* [Calculation of the main processes and apparatuses of oil refining. 3rd edition: handbook]. M.: izdatel'stvo «Himiya», 1979. pp. 23–25;
4. Hafizov F. Sh., Krasnov A. V. Davlenie nasyshchennyh parov dlya nefteproduktov [Saturated vapor pressure for petroleum products]. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo»*, 2012, issue 3.

Хуснутдинова Сумбуль Муталовна

ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

Российская Федерация, г. Уфа

аспирант

E-mail: sumbulryamova993@gmail.com

*Khusnutdinova Sumbul' Mutalovna*  
Ufa state petroleum technical university  
Russian Federation, Ufa  
postgraduate  
E-mail: sumbulryamova993@gmail.com

*Хафизов Фаниль Шамильевич*  
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет  
Российская Федерация, г. Уфа  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: fanil150656@mail.ru

*Khafizov Fanil Shamilevich*  
Ufa state petroleum technical university  
Russian Federation, Ufa  
Doctor of technical sciences, professor  
E-mail: fanil150656@mail.ru

*Хафизов Шамиль Ильдарович*  
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет  
Российская Федерация, г. Уфа  
бакалавр  
E-mail: shamil.hafizov04@mail.ru

*Khafizov Shamil Ildarovich*  
Ufa state petroleum technical university  
Russian Federation, Ufa  
undergraduate  
E-mail: shamil.hafizov04@mail.ru

УДК 62-97

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРЫ УЗЛА ТРЕНИЯ

**Е. В. ЧЕРНУШЕВИЧ, Е. Ю. ТРОЯК, И. Н. ПОЖАРКОВА**

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

E-mail: e.v.chernushevich@gmail.com, trev191186@gmail.com, pozharkova@mail.ru

В настоящей статье рассматривается проблема проявления трения как одного из распространенных производственных источников зажигания. Для оценки теплового проявления механической энергии как возможного источника зажигания горючей среды проведено экспериментальное исследование с применением разработанной авторами лабораторной установки. В статье представлено описание установки, её принцип действия, а также методика проведения исследования. Результатами исследования являются значения температур на поверхности элемента трения. В статье также проведена оценка температур узла трения расчетным методом и установлена линейная зависимость значений температуры от прилагаемой на узел трения нагрузки. Максимальная температура на поверхности узла трения достигла значения 171,4 °С. Также авторами исследована эффективность смазывающей способности пластичных смазок. Из всех испытываемых пластичных смазок наиболее эффективной оказалась «Литол-24».

**Ключевые слова:** узел трения, температура узла трения, пластичные смазки, смазывающая способность, смазывающая способность пластичных смазок.

## EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE FRICTION UNIT TEMPERATURE

**E. V. CHERNUSHEVICH, E. Yu. TROYAK, I. N. POZHARKOVA**

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«The Siberian Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of the Ministry of Russia Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,  
Russian Federation, Zheleznogorsk

E-mail: e.v.chernushevich@gmail.com, trev191186@gmail.com, pozharkova@mail.ru

This article deals with the problem of manifestation of friction as one of the most common industrial sources of ignition. To assess the thermal manifestation of mechanical energy as a possible source of ignition of a combustible medium, an experimental study was carried out using a laboratory setup developed by the authors. The article presents a description of the installation, its principle of operation, as well as the methodology for conducting the study. The results of the study are the temperature values on the surface of the friction element. The article also estimates the temperature of the friction unit by the calculation method and establishes a linear dependence of the temperature values on the load applied to the friction unit. The maximum temperature on the surface of the friction unit reached 171.4 °C. The authors also studied the effectiveness of the lubricity of greases. Of all the tested greases, Litol-24 turned out to be the most effective.

**Key words:** friction unit, friction point temperature, greases, lubricity, lubricity of greases.

Пожары на производственных объектах сопровождаются значительным материальным ущербом, причинением вреда жизни и здоровью граждан. Всему виной является наличие в производственных процессах производств большого количества горючей среды и разнообразных источников зажигания. Под производственным источником зажигания понимается средство энергетического воздей-

ствия, существование и появление которого связано с осуществлением технологических процессов производств, инициирующее возникновение горения среды. Природа образования производственных источников зажигания различна. Тепло может проявляться в результате химической, электрической и механической энергии [1].

Одним из распространённых производственных источников зажигания является трение. Оно возникает при перемещении одного тела по поверхности другого и наблюдается

всегда в подвижных соединениях технологического оборудования в процессе их работы. При этом трение может быть частью технологического процесса, например, при обработке веществ и материалов, а также быть основной причиной поломки технологического оборудования и одной из причин возникновения пожара.

Как известно, взаимодействие рабочих поверхностей деталей механических систем при трении сопровождается интенсивным тепловыделением. Температура на поверхности контакта деталей в процессе трения может достигать 1000 °С [2].

От трения способны возгораться вещества и материалы, склонные к тлению. К таким веществам относятся пыли и волокна в состоянии аэрогеля, древесные опилки и т.д.

Известно, что не всякий источник тепла способен воспламенить любую горючую среду и даже горючую смесь. Чтобы источник тепла стал источником вынужденного зажигания конкретной горючей среды, необходимо одновременное выполнение трех условий [3]:

1) температура источника тепла  $t_{и.т}$  должна быть не ниже температуры самовоспламенения горючего вещества  $t_{св}$ ;

2) энергия источника тепла  $w_{и.т}$  должна быть не меньше минимальной энергии, необходимой для воспламенения горючей среды  $w_{min}$ ;

3) длительность действия источника тепла  $\tau_{и.т}$  должна быть не меньше периода индукции  $\tau_{инд}$ , т. е. [3].

$$t_{и.т} \geq t_{св}, w_{и.т} \geq w_{min}, \tau_{и.т} \geq \tau_{инд} \quad (1)$$

Опасность постоянно действующего источника тепловой энергии оценивают с помощью первых двух условий, а для оценки опасности высокоэнергетического источника тепла, температура которого значительно превышает температуру самовоспламенения горючей среды, достаточно проверить выполнение третьего условия [4].

Выделяющееся за элементарный промежуток времени  $d\tau$  в трущейся паре тепло расходуется на нагревание узла трения  $dQ_{нагр}$ , отводится системой охлаждения  $dQ_{охл}$  и теряется в окружающую среду  $dQ_{пот}$ . Уравнение теплового баланса узла трения в общем случае имеет вид [3]:

$$dQ_{тр} = dQ_{нагр} + dQ_{охл} + dQ_{пот} \quad (2)$$

Величину  $dQ_{тр}$  при равномерном вращательном движении можно найти из выражения [3]:

$$dQ_{тр} = fN \frac{d}{2} \omega d\tau = fNd_{п}v\omega d\tau, \quad (3)$$

где  $N$  – сила нормального давления между трущимися парами, Н;  $d_{п}$  – диаметр вращающейся детали;  $\omega$  – угловая скорость;  $v$  – частота вращения,  $c^{-1}$  [1, 3].

Применение пластичных смазок в узлах машин и агрегатов обуславливается смазывающей способностью смазок, приводящих к снижению трения и как следствие к уменьшению температуры.

Цель настоящей работы – оценка значений температур узла трения, полученных экспериментальным и расчетным методом, а также исследование эффективности смазывающей способности пластичных смазок.

Для достижения цели были сформулированы и выполнены следующие задачи:

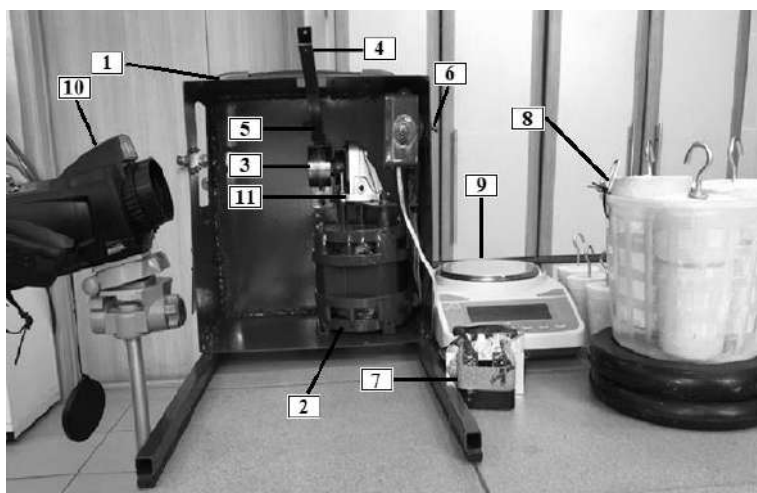
- анализ литературных источников по теме;
- разработка лабораторной установки для оценки значений температур узла трения;
- определение значений температур на лабораторной установке без использования пластичных смазок;
- определение значений температур узла трения расчетным методом;
- статистический анализ полученных данных;
- определение значений температур на лабораторной установке с использованием пластичных смазок;
- сравнительный анализ полученных данных;
- выводы.

### Материалы и методы исследования

В качестве материалов для исследования были подобраны наиболее распространенные пластичные смазки: Литол-24, солидол, пластичная смазка для шарниров равных угловых скоростей (ШРУС-4). В ходе исследования применялись теоретические (анализ, обобщение, сравнение, дедукция) и эмпирические (наблюдение, эксперимент) методы. Для обработки экспериментальных данных применялись методы математической статистики.

