

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
(технические и химические
науки)

Пожарная безопасность
(технические науки)

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

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

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

№ 1 (54), 2025



СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Научный журнал

Издаётся с 2011 года

Выходит 4 раза в год

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

Территория распространения — Российская Федерация, зарубежные страны.

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

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

Переписка 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:** Шарбанова Ирина Юрьевна, кандидат медицинских наук, доцент
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Федосов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, академик РААСН
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, г. Москва)
Никифоров Александр Леонидович, доктор технических наук, старший научный сотрудник
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
- Научный редактор:** Ульев Дмитрий Андреевич, кандидат технических наук, доцент,
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Члены редколлегии:

Акулова Марина Владимировна — д-р техн. наук, профессор, советник РААСН, заведующая кафедрой архитектуры и урбанистики ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

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

Барбин Николай Михайлович — д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отделения УНК ПИПАСР ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России» (Россия, г. Екатеринбург)

Баусов Алексей Михайлович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

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

Бутман Михаил Федорович — д-р физ.-мат. наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, главный научный сотрудник, профессор кафедры технологии керамики и электрохимических производств ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

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

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

Гринченко Борис Борисович — канд. техн. наук, доцент кафедры пожарно-строевой, физической подготовки и ГДЗС (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Ерофеев Владимир Трофимович — д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, профессор кафедры строительного материаловедения НИУ МГСУ (Россия, г. Москва)

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

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

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

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

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

Лазарев Александр Александрович — канд. пед. наук, канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры правового обеспечения надзорной деятельности (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Лопанов Александр Николаевич — д-р техн. наук, профессор, директор Регионального учебно-методического центра ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова» (Россия, г. Белгород)

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

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

Присадов Владимир Иванович — д-р техн. наук, профессор, академик Национальной академии наук пожарной безопасности, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, г. Балашиха)

Румянцев 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)

Семенов Алексей Олегович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

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

Степанов Сергей 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 ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (Россия, г. Москва)

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

Хафизов Ильдар Фанильевич — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры 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

Дата выхода в свет 26.03.2025 г. Формат 60х90 1/8. Усл. печ. л. 21.5. Тираж 100 экз. Заказ № 301.

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, 2025

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
FIRE SAFETY (TECHNICAL)

Богданов И. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Краснов А. А. Оценка влияния старения полимеров на изменение их пожароопасных свойств	5
Bogdanov I. A., Ulieva S. N., Nikiforov A. L., Krasnov A. A. Assessment of the effect of polymer aging on changes in their fire-hazardous properties	5
Бубнов А. Г., Сараев И. В., Семенов А. Д. Аспекты надёжности и выбора беспилотных летательных аппаратов для предупреждения и мониторинга пожаров в условиях пониженных температур	12
Bubnov A. G., Saraev I. V., Semenov A. D. Aspects of reliability and choice of unmanned aerial vehicles for fire prevention and monitoring in low temperature conditions	12
Гессе Ж. Ф., Шабунин С. А., Фролова Т. В. Исследование влияния способа обработки древесины огнезащитным составом на стойкость к огневому воздействию	27
Gesse Zh. F., Shabunin S. A., Frolova T. V. Study of the influence of the method of wood treatment by fire-protective composition on fire resistance	27
Естехин В. Г. Влияние способа транспортировки на скорость доставки огнетушителей к месту пожара на судах	35
Estehin V. G. The impact of the mode of transportation on the efficiency of delivering fire extinguishers to a fire on a ship	35
Куртов С. О., Малый В. П. Сравнительный анализ расчетно-теоретических и экспериментальных значений гидравлического сопротивления центрального патрубка пожарного трехходового разветвления	46
Kurtov S. O., Maly V. P. Comparative analysis of design-theoretical and experimental values of hydraulic resistance of the central branch of fire three-way branching	46
Маличенко В. Г., Лазарев А. А., Федотов И. Ю. Особенности подсчета индекса индивидуализации подконтрольного лица при проведении расчетов по определению категории риска объекта защиты. 55	
Malichenko V. G., Lazarev A. A., Fedotov I. Yu. Features of calculating the index of individualization of a controlled person when making calculations to determine the risk category of the object of protection	55
Мещеряков И. В. Повышение огнетушащей эффективности штатных средств подразделений гражданской обороны МЧС России при тушении пожаров класса В модифицированной (газозаполненной) пеной	64
Meshcheryakov I. V. Increasing the fire extinguishing efficiency of standard means of civil defense units of the Russian Emergencies Ministry when extinguishing class B fires with modified (gas-filled) foam	64
Мочалова Т. А., Лазарев А. А., Сторонкина О. Е. Разработка методологических основ взаимодействия надзорных органов и общественных объединений, направленных на обеспечение пожарной безопасности в торговых центрах	71
Mochalova T. A., Lazarev A. A., Storonkina O. E. Development of methodological basis for interaction between supervisory authorities and public associations aimed at ensuring fire safety in shopping centers. 71	
Сонина О. Н., Бубнов А. Г., Колбашов М. А. Основные положения регулирования и нормирования пожарной безопасности в странах Запада	78
Sonina O. N., Bubnov A. G., Kolbashov A. M. The main provisions of regulation and rationing of fire safety security in Western countries	78
Сонина О. Н., Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е. Современные подходы к нормированию показателей пожарной опасности в России и за рубежом	95
Sonina O. N., Mochalova T. A., Storonkina O. E. Modern approaches to the regulation of fire hazard indicators in Russia and abroad	95

Спиридонова В. Г., Циркина О. Г., Салихова А. Х., Чуприна О. С. Анализ методов испытаний по определению классификационных показателей пожарной опасности текстильных материалов и проблемные вопросы их применения	109
Spiridonova V. G., Tsirkina O. G., Salikhova A. Kh., Chuprina O. S. Analysis of test methods for determining classification indicators of fire hazard of textile materials and problematic issues of their application.....	109

Трояк Е. Ю., Пожаркова И. Н., Литвинская Т. А. Микроскопический анализ и исследование цветовых характеристик керна скважин подземной исследовательской лаборатории при термическом воздействии.....	124
Troyak E. Yu., Pozharkova I. N., Litvinskaya T. A. Microscopic analysis and study of the color characteristics of well cores from an underground research laboratory under thermal influence	124

Циркина О.Г., Спиридонова В.Г., Салихова А.Х., Шабунин С.А., Шварев Е.А. Актуализация справочной информации о показателях пожарной опасности текстильных материалов.....	135
Tsirkina O.G., Spiridonova V.G., Salikhova A.Kh., Shabunin S.A., Shvarev E.A. Updating reference information on fire hazard indicators of textile materials	135

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

Румянцева В. Е., Коновалова В. С., Ваганов Н. А. Особенности подбора нормативной документации по пожарной безопасности строительных материалов с помощью нейросетей	145
Rumyantseva V. E., Konovalova V. S., Vaganov N. A. Features of the selection of regulatory documentation on fire safety of building materials using neural networks	145

Скрипко И. А., Никифоров А. Л., Наконечный С. Н., Ульява С. Н. Зависимость эффективности обработок древесины от плотности разных пород древесины огнезащитными составами.....	154
Skripko I. A., Nikiforov A. L., Nakonechnyy S. N., Ulieva S. N. The dependence of the effectiveness of wood treatments on the density of different types of wood with flame retardants	154

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

Денисов И. П. Перечень критериев, влияющих на управление подразделениями пожарной охраны на пожарах в резервуарных парках хранения нефтепродуктов, вызванных современными военными средствами поражения.....	159
Denisov I. P. List of criteria affecting the management of fire protection units in case of fires in oil product storage tank farms associated with modern military means of destruction.....	159

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ) **ECOLOGICAL SAFETY (TECHNICAL AND CHEMICAL)**

Коваль Ю. Н., Кондратьева Л. В., Ефремов И. Г., Фабинский П. В., Шубин А. А. Адсорбционные свойства фосфогипса к нефтепродуктам	163
Koval Yu. N., Kondratieva L. V., Efremov I. G., Fabinskii P. V., Shubin A. A. Adsorption properties of phosphogypsum to oil products	163

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

УДК 614.841.41

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТАРЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ
НА ИЗМЕНЕНИЕ ИХ ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ**

И. А. БОГДАНОВ, С. Н. УЛЬЕВА, А. Л. НИКИФОРОВ, А. А. КРАСНОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: i.a.bogdanov@bk.ru, jivotjagina@mail.ru, anikiforoff@list.ru; krasnow.a.a@mail.ru

В статье проведен литературный обзор зарубежных исследований, посвященных влиянию старения полимеров в условиях длительной эксплуатации на их пожарную опасность. Рассмотрены работы, посвященные старению под воздействием: повышенной температуры, влаги, ультрафиолетового излучения, радиации. Проанализировано влияние процессов старения огнезащитных полимеров как на сам полимерный материал, так и на антипирены различного принципа действия.

Ключевые слова: полимеры, старение полимера, деструкция молекулы полимера, пожарная опасность

**ASSESSMENT OF THE EFFECT OF POLYMER AGING ON CHANGES
IN THEIR FIRE-HAZARDOUS PROPERTIES**

I. A. BOGDANOV, S. N. ULIEVA, A. L. NIKIFOROV, A. A. KRASNOV

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, jivotjagina@mail.ru, anikiforoff@list.ru; krasnow.a.a@mail.ru

The article provides a literary review of foreign studies on the effect of polymer aging in long-term operation on their fire hazard. The works devoted to aging under the influence of: elevated temperature, moisture, ultraviolet radiation, radiation is considered. The influence of the aging processes of fire-protected polymers on both the polymer material itself and flame retardants of various principles of action is analyzed.

Key words: polymers, polymer aging, polymer molecule destruction, fire hazard.

Полимеры представляют собой неотъемлемую часть многих отраслей промышленности и сфер применения благодаря своим уникальным свойствам. Серьезным недостатком этих материалов является их пожарная опасность. Применение антипиренов позволяет значительно повысить огнестойкость полимеров. За последние три десятилетия мировой спрос на антипирены значительно увеличился. Этот рост обусловлен расширением использования материалов на полимерной основе, а также ужесточением требований пожарной безопасности [1, 2].

Целью настоящего исследования является оценка влияния эксплуатационного старения строительных полимерных материалов на свойства, определяющие их пожарную опасность. Оценка проводилась на основании экспериментальных данных, приведенных в иностранных научных публикациях. Для достижения поставленной цели необходимо оценить воздействие негативных факторов, сопряженных с эксплуатацией.

Следует особо обратить внимание на тот факт, что в разных странах применяются разные подходы к методам оценки и выбору показателей пожарной опасности полимерных материалов. Это не позволяет провести корректное сравнение оценок показателей пожар-

ной опасности полимеров. Для достижения поставленной цели нами было проанализировано влияние эксплуатационных факторов на изменение физико-химических свойств полимера, определяющих его пожарную опасность. Под пожарной опасностью в рамках настоящей статьи следует понимать не определение и показатели, представленные в отечественных нормативных правовых актах, а совокупность физико-химических свойств, так или иначе влияющих, на: способность к воспламенению, общую горючесть, распространение пламени и токсичность продуктов горения и т.д.

Как уже было отмечено ранее – проблема пожарной опасности полимеров решается за счет использования антипиренов, повышающих их огнестойкость. Для применения антипиренов были предложены различные методы, такие как добавление антипиренов в полимеры посредством смешивания расплавов (физические методы), внедрение антипиренов в химическую структуру полимеров (сополимеризация или прививка) и нанесение слоя антипирена на поверхность материала. В полимерах используются разнообразные виды антипиренов, включая минеральные наполнители и антипирены на основе бора, фосфора, галогенов и азота. Антипирен может действовать как в газовой, так и в жидкой фазе, снижая общую горючесть изделия [3].

Пожарная опасность полимеров обычно оценивается по ряду характеристик, которые описывают поведение материала при возгорании или воздействии пламени. Среди них: способность к воспламенению, скорость выделения тепла, общее количество выделяемого тепла, распространение огня, образование дыма и токсичность продуктов горения. Для оценки огнестойкости материала проводятся различные испытания [3-4].

На сегодняшний день во многих странах проводятся испытания на пожарную опасность материалов, произведенных на основе полимеров, которые не учитывают эксплуатационное старение. Условия эксплуатации могут негативно влиять на огнестойкость материала в течение всего срока его службы. Поэтому необходимо давать оценку влиянию различных видов старения на пожарную опасность полимеров пониженной горючести.

Причинами эксплуатационного старения полимеров являются различные факторы: повышенная и пониженная температура, а также ее перепады, влага, ультрафиолетовое или гамма-излучение, механическое воздействие и т. д. Часто негативные факторы воздействуют на изделие одновременно [5].

Старение приводит к изменениям в структуре полимеров в результате разрыва полимерных цепей, что приводит к снижению

молекулярной массы и, как следствие, к уменьшению вязкости материала. Так как в некоторых испытаниях на пожарную опасность оценивается способность к образованию горящих капель, вязкость является важным параметром, который влияет на их пожарную опасность. Но, есть и исключения. Так, например, в работе [7] установлено, что легковоспламеняющийся полиэтилен не горит при вертикальном испытании, если его молекулярная масса составляет 35 000 г/моль или ниже из-за сильного капания.

Вязкость также влияет и на другие процессы, связанные с пожарной опасностью, такие как накопление и миграция различных наполнителей (пластификаторов, антипиренов и пр.) [8], образование защитного слоя [9], вспучивание [10] и образование пузырьков [11].

Кроме того, низкомолекулярные соединения обладают сравнительно высокой летучестью, что снижает термическую стабильность и способствует снижению значений энергии активации, необходимой для воспламенения. Данный факт старения редко учитывается в исследованиях, посвященных влиянию старения на пожарную опасность.

Ускоренное состаривание полимеров в лабораторных условиях чаще всего проводится с использованием стандартных образцов, а не реальных изделий, обладающих структурой, формой и прочими характеристиками, влияющими на старение, что не дает достоверных знаний о процессах, происходящих при эксплуатационном старении. Например, в электрических кабелях медь может катализировать деградацию. Также установлено, что возможна миграция низкомолекулярных добавок из изоляции в оболочку кабельных изделий [12].

Степень миграции зависит от соотношения площади поверхности к объёму изделия. Диффузия воды или кислорода в материал, которая может вызывать различные реакции деградации, также сильно зависит от геометрии и других факторов. Геометрия стандартных образцов для проведения испытаний редко соответствует геометрии реальных изделий.

Испытания на ускоренное старение, проводимые в более жестких условиях, часто используются для имитации длительного естественного старения. Как уже было отмечено, интенсивность процессов старения напрямую зависит от условий, в которых оно происходит.

Например, при радиохимическом старении полиэтилена низкой плотности толщина окисленного слоя увеличивается с уменьшением мощности дозы. При термическом старении, наоборот, толщина окисленного слоя уменьшается в зависимости от температуры. Кроме того, ускоренное старение не может од-

новременно учитывать несколько независимых факторов. При этом одновременное воздействие различных деструктивных факторов в результате естественного старения может привести к более сложным изменениям [13].

Несмотря на значимость исследований стандартных образцов в условиях ускоренного старения для оценки процессов, протекающих при старении, необходимо также учитывать важность естественного старения готовых полимерных изделий.

В работе [14] было установлено, что термическое старение полипропилена с введенными в него антипиренами на основе галогенопроизводных углеводородов приводит к их миграции на поверхность материала с последующим улетучиванием. Вместе с тем, степень миграции зависит и от химического строения антипиренов. Несмотря на то, что ускоренное состаривание материала проводилось при температурах (110 °C, 130 °C и 145 °C), превышающих температуру эксплуатации, авторами были рассчитаны энергии активации для миграции антипиренов на поверхность при эксплуатационной температуре. Для некоторых антипиренов на основе брома период полувыведения при 30 °C составил 200 дней.

Миграции при термическом старении подвержены не только антипирены, но и другие добавки, влияющие на общую горючесть и воспламеняемость полимеров. Особенно это актуально для органических соединений, обладающих низкой термической стабильностью. В зависимости от природы пластификаторов потеря массы пластикатов на основе поливинилхлорида из-за миграции добавок может достигать более 1 % при умеренной температуре (50 °C) всего через 420 мин. пребывания на воздухе [15]. Снижение количества горючих пластификаторов (за счет их миграции и улетучивания) в составе поливинилхлоридного пластика приводит к снижению его пожарной опасности.

Следует отметить, что при условиях эксплуатации, сопряженных со сниженной возможностью улетучивания пластификатора с поверхности материала, например, при скрытой прокладке электропроводок, способность к его воспламенению наоборот повышается (рисунок). Также на повышение пожарной опасности поливинилхлоридного пластика влияет снижение количества хлоридных групп в его составе [11]. В работе [15] доказано повышение пожарной опасности настенного покрытия из пенополистирола в результате дегидрохлорирования при термическом старении.

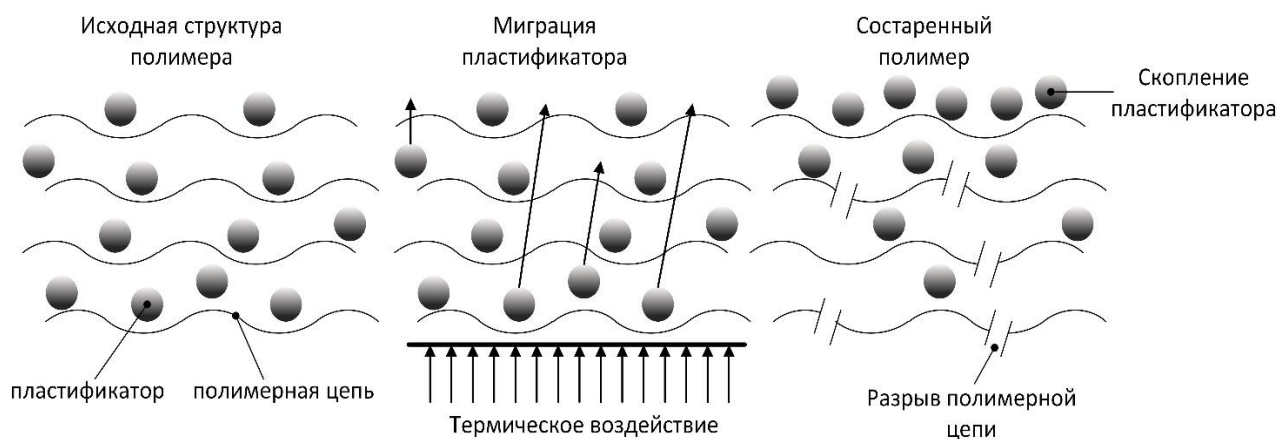


Рисунок. Схема влияния миграции пластификатора на структуру полимера

Отмечено, что для некоторых полимерных материалов с введенными в них антипиренами возможно снижение пожарной опасности в результате термического старения за счет частичной миграции антипиренов на поверхность материала. В работе [16] авторы показали, что термическое старение хлорсульфированного полиэтилена приводит к повышению концентрации антипиренов на поверхностном слое полиэтилена, что снижает воспламеняемость материала. Также стоит отметить, что некоторые полимерные матери-

алы обладают высокой стойкостью к термическому старению. В работе [17] показано, что ударопрочный полистирол сохранил свои огнезащитные свойства после выдержки 1200 ч. при 80 °C (условия соответствуют 8 годам эксплуатации при комнатной температуре).