### Основная часть

Для оценки значений температур узла трения, а также для исследования эффективности смазывающей способности пластичных смазок была разработана и собрана лабораторная установка «Узел трения», общая схема которой представлена на рис.1.



**Рис. 1.** Общая схема лабораторной установки «Узел трения»:

- 1 – металлический корпус;
- 2 – асинхронный двигатель;
- 3 – заменяемая насадка;
- 4 – рычаг; 5 – заменяемый образец;
- 6 – пускатель; 7 – контейнер со смазкой; 8 – грузы;
- 9 – лабораторные весы;
- 10 – тепловизор (Testo 885-1);
- 11 – редуктор

Установка состоит из асинхронного двигателя 2 (АД 180-4/71С1УХЛ4) с редуктором 11, на валу которого установлена заменяемая насадка 3, и рычага 4, выполненного в форме полой трубы квадратного сечения, в нижнюю торцевую часть которой вставляется и фиксируется заменяемый образец 5. Рычаг 4 предназначен для создания усилия на вал двигателя, регулируемого при помощи смены груза 8, который подвешивается на конце рычага. Заменяемая насадка 3 на валу редуктора вместе с заменяемым образцом 5, находящимся в рычаге 4, создают пару трения. Для смазывания трущихся поверхностей предусмотрен контейнер со смазкой 7. Двигатель 2 и пара трения 3, 5 расположены внутри металлического корпуса 1, который представляет собой металлическую камеру с фронтальной съемной стенкой и специальным отверстием для установки регистрационного оборудования [5].

Принцип действия установки: асинхронный двигатель 2 после включения в электросеть 220 В приводится в рабочее состояние пускателем 6, в результате чего вал редуктора с насадкой 3 начинает вращаться. При помощи

рычага 4, в который вставлен образец 5 и грузы 8 создается усилие на валу двигателя. За счет трения начинает выделяться тепловая энергия и повышаться температура в узле трения – между насадкой 3 на валу редуктора и образцом 5. Изменение температуры регистрируется тепловизором 10 (Testo 885-1).

Оценка значений температур узла трения осуществлялась путем измерения температуры на поверхности пар трения под воздействием нагрузки. Нагрузка на вал двигателя изменялась в интервале 0-5 кг с шагом в 0,5 кг. Время работы узла трения составляло 4 минуты. Определение значений температур на лабораторной установке осуществлялось без использования пластичных смазок и с использованием пластичных смазок. Основные характеристики используемых пластичных смазок представлены в табл.1. Температура в помещении составляла 19 °С.

Каждый эксперимент был проведен 3 раза, средние значения температур на поверхности узла трения приведены в табл. 2.

**Таблица 1. Характеристики пластичных смазок**

Наименование пластичной смазки	Температура каплепадения, °С	Рабочий температурный диапазон, °С	Вязкость при 0 °С, Па·с	Температура вспышки, °С
Литол-24	185	-40+120	280	183
Солидол	78	-30+70	250	Свыше 200
Пластичная смазка для шарниров равных угловых скоростей (ШРУС-4)	190	-40+120	270	Свыше 200

Таблица 2. Значения температур на поверхности узла трения

Масса груза, кг	Нагрузка, кг	Температура на поверхности узла трения, °С			
		№ 1 – без использования смазки	№ 2 – с пластичной смазкой «Литол-24»	№ 3 – с пластичной смазкой «Солидол»	№ 4 – с пластичной смазкой «ШРУС-4»
0,0	0,0	25,2	24,8	28,1	25,7
0,5	2,6	39,4	26,4	30,4	27,0
1,0	5,2	74,6	28,2	32,7	30,1
1,5	7,8	95,5	29,0	34,2	30,8
2,0	10,3	110,9	29,9	36,8	31,4
2,5	12,9	112,7	31,4	38,5	31,9
3,0	15,5	138,8	32,1	40,4	32,8
3,5	18,1	153,1	33,5	42,6	33,7
4,0	20,7	171,4	34,0	44,1	34,4
4,5	23,3	138,7	35,2	46,2	35,7
5,0	25,8	94,3	36,4	47,9	37,0

При повышении нагрузки на вал двигателя свыше 4,0 кг происходило снижение числа оборотов вала из-за недостаточной мощности выбранного электродвигателя. Вследствие этого, полученные экспериментальные значения температуры не являются объективными.

Расчёт температуры узла трения при отсутствии смазки и принудительного охлаждения осуществлялся в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 12.1.004-91<sup>1</sup>. Согласно данной методике, температуру узла трения вычисляют по следующей формуле:

$$t_{п.с} = t_{ср} + \frac{\alpha}{\alpha_{общ} \cdot S} \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_{п}}}\right), \quad (4)$$

где  $t_{ср}$  – температура среды, °С;  $\alpha$  – коэффициент мощности, Вт;  $\alpha_{общ}$  – общий коэффициент теплоотдачи, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $S$  – площадь поверхности теплообмена узла трения, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – время работы узла трения, с;  $\tau_{п}$  – постоянная времени нагрева узла трения, с.

Коэффициент мощности находится по формуле:

$$\alpha = 0,44 \cdot f \cdot N \cdot d \cdot n, \quad (5)$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения. Коэффициент трения скольжения без использования смазочных материалов для трущихся материалов сталь-сталь принимается равным 0,14 [6];  $N$  – сила, действующая на узел трения, кг;  $d$  – диаметр шипа вала, м;  $n$  – частота вращения вала, мин<sup>-1</sup>. Частота вращения вала двигателя с учетом редуктора: 475 мин<sup>-1</sup>.

Постоянную времени нагрева узла трения вычисляют по следующей формуле:

$$\tau_{п} = \frac{m \cdot C}{\alpha_{общ} \cdot S}, \quad (6)$$

где  $m$  – масса узла трения, кг;  $C$  – удельная массовая теплоемкость металла контактов, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>.

Результаты определения температуры узла трения экспериментальным и расчетным методом представлены в табл. 3.

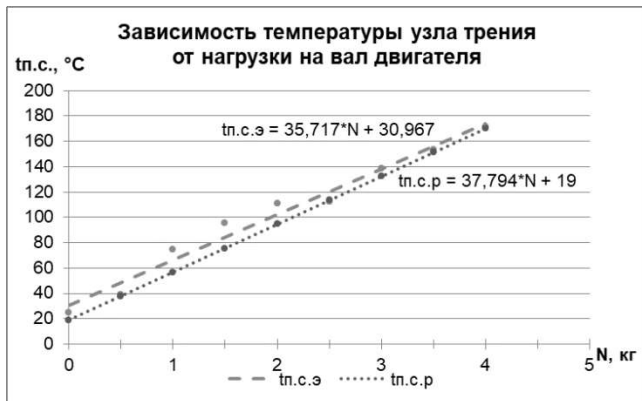
Графики зависимости температуры узла трения, определенной экспериментальным и расчетным методом, от нагрузки на вал двигателя представлены на рис. 2.

Таблица 3. Результаты определения температуры узла трения экспериментальным и расчетным методом

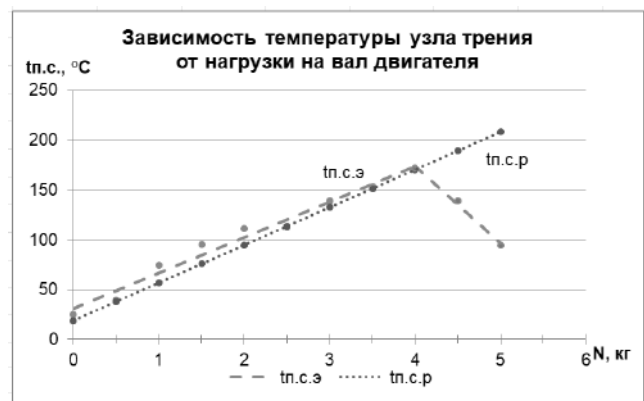
Масса груза, кг	Нагрузка, кг	Температура узла трения, определенная экспериментальным методом, °С	Температура узла трения, определенная расчетным методом, °С
0,0	0,0	25,2	19,0
0,5	2,6	39,4	37,9
1,0	5,2	74,6	56,8
1,5	7,8	95,5	75,7

<sup>1</sup> ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

Масса груза, кг	Нагрузка, кг	Температура узла трения, определенная экспериментальным методом, °С	Температура узла трения, определенная расчетным методом, °С
2,0	10,3	110,9	94,6
2,5	12,9	112,7	113,5
3,0	15,5	138,8	132,4
3,5	18,1	153,1	151,3
4,0	20,7	171,4	170,2
4,5	23,3	138,7	189,1
5,0	25,8	94,3	207,9



а



б

**Рис. 2.** Графики зависимости температуры узла трения, определенной экспериментальным и расчетным методом, от нагрузки на вал двигателя: а – до нагрузки, равной 4,0 кг; б – свыше нагрузки, равной 4,0 кг

График на рис. 2а свидетельствует о том, что увеличение температуры в узле линейно зависит от нагрузки на вал двигателя. При этом значения температуры узла трения, определенные экспериментальным методом, отличаются от значений температур узла трения, определенных расчетным методом, на 5,48 %:

$$\delta = \frac{k_{\text{э}} - k_{\text{р}}}{k_{\text{р}}} \cdot 100\% = \frac{|35,72 - 37,79|}{37,79} \cdot 100\% = 5,48\%, \quad (7)$$

где  $k_{\text{э}}$  – тангенс угла между положительным направлением оси абсцисс и прямой  $f = t_{\text{п.с.э}}(N)$ ;  $k_{\text{р}}$  – тангенс угла между положительным направлением оси абсцисс и прямой  $f = t_{\text{п.с.р}}(N)$ .