Воздействие влаги на подверженные гидролизу полимерные материалы приводит к изменению их молекулярной массы и вязкости, что оказывает влияние на показатели их пожарной опасности. В работе [18] исследовате-

ли доказали, что воздействие воды (в особенности соленой) негативно сказывается на огнезащитной эффективности вспучивающегося покрытия на эпоксидной основе. После выдержки в течение месяца в соленой воде покрытие под воздействием пламени не вспучилось вовсе. Интересный эффект описан в работах [19, 20]: при наличии небольшого количества воды в структуре полимера (менее 1 мас. %), воздействие пламени на поверхность материала вызывает ее испарение сразу после расплавления полимера, что приводит к появлению пузырьков на поверхности материала и изменению термооптических свойств. Данные процессы приводят к снижению времени, необходимого для воспламенения материала, причем вода, находящаяся в структуре полимерного композита, негативно влияет на сохранение механических свойств (несущая способность, сдерживание теплового потока) при пожаре [21].

В работах [22, 23] показано, что старение полимеров под воздействием ультрафиолетового излучения приводит к разложению и удалению из введенных в него антипиренов на основе брома, что приводит к снижению механических свойств материала и негативно сказывается на его пожарной опасности. Также в работах [24–29] доказано, что наличие антипиренов на основе галогенов интенсифицирует старение полимерных материалов под воздействием ультрафиолетового излучения.

Полимерные материалы активно используются на объектах атомной энергетики, что говорит об актуальности изучения процессов их старения под воздействием радиации. В работе [30], говорится об ухудшении механических свойств полимеров под воздействием радиации, что дает возможность предполагать снижение и пожароопасных свойств. Ряд работ указывает на модификацию антипиренов, введенных в состав полимерной изоляции ка-

бельных изделий, что приводит к снижению огнезащитных свойств [31–38].

Изучение литературных источников, опубликованных в открытой печати, показало, что существует множество публикаций, посвященных оценке влияния процессов старения на физико-химические свойства полимеров, которые определяют их пожарную опасность. В большинстве рассматриваемых статей учитывалось влияние одного из негативных факторов, что на наш взгляд не дает адекватных представлений о процессах старения в реальных условиях эксплуатации.

Проведенный анализ позволил дать комплексную оценку. В результате воздействия совокупности негативных факторов при эксплуатации изделий из полимерных материалов происходят следующие процессы, влияющие на пожарную опасность:

- перестройка и изменение в линейной структуре полимера, уменьшение длины полимерной цепи;

- миграция и испарение легколетучих функциональных добавок, определяющих свойства композита (вязкость, пластичность, прочность, стойкость к агрессивным воздействиям окружающей среды и пр.);

- миграция и испарение введенных огнезащитных компонентов, их разложение, которое может приводить к интенсификации деструктивных изменений основного полимера.

Таким образом, важно исследовать процессы, происходящие под воздействием эксплуатационного старения в полимерных материалах. Стоит учитывать влияние разных негативных факторов в совокупности, а также особенности изделия, в котором планируется применение полимера. При разработке антипиренов различного принципа действия следует уделять пристальное внимание их поведению в условиях длительной эксплуатации.

Список литературы

1. Laurent R. Review the Current Flame Retardant Systems for Polyamide 6, to Develop and Produce a Novel Masterbatch suitable for melt spinning filaments; by means of TGA analysis and vertical flame tests in association with Americhem Europe. MS thesis. The University of Manchester (United Kingdom), 2016.
2. Troitzsch J. New and potential flammability regulations, in *Advances in Fire Retardant Materials*, ed. by AR Horrocks and D Price. Woodhead Publishing, Cambridge, 2008, pp. 291–329.
3. New prospects in flame retardant polymer materials: From fundamentals to nanocom-

posites / F. Laoutid, L. Bonnaud, M. Alexandre [et al.]. *Materials Science & Engineering R-reports*, no. 63, 2009, pp. 100–125.

4. Troitzsch J., Becker W. and Haim J. *International plastics flammability handbook: principles, regulations, testing, and approval*. 1990. 500 p.

5. Henri V., Sonnier R. and Ferry L. Effects of ageing on the fire behaviour of flame-retarded polymers: a review. *Polymer international*, no. 64 (3), 2015, pp. 313–328.

6. Effect of molecular weight of polyethylene on its flammability / E. Nakashima, T. Ueno, M. Yukumoto [et al.]. *Journal of Applied Polymer Science*, no. 122 (1), 2011, pp. 436–443.

7. Flame-retardant mechanism of silica: Effects of resin molecular weight / T. Kashiwagi, J. Shields, R. Harris [et al.]. *Journal of applied polymer science*, no. 87(9), 2003, pp. 1541–1553.
8. Relation between the viscoelastic and flammability properties of polymer nanocomposites / T. Kashiwagi, M. Mu, K. Winey [et al.]. *Polymer*, no. 49, 2008, pp. 4358–4368.
9. Rheological investigations in fire retardancy: application to ethylene–vinyl-acetate copolymer–magnesium hydroxide/zinc borate formulations / F. Carpentier, S. Bourbigot, M. Le Bras [et al.]. *Polymer international*, no. 49, 2000, pp. 1216–1221.
10. Fire retardancy of ethylene vinyl acetate/ultrafine kaolinite composites / M. Batistella, B. Otazaghine, R. Sonnier [et al.]. *Polymer degradation and stability*, no. 100, 2014, pp. 54–62.
11. Emanuelsson V., Simonson M. and Gevert T. The effect of accelerated ageing of building wires. *Fire and Materials: An International Journal*, no. 31(5), 2007, pp. 311–326.
12. Role of oxygen diffusion in polymer ageing: kinetic and mechanical aspects / L. Audouin, V. Langlois, J. Verdu [et al.]. *Journal of Materials science*, no. 29, 1994, pp. 569–583.
13. Diffusion of additives and deterioration with passage of time in polypropylene / H. Inata, I. Maki, T. Ishikawa [et al.]. *Journal of applied polymer science*, no. 99, 2006, pp. 2152–2162.
14. Demir A. P. and Ulutan S. Migration of phthalate and non-phthalate plasticizers out of plasticized PVC films into air. *Journal of applied polymer science*, no. 128, 2013, pp. 1948–1961.
15. Dembsey N. and Williamson E. The effect of ignition source exposure and specimen configuration on the fire growth characteristics of a combustible interior finish material. *Fire safety journal*, no. 21(4), 1993, pp. 313–330.
16. Effects of thermal-oxidative aging on the flammability and thermal-oxidative degradation kinetics of tris (tribromophenyl) cyanurate flame retardant PA6/LGF composites / X. Zuo, H. Shao, D. Zhang [et al.]. *Polymer degradation and stability*, no. 98 (12), 2013, pp. 2774–2783.
17. Fire-LCA Model: TV Case Study / M Simonson, P. Blomqvist, A. Boldizar [et al.]. Swedish National Testing and Research Institute, Fire Technology, SP Report, 2000.
18. Comprehensive study of the influence of different aging scenarios on the fire protective behavior of an epoxy based intumescent coating / M. Jimenez, S. Bellayer, B. Revel [et al.]. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, no. 52 (2), 2013, pp. 729–743.
19. Sources of variability in fire test data: a case study on poly (aryl ether ether ketone) (PEEK) / E. Oztekin, S. Crowley, R. Lyon [et al.]. *Combustion and flame*, no. 159(4), 2012, pp.1720–1731.
20. Le Lay F. and Gutierrez J. Assessment of the mechanical performance of phenolic laminates after ageing in a marine environment. In *proceedings of the ACMC/sampe conference on marine composites*, 2003.
21. Influence of water content on failure of phenolic composites in fire / S. Feih, Z. Mathys, G. Mathys [et al.]. *Polymer degradation and stability*, no. 93 (2), 2008, pp. 376–382.
22. Ghanem R. and Delmani F. A. Kinetics of thermal and photolytic degradation of decabromodiphenyl ether (BDE 209) in backcoated textile samples. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, no. 98, 2012, pp. 79–85.
23. Kajiwar N., Noma Y. and Takigami H. Photolysis studies of technical decabromodiphenyl ether (DecaBDE) and ethane (DeB-Dethane) in plastics under natural sunlight. *Environmental Science & Technology*, no. 42 (12), 2008, pp. 4404–4409.
24. Photooxidation of fire retarded polypropylene. I. Photoageing in accelerated conditions / C. Sinturel, J.L. Philippart, J. Lemaire [et al.]. *European polymer journal*, no. 35 (10), 1999, pp. 1773–1781.
25. Sinturel C., Lemaire J. and Gardette J. L. Photooxidation of fire retarded polypropylene II. Photooxidation mechanism. *European polymer journal*, no. 35 (10), 1999, pp. 1783–1790.
26. Torikai A., Kobatake T. and Okisaki F. J. Photodegradation of polystyrene containing flame retardants: Effect of chemical structure of the additives on the efficiency of degradation. *Journal of applied polymer science*, no. 67 (7), 1998, pp. 1293–1300.
27. Photodegradation of polymer materials containing flame-cut agents / A. Torikai, H. Kato, K. Fueki [et al.]. *Journal of applied polymer science*, no. 50 (12), 1993, pp. 2185–2190.
28. Antoš K. and J. Sedlar. Influence of aromatic brominated flame retardants on alkane photo-oxidation: A model and polymer study. *Polymer degradation and stability*, no. 90 (1), 2005, pp. 180–187.
29. Sinturel C., Lemaire J. and Gardette J.L. Photooxidation of fire retarded polypropylene: III. Mechanism of HAS inactivation. *European polymer journal*, no. 36 (7), 2000, pp. 1431–1443.
30. Morita Y., Hagiwara M. and Kasai N. Protection effects of condensed bromoacenaphthylene on radiation deterioration of ethylene–propylene–diene rubber. *Journal of Applied Polymer Science*, no. 27 (9), 1982, pp. 3569–3576.
31. Fire retardance in polyamide-6. The effects of red phosphorus and radiation-induced cross-links / A. I. Balabanovich, S. V. Levchik, G. F. Levchik [et al.]. *Fire and materials*, no. 25 (5), 2001, pp. 179–184.

32. Fire retardance in polyamide-6. The effects of red phosphorus and radiation-induced cross-links / A. I. Balabanovich, S. V. Levchik, G. F. Levchik [et al.]. *Fire and materials*, no. 25 (5), 2001, pp. 179-184.

33. Balabanovich A. I. and Schnabel W. Fire Retardance in Polyamide-6, 6. The Effects of Red Phosphorus and Radiation-Induced Cross-Links. *Macromolecular Materials and Engineering*, no. 287 (3), 2002, pp. 187-194.

34. Balabanovich A. I., Zevaco T. A. and Schnabel W. Fire Retardance in Poly (butylene terephthalate). The Effects of Red Phosphorus and Radiation-Induced Cross-Links. *Macromolecular Materials and Engineering*, no. 289 (2), 2004, pp.181-190.

35. A study of γ -radiation-crosslinked HDPE/EPDM composites as flame retardants / S.

Jia, Z. Zhang, Z. Wang [et al.]. *Polymer international*, no. 54 (2), 2005, pp. 320-326.

36. The influence of irradiation on morphology evolution and flammability properties of maleated polyethylene/clay nanocomposite / H. Lu, Y. Hu, J. Xiao [et al.]. *Materials Letters*, no. 59 (6), 2005, pp.648-651.

37. The effects of irradiation cross-linking on the thermal degradation and flame-retardant properties of the HDPE/EVA/magnesium hydroxide composites / H. Liu, Z. Fang, M. Peng [et al.]. *Radiation Physics and Chemistry*, no. 78 (11), 2009, pp. 922–926.

38. Influence of radiation cross-linking and nano-filler on the flammability of ethylene vinyl acetate and low density polyethylene blends for wire and cable applications / A. Coudreuse, P. Noireaux, R. Noblat [et al.]. *Journal of fire sciences*, no. 28 (6), 2010, pp. 497–507.

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

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, старший научный сотрудник
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, senior researcher
E-mail: anikiforoff@list.ru

Краснов Александр Алексеевич

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

доктор технических наук, доцент

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru

Krasnov Alexander Alekseevich

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

Russian Federation, Ivanovo

Doctor of Technical Sciences, associate professor

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru

УДК 614.843

АСПЕКТЫ НАДЁЖНОСТИ И ВЫБОРА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

А. Г. БУБНОВ, И. В. САРАЕВ, А. Д. СЕМЕНОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: bubag@mail.ru, saraev-i-v@mail.ru, sad8_3@mail.ru

В статье рассмотрены некоторые особенности обеспечения надёжности и выбора беспилотных летательных аппаратов для предупреждения и мониторинга пожаров в условиях низких температур. Констатируется, что пониженная температура ощутимо влияет на работоспособность и срок службы аккумуляторных батарей в т.ч. летательных аппаратов. При этом определено, что из-за таких явлений, как ветер, грозовые тучи, туман, экстремальные холода и осадки, могут возникнуть проблемы в функционировании системы управления полётом беспилотных летательных аппаратов. Наряду с этим, осадки в виде снега и льда могут привести к блокировке чувствительных датчиков, что негативно влияет на стабильность полёта беспилотного летательного аппарата. Показано, что для обоснования выбора беспилотных летательных аппаратов при техническом оснащении пожарно-спасательных подразделений можно применить комплексный критерий относительной общей пользы, который основан на анализе надёжностных, социальных, а также экономических показателей.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БпЛА), надёжность, вероятность отказа, относительная общая польза.

ASPECTS OF RELIABILITY AND CHOICE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR FIRE PREVENTION AND MONITORING IN LOW TEMPERATURE CONDITIONS

A. G. BUBNOV, I. V. SARAEV, 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: bubag@mail.ru, saraev-i-v@mail.ru, sad8_3@mail.ru

The article discusses some features of ensuring reliability and choice of unmanned aerial vehicles for fire prevention and monitoring at low temperatures. It is stated that the lowered temperature significantly affects the performance and service life of batteries, including aircraft. At the same time, it was determined that due to phenomena such as wind, thunderstorms, fog, extreme cold and precipitation, problems may arise in the functioning of the flight control system of unmanned aerial vehicles. Along with this, precipitation in the form of snow and ice can lead to blocking of sensitive sensors, which negatively affects the stability of the flight of an unmanned aerial vehicle. It is shown that to justify the choice of unmanned aerial vehicles for the technical equipment of fire and rescue units, a comprehensive criterion of relative overall benefit can be applied, which is based on an analysis of reliability, social, and economic indicators.

Key words: unmanned aerial vehicle (UAV), reliability, probability of failure, relative overall benefit.

Беспилотные летательные аппараты – это не только удобное средство для решения различных задач, но и главный источник опасности на небе сегодня [1]. Беспилотные летательные аппараты (БпЛА) используются для различных задач, таких как съёмка видео и

фотографий, мониторинга окружающей среды, а также для разведки и инспекции зон бедствий. Однако гонки за престижем и крупными контрактами приводят к тому, что производители БпЛА не уделяют достаточного внимания надёжности и безопасности своих продуктов.

За последние годы количество инцидентов с БпЛА значительно возросло [2]. Они

становятся причиной авиакатастроф, нанося значительный ущерб не только инфраструктуре, но и жизни и здоровью людей. При этом ущерб от крупных авиакатастроф может измеряться миллиардами рублей. Поэтому важно понимать, какие причины вызывают подобные инциденты и как можно их предотвратить.

Вопросы безопасности использования БПЛА представляют собой серьёзную научно-техническую задачу [3]. Один из аспектов этой задачи – обеспечение безаварийной эксплуатации БПЛА, которая исключит неконтролируемое падение БПЛА на землю и, как следствие, непреднамеренное причинение вреда жизни, здоровью людей и имуществу.

Бурное развитие технологий привело к увеличению числа техногенных угроз, которые становятся причиной более частых и масштабных пожаров. Обеспечение безопасности становится всё более актуальной проблемой во многих регионах мира. При этом существует растущая потребность в эффективном и действенном мониторинге в рамках обеспечения техносферной безопасности. БПЛА становятся всё более востребованным инструментом для решения таких задач [1, 4].

БПЛА особенно полезны для мониторинга и управления противопожарными мероприятиями в чрезвычайных ситуациях благодаря своей способности быстро обследовать обширные территории и обрабатывать изображения с высоким разрешением [4].

Современные БПЛА выполняют следующие общие задачи [5]:

- поиск: включает в себя полёт над интересующей областью для поиска нескольких целей, охватывая каждую точку в этой области хотя бы один раз;
- наблюдение: включает в себя полёт над интересующей областью для обнаружения некоторых целей, многократное обследование каждой точки для получения обновленных данных;
- разведка: включает в себя полёт к списку точек для сбора данных;
- картографирование: включает в себя полёт над интересующей областью для построения карты, охватывающей каждую точку один раз для получения изображений или данных;
- мониторинг: включает в себя полёт над местом интересующего события для сбора данных;
- поддержка: включает в себя полёты над командами, работающими на земле, с целью предоставления им информации об окружающей обстановке;
- отслеживание: включает в себя отслеживание мобильной цели для получения информации или контроля над ней;

– транспорт: включает в себя доставку груза из одной точки в другую.

По мере того, как технологии в области БПЛА продолжают развиваться, меняются и варианты, доступные для беспилотного мониторинга пожаров. Отметим, что БПЛА широко применяются не только в подразделениях МЧС России при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, но и другими ведомствами при осуществлении профессиональной деятельности. При этом стоит отметить, что в случае применения БПЛА, в рамках выполнения аварийно-спасательных работ особенно в условиях, которые угрожают жизни и здоровью участников тушения пожаров, значительно сокращается угроза для них [6].

Целью работы является рассмотрение аспектов, определяющих надёжность БПЛА для мониторинга аварийных ситуаций в условиях пониженных температур, а также разработка рекомендаций по оснащению пожарно-спасательных подразделений БПЛА.

Известно, что к разным типам задач могут быть адаптированы разные типы БПЛА, тем самым повышая эффективность выполнения поставленной задачи [7]. БПЛА с неподвижным крылом могут выполнять задачи, требующие покрытия больших территорий, такие как наблюдение и картографирование, тогда как БПЛА вертолетного типа могут выполнять задачи, требующие стационарных полётов для мониторинга и поддержки. Разнородные парки БПЛА могут оптимизировать выполнение задачи, распределяя разные ресурсы для разных действий. Мониторинг пожаров может происходить на больших и сложных ландшафтах, где отдельные БПЛА могут собирать только локальную информацию и выполнять простые действия.

БПЛА, рассматриваемые для мониторинга пожаров, должны иметь следующие характеристики [7]:

- габариты и вес: не более 1600×1600×800 мм в разложенном виде и 15 кг с учётом собственной массы и полезной нагрузки;
- автономность: минимум 30 минут полёта;
- навигация: объединение измерений IMU, визуальной одометрии и сигнала GPS/ГЛОНАСС/GALILEO, в том числе отслеживание местонахождения при аварийной посадке;
- управление: возможность достигать и зависать на путевых точках;
- связь: телеметрия и видеосвязь в радиусе 5 км;
- полезная нагрузка: обычные, тепловизионные и мультиспектральные камеры, а также датчики температуры, влажности и газа.