При нагрузке свыше 4 кг, происходило снижение числа оборотов вала из-за недостаточной мощности выбранного электродвигателя и, как видно из рис. 2б, температура на поверхности трения начинает снижаться. Следовательно, дальнейшее увеличение нагрузки нецелесообразно при нынешней конфигурации лабораторной установки.

### Заключение

Таким образом, полученные экспериментальные данные температур узла трения, определенных на лабораторной установке, подтверждают значения температур узла трения, определенных расчетным методом. Статистическими методами доказано, что данная установка может быть использована для корректного моделирования процессов нагрева трущихся элементов узла трения до нагрузки равной 4,0 кг. Максимальная температура на поверхности узла трения достигла значения 171,4 °С.

Такая температура может привести к самонагреванию пористого вещества и к его дальнейшему тлению или пламенному горению, например, хлопка (температура самонагревания составляет 60 °С) [7], древесных опилок [8], бумаги (температура самонагревания составляет 100 °С) [7] и других веществ.

Из всех испытуемых пластичных смазок наиболее эффективной оказалась «Литол-24». При увеличении нагрузки на вал двигателя, температура на поверхности трения не превышала 36,4 °С.

Таким образом, для обеспечения пожарной безопасности технологических процессов, в которых имеются узлы машин и меха-



низмов, необходимо соблюдать такие меры, как: недопущение перегрузки машин; правильный подбор смазочных материалов; использование качественных смазочных материалов, с

соблюдением их срока годности; соблюдение режима охлаждения в узле трения; осуществление, при необходимости, принудительного охлаждения.

### Список литературы

1. Пожарная безопасность технологических процессов: учебник. 2-е изд., испр. и доп. / С. А. Швырков, С. А. Горячев, Л. Т. Панасевич [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. 426 с.

2. Дмитриук Г. Н., Пясик И. Б.. Надежность механических систем. М.: Машиностроение, 1966. 184 с.

3. Пожарная безопасность технологических процессов. Ч. 2. Анализ пожарной опасности и защиты технологического оборудования: учебник / С. А. Горячев, С. В. Молчанов, В. П. Назаров [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. 221 с.

4. Пожарная безопасность: учебник / В. А. Пучков, Ш. Ш. Дагиров, А. В. Агафонов [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. 877 с.

5. Трояк Е. Ю. Формирование готовности курсантов МЧС России к научно-исследовательской деятельности в процессе профессиональной подготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. Красноярск, 2020. 194 с.

6. Крагельский И. В., Виноградова И. Э. Коэффициенты трения. М.: МАШГИЗ, 1962. 112 с.

7. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное издание: в 2 книгах / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук [и др.]. М.: Химия, 1990. 496 с.

8. Корольченко А. Я. Пожаровзрывоопасность процессов сушки. М.: Стройиздат, 1987. 159 с.

book. 2nd ed., rev. and additional] S. A. Shvyrkov, S. A. Goryachev, L. T. Panasevich [et al.]. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2020. 426 p.

2. Dmitryuk G. N., Pyasik I. B. *Nadezhnost' mekhanicheskikh sistem* [Reliability of mechanical systems]. Moscow: Mashinostroenie, 1966. 184 p.

3. *Pozharnaya bezopasnost' tekhnologicheskikh protsessov. Ch. 2. Analiz pozharnoy opasnosti i zashchity tekhnologicheskogo oborudovaniya: uchebnik* [Fire safety of technological processes. Part 2. Analysis of fire hazard and protection of technological equipment: textbook]. S. A. Goryachev, S. V. Molchanov, V. P. Nazarov [et al.]. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2007. 221 p.

4. *Pozharnaya bezopasnost': uchebnik* [Fire safety: textbook] V. A. Puchkov, Sh. Sh. Dagirov, A. V. Agafonov [et al.]. М.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2014. 877 p.

5. Troyak E. Yu. *Formirovaniye gotovnosti kursantov MCHS Rossii k nauchno-issledovatel'skoy deyatelnosti v protsesse professional'noy podgotovki*. Diss. kand. ped. nauk [Formation of the readiness of cadets of the Ministry of Emergency Situations of Russia for research activities in the process of professional training. Cand. ped. sci. diss.]. Krasnoyarsk, 2020. 194 p.

6. Kragelsky I. V., Vinogradova I. E. *Koef-fitsiyenty treniya* [Friction coefficients]. Moscow: MASHGIZ, 1962. 112 p.

7. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya: spravochnoye izdaniye: v 2 knigakh* [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of extinguishing them: a reference edition: in 2 books]. A. N. Baratov, A. Ya. Korolchenko, G. N. Kravchuk [et al.]. Moscow: Khimiya, 1990. 496 p.

8. Korolchenko A. Ya. *Pozharovzryvoopasnost' protsessov sushki* [Fire and explosion hazard of drying processes]. Moscow: Stroyizdat, 1987. 159 p.

### References

1. *Pozharnaya bezopasnost' tekhnologicheskikh protsessov: uchebnik. 2-ye izd., ispr. i dop.* [Fire safety of technological processes: text-

*Чернушевич Елена Валерьевна*

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

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры инженерно-технических экспертиз  
и криминалистики

E-mail: e.v.chernushevich@gmail.com

*Chernushevich Elena Valerievna*

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «The Siberian Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of the Ministry of Russia Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Zheleznogorsk  
candidate of technical sciences, Senior Lecturer of the Department of Engineering and Technical Expertise and Forensic Science  
E-mail: e.v.chernushevich@gmail.com

*Трояк Евгений Юрьевич*

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Российская Федерация, г. Железногорск  
кандидат педагогических наук, заместитель начальника кафедры инженерно-технических экспертиз и криминалистики  
E-mail: trev191186@gmail.com

*Troyak Evgeniy Yurievich*

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «The Siberian Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of the Ministry of Russia Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Zheleznogorsk  
candidate of pedagogical sciences, Deputy Head of the Department of Engineering and Technical Expertise and Forensic Science  
E-mail: trev191186@gmail.com

*Пожаркова Ирина Николаевна*

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Российская Федерация, г. Железногорск  
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры инженерно-технических экспертиз и криминалистики  
E-mail: pozharkova@mail.ru

*Pozharkova Irina Nikolaevna*

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «The Siberian Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of the Ministry of Russia Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Zheleznogorsk  
candidate of technical sciences, associate professor, Professor of the Department of Engineering and Technical Expertise and Forensic Science  
E-mail: pozharkova@mail.ru

УДК 614.842.618

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОХЛАЖДЕНИЕ РЕЗЕРВУАРА

Н. С. ЮЛАМАНОВА<sup>1</sup>, Е. В. ПОПОВА<sup>1</sup>, ЯХИ АБДЕСЛАМ<sup>1</sup>, И. Ф. ХАФИЗОВ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
Российская Федерация, г. Уфа

<sup>2</sup> Академия наук Республики Башкортостан,  
Российская Федерация, г. Уфа

E-mail: yulamanovanursilya@gmail.com, evpopova10@yandex.ru,  
abdobac2011@hotmail.fr, ildar.hafizov@mail.ru

В статье приведены результаты исследований воздействия поверхностно-активных веществ (ПАВ), вводимых в систему орошения, на процесс охлаждения резервуаров. Описана методика эксперимента и сделаны соответствующие заключения по результатам экспериментальных исследований, представляющих научную ценность и обоснованность. Приведены рекомендации по использованию нужной концентрации ПАВ для достижения наиболее быстрого и эффективного охлаждения резервуара.

**Ключевые слова:** охлаждение резервуара, системы орошения, поверхностно-активные вещества, установки охлаждения, тепловая защита, защита резервуара.

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE ADDITION OF SURFACTANTS ON THE COOLING OF THE TANK

N. S. YULAMANOVA<sup>1</sup>, E. V. POPOVA<sup>1</sup>, YAKHI ABDESLAM<sup>1</sup>, I. F. HAFIZOV<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ufa State Petroleum Technological University (USPTU),  
Russian Federation, Ufa

<sup>2</sup> Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan,  
Russian Federation, Ufa

E-mail: yulamanovanursilya@gmail.com, evpopova10@yandex.ru,  
abdobac2011@hotmail.fr, ildar.hafizov@mail.ru

The article examines the effect of surfactants introduced into the irrigation system on the cooling process of tanks. The experimental methodology is described and appropriate conclusions are made based on the results of experimental studies of scientific value and validity. Recommendations are given on the use of the desired concentration of surfactants to achieve the fastest and most efficient cooling of the tank.

**Key words:** tank cooling, irrigation systems, surfactants, cooling units, thermal protection, tank protection.

### Введение

Исследование эффективности охлаждения резервуаров является на сегодняшний день актуальной задачей. По статистике большое количество пожаров по России и по миру происходят именно в резервуарных парках нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих объектов, имеющих особую роль в инфраструктуре и экономике страны. В результате пожаров наносится экологический вред окружающей среде, предприятия несут материальные затраты [1].

При возникновении пожара в одном из резервуаров на территории, есть большой риск возгорания и соседних из-за огромного потока тепловой энергии горящего резервуара, при этом будет иметь место так называемый каскадный пожар. Этот наиболее опасный сценарий развития пожара, сопровождающийся переходом пожара на другие соседние резервуары и ухудшающий общий фон развития чрезвычайной ситуации, принято называть «эффектом домино».

Для предотвращения «эффекта домино», необходимо выполнять мероприятия по снижению теплового обмена между резервуарами, то есть защитить от конвективного и лучистого теплообмена соседний резервуар. Это осуществляется охлаждением соседних резервуаров по длине полуокружности [2].

Охлаждение является обязательным и предусматривает два способа: стационарную установку и передвижную технику. Стационарная система охлаждения должна иметь стационарную установку охлаждения, состоящую из кольца орошения. Кольцевая система орошения имеет 4 части и находится в верхней части стенки резервуара [3, 4].

Однако, вода, как охлаждающее вещество, имеет высокий коэффициент поверхностного натяжения, что приводит к замедлению процесса охлаждения. Поэтому необходимо найти такие способы уменьшения времени охлаждения, чтобы можно было справиться с поставленной задачей быстрее.

В последние годы проводятся научные исследования и опыты по использованию поверхностно-активных веществ в области пожаротушения. Для изучения данной проблемы, нами были проведены эмпирические опыты по выявлению их эффективности при охлаждении [5].

**Цель исследования** – оценка воздействия поверхностно-активных веществ (ПАВ) в составе воды системы орошения резервуаров в резервуарных парках на скорость процесса охлаждения.

Несмотря на актуальность темы, проблема не изучена полностью. Поэтому рассмотрение вопросов об усовершенствовании методов защиты резервуаров от теплового

воздействия добавлением поверхностно-активных веществ в систему орошения имеет обоснованную научную новизну.

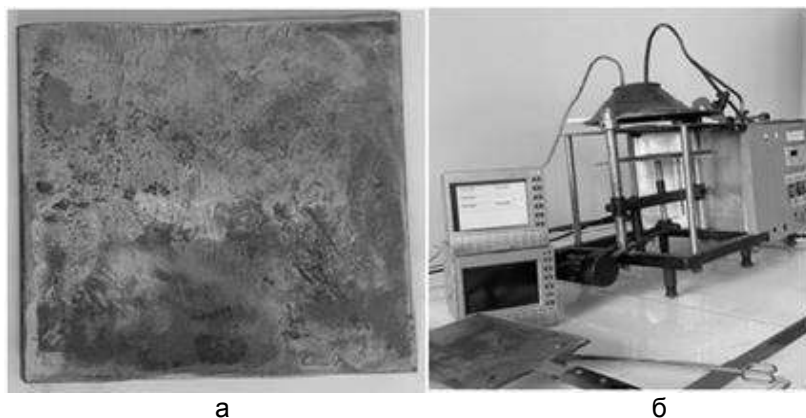
### Материалы и результаты исследования

В качестве объекта исследования выбрали резервуары. В опытной установке использовали имитаторы стенок резервуаров – стальные пластины. В ходе исследования и эмпирических опытов были получены оптимальные концентрации добавочного состава для тепловой защиты резервуаров. В качестве веществ, уменьшающих поверхностное натяжение технической воды, использовали различные поверхностно-активные вещества [6].

При попадании на горячую поверхность стали, вода вскипает и образует паровую прослойку, тем самым снижает теплосъем, в результате чего увеличивается время охлаждения, тратится большое количество воды. Добавление поверхностно-активных веществ, благодаря уменьшению поверхностного натяжения воды, исключает данный недостаток. Также наличие ПАВ влияет и на теплопередачу, поскольку изменение поверхностного натяжения изменяет диаметр отслоения пузырьков, особенно при кипении [7, 9].

Ниже описана методика проведения исследования по выявлению влияния состава жидкости (с поверхностно-активными веществами) на устойчивость стали в процессе теплопередачи.

В качестве материала для стенок резервуара выбиралась чистая углеродистая сталь марки 3сп толщиной в 5 см (рис.1а). Для имитации процесса нагрева стенок резервуара, использовалась установка для определения воспламеняемости материалов (рис. 1б).



**Рис. 1.** Процесс теплового воздействия:  
а – образец стали;  
б – установка для нагрева

Данная установка служит источником тепловой энергии, способная нагреть сталь до характерных во время пожара высоких температур. Образец стали помещался под горелку и нагревался до нужных температур. Темпера-

тура нагрева проверялась тепловизионной камерой «Dräger UCF 9000», имеющей высокий класс точности. Так же контроль температуры осуществлялся устройством измерения температуры. После нагрева стали, ровно в тот мо-

мент, когда температура составляла 400°C, отсчитывался обратный процесс – процесс охлаждения. Фиксировали температуру с шагом в одну секунду [8].

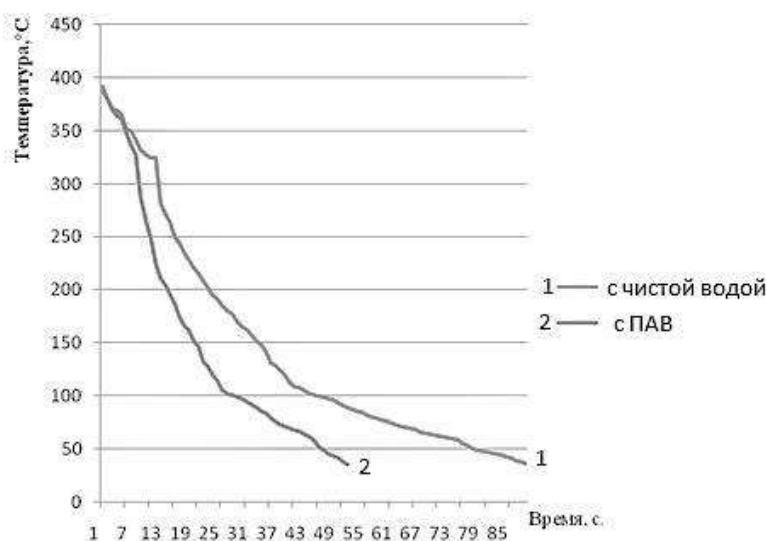
На первом этапе испытания проводились с чистой водой. Поток воды направлялся строго в одну выбранную точку, а замер температуры проводили в трех заранее помеченных точках со стороны нагрева и с обратной стороны образца, с учетом того факта, что сталь имеет различную температуру в разных точках. Таким образом проверяли разницу в скорости снижения температуры.

При охлаждении чистой водой наблюдались следующие зависимости: снижение температуры происходило достаточно стабильно без резких скачков. Кроме этого, необходимо отметить, что во всех рассмотренных точках, когда температура стали достигала значения 100°C, процесс сильно замедлялся и температура продолжала снижаться с разницей всего в несколько градусов. В точке непосредственного охлаждения, куда вода попадала напрямую, наблюдалось самое быстрое

снижение температуры. Так, эксперимент подтверждает логическое суждение: чем дальше находится точка от места воздействия охлаждающей жидкости, тем медленнее она остывает.

Итак, по результатам всех экспериментов, проведенных с чистой водой можно сказать, что самое быстрое охлаждение составляет 3 минуты при подаче 700 мл воды в точку ее воздействия.

Далее те же этапы эксперимента осуществлялись с добавлением ПАВ. Всего подбирались три концентрации: 0,001 г/л, 0,1 г/л и 0,2 г/л на 5л воды комнатной температуры. Результаты показали, что добавление поверхностно-активных веществ резко снижает температуру. По сравнению с чистой водой, разница существенна. Самым лучшим эффектом охлаждения обладает концентрация 0,1 г/л: сталь охладилась за 2 мин 7 сек.; объем использованной воды – 500 мл. На рис. 2 представлена разница между опытами по времени охлаждения.



**Рис. 2.** Время охлаждения стали

Из зависимости видно, что при наличии в воде ПАВ, жидкость обладает большей эффективностью, что способствует быстрому охлаждению, и, соответственно, позволяет избегать лишней траты воды.

Такие положительные результаты связаны с тем, что поверхностно-активные вещества преимущественно мигрируют к границам раздела и встраиваются между молекулами воды, изменяя баланс сил на границе раздела. В результате этого равновесие нарушается и

требуется всего несколько промилле поверхностно-активного вещества, чтобы значительно изменить поверхностное натяжение. Уменьшение поверхностного натяжения позволяет улучшить теплопередачу и, следовательно, способствует охлаждению металла.

Таким образом, при добавлении поверхностно-активных веществ даже при очень низких концентрациях, происходит изменение поверхностного натяжения и улучшение охлаждающей способности воды.

## Список литературы

1. Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007–2016 гг. / А. В. Краснов, З. Х. Садыкова, Д. Ю. Пережогин [и др.] // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2017. № 6. С. 179–191.

2. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева, М. П. Миронов [и др.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 272 с.

3. Федюшкин К. Г., Карапузов И. А. Повышение эффективности эксплуатации резервуаров // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 14. С. 524–534.

4. Керимов У. А. Анализ влияния охлаждения стенок резервуаров струями воды на процесс горения и тушения легковоспламеняющихся жидкостей при низких температурах окружающей среды // Проблемы науки. 2017. № 2. С. 34–38.

5. Liberman M.W., E. J. Pollauf, A. J. J. McHugh. Shear – induced structure formation in solutions of drag reducing polymers. Non – Newton. Fluid Mech. 2003. № 2. pp. 193–208.

6. Яхи А., Хафизов Ф. Ш., Попова Е. В. Численное исследование поверхностного натяжения при зародышеобразовании кипения. Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли: сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2019. С. 167–168.