Размер и вес БПЛА подбираются так, чтобы найти компромисс между универсальностью и грузоподъёмностью. С одной стороны, БПЛА должны быть достаточно легкими, чтобы их можно было доставить к месту вызова на автомобиле и развернуть на месте 1 человеком. С другой стороны, они должны иметь камеры, датчики окружающей среды и устройства связи [7]. Исходя из особенностей применения летательных аппаратов для мониторинга пожаров, существуют различные технологии, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки [7]. Например, ИК-изображение полезно для определения масштабов пожара, в то время как LiDAR обеспечивает более точный мониторинг. При этом гиперспектральная визуализация полезна для определения интенсивности пожара, но может быть дорогостоящей и сложной для интерпретации. Таким образом, выбор технологии зависит от конкретных потребностей, где нужно учитывать влияние этих параметров на дальность полёта и маневренность. Более того, нельзя забывать про автономность, которая является важным аспектом системы: практически, чем дольше время полёта БПЛА, тем выше жизнеспособность системы для выполнения реальных задач. Современные высокопроизводительные БПЛА обеспечивают около 30 минут непрерывного полета, но в последующие годы эта цифра может увеличиться.

Навигационные возможности БПЛА – еще один важный аспект работы системы. Как правило, объединяют несколько источников, чтобы получить высокую точность и отказоустойчивость. В частности, рассматривают высокопроизводительные сенсорные системы IMU, обеспечивающие линейное ускорение, скорость вращения и ориентацию, а также приемник GNSS для получения положения, скорости и времени с высокой частотой. Кроме того, бортовые камеры могут получать данные о местности, которые позволяют оценить движение БПЛА. С помощью нескольких моделей можно интегрировать данные, предоставленные этими источниками, для получения точного местоположения БПЛА, например, модели Кальмана и фильтра частиц [8]. Таким образом, БПЛА могут сохранять достаточную автономность для выполнения своих задач даже в условиях отсутствия или ограниченности GNSS.

Наконец связь, часто является проблемой для применения БПЛА в сценариях с большими масштабами и отдалённым расположением. В рамках выполнения задач по управлению силами и средствами при тушении пожара должен происходить непрерывный обмен информацией между различными агентами: данные от БПЛА к базовой станции, команд

от базовой станции к БПЛА, информация от базовой станции к лицам, принимающим решения (ЛПР) или пожарным и т.д. БПЛА должны иметь дальность связи 5 км [9], чтобы эта система была работоспособна в рассматриваемых сценариях мониторинга.

Для обеспечения безопасности полётов БПЛА, необходимо учитывать погодные условия и принимать меры предосторожности в случае их ухудшения [10]. Понятно, что сильные ветра могут повлиять на стабильность БПЛА, особенно на небольших высотах. Это может привести к отклонению полётного маршрута и потере контроля над бортом. При этом грозовые облака могут вызвать помехи в работе бортовых систем и датчиков. Благодаря вспышкам молний создаются импульсы электромагнитных помех, которые могут привести к полной потере управления БПЛА. В свою очередь туман, также может сильно ограничить видимость, что затрудняет навигацию БПЛА. Если системы навигации не работают должным образом, это может привести к аварии или потере борта. Низкие температуры могут привести к замерзанию датчиков, что приведет к потере управления БПЛА. Это особенно важно для аппаратов, выполняющих миссии в Арктической зоне Российской Федерации [10].

Известно, что пониженная температура ощутимо влияет на работоспособность и срок службы аккумуляторных батарей БПЛА [10]. При этом нужно различать как минимум три температурных интервала. Даже в Арктике бывает лето, и наступает время положительной температуры. При температуре от 0 до -10 °C ухудшаются характеристики процессов зарядки и разрядки аккумуляторной батареи. На работе самой батареи это не сказывается. При температуре от -10 °C до -20 °C снижается поток энергии от источника, при этом серьезно нарушается процесс зарядки аккумулятора [11].

В условиях низких температур аккумуляторные батареи могут не только не обеспечить должный уровень заряда, но и привести к сбоям в работе БПЛА [12]. Кроме того, при пониженных температурах снижается разрядное напряжение на контактах аккумуляторных батарей. На основании этих фактов можно сделать вывод, что при низких температурах снижается мощность аккумуляторных батарей, что неизбежно приводит к нарушению надёжной работы БПЛА.

Во время полёта лёд может образовываться на поверхности БПЛА тремя способами. Два из них менее опасны и малоэффективны.

Первый способ – это сублимационное обледенение [12]. В этом случае происходит превращение водяных паров в лёд без пере-

хода в жидкое состояние. Это происходит, когда влажные воздушные массы контактируют с сильно охлаждёнными поверхностями в отсутствие облаков. Например, если на поверхности уже есть лёд или если летательный аппарат быстро теряет высоту, перемещаясь из более холодных верхних слоёв атмосферы в более тёплые нижние, сохраняя при этом низкую температуру обшивки. Образовавшиеся кристаллы льда не держатся прочно на поверхности и быстро сдуваются набегающим потоком.

Второй способ – это сухое обледенение. В этом случае уже сформировавшиеся кристаллы льда оседают на поверхности БПЛА при пролёте через кристаллические облака, которые настолько охлаждены, что влага в них находится в замороженном состоянии. Такой лёд обычно не удерживается на поверхности и не представляет опасности. Он может остаться на обшивке, если она имеет достаточно высокую температуру, чтобы кристалл успел растаять, а затем снова замёрзнуть при контакте с уже имеющимся льдом. Однако это уже частный случай другого, третьего типа возможного обледенения.

Третий способ – это замерзание на поверхности обшивки капель влаги, содержащихся в облаке или дожде. Вода в этих каплях находится в переохлаждённом состоянии. Образование центров кристаллизации и последующее превращение воды в лёд может произойти самопроизвольно при определённой температуре или при наличии примесей в воде.

Известны эксперименты по изучению обледенения БПЛА, проведённые на роторе беспилотника в режиме зависания [13]. Испытания проводились в условиях широкого диапазона параметров, таких как объёмный диаметр, температура воздуха, частота вращения ротора, скорость осаждения и содержание жидкой воды. Исследователи сосредоточились на изучении динамики обледенения лопасти несущего винта и эффектов, связанных с аэродинамической деградацией из-за скопления льда. Было проведено параметрическое исследование влияния каждого из тестируемых параметров обледенения.

Содержание влаги в воздухе оказалось более показательным для испытаний при вертикальном взлёте и посадке, чем интенсивность осадков [13]. Когда лопасти ротора вращаются, относительно статическая масса воды, присутствующая в определённом объёме воздуха перед ними, приходит в движение под воздействием результирующего воздушного потока, что приводит к обледенению в точке торможения лопасти вблизи передней кромки. Для других параметров ухудшение характери-

стик было связано со скоростью обледенения и формой лопасти.

Таким образом, вода, охлаждённая до определённой температуры, находится в метастабильном состоянии. В этом состоянии она может оставаться в течение длительного времени, пока не изменится температура или не произойдёт внешнее воздействие. Таким образом, ветра, грозовые облака, туман, сильный холод, снегопад могут привести к ошибкам системы управления полётом, достаточно часто снег и лёд блокируют чувствительные датчики и негативно влияют на стабильность полёта БПЛА.

С учётом вышеизложенного важным аспектом функционирования БПЛА является его аккумуляторная батарея. Методика подбора аккумуляторных батарей (как наиболее чувствительных к низкой температуре элементов БПЛА) различных производителей (аналогичных по габаритным размерам) для БПЛА была предложена и успешно апробирована П. С. Андреевым и А. И. Селиным [12]. Она заключается в сортировке энергоносителей по различным критериям: массе, скорости заряда, количеству циклов заряда, разряда, ёмкости и напряжению. Аккумуляторная батарея, отвечающая критерию, проходит на следующий уровень сортировки по другому критерию. Значимость критериев определяется требованиями к задачам, выполняемым БПЛА. Авторами [12] для анализа были выбраны аккумуляторы фирм: DJI; Shenzhen Grepow Battery; Okcell; CATL; Lifepo4; General Electronics Technology; Evlithium; Kokam; Turnigy; URUAV; CNHL; B-Grade; НЭТЕР (г. Казань) под брендом Li-Pol Systems. По результатам исследования [12], лучшими по соотношению энергоёмкости к массе, оказались литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторы. Показано, что производительность батареи напрямую и в значительной степени определяет общую производительность БПЛА [12]. Различные литий-ионные аккумуляторы стали незаменимым кандидатом в силовую составляющую БПЛА благодаря таким их преимуществам, как высокая удельная мощность, длительный срок службы, надёжность, отсутствие выбросов загрязняющих веществ и т.д.

Немаловажным является экономическая составляющая работы аккумуляторов в группе [13, 14]. Так как аккумулятор совершает большое количество циклов заряда/разряда, то при выборе наиболее предпочтительного варианта, ЛПР заинтересованы в том, чтобы аккумулятор имел как можно больше циклов. А также имел низкую стоимость, потому что при расчёте экономической эффективности комплекса из нескольких БПЛА, стоимость и количество циклов заряда/разряда очень сильно

влияют на результат вычислений и отбора. Энергоемкость аккумулятора при проектировании отходит на задний план, так как при учёте всех факторов может получиться, что придётся собирать большой аккумулятор из нескольких ячеек меньшей ёмкости. В целях увеличения производительности и надежности БПЛА необходимо проводить больше исследований эксплуатации в экстремальных условиях [13].

Однако опубликованные исследования литий-ионных аккумуляторов в основном сосредоточены на экспериментальных и модельных работах по управлению тепловым режимом аккумуляторов [13, 14]. В работе [15] были исследованы возможные причины разрушения внутренней структуры литий-ионного аккумулятора, используемого в БПЛА. Здесь использовали тепловизионную инфракрасную камеру для измерения распределения температуры внутри литий-ионной батареи, а затем проанализировали механизмы разрушения. Результаты исследования показали, что перегрев и последующий взрыв происходили только в экстремальных условиях окружающей среды. Кроме того, вибрации окружающей среды могут повредить управляющую электронику литий-ионного аккумулятора и сформировать опасные точки перегрева в нём.

Не так давно в работе [16] были протестированы электрические характеристики промышленных литий-ионных батарей, используемых в БПЛА, при различных температурах, вибрации и условиях температурно-вибрационной связи. Высокая экспериментальная температура находилась в диапазоне 25–55 °C, а низкая экспериментальная температура находилась в диапазоне от -18 до 0 °C. Экспериментальные результаты показали, что разрядная ёмкость в низкотемпературном режиме составляет всего 85,9 % от ёмкости при высокой температуре. В условиях вибрации разрядная мощность значительно отличалась при 5, 10, 20 и 30 Гц по сравнению с отсутствием вибрации. В условиях температурно-вибрационной связи было обнаружено [16], что температура является основным влияющим параметром среди факторов воздействия (температура, частота и направление вибрации).

Экспериментально, группой авторов [17], было исследовано поведение литий-ионной батареи, работающей при температурах (например, от -15 до +25 °C), в отношении ее зарядного и разрядного поведения. Было замечено, что при отрицательных температурах (т.е. -5 °C, -10 °C и -15 °C) ёмкость литий-ионного аккумулятора снижается из-за эффекта импеданса, который затем увеличивает внутреннее сопротивление аккумулятора [17]. Систематические эксперименты с батареями

проводились для изучения влияния изменения температуры, как на характеристики ячеек, так и на несоответствия между ячейками [18]. Из них следует, что, в общем и целом, высокая температура может вызвать быстрое снижение ёмкости батареи с течением времени, при этом активность литий-ионной батареи увеличивается с повышением температуры, в то время как низкая температура может подавлять активность батареи из-за увеличения её внутреннего сопротивления [19].

В работе [20] описано экспериментальное исследование влияния температуры на зарядно-разрядные характеристики и характеристики тепловыделения литий-ионной батареи в двух различных тепловых условиях: при постоянной температуре и при почти адиабатическом режиме.

Авторами [21] было обнаружено, что влияние температуры разрядки на разрядную ёмкость было более значительным по сравнению с влиянием температуры зарядки на зарядную ёмкость.

При этом группа авторов [22] провела исследование по оценке влияния температуры на производительность литий-ионной батареи в автомобильном транспорте при трёх режимах (низкотемпературном, высокотемпературном и с различными уровнями перепада температур) которое показало, что контролировать температуры таких батарей необходимо при помощи жидкостного охлаждения. Для БПЛА, применяемых в условиях отрицательных температур, последнее требование труднореализуемо.

Ранее были предложены различные решения: системы управления температурой воздушных батарей [23], системы управления температурой жидкостных батарей [24], системы управления температурой батарей материалов с фазовым переходом [25], системы управления температурой батарей с тепловыми трубками [26] для повышения эффективности батареи и обеспечения её безопасности.

Тем не менее, исследованный диапазон температур очень ограничен, особенно при экстремальных температурах с учётом рабочей среды БПЛА [25]. Что говорит о необходимости увеличения количества исследований характеристик двигателей и аккумуляторов, используемых в БПЛА, особенно в экстремальных температурных условиях.

Следовательно, выбор (подбор) аккумулятора для БПЛА является многогранным вопросом, на который нет единого ответа. При этом необходимо учесть воздействие значительного количества факторов, ввиду того что от аккумулятора будет зависеть не только успешность выполнения поставленной перед БПЛА задачи, но и для обеспечения его без-

аварийного применения, исключая неконтролируемое падение на землю и связанного с этим непреднамеренного нанесения ущерба жизни, здоровью людей и имуществу.

Итак, низкие температуры могут оказать существенное влияние на производительность БПЛА [27]. Как указывалось выше, холод может привести к быстрому разряду аккумулятора, что сократит время полета БПЛА. Кроме того, могут снизиться обороты двигателя, что снизит подъёмную силу и маневренность БПЛА. Это может привести к неконтролируемой посадке или даже к аварии. Чтобы бороться с негативным воздействием холодной погоды на аккумуляторы БПЛА, некоторые производители разработали нагреватели и подогреватели аккумуляторов. Эти устройства предназначены для поддержания постоянной температуры аккумулятора, что может помочь сохранить его производительность и продлить срок службы. Некоторые аккумуляторы для БПЛА также оснащены встроенными нагревателями или обогревателями, которые можно активировать перед полётом, чтобы обеспечить оптимальную температуру аккумулятора.

Осуществлять фотосъёмку и видеонаблюдение с помощью БПЛА в холодную погоду может оказаться непростой задачей. Во-первых, низкие температуры могут повлиять на работу камеры БПЛА и привести к снижению качества изображения. Холодная погода может повлиять на качество изображений, снятых камерой БПЛА: низкие температуры могут привести к запотеванию объектива камеры, что приведёт к размытому и нечёткому изображению. Ещё одна проблема, которая может повлиять на качество изображения – это время автономной работы БПЛА. В холодную погоду аккумулятор может разряжаться быстрее, что приводит к сокращению времени полета и уменьшению возможностей для съёмки изоб-

ражений. Перед использованием рекомендуется держать батареи БПЛА в тепле и обеспечивать наличие дополнительных батарей для бесперебойной съёмки [27]. Снег и другие яркие поверхности могут привести к недоэкспонированию изображений камерой. Таким образом, холодная погода может повлиять на функциональность камеры БПЛА, но при правильных настройках и мерах предосторожности можно сохранять возможность делать качественные снимки с воздуха при минусовых температурах.

Таким образом, проблема надёжности БПЛА, как и другие проблемы обслуживания и безопасности, в последние годы стала чрезвычайно важной, несмотря на то, что двигатели стали более надёжными, улучшилась авионика и т.д. [28]. Исследования в области надёжности летательных аппаратов свидетельствуют о том, что исключение человеческого фактора из контура БПЛА не допускает применения менее жёстких стандартов проектирования и эксплуатации по сравнению с теми, которые применяются для самолетов. Частота отказов коммерческой авиации составляет около 10^{-5} летных ч, тогда как для БПЛА она находится примерно на уровне 10^{-3} летных ч, то есть на два порядка выше. С другой точки зрения, общая частота отказов сложных систем БПЛА, составляет 25 %. С учётом всех возможных основных систем и подсистем, образующих БПЛА, на рисунке изображена иерархия оценки надёжности БПЛА, показывающая распределение их отказов на каждую 1000 неисправностей [28]. Структура разделена на основные системы (жёлтый цвет) и подсистемы (синий), которые вместе представляют систему БПЛА (оранжевый). Рассмотрим, как классифицируются отказы с учетом функции каждой подсистемы.

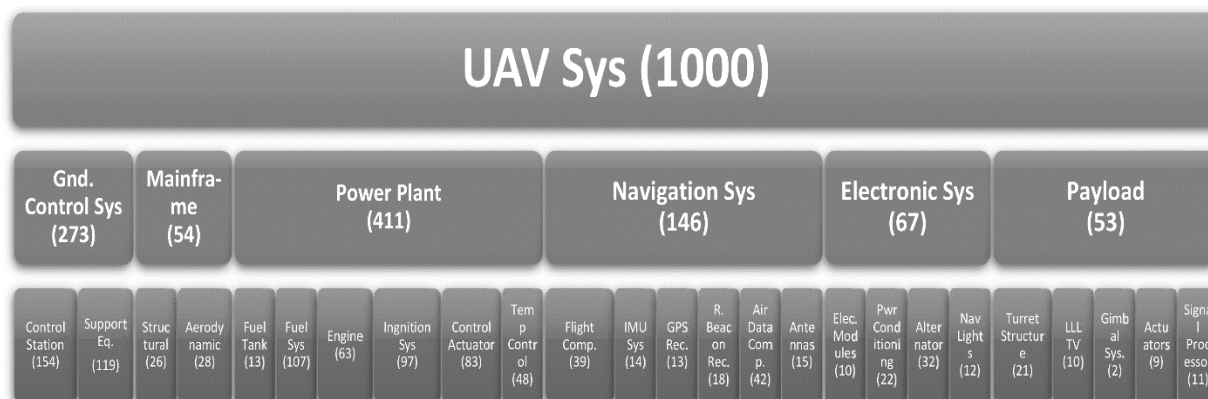


Рисунок. Иерархия оценки надёжности (каждые 1000 отказов системы) БПЛА [28]

Наземная система управления является частью всей системы БПЛА с самой высокой ремонтпригодностью. В основном она состоит из готовых коммерческих компонентов. Тот факт, что она является наземной, позволяет внедрять значительный процент резервных систем с конфигурациями горячего и холодного резерва, сокращая время автономной работы почти до нуля. Базовый блок БПЛА, является самой «сильной» частью всей системы – он разработан при помощи систем CAD, которые позволяют заранее изучать и оценивать нагрузки на конструкцию. В целом его размер достаточно велик – на самом деле, даже увеличение веса является небольшой ценой за более безопасную структурную систему. Как правило, наиболее распространённые отказы происходят из-за циклов усталости, пайки или необработанных заклёпок при сборке.

Силовая установка БПЛА сама по себе представляет собой достаточно надёжную механическую систему, даже если в подсистемах могут наблюдаться некоторые сбои. Например, при длительном выполнении задач плохое охлаждение может привести к перегреву двигателя или «усталости», что в конечном итоге может привести к его выходу из строя [28].

Навигационная система является наиболее важной частью аппарата – она характеризуется высокой интенсивностью отказов по сравнению с другими системами [28]. Тем не менее, она имеет наибольшее количество частей/подсистем с горячим резервированием.