7. Милова А. М., Апарина М. И. Моделирование кипения свободной воды при пожаре // Современные концепции научных исследований. 2015. С. 271–273.

8. Бурлака Б. К., Попова Е. В., Хафизов Ф. Ш. Усовершенствование системы охлаждения резервуаров. В сборнике: Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2020. С. 303–305.

9. Research on the thermal impact on steel structures of tanks in case of fire / E. V. Popova, F. Sh. Khafizov, G. M. Gritsay [et al.]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022. DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032066.

## References

1. Statistika chrezvychajnyh proisshestvij na ob'ektah neftepererabatyvayushchej i neftehimicheskoj promyshlennosti za 2007-2016 gg.

[Statistics of emergency incidents at the facilities of the oil refining and petrochemical promyshlennosti za 2007-2016 gg.] / A. V. Krasnov, Z. H. Sadykova, D. Yu. Perezhogin [et al.]. Setevoe izdanie «Neftegazovoe delo». 2017, issue 6, pp. 179–191.

2. Fiziko-himicheskie osnovy razvitiya i tusheniya pozharov [Physico-chemical foundations of fire development and extinguishing] / V. F. Markov, L. N. Maskayeva, M. P. Mironov [et al.]. Yekaterinburg: UrO RAN, 2011, 272 p.

3. Fedyushkin K.G., Karapuzov I.A. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii rezervuarov [Improving the efficiency of tank operation]. *Innovacii. Nauka. Obrazovanie*. 2020, issue 14, pp. 524–534.

4. Kerimov U.A. Analiz vliyaniya ohlazhdeniya stенок rezervuarov struyami vody na process gorenija i tusheniya legkovosplamenyayushchih zhidkostej pri nizkih temperaturah okruzhayushchej sredy [Analysis of the effect of cooling the walls of tanks with water jets on the process of gorenje and extinguishing flammable liquids at low ambient temperatures] // *Problemy nauki*. 201, issue 2, pp. 34–38.

5. Liberman M.W., E. J. Pollauf, A. J. J. McHugh. Shear – induced structure formation in solutions of drag reducing polymers. Non – Newton. Fluid Mech. 2003. № 2. pp. 193–208.

6. Yakhi A., Hafizov F. Sh., Popova E. V. Chislennoe issledovanie poverhnostnogo natyazheniya pri zarodysheobrazovanii kipeniya [Numerical study of surface tension during nucleation of boiling]. *Aktual'nye problemy i tendencii razvitiya tekhnosfernoj bezopasnosti v neftegazovoj otrasli: sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Ufa: Ufimskij gosudarstvennyj neftyanoj tekhnicheskij universitet, 2019, pp. 167–168.

7. Milova A. M., Aparina M. I. Modelirovanie kipeniya svobodnoj vody pri pozhare [Simulation of free water boiling in case of fire ]. *Sovremennye koncepcii nauchnyh issledovanij*, 2015, pp. 271–273.

8. Burlaka B.K., Popova E.V., Hafizov F.Sh. Usovershenstvovanie sistemy ohlazhdeniya rezervuarov. [Improvement of the tank cooling system]. *V sbornike: Aktual'nye problemy i tendencii razvitiya tekhnosfernoj bezopasnosti v neftegazovoj otrasli. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. 2020, pp. 303–305.

9. Research on the thermal impact on steel structures of tanks in case of fire / E. V. Popova, F. Sh. Khafizov, G. M. Gritsay [et al.]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022. DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032066.

*Юламанова Нурсиля Сабировна*

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
Российская Федерация, г. Уфа  
Магистрант кафедры «Пожарная и промышленная безопасность»  
E-mail: yulamanovanursilya@gmail.com  
*Yulamanova Nursilya Sabirovna*  
Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)  
Russian Federation, Ufa  
master's student of the Department «Fire and Industrial Safety»  
E-mail: yulamanovanursilya@gmail.com

*Попова Елена Викторовна*

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
Российская Федерация, г. Уфа  
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность»,  
E-mail: evpopova10@yandex.ru  
*Popova Elena Victorovna*  
Ufa State Petroleum Technological University (USPTU),  
Russian Federation, Ufa  
Candidate of of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Fire and Industrial Safety»,  
E-mail: evpopova10@yandex.ru

*Яхи Абдеслам*

Уфимский государственный нефтяной технический университет;  
Российская Федерация, г. Уфа  
аспирант кафедры «Пожарная и промышленная безопасность»  
E-mail: abdobac2011@hotmail.fr  
*Yakhi Abdeslam*  
Ufa State Petroleum Technological University (USPTU),  
Russian Federation, Ufa  
postgraduate student of the department «Fire and Industrial Safety»  
E-mail: abdobac2011@hotmail.fr

*Хафизов Ильдар Фанилевич*

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
Российская Федерация, г. Уфа  
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Пожарная и промышленная безопасность»;  
Академия наук Республики Башкортостан,  
Российская Федерация, г. Уфа,  
профессор отделения наук о Земле и нефтегазовых технологий  
E-mail: ildar.hafizov@mail.ru  
*Khafizov Ildar Fanilevich*  
Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department «Fire and Industrial Safety»,  
Russian Federation, Ufa  
Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan,  
Professor of the Department of Earth Sciences and Oil and Gas Technologies,  
Russian Federation, Ufa  
E-mail: ildar.hafizov@mail.ru

---

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

УДК 691.328.1

**САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ БЕТОНОВ  
МОДИФИЦИРОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫМИ БАКТЕРИЯМИ**

**В. Е. РУМЯНЦЕВА<sup>1,2</sup>, И. В. КРАСИЛЬНИКОВ<sup>2,3</sup>, М. В. ТАНИЧЕВ<sup>2</sup>,  
И. А. КРАСИЛЬНИКОВА<sup>4</sup>, Ф. Т. ШАКИРОВ<sup>2,5</sup>**

<sup>1</sup> Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Российская Федерация, г. Иваново

<sup>2</sup> Ивановский государственный политехнический университет, Российская Федерация, г. Иваново

<sup>3</sup> Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН, Российская Федерация, г. Москва

<sup>4</sup> Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых, Российская Федерация, г. Владимир

<sup>5</sup> ООО «Геопроект», Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: varrym@gmail.com, korasb@mail.ru, maxt\_ivanovo@mail.ru,  
irinanebukina@rambler.ru, shakirov-f.t@yandex.ru

В работе рассмотрена актуальная проблема – устранение трещин, возникших на различных этапах жизненного цикла, в железобетонных конструкциях. После затвердевания бетонной смеси в капиллярно-пористой структуре бетона имеются некоторые собственные резервы для восстановления физико-химического равновесия минералов цементного камня. Показано, что воздействовать на самовосстанавливающиеся свойства бетонов можно, модифицировав бетонную смесь алкалофильными видами бактерий рода бацилл *Bacillus subtilis* (палочковидные бактерии, образующие внутриклеточные споры) с использованием в качестве питательной среды кальциевой соли молочной кислоты. Жизнедеятельность бактерий в бетоне обеспечивается необходимой концентрацией питательных химических соединений, кислородом и водой. Появление трещины размером 0,05...0,15 мм гарантированно обеспечит необходимый доступ кислорода. Технологически управление технологией самовосстановления бетона возможно реализовать, опираясь на воду, и необходимо исследовать процессы переноса воды в капиллярно-пористой структуре бетона. Приведена система дифференциальных уравнений взаимосвязанного нестационарного тепломассопереноса, решение которой позволит, как точно спрогнозировать распределение влаги по толщине конструкции, так и рассчитать температурные поля. В заключение описаны перспективы технологии самовосстановления бетонов модифицированием специальными бактериями и определены рекомендации для дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** долговечность, железобетон, самовосстановление, тепломассоперенос, бактерии, анабиоз.

**SELF-HEALING OF CONCRETE BY MODIFICATION WITH SPECIAL BACTERIA**

**V. E. RUMYANTSEVA<sup>1,2</sup>, I. V. KRASILNIKOV<sup>2,3</sup>, M. V. TANICHEV<sup>2</sup>,  
I. A. KRASILNIKOVA<sup>4</sup>, F. T. SHAKIROV<sup>2,5</sup>**

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> Ivanovo State Polytechnic University, Russian Federation, Ivanovo

<sup>3</sup> Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN, Russian Federation, Moscow

<sup>4</sup> Vladimir State University, Russian Federation, Vladimir

<sup>5</sup> ООО «Геопроект», Russian Federation, Ivanovo

E-mail: varrym@gmail.com, korasb@mail.ru, maxt\_ivanovo@mail.ru, irinanebukina@rambler.ru,  
shakirov-f.t@yandex.ru



The paper considers an urgent problem – the elimination of cracks in reinforced concrete structures that have arisen at various stages of the life cycle of the structure. After the concrete mixture solidifies, the capillary-porous structure of concrete has some reserves of its own to restore the physico-chemical equilibrium of cement stone minerals. It is shown that it is possible to influence the self-healing properties of concrete by modifying the concrete mixture with alkalophilic bacterial species of the genus *Bacillus* *Bacillus subtilis* (rod-shaped bacteria that form intracellular spores), using the calcium salt of lactic acid as a nutrient medium. The vital activity of bacteria in concrete is ensured by the necessary concentration of nutrient chemical compounds, oxygen and water. The appearance of a crack with a size of 0.05 ...0.15 mm is guaranteed to provide the necessary oxygen access. Technologically, the management of the technology of self-healing of concrete is possible relying on water and it is necessary to investigate the processes of water transfer in the capillary porous structure of concrete. A system of differential equations of interconnected non-stationary heat and mass transfer is presented, the solution of which will allow accurately predicting both the distribution of moisture over the thickness of the structure and calculating temperature fields. In conclusion, the prospects of the technology of self-healing of concrete by modification with special bacteria are described and recommendations for further research are identified.

**Key words:** durability, reinforced concrete, self-healing, heat and mass transfer, bacteria, suspended animation.

В современной строительной индустрии наиболее распространённым конструкционным материалом является бетон в различных вариациях (обычный или специальный, тяжёлый или лёгкий, мелко- или крупнозернистый, пористый или плотный и т.д. и т.п.), применяемый при строительстве и реконструкции различных объектов промышленного и гражданского строительства, в том числе гидротехнических, энергетических и санитарно-технических сооружениях, эксплуатируемых в самых различных условиях [1].

Общераспространённость бетона обеспечена в значительной степени возможностью формирования сборных и монолитных железобетонных элементов разнообразными геометрическими конфигурациями; хорошая, по сравнению с металлом, коррозионная стойкость, что позволяет применять железобетонные конструкции в подземных и подводных частях строительного объекта; высокие значения показателя прочности (особенно при сжатии), огнестойкости, сейсмостойкости, при этом себестоимость изготовления конструкций из бетона ниже, чем из альтернативных материалов.

Несущие конструкции, изготовленные из бетона и железобетона, должны быть безопасны на всех этапах жизненного цикла строительного объекта, поэтому активно ведутся исследования и усовершенствования, наращивающие эффективность использования бетонных смесей, увеличение долговечности, а также сокращение трудоёмкости производства работ путём введения в его состав различных модификаций и добавок.

Неоспоримым фактом является то, что после набора бетоном проектной прочности гидратация минералов цементного клинкера не

завершается; оставшиеся ядра цементных зёрен в цементном камне сохраняются длительное время [2]. В дальнейшем они могут повышать прочность цементного камня и(или) восполнять утраченное при коррозии бетона содержание структурных веществ цементного камня. Кроме этого, немаловажным является тот факт, что раствор гидроксида кальция, который необходим в больших концентрациях для поддержания стабильного существования высокоосновных соединений цементного камня, находится в капиллярно-пористой структуре бетона в перенасыщенном состоянии, что также является своеобразной самостраховкой бетона. Результаты теоретических и экспериментальных исследований о мощности внутреннего объемного дополнительного выделения «свободного гидроксида кальция» при жидкостной коррозии бетона, восполняющего потери массы при диффузии и химических реакциях, показаны в работах научной школы академика РААСН С. В. Федосова [3–6].

Различные факторы, сопровождающие конструкцию на различных этапах жизненного цикла, провоцируют появление в бетоне трещин, что является одной из самых серьёзных проблем. Трещины в бетоне ослабляют поперечное сечение конструкции, а также значительно ускоряют продвижение воды с растворенными в ней агрессивными веществами, запуская тем самым деструктивные электрохимические реакции на поверхности стальной арматуры.

Чаще всего трещины появляются в результате колебаний температур (циклов замораживания-оттаивания), усадки на стадии твердения и набора прочности (это может быть вызвано, например, неправильным выбором режима ухода за свежееуложенным бетоном),

действия экстремальных нагрузок (например, нагрузки от подвижного состава, воспринимаемые пролётными строениями мостов) и других воздействий окружающей среды.

Одним из способов модифицирования бетона является введение в его состав специальных бактерий, которые активизируются при появлении трещин и начинают производить вещества, заполняющие трещины. Таким образом, бетон способен сам себя восстанавливать без вмешательства человека, что значительно увеличивает срок службы конструкции, а также уменьшает стоимость и трудоёмкость ремонта [7].

Созданием такого вида бетона занимались и продолжают заниматься многие исследователи – как отечественные, так и зарубежные. Значительный вклад в эти исследования внесли голландские учёные под руководством Х. Джонкерса [8, 9]. Основной задачей учёных стал поиск бактерий, которые бы смогли выжить и сохранить способность к активной жизнедеятельности внутри бетонной конструкции на протяжении срока её эксплуатации.

Приспособиться к таким условиям смогли алкалофильные виды бактерий рода бацилл *Bacillus subtilis* (палочковидные бактерии, образующие внутриклеточные споры). Показано, что оптимальной питательной средой для бактерий данного вида, с учетом их жизнедеятельности в капиллярно-пористой структуре бетона, является кальций молочнокислый, имеющий широкое применение в пищевой промышленности. Кальций молочнокислый легко растворим в воде [8]. Имеются данные, свидетельствующие о снижении прочностных характеристик конструкции [8] при неконтролируемом размножении микроорганизмов.

При модифицировании бетона бактериями, необходимо обеспечить временную защиту бактерий и питательной среды. Данная проблема решена применением капсул из био-разлагаемого пластика, в которые помещаются бактерии и питательная среда. После пробуждения бактерий, при их питании молочнокислым кальцием, продуктом их жизнедеятельности будет известь (карбонат кальция). Образовавшаяся известь будет постепенно заполнять образованные ранее трещины. Литературные источники показывают, что процесс затвердевания геля протекает в течение недели.

Модифицирование бетона бактериями позволило «залечить» трещины размером до 0,5 мм. Х. Джонкерс, предполагает, что бактерии, помещенные в капсулы, могут находиться в анабиозе до 200 лет, пробуждаясь при попадании влаги, что значительно увеличивает срок службы бетона [8].

Анализ литературных данных позволяет сделать вывод, что самовосстанавливающийся бетон – очень важное и перспективное направление развития, так как на данный момент на обслуживание различных бетонных конструкций тратится колоссальное количество ресурсов.

Применение самовосстанавливающегося бетона имеет большие перспективы в транспортном строительстве, а именно при возведении и эксплуатации мостовых сооружений. Трещины с небольшой шириной раскрытия не всегда могут быть своевременно обнаружены, и с момента их возникновения до выполнения ремонта соответствующий конструктивный элемент (опора, пролётное строение или элементы мостового полотна) будет подвержен просачиванию воды внутрь него. Это может усугубляться попеременным замораживанием и оттаиванием, а также наличием агрессивных сред – растворённых в воде солей, используемых в качестве противогололёдных реагентов. Ремонт конструктивного элемента с трещиной часто осложняется её труднодоступностью (например, промежуточная опора в русловой части реки, пролётное строение в средней части пролёта). Всё это негативным образом сказывается на сроках ремонта трещин, что в свою очередь приводит к накоплению повреждений и к необходимости проведения большего объёма ремонтных работ. Внедрение технологии самовосстанавливающегося бетона поможет устранить эту проблему, а в результате снизить эксплуатационные расходы либо в рамках имеющихся средств выполнить ремонтные работы на большем числе искусственных сооружений за строительный сезон.

Аналогичная проблема, по мнению авторов [10], весьма остро стоит и в промышленных и гражданских технически сложных зданиях и сооружениях. На такие здания воздействуют существенные нагрузки и иногда прочие окружающие факторы, неблагоприятно сказывающиеся на прочности и долговечности. Использование подобных технологий может существенно снизить расходы, увеличить полезный срок эксплуатации таких конструкций.

Анализ научной литературы по модифицированию бетона введением специальных бактерий показал, что для процесса самовосстановления требуются следующие обстоятельства [7–10]:

- обеспечены необходимые концентрации питательной среды, которой являются соединения карбонат- и бикарбонат-ионов и растворённых свободных ионов кальция;
- ширина раскрытия трещины не превышает 0,15 мм, но следует учитывать, что

наиболее эффективна реализация технологии самовосстановления бетона бактериями при размерах трещин до 0,05 мм;

– бактериям предоставлен доступ к кислороду;

– необходимо обеспечить определённый во времени контакт воды и капсул.

Отметим, что обеспечение необходимых концентраций химических соединений выполняется на стадии изготовления бетона, а появление самой трещины размером 0,05...0,15 мм гарантированно обеспечит необходимый доступ кислорода [8]. Следовательно, технологически управление технологией самовосстановления структуры бетона возможно реализовать, опираясь на воду, т.е. необходимо исследовать процессы переноса воды в капиллярно-пористой структуре бетона. При этом важно учитывать, что в бетоне жидкость может перемещаться не только за счёт потенциалов влагопереноса, но и посредством термодиффузии.