Поэтому благодаря высокому уровню электронной миниатюризации возможно тиражирование большого количества подсистем, что делает её внутренне надёжной (посредством «горячего резервирования»: в случае отказа основной системы система горячего резерва немедленно вступает в силу, заменяя основную систему) [28]. Более того, благодаря тесной интеграции, полученной на основе опыта разработки автомобильных приложений, в аэрокосмической отрасли используются высоконадёжные электронные компоненты для навигации (такие как инерциальная навигационная система (INS) и система глобального позиционирования (GPS)) [28]. Кроме того, при возросшей вычислительной мощности процессоров в INS и GPS используется архитектура параллельных вычислений, что значительно повышает общую надёжность БПЛА.

В БПЛА принято разделять электронную систему от навигационной системы. Даже с чисто механической точки зрения может быть не так очевидно, как они разделены с функциональной точки зрения. Фактически, чтобы предотвратить возможные помехи, электронная система отделяет все электронные схемы,

которые не имеют тесного отношения к навигации, такие как электропитание и кондиционирование, для управления телекоммуникационной системой извне (спутниковая связь, данные наземного транспортного средства и др.). Даже в этом случае следует избегать избыточности (резервирования), поскольку, например, вес подвесной системы будет чрезмерно велик для такого небольшого транспортного средства.

Полезная нагрузка – комплекс наблюдения, не содержится в собственном кондиционируемом отсеке внутри фюзеляжа, а размещается снаружи в подвижной «башне», вставленной непосредственно в аэродинамический поток [28]. Башня содержит несколько электрооптических датчиков, таких как тепловизионная камера, визор для слабой освещённости, лазерный трассер и т.д. С механической точки зрения башня имеет шарнирный подвес, обеспечивает угол возвышения $\pm 90^\circ$ и непрерывного вращения на 360° ; система также содержит вспомогательную электронику датчиков и исполнительных механизмов движения.

Башня имеет термостатическое управление для обеспечения оптимальной работы электроники и предотвращения замерзания кинематических устройств в условиях полета на большой высоте. Для этих применений электроника выбирается с учетом её внутренней надёжности и рабочего диапазона при самых высоких температурах [28]. Поэтому геометрию компонентов корпусов подбирают, учитывая то, что БПЛА подвергается частым и резким изменениям высоты и, следовательно, давления, которые могут вызвать нагрузку на некоторые компоненты. Отметим, что количественные значения вероятности отказа на 1 ч полёта у БПЛА [28] колеблются в диапазоне от 1×10^{-4} до 1×10^{-2} . Почти 75 % аварий происходят по причине технических неисправностей в оборудовании [2]. В большинстве случаев это связано с отказом систем питания или недостатком материалов для изготовления компонентов БПЛА. Около 15 % несчастных случаев происходят из-за ошибок пилотов или нарушения правил эксплуатации.

Итак, факторы, влияющие на эффективность БПЛА в холодную погоду [2]:

- 1) высота над уровнем моря и сопротивление ветру;
- 2) время полёта и расстояние;
- 3) обращение и контроль;
- 4) функциональность камеры БПЛА в холодную погоду.

Основные причины инцидентов, связанных с БПЛА давно и хорошо известны [2]:

- 1) проблемы в функционировании электронных систем и некорректное управление;
- 2) нарушение правовых норм;
- 3) встречные полёты с другими воздушными судами;
- 4) погодные условия.

Здесь же [2] отмечается, что одним из аспектов, воздействующих на безопасность манёвров в вертикальной плоскости при обходе БПЛА рельефа местности, является турбулентность атмосферы в горных районах, для которых свойственна нестабильная погода, особенно в осенние и зимние месяцы. Вблизи горных склонов наблюдаются мощные восходящие и нисходящие потоки воздуха со скоростью от 10 до 20 м/с. Они вызывают сильную тряску летательного аппарата, что влияет на точность поддержания заданного режима полёта. В горных районах, где температура воздуха ниже, воздушные потоки могут вести себя непредсказуемо. Это происходит из-за того, что воздух обтекает возвышенности, и его движение меняется. Когда ветер дует с той стороны горы, где воздух поднимается вверх, летательный аппарат может неожиданно начать подниматься. Это явление называется термиками. С другой стороны горы, где воздух опускается вниз, тоже могут возникать опасные ситуации. Потоки воздуха там могут быть очень сильными, и летательный аппарат может резко упасть вниз.

Основываясь на анализе ключевых аспектов, которые определяют безопасность полёта БПЛА, можно составить перечень наиболее опасных, с точки зрения аварий, режимов их полёта в условиях пониженных температур. Вот некоторые из них [29]:

- полёт БПЛА на максимальное расстояние с минимальной высотой;
- полёт БПЛА с огибанием рельефа местности на минимальной безопасной высоте, при этом высота полёта регулируется с помощью информации от высотомера малых высот;
- полёт БПЛА на максимальное расстояние с минимальной безопасной высотой и огибанием рельефа местности, при этом высота полёта регулируется с помощью информации от высотомера малых высот.

Для предотвращения аварий БПЛА или минимизации их последствий необходимо [29]:

- резервировать контур управления БПЛА, то есть комплексировать системы ориентации и навигации разных типов (комплексироваться не только системы, но и отдельные датчики первичной информации, измеряющие

одни и те же параметры; это гарантирует, что отказ какой-либо системы ориентации и навигации БПЛА или датчиков первичной информации не приведёт к аварии или катастрофе);

- разработать рациональный алгоритм работы БПЛА, который не допускает превышения основных ограничений, связанных с эксплуатацией БПЛА (эти ограничения касаются угла или коэффициента подъёмной силы, максимальной скорости полёта и скоростного напора);

- ввести в действие парашютно-реактивную систему посадки в случае отказа основного (маршевого) двигателя или его систем, если динамический скоростной напор меньше нижнего эксплуатационного предела;

- учитывать комплекс случайных факторов, влияющих на практическую дальность полёта, при проведении инженерно-штурманского расчёта дальности и продолжительности полёта;

- принимать во внимание факторы, влияющие на безопасность манёвров в вертикальной плоскости при огибании БПЛА рельефа местности или искусственных сооружений, при определении безопасной высоты полёта.

В условиях пожара из-за дыма и огня видимость объектов может снижаться по сравнению с наблюдением в обычной обстановке [30]. В зависимости от плотности дыма, дальность видимости может меняться, что влияет на вероятность правильного распознавания объектов. Для достижения необходимой вероятности обнаружения необходимо правильно подобрать высоту полёта БПЛА. В [30] были предложены методика и алгоритм (как система с адаптивной структурой), позволяющие определить оптимальную высоту полёта. Она состоит из нескольких шагов [30]:

- 1) определение критерия эффективности мониторинга пожарной ситуации;
- 2) анализ критерия эффективности мониторинга в зависимости от высоты полёта и пожарной ситуации;
- 3) оценка пожарной ситуации (выделение участков пожара);
- 4) определение оптимальной высоты полёта для облёта каждой зоны пожара.

Первые два этапа включают в себя подготовительные мероприятия перед полётом. Последующие этапы выполняются в режиме реального времени в процессе приближения к местности, охваченной пожаром. Также стоит отметить, что 4 этап предполагает непрерывное выполнение на протяжении всей операции мониторинга. Основная трудность в применении адаптивного алгоритма [30] заключается в том, чтобы выбрать режим обработки в зависимости от условий видимости.

Предлагается адаптировать методы обработки изображений к визуальным характеристикам сцены, основываясь на анализе гистограммы изображения местности, получаемого с борта.

За последнее десятилетие развитие беспилотной авиации показало, что этот вид робототехнических систем востребован в труднодоступных регионах [1]. Использование БПЛА позволяет выполнять поисковые работы быстрее и с меньшими затратами. Арктическая зона Российской Федерации – идеальное место для опережающего внедрения беспилотных авиационных систем. Потребность в них растёт из-за активного развития Северного морского пути, добывающей промышленности и туризма в Арктике. В ближайшей перспективе беспилотные летательные аппараты будут использоваться в этом регионе для создания цифровых моделей местности, поиска и спасения людей, автоматизированной доставки грузов, мониторинга инфраструктуры и природной среды. Для улучшения применения беспилотных авиационных систем в Арктике необходимо интегрировать их в общее воздушное пространство. Одной из основных проблем при увеличении загруженности воздушного движения в Арктической зоне является одновременный полёт пилотируемых и беспилотных воздушных судов. Для решения этой проблемы необходимо тщательно продумать взаимодействие и наблюдение за всеми воздушными судами. Рациональное использование беспилотных авиационных технологий в Арктике сделает этот регион современным и оснащённым цифровой автоматизацией.

Однако применение БПЛА в высоких широтах также связано с техническими трудностями, такими как суровые погодные условия, влияние внешних помех на радионавигационное обеспечение, отсутствие наземной инфраструктуры и другие факторы. Продолжительность полёта и срок эксплуатации во многом зависят от характеристик силовых установок беспилотных аппаратов. У каждого типа элементов питания БПЛА есть свои преимущества и недостатки [20]. Рассматривая двигатель, работающий на бензине, можно с уверенностью утверждать, что он обеспечивает более длительный полёт, поскольку при сгорании топлива выделяется больше энергии, чем при использовании аккумулятора. Однако использование такого двигателя имеет и свои минусы. Например, его конструкция довольно сложна, а подготовка к полёту занимает много времени. Кроме того, работа бензинового двигателя негативно влияет на окружающую среду, так как при сгорании топлива в атмосферу выбрасывается углекислый газ, что приводит к загрязнению воздуха. В отличие от него, аккумуляторная батарея не наносит вреда окру-

жающей среде и гораздо удобнее в использовании. Однако у неё есть и минус: низкие температуры в Арктике могут негативно сказаться на её работе и сроке службы. В таких условиях мощность батареи снижается, что может привести к проблемам в работе беспилотника. Кроме того, аккумуляторные батареи довольно тяжёлые и занимают много места, что может помешать размещению необходимого пожарно-спасательного оборудования на борту летательного аппарата.

Исходя из имеющейся информации, а также из [20], радиоуправляемый БПЛА для целей мониторинга должен иметь следующие минимальные тактико-технические характеристики (ТТХ):

- время зарядки – не ниже 2 ч;
- скорость полета – 4-6 м/с;
- дальность полета – до 600 м;
- онлайн трансляция видео – 200-300 м;
- камера с панорамным обзором (110°);
- коллекторные моторы;
- бортовой аккумулятор Li-Po 3.8 V не ниже 1500 mAh;
- температура окружающего воздуха от -40 °C до +40 °C;
- двухсторонняя система радиоуправления 2.4G.

Для обоснования выбора наиболее подходящего для целей мониторинга БПЛА воспользуемся хорошо зарекомендовавшим себя методическим подходом [31-36] к расчёту критерия относительной общей пользы (W). Он основывается на использовании данных, заявленных производителями оборудования, при расчёте его вероятностей безотказной работы ($P(t)$) и отказа ($Q(t)$) [36]. Здесь важно учитывать расходы на эксплуатацию и обслуживание оборудования, включая затраты на устранение неполадок (G). Также необходимо оценить надёжность оборудования, чтобы определить математическое ожидание техногенного риска его отказа (B). На основе этих данных можно выбрать подходящую для мониторинга тип и марку БПЛА, как отечественную, так и импортную, с учётом особенностей каждого региона России. Относительная общая польза рассчитывалась как отношение математического ожидания ущерба от внезапного прекращения работы (отказа) оборудования ($Y_{пр}$) к сумме величины уровня техногенного риска в стоимостном выражении (B) и затрат на снижение уровня техногенного риска ПТО (G) [31, 34, 36]. Полученные по результатам расчётов данные в рамках определения относительной общей пользы применения четырёх вариантов БПЛА приведены в табл. (с использованием данных о средней продолжительности жизни и валовом региональным продукте в 2023 г. по Новосибирской области (этот регион взят, как

наиболее характерный по погодным условиям: абсолютная минимальная температура¹ равна -50 °С (температура воздуха наиболее холод-

ных суток, обеспеченностью 0.98 равна -44 °С), а абсолютная максимальная температура воздуха равна 37 °С).

Таблица. Показатели относительной общей пользы БПЛА (по наработке на отказ, установленной производителем)

Показатель	Марка беспилотного летательного аппарата			
	X300S1W720P-D ²	DJI Phantom 4 RTK ³	Syma Z6 ⁴	MJX X104G [20]
$P(t)$	0,786	0,955	0,875	0,963
$Q(t)$	0.214	0.045	0.125	0.037
B , руб./год	1199644	251088	697467	195291
G , руб./год	25100	25100	25100	25100
Стоимость, руб.	4580	829000	10490	7 130
W , руб.	22	101	39	127
Место	4	2	3	1

Опираясь на данные табл. и положения Военной доктрины Российской Федерации⁵, рекомендуется при оснащении новыми образцами вооружения и специальной техники ориентироваться на продукцию отечественного производства (т.е. отечественные аналоги должны быть не хуже MJX X104G). Следовательно, в качестве рекомендации по оснаще-

нию пожарно-спасательных подразделений БПЛА стоит рассматривать вариант аналогичный MJX X104G. Учитывая Федеральный закон № 44-ФЗ⁶, следует в первую очередь обращать внимание на продукцию именно отечественных производителей, выпускающих БПЛА близкие по ТТХ (не хуже [20]), надёжности, стоимости и эксплуатационным затратам.

Список литературы

1. Корабейников Д. Н., Мнацаканов М. Г., Зебзеев А. В. Дроны и беспилотные летательные аппараты. Преимущества и перспективы развития // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 31. С. 138–146.

2. Анализ факторов, влияющих на безопасность полета беспилотных летательных аппаратов. Причины авиационных происшествий беспилотных летательных аппаратов и способы их предотвращения / С. П. Гулевич, Ю. Г. Веселов, С. П. Прядкин [и др.] // Пробле-

мы безопасности полетов. 2022. № 12. С. 21–23.

3. Вытовтов А. В., Калач А. В., Разиньков С. Ю. Современные беспилотные летательные аппараты // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2015. № 4. С. 70–74.

4. Применение беспилотных летательных аппаратов для поддержки управления противопожарными действиями в условиях чрезвычайных ситуаций / С. И. Мартемьянов, О. С. Маторина, О. В. Стрельцов [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 1 (139). DOI 10.23670/IRJ.2024.139.5.

5. Ерицов А. М., Секерин И. М., Залесов С. В. Совершенствование беспилотных летательных аппаратов для обнаружения и мониторинга лесных пожаров // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 5 (143). URL: <https://research-journal.org/archive/5-143-2024-may/10.60797/IRJ.2024.143.15> (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.60797/IRJ.2024.143.15.

6. Целесообразность применения беспилотных авиационных систем при тушении пожаров и ликвидации аварий на объектах защиты / А. А. Карапузиков, М. В. Дьяков, А. С. Горелик [и др.] // Техносферная безопасность. 2021. № 2 (31). С. 61–67.

7. Пивоваров А. В., Морозов А. А. Использование технологий БПЛА при пожаротушении // Мониторинг, моделирование и про-

¹ СП 131.13330.2020 Строительная климатология

² Радиоуправляемый квадрокоптер X300S1W720P-D [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rc-today.ru/product/radioupravlyaemii-kvadrokofter/> (дата обращения: 02.09.2024).

³ Phantom 4 RTK [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pro-aero.ru/phantom4rtk?yclid=13723429675554570239/> (дата обращения: 02.09.2024).

⁴ Радиоуправляемый квадрокоптер Syma Z6 с камерой 4K FPV. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rc-today.ru/product/radioupravlyaemii-kvadrokofter-syma-z6-s-kameroi-4k-fpv/> (дата обращения: 02.09.2024).

⁵ Военная доктрина Российской Федерации, утв. Президентом Российской Федерации 25.12.2014 № Пр-2976

⁶ Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд»

гнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия» Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий», 2019. С. 284–286.

8. Амелин К. С., Миллер А. Б. Алгоритм уточнения местонахождения легкого БПЛА на основе Калмановской фильтрации измерений пеленгационного типа // Информационные процессы. 2013. Том 13. № 4. С. 338–352.

9. Каштанов В. В., Немтинов В. А. Анализ организации связи с применением беспилотных летательных аппаратов малой дальности // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2022. Том 28. № 4. С. 606–614. DOI 10.17277/vestnik.2022.04.

10. Чепусов П. А., Малая Е. В. Применение беспилотной авиации в исследованиях Арктики // Научный Лидер. 2021. № 14(16). С. 41–47.

11. Кашкаров А. П. Аккумуляторы: справочное пособие. М.: РадиоСофт, 2014, 187 с.

12. Андреев, П. С., Селин А. И. К вопросу выбора аккумуляторных батарей БПЛА при условии групповой работы // Universum: технические науки: электронный научный журнал. 2023. № 6 (111). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15693> (дата обращения: 29.08.2024).

13. Innocente M. S., Grasso P. Self-organising swarms of firefighting drones: Harnessing the power of collective intelligence in decentralised multi-robot systems. *Journal of computational science*, 2019, vol. 34. pp. 80–101. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.jocs.2019.04.009.

14. A review of the estimation and heating methods for lithium-ion batteries pack at the cold environment / X. Peng, S. Chen, A. Garg [et al.]. *Energy Science and Engineering*, 2019, vol. 7, issue 3, pp. 645–662 (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1002/ese3.279.

15. Swornowski P. J. Destruction mechanism of the internal structure in lithium-ion batteries used in aviation industry. *Energy*, 2017, vol. 122, pp. 779–786 (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.energy.2017.01.121.

16. Zhang L., Mu Z., Gao X. Coupling analysis and performance study of commercial 18650 lithium-ion batteries under conditions of temperature and vibration. *Energies*, 2018,

vol. 11, issue 10, pp. 2856. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.3390/en11102856.

17. Aris A. M., Shabani B. An experimental study of a lithium ion cell operation at low temperature conditions. In: Alam F, Jazar R, Chowdhury H, editors. 1st international conference on energy and power, Icep 2016–2017, pp. 128–135. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.117.

18. Cen J., Jiang F. Li-ion power battery temperature control by a battery thermal management and vehicle cabin air conditioning integrated system. *Energy for Sustainable Development*, 2020, vol. 57, pp. 141–148. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.esd.2020.06.004.

19. Lindgren J., Lund P. D. Effect of extreme temperatures on battery charging and performance of electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 2016, vol. 328, pp. 37–45. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.jpowsour.2016.07.038.

20. A comprehensive experimental study on temperature-dependent performance of lithium-ion battery / Z. Lu, X. Yu, L. Wei [et al.]. *Applied Thermal Engineering*, 2019, vol. 158, pp. 113800. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2019.113800.

21. Effects of temperature on charge/discharge behaviors of LiFePO₄ cathode for Li-ion batteries / L. Liao, P. Zuo, Y. Ma [et al.]. *Electrochimica Acta*, 2012, vol. 60, pp. 269–273. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.electacta.2011.11.041.

22. A critical review of battery thermal performance and liquid based battery thermal management / W. Wu, S. Wang, W. Wu [et al.]. *Energy Conversion and Management*, 2019, vol. 182, pp. 262–281. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.enconman.2018.12.051.

23. Giuliano M. R., Prasad A. K., Advani S. G. Experimental study of an air-cooled thermal management system for high capacity lithium titanate batteries. *Journal of Power Sources*, 2012, vol. 216, pp. 345–352. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.jpowsour.2012.05.074.

24. Thermal performance of liquid cooling based thermal management system for cylindrical lithium-ion battery module with variable contact surface / Z. Rao, Z. Qian, Y. Kuang [et al.]. *Applied Thermal Engineering*, 2017, vol. 123, pp. 1514–1522. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2017.06.059.

25. Rao Z., Wang Q., Huang C. Investigation of the thermal performance of phase change material/mini-channel coupled battery thermal management system. *Applied Energy*, 2016, vol. 164, pp. 659–669. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.12.021.

26. Liang J., Gan Y., Li Y. Investigation on the thermal performance of a battery thermal management system using heat pipe under different ambient temperatures. *Energy Conversion and Management*, 2018, vol. 155, pp. 1–9. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.enconman.2017.10.063.

27. LiDAR remote sensing of the cryosphere: Present applications and future prospects / A. Bhardwaj, L. Sam, A. Bhardwaj [et al.]. *Remote Sensing of Environment*, 2016, vol. 177, pp. 125–143. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.rse.2016.02.031.

28. Austin R. *Unmanned Aircraft Systems*; Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2010; 332 p. DOI:10.1002/9780470664797.

29. Василин Н. Я. Беспилотные летательные аппараты. Минск: «Попурри», 2003. 272 с.

30. Картеничев А. Ю., Панфилова Е. В. Технологии тушения пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2019. № 1 (10). С. 149–152.

31. Бубнов А. Г., Бочкарев А. Н., Волков В. В. Возможность упрощения выбора пожарных стволов // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 2 (51). С. 25–32.

32. Бубнов А. Г., Курочкин В. Ю., Моисеев Ю. Н. К вопросу о критериях выбора пожарно-спасательного оборудования // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2014. № 1 (37). С. 89–94.

33. Сараев И. В., Бубнов А. Г., Моисеев Ю. Н. Сравнительный анализ методов поддержки управленческих решений по оснащению пожарно-спасательных подразделений МЧС России // Пожарная и аварийная безопасность. 2019. № 1 (12). С. 40–51.

34. 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.

35. Сараев И. В., Бубнов А. Г. Ранжирование предпочтительности выбора различного пожарно-технического оборудования для оснащения подразделений МЧС России на основе комплексного критерия относительной общей пользы // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2018. № 3. С. 9–16.

36. Сараев И. В., Бубнов А. Г. Комплексный критерий для выбора пожарно-технического оборудования при оснащении подразделений МЧС России // Проблемы

управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 86–93.

References

1. Korabejnikov D. N., Mnaczkakov M. G., Zebzeev A. V. Drony` i bespilotny`e letatel`ny`e apparaty`. Preimushhestva i perspektivy` razvitiya [Drones and unmanned aerial vehicles. Advantages and development prospects]. *Innovacii. Nauka. Obrazovanie*, 2021, issue 31, pp. 138–146.

2. Analiz faktorov, vliyayushhix na bezopasnost` poleta bespilotny`x letatel`ny`x apparatov. Prichiny` aviacionny`x proisshestvij bespilotny`x letatel`ny`x apparatov i sposoby` ix predotvrashheniya [Analysis of factors affecting the safety of unmanned aerial vehicles. Causes of unmanned aerial vehicle accidents and ways to prevent them] / S. P. Gulevich, Yu. G. Veselov, S. P. Pryadkin [et al.]. *Problemy` bezopasnosti poletov*, 2022, issue 12, pp. 21–23.

3. Vy`tovtov A. V., Kalach A. V., Razin`kov S. Yu. Sovremennyy`e bespilotny`e letatel`ny`e apparaty` [Modern unmanned aerial vehicles]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo texnologicheskogo universiteta im. V. G. Shuxova*, 2015, issue 4, pp. 70–74.

4. Primenenie bespilotny`x letatel`ny`x apparatov dlya podderzhki upravleniya protivopozharnymi` deystviyami v usloviyax chrezvy`chajny`x situacij [Use of unmanned aerial vehicles to support fire management in emergency situations] / S. I. Martem`yanov, O. S. Matorina, O. V. Strel`czov [et al.]. *Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel`skij zhurnal*, 2024, vol. 1 (139), DOI: 10.23670/IRJ.2024.139.5.

5. Ericzov A. M., Sekerin I. M., Zalesov S. V. Sovershenstvovanie bespilotny`x letatel`ny`x apparatov dlya obnaruzheniya i monitoringa lesny`x pozharov [Improving drones for detecting and monitoring forest fires]. *Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel`skij zhurnal*, 2024, vol. 5 (143), URL: <https://research-journal.org/archive/5-143-2024-may/10.60797/IRJ.2024.143>. 15 (data obrashheniya: 29.08.2024). DOI: 10.60797/IRJ.2024.143.15.

6. Celesoobraznost` primeneniya bespilotny`x aviacionny`x sistem pri tushenii pozharov i likvidacii avarij na ob`ektax zashhity` [The feasibility of using unmanned aerial systems in extinguishing fires and eliminating accidents at protected facilities] / A. A. Karapuzikov, M. V. D`yakov, A. S. Gorelik [et al.]. *Texnosfer-naya bezopasnost`*, 2021, vol. 2 (31), pp. 61–67.

7. Pivovarov A. V., Morozov A. A. Ispol`zovanie texnologij BPLA pri pozharotushenii [Use of UAV technologies in firefighting]. *Monitoring, modelirovanie i prognozirovanie opasny`x prirodny`x yavlenij i chrezvy`chajny`x situacij*:

сbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Zheleznogorsk: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vy'sshego obrazovaniya "Sibirskaya pozharo-spatatel'naya akademiya" Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvy'chajny'm situacijam i likvidacii stixijny'x bedstvij", 2019, pp. 284–286.

8. Amelin K. S., Miller A. B. Algoritm utochneniya mestonaxozhdeniya legkogo BPLA na osnove kalmanovskoj fil'tracii izmerenij pelengacionnogo tipa [Algorithm for refining the location of a light UAV based on Kalman filtering of direction-finding measurements]. *Informacionny'e processy*, 2013, vol. 13, issue 4, pp. 338–352.

9. Kashtanov V. V., Nemtinov V. A. Analiz organizacii svyazi s primeneniem bespilotny'x letatel'ny'x apparatov maloj dal'nosti [Analysis of the organization of communication using short-range unmanned aerial vehicles]. *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2022, vol. 28, issue 4, pp. 606–614. DOI: 10.17277/vestnik.2022.04. pp.606-614.

10. Chepusov P. A., Malaya E. V. Prime-nenie bespilotnoj aviatsii v issledovaniyax Arktiki [The use of unmanned aircraft in Arctic research]. *Nauchny'j Lider*, 2021, issue 14 (16), pp. 41–47.

11. Kashkarov A. P. *Akkumulyatory*: *spravochnoe posobie* [On the issue of choosing UAV batteries under the condition of group work]. Moscow: RadioSoft, 2014, 187 p.

12. Andreev P. S., Selin A. I. K voprosu vy'bora akkumulyatorny'x batarej BpLA pri uslovii gruppovoj raboty [On the issue of choosing UAV batteries under the condition of group work]. *Universum: tekhnicheskie nauki: elektronnyy nauchnyy zhurnal*, 2023, vol. 6 (111). <https://universum.com/ru/tech/archive/item/15693> (data obrashheniya: 29.08.2024).

13. Innocente M. S., Grasso P. Self-organising swarms of firefighting drones: Harnessing the power of collective intelligence in decentralised multi-robot systems. *Journal of computational science*, 2019, vol. 34, pp. 80–101. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.jocs.2019.04.009.

14. A review of the estimation and heating methods for lithium-ion batteries pack at the cold environment / X. Peng, S. Chen, A. Garg [et al.]. *Energy Science and Engineering*, 2019, vol. 7, issue 3, pp. 645–662 (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1002/ese3.279.

15. Swornowski P. J. Destruction mechanism of the internal structure in lithium-ion batteries used in aviation industry. *Energy*, 2017, vol. 122, pp. 779–786 (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.energy.2017.01.121.

16. Zhang L., Mu Z., Gao X. Coupling analysis and performance study of commercial 18650 lithium-ion batteries under conditions of temperature and vibration. *Energies*, 2018, vol. 11, issue 10, pp. 2856. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.3390/en11102856.

17. Aris A. M., Shabani B. An experimental study of a lithium ion cell operation at low temperature conditions. In: Alam F, Jazar R, Chowdhury H, editors. 1st international conference on energy and power, Icep 2016–2017, pp. 128–135. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.117.

18. Cen J., Jiang F. Li-ion power battery temperature control by a battery thermal management and vehicle cabin air conditioning integrated system. *Energy for Sustainable Development*, 2020, vol. 57, pp. 141–148. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.esd.2020.06.004.

19. Lindgren J., Lund P. D. Effect of extreme temperatures on battery charging and performance of electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 2016, vol. 328, pp. 37–45. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.jpowsour.2016.07.038.

20. A comprehensive experimental study on temperature-dependent performance of lithium-ion battery / Z. Lu, X. Yu, L. Wei [et al.]. *Applied Thermal Engineering*, 2019, vol. 158, pp. 113800. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2019.113800.

21. Effects of temperature on charge/discharge behaviors of LiFePO₄ cathode for Li-ion batteries / L. Liao, P. Zuo, Y. Ma [et al.]. *Electrochimica Acta*, 2012, vol. 60, pp. 269–273. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.electacta.2011.11.041.

22. A critical review of battery thermal performance and liquid based battery thermal management / W. Wu, S. Wang, W. Wu [et al.]. *Energy Conversion and Management*, 2019, vol. 182, pp. 262–281. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.enconman.2018.12.051.

23. Giuliano M. R., Prasad A. K., Advani S. G. Experimental study of an air-cooled thermal management system for high capacity lithium titanate batteries. *Journal of Power Sources*, 2012, vol. 216, pp. 345–352. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.jpowsour.2012.05.074.

24. Thermal performance of liquid cooling based thermal management system for cylindrical lithium-ion battery module with variable contact surface / Z. Rao, Z. Qian, Y. Kuang [et al.]. *Applied Thermal Engineering*, 2017, vol. 123, pp. 1514–1522. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2017.06.059.

25. Rao Z., Wang Q., Huang C. Investigation of the thermal performance of phase change material/mini-channel coupled battery thermal

management system. *Applied Energy*, 2016, vol. 164, pp. 659–669. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.12.021.

26. Liang J., Gan Y., Li Y. Investigation on the thermal performance of a battery thermal management system using heat pipe under different ambient temperatures. *Energy Conversion and Management*, 2018, vol. 155, pp. 1–9. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.enconman.2017.10.063.

27. LiDAR remote sensing of the cryosphere: Present applications and future prospects / A. Bhardwaj, L. Sam, A. Bhardwaj [et al.]. *Remote Sensing of Environment*, 2016, vol. 177, pp. 125–143. (дата обращения: 29.08.2024). DOI: 10.1016/j.rse.2016.02.031.

28. Austin R. *Unmanned Aircraft Systems*; Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2010; 332 p. DOI:10.1002/9780470664797.

29. Vasilin N. Ya. *Bespilotny'e letatel'ny'e apparaty* [Unmanned aerial vehicles]. Minsk: «Popurri», 2003, 272 p.

30. Kartenichev A. Yu., Panfilova E. V. *Tekhnologii tusheniya pozharov s ispol'zovaniem bespilotny'x letatel'ny'x apparatov* [Firefighting technologies using unmanned aerial vehicles]. *Sovremennyye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvy'chajny'x situacij*, 2019, vol. 1 (10), pp. 149–152.

31. Bubnov A. G., Bochkarev A. N., Volkov V. V. *Vozmozhnost' uproshheniya vybora pozharny'x stvolov* [Possibility of simplifying the selection of fire nozzles]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2024, vol. 2 (51), pp. 25–32.

32. Bubnov A. G., Kurochkin V. Yu., Moiseyev Yu. N. *K voprosu o kriteriyakh vybora pozharno-spasatel'nogo oborudovaniya* [On the issue of criteria for selecting fire and rescue

equipment]. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii. Regional'noye prilozheniye*, 2014, vol. 1 (37), pp. 89–94.

33. Sarayev I. V., Bubnov A. G., Moiseyev Yu. N. *Sravnitel'nyy analiz metodov podderzhki upravlencheskikh resheniy po osnashcheniyu pozharno-spasatel'nykh podrazdeleniy MCHS Rossii* [Comparative analysis of methods for supporting management decisions on equipping fire and rescue units of the Russian Emergencies Ministry]. // *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'*, 2019, issue 1(12), pp. 40–51.

34. Otnositel'naya obshchaya pol'za – dopolnitel'nyy kompleksnyy kriteriy vybora pozharnykh rukavov [Relative overall benefit – an additional complex criterion for selecting fire hoses] / I. V. Sarayev, A. G. Bubnov, V. Yu. Kurochkin [et al.]. *Pozharovzryvbezopasnost'*, 2015, vol. 24, issue 4, pp. 66–71.

35. Sarayev I. V., Bubnov A. G. *Ranzhirovaniye predpochtitel'nosti vybora razlichnogo pozharno-tekhnicheskogo oborudovaniya dlya osnashcheniya podrazdeleniy MCHS Rossii na osnove kompleksnogo kriteriya otnositel'noy obshchey pol'zy* [Ranking the preference of choosing various fire-fighting equipment for equipping the units of the Ministry of Emergency Situations of Russia based on a comprehensive criterion of relative overall benefit]. *Nauchno-analiticheskiy zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS Rossii»*, 2018, issue 3, pp. 9–16.

36. Sarayev I. V., Bubnov A. G. *Kompleksnyy kriteriy dlya vybora pozharno-tekhnicheskogo oborudovaniya pri osnashchenii podrazdeleniy MCHS Rossii* [Comprehensive criteria for selecting fire-fighting equipment when equipping units of the Russian Emergencies Ministry]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2018, vol. 3(47), pp. 86–93.

Бубнов Андрей Германович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Доктор химических наук, доцент

E-mail: bubag@mail.ru

Bubnov Andrey Germanovitch

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

Russian Federation, Ivanovo

Doctor of Chemical Sciences, associate professor

E-mail: bubag@mail.ru

Сараев Иван Витальевич

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

Кандидат технических наук

E-mail: saraev-i-v@mail.ru

Saraev Ivan Vitalevitch

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

Russian Federation, Ivanovo

Candidate of Technical Sciences

E-mail: saraev-i-v@mail.ru

Семенов Андрей Дмитриевич

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

кандидат технических наук

E-mail: sad8_3@mail.ru,

Semenov Andrey Dmitrievich

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

Russian Federation, Ivanovo

Candidate of Technical Sciences

E-mail: sad8_3@mail.ru.

УДК 66.018.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ ОГНЕЗАЩИТНЫМ СОСТАВОМ НА СТОЙКОСТЬ К ОГНЕВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Ж. Ф. ГЕССЕ, С. А. ШАБУНИН, Т. В. ФРОЛОВА

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

E-mail: zhenni.gesse@mail.ru, sergeyshabunin@yandex.ru, frolovatanja@mail.ru

В работе проведена оценка влияния способа нанесения огнезащитного состава на стойкость древесины к огневому воздействию. В качестве критерия для сравнительной оценки пожарной опасности незащищенной и огнезащищенной древесины был выбран процент потери массы в результате огневого воздействия. Объектом исследования являлась древесина сосны, огнезащитным составом для ее пропитки служил 40 % раствор жидкого стекла в воде. Влияние способа пропитки древесины защитными средствами на снижение пожарной опасности в литературе ранее изучалось. Однако вопрос, по-прежнему, остается дискуссионным, что определяет актуальность и практическую значимость проведенных исследований.

Экспериментально получено, что отсутствует корреляция значений «прирост массы исследуемых образцов древесины после пропитки» – «способ нанесения огнезащитного состава» для брусков, отличающихся по геометрическим размерам. Вероятно, это связано с тем, что отношение глубины пропитки к толщине образцов не является постоянной величиной для брусков разных габаритов. Показано, что в условиях проведения эксперимента способ пропитки древесины сосны 40 % раствором жидкого стекла в воде не оказывает принципиального влияния на стойкость огнезащищенной древесины к огневому воздействию при нанесении огнезащитного средства двукратно кистью и способом «прогрев – холодная ванна». Наилучший огнезащитный эффект достигается в случае пропитки древесины используемым составом при комнатной температуре в течение 60 с.

Ключевые слова: древесина, огнезащитный состав, стойкость к огневому воздействию, пожарная опасность.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE METHOD OF WOOD TREATMENT BY FIRE-PROTECTIVE COMPOSITION ON FIRE RESISTANCE

Zh. F. GESSE, S. A. SHABUNIN, T. V. FROLOVA

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: zhenni.gesse@mail.ru, sergeyshabunin@yandex.ru, frolovatanja@mail.ru

The influence of the application method of fire retardant composition on the resistance of wood to fire was assessed. The weight loss during fire exposure was chosen as a criterion for comparative assessment of the fire hazard of unprotected and fire-protected wood. The object under study was a pine tree, the fire-retardant composition for impregnation of the wood was a 40 % solution of liquid glass in water. The effect of the method of wood impregnation by protective agents on reduction of fire hazard has been previously studied in the literature. However, the issue remains controversial. This fact determines the relevance and practical significance of the conducted research.

It was found that there is no correlation between «weight gain of the studied wood samples after impregnation» and «application method of flame retardant» for bars with different geometric dimensions. Probably, this is due to the fact that the relation of impregnation depth and thickness of the samples is not a constant value for bars of different sizes. For experimental conditions it was shown that the impregnation method of pine wood by 40 % solution of liquid glass in water does not change the resistance of fire-protected wood to fire exposure principally, if we compare such methods of impregnation as application of flame retardant twice by brush and the «warm-up – cold bath» method. The best result of fire protection is achieved in the case of impregnation of wood by used composition at room temperature during 60 s.

Key words: wood, fire retardant composition, fire resistance, fire hazard.

Вопросы снижения пожарной опасности древесины и материалов на ее основе в литературе обсуждались неоднократно, что связано с практической значимостью подобных исследований. В настоящее время установлены общие закономерности в поведении незащищенной древесины (и хвойных, и лиственных пород) в условиях повышенных температур и при горении, позволяющие судить о протекающих процессах. Очевидно, что многое будет определяться химическим составом древесины, усредненно который можно представить следующим образом: молекулы целлюлозы (43–56 %), лигнина (19–30 %) и других соединений (гемицеллюлоза, пектин, минеральные вещества, эфирные масла, алкалоиды и гликозиды) [1]. Из табл.1 следует, что индивидуальные вещества – компоненты древесины, имеющие органическую природу, – обладают пожароопасными свойствами, которые, по всей видимости, влияют на характер термического

разложения древесины и ее пожарную опасность.

При поднесении источника зажигания к древесине ее поверхностный слой нагревается, вследствие чего имеющаяся влага испаряется. При достижении определенной температуры в процессе нагрева происходит термическая деструкция компонентов древесины, сопровождающаяся выделением различных веществ. Так, при температуре ниже 250 °С продуктами разложения являются вода, оксид углерода (IV) и незначительное количество горючих газов [3]. При температуре 250–260 °С в больших количествах начинает образовываться оксид углерода (II), метан. Горючие газообразные вещества воспламеняются при контакте с источником зажигания и, как следствие, древесина начинает самостоятельно гореть. Некоторые показатели пожарной опасности хвойных и лиственных пород древесины приведены в табл. 2.