Моделирование переноса воды в капиллярно-пористой структуре бетона является сложной многофакторной задачей, достоверное решение которой можно получить, опираясь на теорию тепломассопереноса и её математическое представление, в форме системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих нестационарные взаимосвязанные явления тепло- и массопереноса в структуре капиллярно-пористых тел с различными условиями на границах взаимодействия конструкции с окружающей их средой. Система таких уравнений получена академиком А. В. Лыковым и традиционно записывается в виде [11,12]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a_q \nabla^2 t + \varepsilon r \frac{c_m}{c_q} \frac{\partial \Theta}{\partial \tau}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} = a_m \nabla^2 \Theta + a_m \delta_T \nabla^2 t; \quad (2)$$

$$-\lambda_q (\nabla t)_n + q_q(\tau) - (1 - \varepsilon) r q_m(\tau) = 0; \quad (3)$$

$$\lambda_m (\nabla \Theta)_n + \lambda_m \delta_T (\nabla t)_n + q_m(\tau) = 0; \quad (4)$$

$$q_q(\tau) = \alpha_q (t_c - t_n); \quad (5)$$

$$q_m(\tau) = \alpha_m (\Theta_n - \Theta_c). \quad (6)$$

В уравнениях (1)–(6) приняты следующие обозначения:  $\Theta$  – потенциал переноса массы вещества (влаги);  $t$  – температура;

$\tau$  – время;  $\lambda_q, \lambda_m$  – коэффициенты тепло- и массопроводности;  $\alpha_q, \alpha_m$  – коэффициенты теплообмена и массообмена;  $a_q, a_m$  – коэффициенты температуро- и потенциалопроводности;  $\delta_T$  – термоградиентный коэффициент, отнесённый к разности влагосодержаний;  $r$  – удельная теплота фазового перехода;  $\varepsilon$  – критерий фазового перехода;  $c_q$  – удельная теплоёмкость;  $c_m$  – удельная массовая теплоёмкость;  $\lambda_p$  – коэффициент молярного переноса;  $q_q$  – плотность потока тепла,  $q_m$  – плотность потока массы вещества.

Показанная выше система уравнений позволит как точно спрогнозировать распределение влаги по толщине конструкции, так и рассчитать температурные поля. Граничные условия (3) и (4) дают возможность учитывать различные способы увлажнения (жидкой и газообразной водой) на поверхности конструкции. Опираясь на совокупность уравнений (1)–(6), можно управлять запуском процесса самовосстановления конструкции при модифицировании бетона введением специальных бактерий.

Уравнения (1)–(3) приведены нами в линейной форме, т.е. при допущении неизменности коэффициентов тепло- и потенциалопереноса. Несмотря на принятые упрощения, моделирование переноса воды в капиллярно-пористой структуре бетона остается сложной задачей, так как в системе процесс регулируют 15 различных коэффициентов. На современном этапе развития науки решению данного ряда задач способствует развитие методов математической физики и численные методы решения дифференциальных уравнений.

В условиях развития цифровых технологий наиболее точным и высокоперспективным является сочетание аналитических и численных методов анализа [13, 14]. Одним из таких методов является метод «микропроцессов» [15], положительно зарекомендовавший себя при решении дифференциальных уравнений нестационарного тепломассобаропереноса и инженерных методов расчёта для сушки, обжига, плазменной металлизации строительных материалов и тепловлажностной обработки железобетонных конструкций [16].

Данный метод расчета предполагает мнимую дискретизацию во времени непрерывного процесса взаимодействия конструкции с окружающей средой. На каждом дискретном временном интервале расчета («микропроцессе») параметры среды и конструкции условно считаются постоянными. При переходе от одного временного интервала к другому численные значения параметров тепломассопереноса изменяются. Каждый временной интервал имеет аналитическое решение, с неравномер-

ным начальным условием, полученным из аналитического решения предыдущего интервала. Данный подход позволяет упростить решение системы нелинейных дифференциальных уравнений взаимосвязанного нестационарного теплопереноса в том числе и для переноса воды в капиллярно-пористой структуре бетона при управлении технологией самовосстановления структуры бетона.

В заключение отметим, что технология применения бактерий, производящих карбонат кальция, требует дальнейшего широкого изучения. Данные технологии должны быть полностью безопасными для человека. Помещённые в бетонную смесь бактерии должны быть способны переживать не только условия жизни в щелочной среде бетона, но и иметь иммунитет ко всем другим окружающим факторам (например, подводные сооружения; экстремально высокие и низкие температуры; агрессивные вещества, содержащиеся в окружаю-

щей конструкции среде различных промышленных зданий). Наличие бактерий в структуре бетона не должно провоцировать коллизии с другими элементами железобетонной конструкции (должно быть исключено негативное воздействие на арматуру питательной среды и продуктов жизнедеятельности бактерий). Все эти и другие факторы необходимо учитывать и разрабатывать наиболее оптимальное решение. Анализ научной литературы по данной теме показывает наличие некоторого материала, позволившего подобрать оптимальные средства для поддержания анабиоза бактерий и рациональные питательные вещества, установить средства управления жизнедеятельностью бактерий, помещённых в структуру бетона, что в совокупности позволяет внедрять способ самовосстановления конструкции при модифицировании бетона введением специальных бактерий для устранения трещин без снижения прочностных свойств бетона.

### Список литературы

1. О концепции развития нормативно-технической базы строительных объектов в период их эксплуатации / В. И. Травуш, В. В. Гурьев, А. Н. Дмитриев [и др.] // *Academia. Архитектура и строительство*. 2021. № 1. С. 121–133.
2. Каприелов С. С., Гольденберг А. Л., Тамразян А. Г. О самозалечивании высокопрочного бетона, подвергнутого деструкции при циклическом замораживании // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2017. № 5 (371). С. 56–61.
3. Теоретические и экспериментальные исследования процессов коррозии первого вида цементных бетонов при наличии внутреннего источника массы / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 44–47.
4. Исследование влияния процессов массопереноса на надежность и долговечность железобетонных конструкций, эксплуатируемых в жидких агрессивных средах / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 52–57.
5. Исследование диффузионных процессов массопереноса при жидкостной коррозии первого вида цементных бетонов / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология*. 2015. Т. 58. № 1. С. 99–104.
6. Formulation of mathematical problem describing physical and chemical processes at concrete corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2017, vol. 13, issue 2, pp. 45–49.
7. Разработка эффективных составов бетонов для конструкций плит проезжей части сталежелезобетонных пролетных строений / Б. А. Бондарев, Д. А. Копалин, А. Б. Бондарев [и др.] // *Интернет-журнал «Транспортные сооружения»*, 2019, № 3, <https://t-s.today/PDF/05SAT319.pdf>. DOI: 10.15862/05SAT319
8. Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete / H. M. Jonkers, A. Thijssen, G. Muyzer [et al.]. *Ecological engineering*, 2010, vol. 3, issue 62, pp. 230–235.
9. Jonkers H. M. At two component bacteria based self-healing concrete. *Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting II*, 2009, issue 3, pp. 215–220.
10. Жукова Г. Г., Сайфулина А. И. Исследование применения самовосстанавливающегося бетона // *Construction and Geotechnics*. 2020. Т. 11, № 4. С. 58–68. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.4.05
11. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.
12. Лыков А. В. Теплообмен. М.: Энергия, 1978. 480 с.
13. 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. Krasil-

nikov [et al.]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. electronic edition. Vladivostok, 2018, pp. 042–048. DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042048

14. Селяев В. П., Селяев П. В., Хамза Е. Е. Основы теории деградации и прогнозирования долговечности железобетонных конструкций с учетом фрактального строения структуры материала // Эксперт: теория и практика. 2022. № 1 (16). С. 23–36.

15. Математическое моделирование массопереноса в системе «цементный бетон – жидкая среда», лимитируемого внутренней диффузией переносимого компонента при жидкостной коррозии первого вида / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Строительные материалы. 2021. № 7. С. 4–9.

16. Математическое моделирование нестационарного массопереноса в системе «цементный бетон-жидкая среда», лимитируемого внутренней диффузией и внешней массоотдачей / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Строительные материалы. 2022. № 1–2. С. 134–140.

### References

1. О концепции развития нормативно-технической базы строител'nyh ob#ektov v period ih jekspluatacii [About the concept of development of the regulatory and technical base of construction facilities during their operation] / V. I. Travush, V. V. Gur'ev, A. N. Dmitriev [et al.]. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*, 2021, issue 1, pp. 121–133.

2. Kaprielov S. S., Gol'denberg A. L., Tamrazjan A. G. О samozalechivanii vysokoprochnogo betona, podvergnutogo destrucii pri ciklicheskom zamorazhivanii [About self-healing of high-strength concrete subjected to destruction during cyclic freezing]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*, 2017, vol. 5 (371), pp. 56–61.

3. Teoreticheskie i jeksperimental'nye issledovaniya processov korrozii pervogo vida cementnyh betonov pri nalichii vnutrennego istochnika massy [Theoretical and experimental studies of corrosion processes of the first type of cement concretes in the presence of an internal mass source] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2013, issue 6, pp. 44–47.

4. Issledovanie vlijaniya processov massoperenosa na nadezhnost' i dolgovechnost' zhelezobetonnyh konstrukcij, jekspluatiruemyh v zhidkikh agressivnyh sredah [Investigation of the influence of mass transfer processes on the reliability and durability of reinforced concrete struc-

tures operated in liquid aggressive environments] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2017, issue 12, pp. 52–57.

5. Issledovanie diffuzionnyh processov massoperenosa pri zhidkostnoj korrozii pervogo vida cementnyh betonov [Investigation of diffusion processes of mass transfer in liquid corrosion of the first type of cement concretes] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija: Himija i himicheskaja tehnologija*, 2015, vol. 58, issue 1, pp. 99–104.

6. Formulation of mathematical problem describing physical and chemical processes at concrete corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2017, vol. 13, issue 2, pp. 45–49.

7. Razrabotka effektivnykh sostavov betonov dlya konstruktsiy plit proyezzhey chasti stalezhelezobetonnykh proletnykh stroyeniy [Development of effective compositions of concrete for the construction of slabs of the roadway of steel concrete span structures] / B. A. Bondarev, D. A. Kopolin, A. B. Bondarev [et al.]. *Internet-zhurnal «Transportnyye sooruzheniya»*, 2019, vol. 3 (6). <https://t-s.today/PDF/05SATS319.pdf>. DOI: 10.15862/05SATS319

8. Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete / H. M. Jonkers, A. Thijssen, G. Muyzer [et al.]. *Ecological engineering*, 2010, vol. 3, issue 62, pp. 230–235.