Таблица 1. Справочные данные о пожароопасных свойствах основных компонентов древесины [2]

Пожароопасное свойство	Компонент древесины	
	Целлюлоза	Лигнин
Состояние	Горючий порошок	
Температура самовоспламенения аэрозвеси, °С	405	450
Нижний концентрационный предел распространения пламени, г/м ³	45	40
Минимальная энергия зажигания, мДж	25	20
МВСК, % об.	7	17

Таблица 2. Показатели пожарной опасности различных видов древесины [4-7]

Порода древесины	Древесина	Теплота сгорания, кДж/кг	Температура, °С	
			воспламенения	самовоспламенения
Лиственная	Береза	19640	290	336
	Осина	19640	294	338
	Дуб	18221-19874	230	370
Хвойная	Ель	20305	240	380
	Сосна	18731-20853	250	390
	Лиственница	18610	296	340

Значения теплоты сгорания древесины, полученные разными авторами, отличаются, однако определяют возможность ее применения в качестве топлива. Древесина является одновременно широко используемым и вместе с тем горючим материалом. Решение возникающей проблемы заключается в огнезащите древесины.

Ранее нами уже проводились исследования по изучению влияния способа пропитки древесины сосны огнезащитным составом на ее пожарную опасность [8]. Мерой оценки был

выбран показатель кислородного индекса, который согласно ранее действующему¹ и ныне действующему² нормативным документам отражает количество кислорода, необходимое

¹ ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

² ГОСТ 12.1.044-2018 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

для самостоятельного свечеобразного горения материала. К сожалению, данный показатель не позволяет в полной степени оценить влияние огнезащитных составов и способов пропитки на пожарную опасность древесины. Причина заключается в том, что кислородный индекс является скорее относительной, а не абсолютной величиной и показывает пожарную опасность веществ и материалов в сравнении. Кроме того, он не отражает способность огнезащитной и незащитной древесины сопротивляться воспламенению и дальнейшему горению при непосредственном огневом воздействии.

Одна из методик, позволяющих оценить огнезащитную эффективность средства, нанесенного на древесину, приведена в³. В ее рамках оценивается потеря массы (%) древесины, пропитанной защитным составом, после огневого воздействия в условиях специальных испытаний. В зависимости от полученных значений потери массы огнезащитному средству присваивается группа огнезащитной эффективности для конкретного способа его нанесения.

Целью настоящей работы являлась оценка влияния способа нанесения огнезащитного состава на стойкость древесины к огневому воздействию. В литературе влияние способа пропитки древесины защитными средствами на снижение пожарной опасности ранее изучалось [9-12], однако вопрос, по-прежнему, остается дискуссионным, что определяет значимость проведенных исследований. Нами в качестве критерия для сравнительной оценки пожарной опасности незащитной и огнезащитной древесины был выбран процент потери массы в результате огневого воздействия. Это связано с теоретическими представлениями о том, что чем меньше процент потери массы образцов древесины, тем больше ее сопротивляемость возгоранию и тем меньшее количество теплоты выделится в окружающую среду, что в свою очередь, будет способствовать замедлению распространения горения.

Объектом исследования, как и в работе [8], нами была выбрана древесина сосны – материал, который активно используют в отделке и в строительстве. В работе использовались образцы с влажностью 8–12 %. Огнезащитным составом для пропитки древесины сосны служил 40 % раствор натриевого жидкого стекла в воде. Выбор данной концентрации обоснован нами в работе [13]. Предлагаемый к использованию водорастворимый огнезащитный состав ориентирован на применение для древесины

внутри помещений, что связано с возможностью вымывания его с поверхности атмосферными осадками при эксплуатации огнезащитной древесины на открытом воздухе. Достоинствами огнезащитного состава являются его экологичность, сохранение натурального цвета и фактуры древесины.

Водный раствор жидкого стекла готовили весовым способом при комнатной температуре с использованием жидкого стекла «Текс (Универсал)»⁴. Пропитку образцов древесины сосны огнезащитным составом осуществляли в соответствии с документом⁵. Подробнее методика подготовки исследуемых образцов, описание процесса их сушки приведены в [8].

Было подготовлено для исследования четыре вида образцов:

а) незащитная древесина (образец № 1);

б) огнезащитная древесина:

– образец № 2: защитное средство на поверхность древесины сосны наносили путем погружения образцов в подготовленный состав при комнатной температуре. Продолжительность выдержки древесины в растворе составляла 60 с;

– образец № 3: нанесение защитного средства на поверхность древесины осуществляли два раза кистью без просушки образцов между обработками с интервалом не более 10 мин;

– образец № 4: образец выдерживали 30 с в горячем растворе огнезащитного состава (при температуре 90–95 °С), а затем 30 с в холодном (при температуре 20–40 °С). Общая продолжительность выдержки древесины в растворе составляла 60 с.

Исследуемые образцы имели следующие геометрические размеры: 75 мм × 50 мм × 20 мм. Масса образцов до пропитки огнезащитным составом находилась в интервале 23,36÷27,51 г. Визуально древесина сосны после пропитки водным раствором жидкого стекла незначительно изменила свой цвет, что связано с образованием на поверхности образцов защитного слоя силиката натрия. Именно он предотвращает доступ кислорода, необходимого для горения древесины, к ее поверхности при огневом воздействии.

Расчетные данные по приросту массы исследуемых образцов древесины сосны в результате пропитки водным раствором жидкого стекла представлены в табл. 3. Приведенные значения Δm^* получены путем усреднения не менее 5 сходящихся результатов.

³ ГОСТ Р 53292-2009 Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний

⁴ ГОСТ 13078-81 Стекло натриевое жидкое. Технические условия

⁵ ГОСТ 20022.6-93 «Защита древесины. Способы пропитки»

Увеличение значений Δm^* наблюдается в ряду образец № 2 < образец № 3 < образец № 4. Следует отметить, что пропитка древесины сосны огнезащитным составом при двукратном нанесении средства кистью дает результаты, сопоставимые с нанесением по способу «прогрев – холодная ванна». Однако, для образцов сосны меньших размеров наблюдается иная тенденция [8]. Отсутствие для обоих случаев единой корреляции Δm^* – способ пропитки можно объяснить тем, что при пропитке образцов древесины сосны размером 70 мм × 9 мм × 3 мм (для определения кислородного индекса) глубина пропитки сопоставима с толщиной образцов [14–16]. По этой причине отношение объема древесины, в порах которой может находиться огнезащитный состав, к общему объему образца не является постоянной величиной для брусков различных геометрических размеров. Как следствие, прирост массы древесины сосны (%) для отличающихся по размеру образцов не будет подчиняться общим закономерностям при одинаковых способах пропитки.

Таблица 3. Прирост массы исследуемых образцов древесины сосны после пропитки 40 % раствором жидкого стекла

Образец сосны	Δm^* , %
№ 1	–
№ 2	3,6
№ 3	4,1
№ 4	4,2

Увеличить глубину проникновения компонентов огнезащитного состава в древесину можно, изменяя температуру или давление при осуществлении процесса пропитки. Так, известно [17], что огнезащитная пропитка древесины может быть как поверхностной, так и глубокой. В любом случае пропитка огнезащитными составами позволяет создать в верхних слоях древесины защитную оболочку, противостоящую огневому воздействию. Глубина проникновения огнезащитного средства имеет особое значение при эксплуатации древесины в условиях, когда возможно появление механических повреждений ее поверхности. Анализ получен-

ных значений прироста массы исследуемых образцов древесины сосны после пропитки 40 % раствором жидкого стекла теоретически может косвенно указывать на глубину проникновения состава и качество огнезащиты.

Оценку стойкости образцов древесины к огневому воздействию проводили по следующей методике. Образец располагали строго вертикально над пропан-бутановой горелкой. Расстояние между нижним краем образца древесины до горелки составляло 20 мм. Непосредственно перед проведением испытания расход газа регулировали таким образом, чтобы высота пламени горелки составляла 100–120 мм и не изменялась в течение 30 с. После этого горелку подводили под нижний край образца.

Продолжительность огневого воздействия составляла 5 минут, затем горелку отводили. Повторное взвешивание образца древесины, подвергнутого испытанию, проводили после его полного остывания.

Общий вид установки приведен на рисунке. Полученные данные по исследованию стойкости древесины к огневому воздействию обобщены в табл. 4. Приведенные значения Δm получены путем усреднения не менее 5 сходящихся результатов.

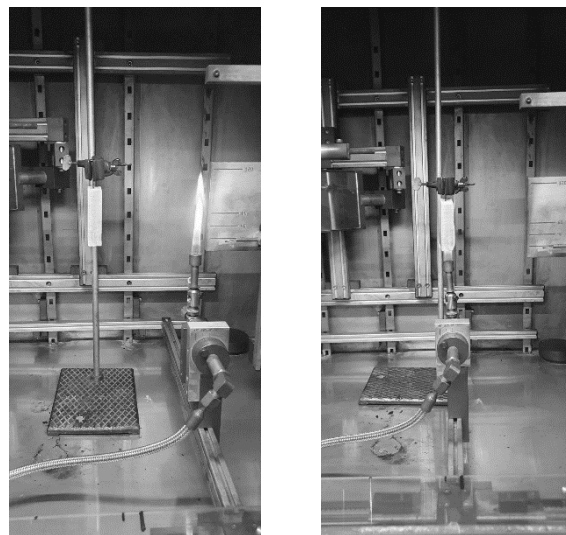


Рисунок. Установка по определению стойкости древесины к огневому воздействию

Таблица 4. Потеря массы исследуемых образцов древесины сосны после пропитки 40 % раствором жидкого стекла в результате огневого воздействия

Образец сосны	Δm , г	Δm , %
№ 1	5,7	22,8
№ 2	3,9	15,3
№ 3	4,0	16,1
№ 4	4,3	16,3

Механизм огнезащитного действия составов на основе жидкого стекла заключается в том, что при нагревании выше 100 °С жидкое стекло переходит в пиропластическое состояние [18], при этом появляются пленки, полупроницаемые для паров воды. При испарении воды в процессе нагрева защитный слой увеличивается в объеме и затрудняет доступ кислорода воздуха к защищаемой поверхности. Есть также литературные данные об образовании твердой пены при нагревании жидкого стекла до температур 150–500 °С [19]. В условиях проведения эксперимента температура горения газовой смеси пропан-бутан, используемой в горелке, превышает значения температурного интервала, в котором начинается изменение структуры жидкого стекла.

Большее значение потери массы образцов является результатом более глубокого термического разложения древесины в условиях огневого воздействия. Из представленных в табл. 4 результатов следует, что наибольшую огнезащищенность древесины сосны можно получить погружением образцов в огнезащитное средство в условиях комнатной температуры при продолжительности воздействия 60 с. Использование других способов пропитки, таких как двукратное нанесение огнезащитного состава кистью с интервалом не более 10 мин и «прогрев – холодная ванна» общей длительностью 60 с, приводят к практически одинаковым результатам.

Обобщая данные табл. 3 и 4, можно сделать вывод, что в случае пропитки образцов древесины по способу «прогрев – холодная ванна» верхними слоями древесины сосны поглощается большее количество жидкого стекла, которое выполняет огнезащитную функцию. Следовательно, в случае огневого воздействия для данных образцов древесины следовало бы ожидать наименьшую потерю массы, однако наблюдается противоположный результат. Это можно объяснить тем, что в случае пропитки образцов сначала горячим, а затем холодным огнезащитным раствором происходит более глубокое и равномерное распределение молекул жидкого стекла в порах древесины и межволоконном пространстве. При пропитке древесины путем погружения в раствор комнатной температуры, по всей видимости, основное количество жидкого стекла будет находиться именно в поверхностном слое. Поэтому в условиях нашего испытания в месте контакта огнезащищенной древесины и источника зажигания наблюдается более высокая локальная концентрация жидкого стекла, чем в случае пропитки способом «прогрев – холодная ванна», приводящей к менее интенсивному вспучиванию защитного слоя на по-

верхности древесины при огневом воздействии.

Учитывая ранее описанный механизм огнезащитного действия жидкого стекла и прирост массы образцов древесины после пропитки, ожидаемым было бы получение самого высокого значения потери массы для образца огнезащищенной древесины № 2, ввиду образования защитного слоя из меньшего количества по массе жидкого стекла. Однако, такое предположение не оправдалось. По всей видимости, стойкость древесины к огневому воздействию зависит не от массы удерживаемого огнезащитного средства, а от его распределения в верхних слоях древесины.

Таким образом, в работе проведена оценка влияния способа нанесения огнезащитного состава на стойкость древесины к огневому воздействию и, как следствие, на ее пожарную опасность. Экспериментально подтверждено, что использование огнезащитного средства (жидкое стекло – 40 %, вода – 60 %) приводит к снижению пожарной опасности древесины сосны, что согласуется с результатами, полученными нами ранее, исходя из анализа значений кислородного индекса огнезащищенной древесины [8]. Сравнение значений Δm , % позволяет заключить, что пропитка древесины сосны путем ее нагрева с последующим охлаждением для заполнения образовавшихся при расширении пор не приводит к предполагаемому результату. Ожидалось, что использование такого способа пропитки приведет к заметному снижению пожарной опасности образцов древесины сосны, поскольку для данного способа наблюдается максимальный прирост массы огнезащитного состава.

В созданных условиях способ пропитки древесины сосны 40 % раствором жидкого стекла в воде не оказывает принципиального влияния на стойкость огнезащищенной древесины к огневому воздействию при нанесении огнезащитного средства двукратно кистью и способом «прогрев – холодная ванна». Наилучший огнезащитный эффект достигается в случае пропитки древесины используемым составом при комнатной температуре в течение 60 с. Предположение, что более продолжительная по времени пропитка древесины сосны раствором жидкого стекла может привести к большему насыщению верхних и глубоких слоев древесины, что в конечном итоге улучшит огнезащитный эффект при таком способе нанесения защитного состава, требует валидации.

Полученные результаты показывают возможность применения 40 % раствора жидкого стекла в воде в качестве огнезащитного средства для древесины. Результаты работы, с одной стороны, могут быть полезны с прак-

тической точки зрения при принятии решения о способе пропитки древесины мягких пород, таких как сосна, а с другой, инициируют очередной этап исследований, связанных с изучением взаимосвязи пожарной опасности огне-

защищенной древесины и времени ее выдержки в огнезащитном составе при комнатной температуре или при использовании комбинации горячий раствор – холодный раствор.

Список литературы

1. Корольченко А. Я., Трушкин Д. В. Пожарная опасность строительных материалов. М.: Пожнаука, 2005. 232 с.
2. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч. 2. 774 с.
3. Демидов П. Г., Шандыба В. А., Щеголов П. П. Горение и свойства горючих веществ. М.: Химия, 1981. 272 с.
4. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч. 1. 713 с.
5. Исследование пожарной опасности древесины различных пород методами термического анализа / О. В. Беззапонная, М. А. Красильникова, А. М. Евсенкова [и др.] // Техносферная безопасность. 2021. № 3 (32). С. 43–50.
6. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине. М.: Лесная промышленность, 1989. 296 с.
7. Тепловыделение при горении древесины / Б. Б. Серков, А. Б. Сивенков, Д. Т. Буй [и др.] // Лесной вестник. 2003. № 5. С. 74–79.
8. Влияние способа пропитки древесины водным раствором жидкого стекла на снижение ее пожарной опасности / Ж. Ф. Гессе, С. А. Шабунин, Т. В. Фролова [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 4 (53). С. 13–21.
9. Медведева Т. И., Агафонцев М. В., Касымов Д. П. Исследование влияния типа огнезащиты и способа её нанесения на пожарную опасность древесины // Сопряженные задачи механики реагирующих сред, информатики и экологии: материалы XXII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика Н. Н. Яненко. Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2021. С. 77–79.
10. Корольченко О. Н. Зависимость пожарно-технических характеристик огнезащитной древесины от способа ее обработки // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности: материалы V Международной научно-практической конференции. СПб.: Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Санкт-Петербургский институт природопользования, промышленной безопасности и охраны окружающей среды», 2022. С. 53–59.
11. Патент 2479422 Российская Федерация МПК В 27 К 3/08, В 27 К 3/52, В 27 К 3/26, В 82 Y 99/00. Полимеризационно-пропиточный раствор для модифицирования древесины / М. И. Романенко, И. И. Романенко, Г. И. Шаронов [и др.]; опубл. 20.04.2013, Бюл. № 11.
12. Дашко И. В., Дашко Л. В. Анализ патентов на изобретения, связанных с огнезащитными составами для обработки древесины // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 1 (57). С. 39–49.
13. Гессе Ж. Ф., Петров А. В. Влияние концентрации жидкого стекла в огнезащитной пропитке на воспламеняемость древесины // Пожарная и аварийная безопасность. 2018. № 4 (11). С. 8–16.
14. Федосенко И. Г. Оценка качества определения глубины проникновения в древесину защитных средств // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2015. № 2 (175). С. 142–145.
15. Ломакин А. Д. Глубокая пропитка древесины средствами защиты от биоразрушения и возгорания // Строительные материалы. 2012. № 6. С. 72–74.
16. Исследование эффективности огнезащитных систем при глубокой пропитке древесины / Д. М. Нигматуллина, Е. Ю. Полищук, А. Б. Сивенков [и др.] // Проблемы техносферной безопасности: материалы VI-ой Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. М.: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России. 2017. № 6. С. 82–85.
17. Корольченко А. Я., Петрова Е. А. Современные средства огнезащиты древесины // Российский химический журнал. 2003. Вып. 47 (4). С. 49–54.
18. Особенности получения щелочно-силикатных теплоизоляционных материалов / С. Н. Леонович, Г. Л. Щукин, А. Л. Беланович [и др.] // Наука и техника. 2012. № 6. С. 45–50.
19. Лотов В. А., Кутугин В. А. Формирование пористой структуры пеносиликатов на основе жидкостекольных композиций // Стекло и керамика. 2008. № 1. С. 6–10.