9. Jonkers H. M. At two component bacteria based self-healing concrete. *Concrete Repair. Rehabilitation and Retrofitting II*, 2009, issue 3, pp. 215–220.

10. Zhukova G. G., Saifulina A. I. Issledovaniye primeneniya samovosstanavlivayushchegosya betona [Research on the use of self-healing concrete]. *Construction and Geotechnics*. 2020, vol. 11, issue 4, pp. 58–68. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.4.05

11. Lykov A. V. *Teorija teploprovodnosti* [Theory of heat conduction]. M.: Vyssh. shk., 1967. 600 p.

12. Lykov A. B. *Teplomassoobmen* [Heat and mass transfer]. M.: Jenergiya, 1978. 480 p.

13. 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. Krasil'nikov [et al.]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. electronic edition. Vladivostok, 2018, pp. 042–048. DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042048

14. Seljaev V. P., Seljaev P. V., Hamza E. E. Osnovy teorii degradacii i prognozirovaniya dolgovечnosti zhelezobetonnyh konstrukcij s uchetom fraktal'nogo stroenija struktury materiala [Fundamentals of the theory of degradation and prediction of durability of reinforced concrete structures taking into account the fractal structure of the material structure]. *Jekspert: teorija i praktika*, 2022, vol. 1 (16), pp. 23–36.

15. Matematicheskoe modelirovanie masopереноса v sisteme «cementnyj beton – zhidkaja sreda», limitiruемого vnutrennej diffuziej pervogo vida [Mathematical modeling of mass transfer in the «cement concrete – liquid medium»

system, limited by internal diffusion of the transferred component during liquid corrosion of the first type] / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2021, issue 7, pp. 4–9.

16. Matematicheskoe modelirovanie nestacionarnogo massopереноса v sisteme «cementnyj beton-zhidkaja sreda», limitiruемого vnutrennej diffuziej i vneshnej massootdachej [Mathematical modeling of unsteady mass transfer in the «cement concrete-liquid medium» system, limited by internal diffusion and external mass transfer] / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2022, issue 1–2, pp. 134–140.

*Румянцева Варвара Евгеньевна*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
Ивановский государственный политехнический университет,  
Российская Федерация, г. Иваново  
Член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор  
E-mail: varrym@gmail.com

*Rumyantseva Varvara Evgenievna*

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  
Ivanovo State Polytechnic University,  
Russian Federation, Ivanovo  
Corresponding Member of the RAASN, Doctor of Technical Sciences, Professor  
E-mail: varrym@gmail.com

*Красильников Игорь Викторович*

Ивановский государственный политехнический университет,  
Российская Федерация, г. Иваново  
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН,  
Российская Федерация, г. Москва  
кандидат технических наук, доцент  
E-mail: korasb@mail.ru

*Krasilnikov Igor Viktorovich*

Ivanovo State Polytechnic University,  
Russian Federation, Ivanovo  
Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN,  
Russian Federation, Moscow  
Candidate of Technical Sciences, docent  
E-mail: korasb@mail.ru

*Таничев Максим Владимирович*

Ивановский государственный политехнический университет,  
Российская Федерация, г. Иваново  
кандидат технических наук, доцент  
E-mail: maxt\_ivanovo@mail.ru

*Tanichev Maxim Vladimirovich*

Ivanovo State Polytechnic University,  
Russian Federation, Ivanovo  
Candidate of Technical Sciences, docent  
E-mail: maxt\_ivanovo@mail.ru

*Красильникова Ирина Александровна*

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых,

Российская Федерация, г. Владимир

кандидат технических наук, доцент

E-mail: irinanebukina@rambler.ru

*Krasilnikova Irina Aleksandrovna*

Vladimir State University,

Russian Federation, Vladimir

Candidate of Technical Sciences, docent

E-mail: irinanebukina@rambler.ru

*Шакиров Федор Тальгатович*

Ивановский государственный политехнический университет,

Российская Федерация, г. Иваново

ООО «Геопроект»,

Российская Федерация, г. Иваново

директор

E-mail: shakirov-f.t@yandex.ru

*Shakirov Fedor Talgatovich*

Ivanovo State Polytechnic University,

Russian Federation, Ivanovo

ООО «Геопроект»,

Director

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: shakirov-f.t@yandex.ru

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К рассмотрению принимаются рукописи в электронном формате документа Microsoft Word (\*.doc, \*.docx). Файлы высылаются по адресу: journal@edufire37.ru

Статьи должны полностью соответствовать специальностям журнала.

Обязательно указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

В статье указывается шифр основной специальности, по которой выполнена работа.

При направлении материалов в редакцию по электронной почте в одном письме направляются:

- файл статьи в формате MS Word;
- внешняя рецензия, заверенная в установленном в организации порядке (рецензенты и авторы статей не должны находиться в должностных отношениях);
- сканированная копия сопроводительного письма.

## ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ СТАТЕЙ

### Обязательные элементы рукописи:

УДК, аннотация, ключевые слова, текст статьи.

Аннотация должна иметь объем 150–200 слов, а её содержание – отражать структуру статьи.

Минимальный объем ключевых слов – 5. Ключевые слова отделяются друг от друга точкой с запятой.

В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

### Структура размещения статьи в журнале:

- Блок 1 – на русском языке: УДК; название статьи; автор(ы); адресные данные авторов (полное юридическое название организации, адрес организации, адрес электронной почты всех или одного автора); аннотация; ключевые слова;
- Блок 2 – транслитерация и перевод на английский язык соответствующих данных Блока 1 в той же последовательности: название статьи – на английском языке; авторы – на латинице (транслитерация); название организации, адрес организации, аннотация, ключевые слова – на английском языке;
- Блок 3 – полный текст статьи на языке оригинала (русском), оформленный в соответствии с действующими требованиями Журнала;
- Блок 4 – список литературы на русском языке (название «Список литературы»);
- Блок 5 – список литературы в романском алфавите (название References). Если список литературы состоит только из англоязычных источников, то Блок 5 может отсутствовать.
- Блок 6 – сведения об авторах на русском и английском языках.

### Технические требования к оформлению

Рукописи представляются в формате А4. Объем представляемых рукописей (с учетом пробелов):

- статьи – до 20 тысяч знаков;
- обзора – до 60 тысяч знаков;
- краткого сообщения – до 10 тысяч знаков.

Оформление текста статьи:

- для набора используется шрифт Arial, размер шрифта – 10;
- отступ первой строки абзаца 1,25 см;
- все поля 2 см;
- все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом использовании;
- недопустимо использование расставленных вручную переносов.

Оформление формул, рисунков и таблиц:

• формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 или Math Type 5.0-6.0 Equation (шрифт Arial), размер шрифта – 10. Пояснения к формулам (экспликации) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Формулы нумеруют в круглых скобках по правому краю страницы;

- в тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на таблицы, рисунки, графики;

• графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Рисунки обяза-



тельно должны быть сгруппированы (т.е. не должны «разваливаться» при перемещении и форматировании);

- подрисуночные подписи размещаются по центру;
- названия рисунков даются под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Слово «Рис.» с порядковым номером пишется полужирно, название рисунка – с прописной буквы, обычным шрифтом: **Рис. 1.** Отдельные элементы дымопроницаемой мембраны в сложенном состоянии;
- если рисунок в тексте один, номер не ставится: **Рисунок.** Статистика пожаров, произошедших на различных объектах;
- подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см;
- ссылки в тексте на таблицы пишутся: «табл.», «табл. 1»;
- слово «Таблица» с порядковым номером и названием размещается по центру. Слово «Таблица» набирается курсивом, название таблицы выделяется полужирно: *Таблица 1. Экспериментальные данные по допустимым срокам непрерывной продолжительности работы в изолирующих термоагрессивостойких костюмах для пожарных;*
- единственная в статье таблица не нумеруется: *Таблица. Анализ оборудования для задачи воздушно-механической пены;*
- по возможности следует избегать использования рисунков и таблиц, размер которых требует альбомной ориентации страницы;
- поворот рисунков и таблиц в вертикальную ориентацию недопустим;
- текст статьи не должен заканчиваться таблицей, рисунком или формулой.

#### **Правила оформления списка литературы**

После текста статьи приводится список литературы, оформленный в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Источники указываются в порядке цитирования в тексте. На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте.

В список литературы включаются только научные и приравненные к ним публикации (статьи, монографии, учебные издания, патенты на изобретения, авторские свидетельства). Ссылки на нормативные документы (законы, постановления, стандарты) должны оформляться как подстрочные сноски.

В статье должны быть представлены два варианта списка использованной литературы:

– список на русском языке. Для изданий на русском языке обязательна транслитерация оригинального названия и перевод названия на английский язык (в квадратных скобках); тире, а также символ // в описании на английском языке не используются;

– список в романском алфавите (References). В References при переводе статьи на английский названия изданий и журналов не переводятся, используется транслитерация.

Для изданий на английском языке транслитерация не производится.

Если есть, обязательно указывается DOI.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ**  
**№ 2 (47), 2023**

**16+**

Дата выхода в свет 27.06.2023 г. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Формат 60 × 90 1/8. Усл. печ. л. 24,7. Тираж 100 экз.  
Заказ № 87. 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