References

1. Korol'chenko A. Ya., Trushkin D. V. *Pozharnaya opasnost' stroitel'nykh materialov* [Fire hazard of building materials]. Moscow: Pozhnauka, 2005. 232 p.
2. Korol'chenko A. Ya., Korol'chenko D. A. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya* [Fire and explosion hazards of substances and materials and their extinguishing agents]. Moscow: Ass. «Pozhnauka», 2004. Part 2. 774 p.
3. Demidov P. G., Shandyba V. A., Shcheglov P. P. *Gorenie i svoystva goryuchih veshchestv* [Combustion and properties of combustible substances]. Moscow: Himiya, 1981. 272 p.
4. Korol'chenko A. Ya., Korol'chenko D. A. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya* [Fire and explosion hazards of substances and materials and their extinguishing agents]. Moscow: Ass. «Pozhnauka», 2004. Part 1. 713 p.
5. Issledovanie pozharnoj opasnosti drevesiny razlichnykh porod metodami termicheskogo analiza [Study of fire hazard of different types of wood by thermal analysis methods] / O. V. Bezzaponnaya, M. A. Krasil'nikova, A. M. Evsenkova [et al.]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2021, vol. 3 (32), pp. 43–50.
6. Borovikov A. M., Ugolev B. N. *Spravochnik po drevesine* [Wood guide]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1989. 296 p.
7. *Teplovydelenie pri gorenii drevesiny* [Heat release during wood combustion] / B. B. Serkov, A. B. Sivenkov, D. T. Buj [et al.]. *Lesnoj vestnik*, 2003, issue 5, pp. 74–79.
8. Vliyanie sposoba propitki drevesiny vodnym rastvorom zhidkogo stekla na snizhenie ee pozharnoj opasnosti [Influence of the wood impregnation method by aqueous solution of liquid glass on reduction its fire danger] / Zh. F. Gesse, S. A. Shabunin, T. V. Frolova [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2024, vol. 4 (53), pp. 13–21.
9. Medvedeva T. I., Agafoncev M. V., Kasymov D. P. Issledovanie vliyaniya tipa ognezashchity i sposoba eyo naneseniya na pozharnuyu opasnost' drevesiny [Study of the influence of the type of fire protection and the method of its application on the fire hazard of wood]. *Sopryazhennye zadachi mekhaniki reagiruyushchih sred, informatiki i ekologii: materialy XXII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika N. N. Yanenko*. Tomsk: Natsional'nyy issledovatel'skiy Tomskiy gosudarstvennyy universitet, 2021. Pp. 77–79.
10. Korol'chenko O. N. Zavisimost' pozharno-tekhnicheskikh harakteristik ognezashchishchennoj drevesiny ot sposoba ee obrabotki [Dependence of fire-technical characteristics of fire-protected wood from the method of its processing]. *Teoreticheskie i prikladnye voprosy kompleksnoj bezopasnosti: materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. SPb.: Avtonomnaya nekommercheskaya organizatsiya dopolnitel'nogo pro-fessional'nogo obrazovaniya «Sankt-Peterburgskiy institut prirodopol'zovaniya, promyshlennoy bezopasnosti i okhrany okruzhayushchey sredy», 2022. Pp. 53–59.
11. Polimerizacionno-propitochnyj rastvor dlya modifitsirovaniya drevesiny [Polymerization and impregnation solution for wood modification] / M. I. Romanenko, I. I. Romanenko, G. I. Sharonov [et al.]. Patent 2479422 Rossiyskaya Federatsiya MPK B 27 K 3/08, B 27 K 3/52, B 27 K 3/26, B 82 Y 99/00.; opubl. 20.04.2013, Byul. № 11.
12. Dashko I. V., Dashko L. V. Analiz patentov na izobreteniya, svyazannyh s ognezashchitnymi sostavami dlya obrabotki drevesiny [Analysis of invention patents related to fire retardants for wood treatment]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2021, vol. 1 (57), pp. 39–49.
13. Gesse Zh. F., Petrov A. V. Vliyanie koncentracii zhidkogo stekla v ognezashchitnoj propitke na vosplamenyaemost' drevesiny [The influence of liquid glass concentration in fire-retardant impregnation on the flammability of wood]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'*, 2018, vol. 4 (11), pp. 8–16.
14. Fedosenko I. G. Ocenka kachestva opredeleniya glubiny proniknoveniya v drevesinu zashchitnykh sredstv [Evaluation of the quality of determination of the depth of penetration of protective agents into wood]. *Trudy BGTU. Lesnaya i derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'*, 2015, vol. 2 (175), pp. 142–145.
15. Lomakin A. D. Glubokaya propitka drevesiny sredstvami zashchity ot biorazrusheniya i vozgoraniya [Deep impregnation of wood by means of protection against destruction and fire]. *Stroitel'nye materialy*, 2012, issue 6, pp. 72–74.
16. Issledovanie effektivnosti ognezashchitnykh sistem pri glubokoj propitke drevesiny [Study of the effectiveness of fire retardant systems during deep impregnation of wood] / D. M. Nigmatullina, E. Yu. Polishchuk, A. B. Sivenkov [et al.]. *Problemy tekhnosfernoj bezopasnosti: materialy VI-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov*. Moscow: Akademiya Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS Rossii, 2017. Issue 6. Pp. 82–85.
17. Korol'chenko A. Ya., Petrova E. A. *Sovremennye sredstva ognezashchity drevesiny*

[Modern means of fire protection of wood]. *Rossiyskiy himicheskij zhurnal*, 2003, vol. 47 (4), pp. 49–54.

18. Osobennosti polucheniya shchelochno-silikatnykh teploizolyacionnykh materialov [Features of obtaining of alkali-silicate thermal insulation materials] / S. N. Leonovich,

G. L. Shchukin, A. L. Belanovich [et al.]. *Nauka i tekhnika*, 2012, issue 6, pp. 45–50.

19. Lotov V. A., Kutugin V. A. Formirovanie poristoj struktury penosilikatov na osnove zhidkostekol'nykh kompozitsij [Formation of a porous structure of foam silicates based on liquid glass compositions]. *Steklo i keramika*, 2008, issue 1, pp. 6–10.

Гессе Женни Фердинандовна

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

кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры

E-mail: zhenni.gesse@mail.ru

Gesse Zhenni Ferdinandovna

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, senior lecturer

E-mail: zhenni.gesse@mail.ru

Шабунин Сергей Александрович

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

кандидат химических наук

E-mail: 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

E-mail: sergeyshabunin@yandex.ru

Фролова Татьяна Владиславовна

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

кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры

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 Sciences, senior lecturer

E-mail: frolovatanja@mail.ru

УДК 614.845.1

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ТРАНСПОРТИРОВКИ НА СКОРОСТЬ ДОСТАВКИ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ К МЕСТУ ПОЖАРА НА СУДАХ

В. Г. ЕСТЕХИН

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: estekhin@inbox.ru

В настоящей статье представлены эмпирические данные и аналитические материалы по доставке первичных средств пожаротушения на объектах водного транспорта. Анализ результатов экспериментальных данных движения участников эксперимента с огнетушителем, показал, что на скорость движения человека с отягощением влияет способ переноски ПСП. В работе обосновывается и предлагается внедрение универсальной подвесной системы для доставки огнетушителей, которая сократит время доставки огнетушителей на водном транспорте и других объектах.

Ключевые слова: пожары на морских (речных) судах, огнетушители на судах, определение расчетных величин пожарного риска, универсальная подвесная система для доставки огнетушителей на транспорте и других потенциально опасных объектах.

THE IMPACT OF THE MODE OF TRANSPORTATION ON THE EFFICIENCY OF DELIVERING FIRE EXTINGUISHERS TO A FIRE ON A SHIP

V. G. ESTEHIN

St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia
Russian Federation, St. Petersburg
E-mail: estekhin@inbox.ru

The article presents empirical data and analytical materials on the two methods of delivery of primary fire extinguishing equipment on ships. During a series of experiments, it was found that the speed of delivery of a fire extinguisher to the fire is affected by its weight and dimensions, resulting in a shift in the center of mass of the subject and increase of fire extinguishers' delivery time. The article proposes the implementation of a universal suspension system for the delivery of fire extinguishers, which will reduce the delivery time of fire extinguishers on water transport and other objects.

Key words: fires on sea (river) vessels, fire extinguishers on ships, determination of estimated fire risk values, universal suspension system for the delivery of fire extinguishers on transport and other potentially dangerous objects.

Введение

В ранее опубликованных материалах [1, 2] установлено, что наибольшее количество пострадавших на объектах транспорта приходится на морские (речные) суда. В работе [3] определена низкая эффективность применения огнетушителей при ликвидации пожаров на водном транспорте, поскольку лишь в 7 % случаев экипажу удавалось успешно применить судовые средства пожаротушения. Анализ документов, регламентирующих оснащение первичными средствами пожаротушения (далее – ПСП), показал, что отсутствует единый документ, предъявляющий требования к ПСП на судах как отечественных, так и зарубежных. Требования, предъявляемые к судо-

вым помещениям различны, это касается как массы заряда огнетушителя, так и их количества, и мест расположения.

Для повышения уровня пожарной безопасности объектов водного транспорта предлагается разработка единой комплексной методики оснащения ПСП, которая будет учитывать объемно-планировочные решения конкретного объекта (судна), а также физиологические особенности экипажа, участвующего в борьбе за живучесть рассматриваемого судна.

На эффективность действия ПСП влияет время доставки огнетушителя к очагу, которое в свою очередь зависит от мест расположения огнетушителя на объекте. Свободное время развития пожара на объекте зависит от совокупности факторов, таких как время обнаружения и сообщения о пожаре, скорость до-

ставки огнетушащих веществ к очагу пожара, а также начало действия огнетушащего вещества на очаг пожара.

В настоящее время существующие методики^{1,2} [4], программные продукты^{3,4,5}, а также научные исследования⁶ [5–13] не учитывают влияния отягощения в виде огнетушителя на скорость и время доставки к очагу пожара.

В рамках исследования был разработан план⁷ [14] и проведены натурные испытания⁸ по определению времени и скорости доставки огнетушителей на объекте.

Реализация эксперимента

Объектом исследования является процесс выполнения работ по доставке огнетушителей к условному очагу пожара, а предметом исследования – определение эффективности универсальной подвесной системы (далее – УПС) на основании экспериментальных данных.

Целями проведения эксперимента является:

- определение скорости доставки ПСП;
- предложение по повышению эффективности применения огнетушителей на объекте;
- расчет эффективности предложенных мероприятий.

В качестве модельного объекта использовалось общежитие (рис. 1 А), объемно-планировочные решения которого схожи с палубами пассажирского теплохода (рис. 1 Б, В). В общежитии располагается 13 жилых комнат, которые сообщаются коридором, по краям

находятся лестничные марши, такая планировка условно соответствует средней части морского (речного) судна. Ширина дверных проемов на модельном этаже составляет – 0,8 м, путей эвакуации – 1,8 м, тогда как на пассажирском судне ширина трапов⁹, дверных проемов¹⁰ и других путей эвакуации должна быть не менее 0,9 м. На объекте установлены межкомнатные двери с дверными доводчиками (после проникновения в комнату участником эксперимента дверное полотно закрывается самостоятельно).

Согласно плану натурных испытаний, было разработано два сценария доставки огнетушителей на объекте.

Сценарий №1.

По условиям эксперимента в одной из комнат общежития произошло возгорание в результате короткого замыкания электропроводки (рис. 1 А). Система обнаружения и оповещения о пожаре не сработала, пожар был обнаружен участником эксперимента по внешним признакам. Для доставки ПСП к очагу пожара участник эксперимента начал движение из помещения, где был расположен очаг пожара. Все двери на объекте находились в закрытом положении, в каждом помещении объекта располагались огнетушители одного типоразмера. Участник эксперимента покинул «горящий» отсек и направился в ближайшее помещение, где располагался огнетушитель. Участнику эксперимента было необходимо доставить огнетушитель ОП-5. Таким образом, определялось влияние массы и габаритных размеров огнетушителя на скорость и время доставки ПСП к очагу пожара. Далее огнетушители были заменены на больший типоразмер, метод доставки ПСП остался неизменным, как описано ранее.

Для определения скорости движения участника эксперимента от очага пожара до огнетушителя и обратно с огнетушителем происходила фиксация времени прохождения участника эксперимента по этапам (рис. 2):

– этап № 1: участник эксперимента начинал движение из помещения, где был расположен очаг пожара и двигался до дверного проема (дверь находилась в закрытом положении);

– этап № 2: участник эксперимента открывал дверь с доводчиком «от себя» и преодолевал дверной проем;

¹ Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

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

³ Программа Fenix + 3 – расчет пожарного риска.

⁴ Программа Pathfinder – расчет времени эвакуации людей.

⁵ Программа СИТИС: Флоутек – программное обеспечение для моделирования процесса эвакуации людей из здания.

⁶ Revised guidelines on evacuation analysis for new and existing passenger ships // International maritime organization.

⁷ Межгосударственный стандарт ГОСТ 19.301-79 «Единая система программной продукции. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению».

⁸ Межгосударственный стандарт ГОСТ 16504-81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения».

⁹ Министерство транспорта РФ распоряжение от 15.05.2003 г. №НС-59р «Об утверждении требований к конструкции судов внутреннего водного транспорта и судовому оборудованию».

¹⁰ ГОСТ 25088-98 от 01.01.2002 «Двери судовые».

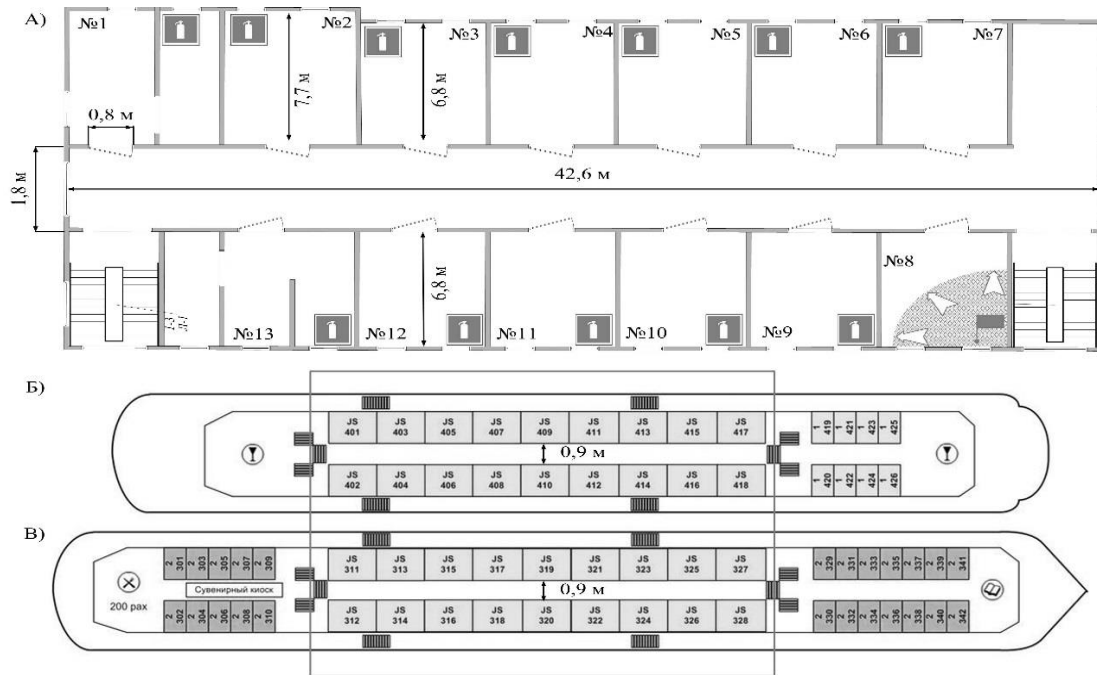


Рис. 1. А) Расположение жилых комнат общежития;
Б) расположение кают шлюпочной палубы пассажирского теплохода;
В) расположение кают верхней палубы теплохода пассажирского

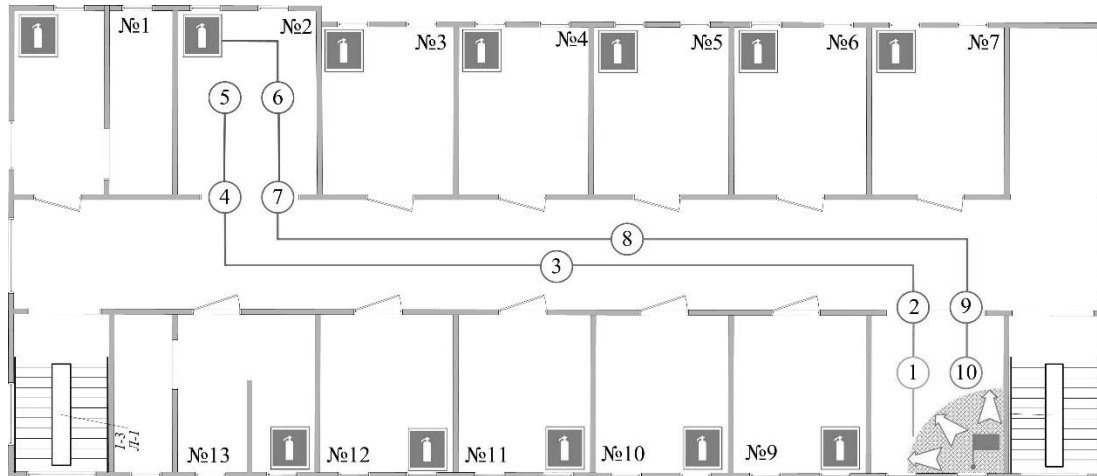


Рис. 2. Поэтапный метод проведения эксперимента

- этап № 3: движение участника эксперимента по горизонтальному пути эвакуации (коридору) до дверного проема помещения, где располагался огнетушитель;
- этап № 4: участник эксперимента открывал дверь с доводчиком «на себя» и преодолевал дверной проем;
- этап № 5: участник эксперимента продолжал движение до места расположения огнетушителя в помещении.

На этапах № 1-5 участник эксперимента двигался без нагрузки от огнетушителя.

- этап № 6: участник эксперимента осуществлял подъем огнетушителя и двигался до дверного проема (дверь находилась в закрытом положении);
- этап № 7: участник эксперимента с огнетушителем открывал дверь с доводчиком «от себя» и преодолевал дверной проем;
- этап № 8: участник эксперимента двигался с огнетушителем по горизонтальному пути эвакуации (коридору) до дверного проема помещения, где был расположен очаг пожара;

– этап № 9: участник эксперимента с огнетушителем открывал дверь с доводчиком «на себя» и преодолевал дверной проем;

– этап № 10: участник эксперимента доставлял огнетушитель к очагу пожара.

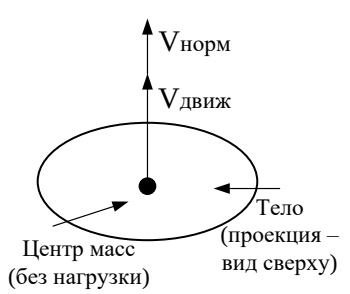
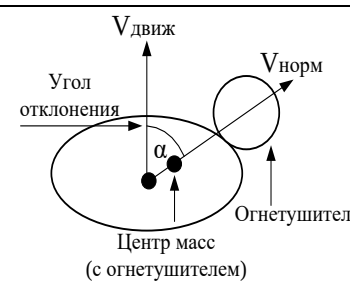
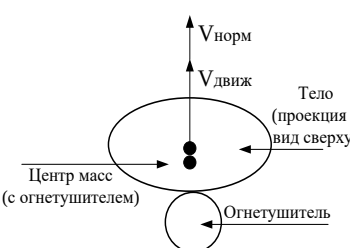
На этапах № 6–10 при движении на участника эксперимента воздействовала нагрузка от огнетушителя.

Во время проведения эксперимента участник был экипирован нагрудным датчиком сердечного ритма, который считывал и фиксировал показатели частоты сердечных сокращений (далее – ЧСС). Данные показатели определяли интенсивность (тяжесть) физической нагрузки при доставке огнетушителей разных типоразмеров. Нагрудный датчик сердечного ритма синхронизировался с мобильным приложением, по которому отслеживались показания.

Выводы по сценарию № 1

В ходе проведения серии экспериментов опытным путем было установлено, что на скорость доставки ПСП оказывали влияние масса и габаритные размеры огнетушителя, следствием чего являлось смещение центра масс участника эксперимента (угол отклонения центра масс при движении человека). Результатом смещения центра масс являлось повышение ЧСС, тем самым интенсивность физической нагрузки возрастала. Для снижения влияния смещения центра масс на участника эксперимента необходимо, чтобы огнетушитель находился на одной оси с вектором направления движения, следовательно, огнетушитель должен находиться не в руках участника эксперимента при его доставке, а располагаться сзади в виде универсальной подвесной системы (табл.1).

Таблица 1. Схема смещения центра масс при доставке огнетушителей (горизонтальная проекция)

Схема движения участника эксперимента	Описание
	Движение участника эксперимента без огнетушителя. При движении участника эксперимента без нагрузки вектор движения и вектор отклонения находятся соосно проекции. Угол отклонения тела от вектора равен нулю, $\alpha = 0^\circ$
	Сценарий № 1. Движение участника эксперимента с огнетушителем в руке. При движении участника эксперимента с огнетушителем центр масс смещается в сторону отягощения (в сторону той руки, где располагается огнетушитель), соответственно вектор отклонения изменяется, α = разности угла векторов, $V_\phi = V_n * \cos \alpha$. Чем больше масса и габариты носимого огнетушителя, тем больше смещается центр тяжести проекции человека с огнетушителем, следовательно, увеличивается угол отклонения (α), что приводит к увеличению ЧСС, тем самым снижая скорость движения.
	Сценарий № 2. Движение участника эксперимента с огнетушителем, расположенным за спиной. При движении участника эксперимента с огнетушителем, расположенным в виде ранца за спиной, центр масс находится соосно с вектором направления движения. Соответственно угол отклонения $\alpha = 0^\circ$.

Сценарий № 2.

Исходя из выводов сценария № 1 был разработан второй сценарий проведения эксперимента, который аналогичен первому, за исключением способа доставки огнетушителя в горящее помещение: доставка ПСП осуществлялась с помощью УПС, на которую кре-

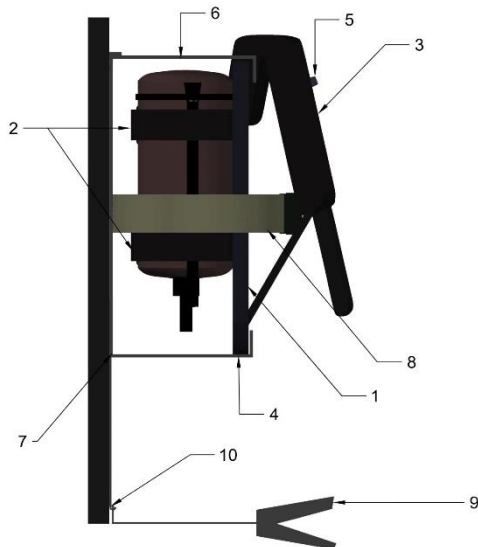


Рис. 3. Универсальная подвесная система, вид сбоку

пился огнетушитель. В помещении, где располагался огнетушитель (этап № 6), было установлено крепление, на котором располагалась установка с огнетушителем (рис. 3, 4), участнику эксперимента было необходимо извлечь УПС из крепления и продолжить движение в сторону двери, надев её на себя.

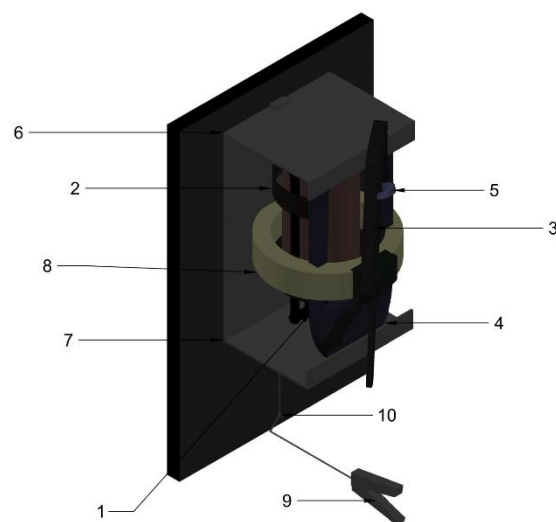


Рис. 4. Универсальная подвесная система, вид сбоку

На этапе № 10 участник эксперимента доставлял огнетушитель к условному очагу пожара, время фиксировалось. Далее огнетушители заменялись на больший типоразмер, метод доставки ПСП оставался неизменным.

Участниками эксперимента являлись лица трудоспособного возраста (18–60 лет, подходящие под группу мобильности экипажа судна). Репрезентативность выборки подтвер-

ждается отсутствием отклонений от значений характеристик генеральной совокупности оцениваемой группы мобильности М-03¹¹. Каждый участник эксперимента осуществлял доставку ПСП в количестве трех повторений, после полного восстановления (отдыха).

Осредненные экспериментальные значения скорости доставки ПСП представлены в табл. 2.

Таблица 2. Осредненные экспериментальные значения скорости доставки ПСП по этапам

Движение участника эксперимента без нагрузки, м/мин					
Типоразмер огнетушителя	Этап № 1	Этап № 2	Этап № 3	Этап № 4	Этап № 5
Без нагрузки	107±15	23±3	106 ±18	20±2	96±18
Движение участника эксперимента с огнетушителем в руке, м/мин (Сценарий № 1)					
Типоразмер огнетушителя	Этап № 6	Этап № 7	Этап № 8	Этап № 9	Этап № 10
ОП-5	81±13	23±4	122±13	20±3	119±10
ОП-6	72±5	18±2	103±12	17±1	109±10

¹¹ Приказ МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности».

ОП-8	72±9	17±2	106±15	16±1	112±9
ОП-10	62±10	20±2	107±19	15±2	103±15
Движение участника эксперимента с огнетушителем, расположенным за спиной, м/мин (Сценарий № 2)					
Типоразмер огнетушителя	Этап № 6	Этап № 7	Этап № 8	Этап № 9	Этап № 10
ОП-5	102±21	24±1	119±17	21±2	118±13
ОП-6	95±19	24±2	108 ±15	22±2	112 ±13
ОП-8	97±17	24±2	110 ±14	20±2	111±15
ОП-10	99±19	25±3	112±18	20±2	108±15

Анализ

экспериментальных данных

Из анализа экспериментальных данных (сценарий № 1) следует, что на этапах № 6, 7 и 9 зафиксирована самая низкая скорость участников эксперимента при доставке огнетушителей в руках.

На этапе № 6 начиналось движение участника эксперимента с отягощением в сторону очага пожара. Минимальная скорость была зафиксирована при движении с огнетушителем ОП-10 (в руках), которая составляла 44 м/мин, при средней скорости на данном участке 62 м/мин. Минимальная скорость участников эксперимента без огнетушителя на этом же этапе составила 71 м/мин, а среднее значение – 96 м/мин. Доставка огнетушителя того же типоразмера, размещенного за спиной участника эксперимента, показала близкие результаты по времени и скорости с движением без отягощения – минимальная скорость была равна 70 м/мин, а средний показатель – 99 м/мин. Разница скорости доставки ОП-10, находящегося в руках, и того же участника эксперимента, осуществляющего доставку огнетушителя за спиной, составляет 37 м/мин в пользу последнего.

Самая низкая скорость доставки огнетушителей (в руках) была зафиксирована с ОП-5 на этапе № 6. Скорость при доставке данного типоразмера составляла 60 м/мин, а среднее значение – 81 м/мин. Разница в скорости между ОП-5 и ОП-10 (в руках) по средним значениям составила 19 м/мин. Максимальная скорость движения участника эксперимента была зафиксирована при движении с огнетушителем за спиной (ОП-5), где разница составила 20 м/мин с ОП-5 и 40 м/мин с ОП-10, которые доставлялись в руках.

Анализ экспериментальных данных этапа № 9 показывает, что масса и габаритные размеры огнетушителя также оказывали влияние на скорость доставки ПСП в руках, как и на этапе №6 (сценарий №1). Минимальная скорость зафиксирована при доставке огнетушителя ОП-10, разница с ОП-8 составляет 1 м/мин, с ОП-6 – 2 м/мин и ОП-5 – 5 м/мин, в

пользу меньших по массе и размеру огнетушителей. Анализируя этап преодоления дверных проемов «от себя» (этап № 7) и «на себя» (этап № 9), можно сделать вывод, что на этапе № 7 участники эксперимента затрачивали меньше времени и показывали большую скорость прохождения на 13,5 % по средним показателям, чем на этапе № 9 (как без нагрузки, так и при доставке огнетушителей в руках и за спиной). Разница в скорости движения без нагрузки составила 3 м/мин в пользу этапа № 7, что эквивалентно 13,6 %. При доставке огнетушителей в руках разница составила 2 м/мин, а при доставке огнетушителя за спиной – 4 м/мин, что эквивалентно 12,5 % и 14,3 % соответственно.

Сравнительный анализ экспериментальных данных указывает, что на способ доставки ПСП (сценарий № 1 в руках участника эксперимента) к условному очагу пожара оказывали влияние масса огнетушителя и его габаритные размеры. Чем больше масса и габариты огнетушителя, тем больше происходило смещение центра тяжести участника эксперимента (табл. 1), которые в свою очередь влияли на угол отклонения α . Большая потеря времени была зафиксирована на этапах № 6 (сценарий № 1), где участники эксперимента поднимали огнетушитель и начинали движение с отягощением, а также преодолевали дверные проемы. На этапах № 7, 9 происходила потеря времени в связи с тем, что участники эксперимента перекладывали тяжелый и неудобный огнетушитель из одной руки в другую перед открытием дверного полотна, задевали огнетушителем элементы дверного проема и перегородки помещения.

Анализ экспериментальных данных (сценарий № 2, доставка ПСП за спиной) показал, что доставка огнетушителей того же типоразмера осуществлялась быстрее, следовательно, скорость, которую показывали участники эксперимента, была выше. На рис. 5–7. представлены сравнительные результаты этапов № 6, 7, 9.

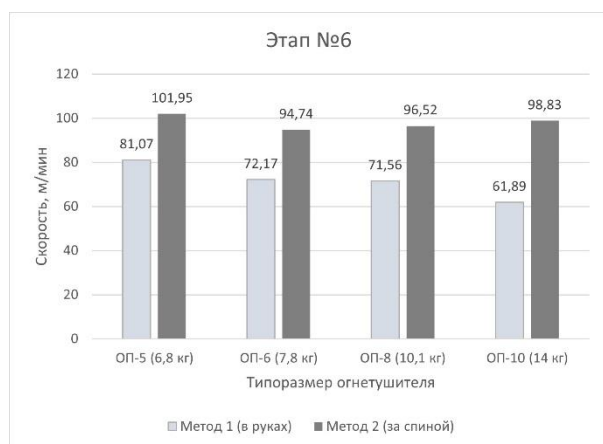


Рис. 5. Сравнительный анализ этапа № 6

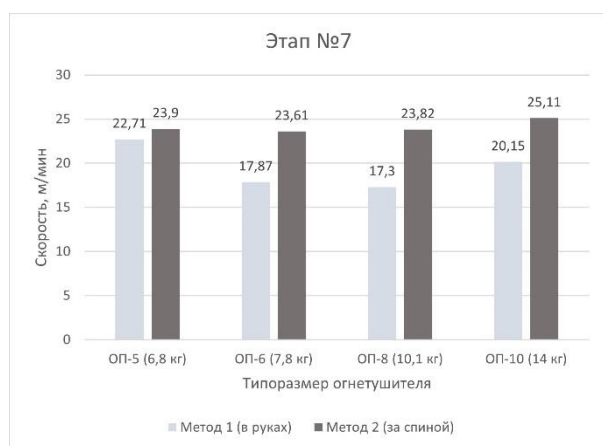


Рис. 6. Сравнительный анализ этапа № 7

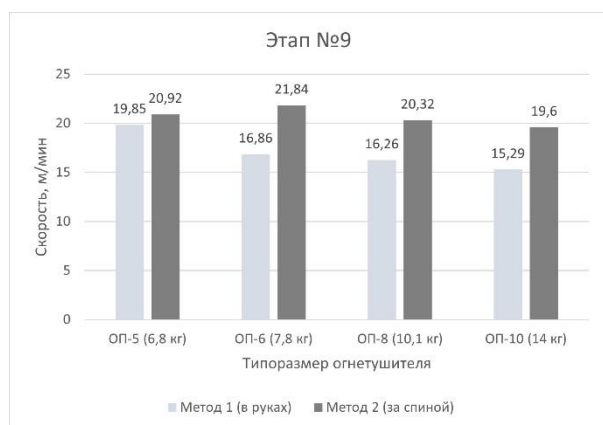


Рис. 7. Сравнительный анализ этапа № 9

Минимальная скорость на этапе № 6 зафиксирована при доставке огнетушителя ОП-10 в руках (62 м/мин), разница скорости с участниками эксперимента, двигающимися без огнетушителя (96 м/мин), составляет 34 м/мин, что в процентном соотношении составляет 35 %. Разница скорости участников эксперимента, доставляющих ПСП за спиной (99 м/мин) и в руках, составляет 37 м/мин, что в процентном соотношении выше на 37,3 % в пользу доставки ПСП за спиной. Скорость доставки ПСП за спиной на этапе № 6 выше на 3 м/мин, чем движение участника эксперимента без огнетушителя, что указывает на высокую эффективность применения УПС (табл. 3).

Во время преодоления дверных проемов на этапе № 7 зафиксирована самая низкая скорость при доставке огнетушителя ОП-8 в руках (17 м/мин), разница скорости доставки без отягощения (23 м/мин), составляет 6 м/мин, что в процентном соотношении составляет 24 %, разница скорости с участниками эксперимента, доставляющими огнетушитель за спиной (24 м/мин), составляет 7 м/мин, что в процентном соотношении – 27,3 %.

На этапе № 9 наименьшая скорость зафиксирована при доставке огнетушителей ОП-10 (15 м/мин), разница с участниками эксперимента, двигающимися без отягощения (20 м/мин), составила 4 м/мин, что в процентном соотношении составляет 22,3 %, разница с участниками эксперимента, доставляющими ПСП за спиной составляет (20 м/мин) 4 м/мин и 21,9 %.

Исходя из вышеизложенного следует, что масса и габаритные размеры огнетушителей, включая ОП-10, не оказывают влияние на время и скорость доставки ПСП, которые были размещены за спиной участников эксперимента, согласно сценария № 2, в отличие от сценария № 1, где огнетушитель располагался в руке. В случае доставки ПСП (за спиной) центр масс находится на одной оси с вектором направления движения, где $\alpha=0^\circ$.

Во время проведения эксперимента происходила фиксация ЧСС участников эксперимента, которые осуществляли доставку огнетушителей к условному очагу пожара, результатом которой была определена тяжесть (интенсивность) физической нагрузки.

Показания ЧСС участников эксперимента фиксировались по средним и пиковым значениям. Сравнительные данные ЧСС при движении участников эксперимента по сценарию № 1 и № 2 представлены на рис. 8.

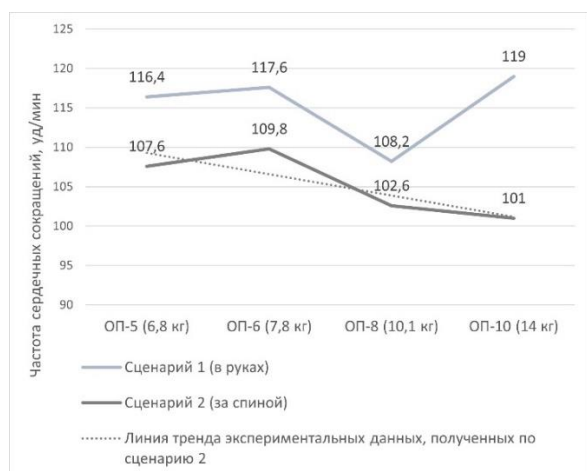


Рис. 8. Показатели ЧСС при доставке огнетушителей по сценарию № 1 и № 2

Анализ данных ЧСС сценария № 1 позволил сделать вывод, что при доставке огнетушителей в руках интенсивность физической нагрузки у участников эксперимента была выше по средним значениям на 10 уд/мин (что составляет 9,5 % от средних значений ЧСС сценария № 2).

В свою очередь участники экспериментов, осуществляющие доставку огнетушителей за спиной, показали более низкую интенсивность физической нагрузки на всех этапах. При доставке огнетушителей по сценарию № 2 ОП-5, ОП-6 и ОП-8 разница была зафиксирована по средним значениям на 6,5 % ниже, чем при доставке огнетушителей в руках.

Линия тренда на рис. 8 указывает на снижение показателей ЧСС при доставке ПСП по сценарию № 2.

Максимальная интенсивность физической нагрузки была зафиксирована у участников эксперимента, доставляющих огнетушители ОП-10 в руках, масса которого составляет 14 кг. ЧСС участников эксперимента осуществляющих доставку огнетушителей того же типоразмера за спиной была на 15,1 % ниже по средним значениям. Таким образом, доставляя ПСП в руках к моменту начала тушения пожара человек будет находиться в утомленном физическом состоянии, что в дальнейшем может повлиять на эффективность тушения пожара.

Вывод по сценариям № 1, № 2

Анализ результатов экспериментальных данных движения участников эксперимента с огнетушителем, показал, что на скорость движения человека с отягощением влияет способ переноски ПСП. При движении человека с огнетушителем в руках временные показатели

были выше, чем при доставке огнетушителей за спиной. Это объясняется тем, что на скорость доставки влияют такие показатели, как:

- масса огнетушителя (чем больше масса огнетушителя, тем сильнее смещение центра масс, и, как следствие, увеличение угла отклонения α , тем самым повышая значение ЧСС, который в свою очередь указывает на интенсивность физической нагрузки);

- габаритные размеры огнетушителя (во время движения участникам эксперимента приходилось переключать огнетушитель из одной руки в другую, особенно при доставке ОП-10) преодолевая дверные проемы, также участники эксперимента задевали огнетушителем элементы дверного проема и перегородки помещения, что в свою очередь влияло на скорость доставки ПСП).

Участники эксперимента, осуществляющие доставку огнетушителей по сценарию № 2 (за спиной) того же типоразмера, показали иной результат. Показатели ЧСС в среднем на 8,6 % ниже, что указывает на более низкую интенсивность физической нагрузки, особенно выражено при доставке огнетушителя ОП-10, масса которого составляет 14 кг, а разница ЧСС 15 %. Данные показатели обусловлены тем, что центр масс находится за спиной человека ($\alpha=0^\circ$), но в то же время на одной оси с вектором направления движения.

Габаритные размеры огнетушителя также не оказывали влияния на скорость движения, поскольку участникам эксперимента не приходилось переключать огнетушитель из руки в руку. Участники эксперимента могли открывать дверь любой удобной для них рукой, также присутствовала возможность доставки дополнительного противопожарного оборудования или ПСП к очагу пожара. Применение УПС окажет влияние на эффективность тушения пожаров на водном транспорте, а именно:

- сократится время доставки ПСП к очагу пожара;
- снизится интенсивность физической нагрузки при тушении пожара;
- повысится безопасность при передвижении по наклонным поверхностям (стационарным судовым трапам).

Описание УПС для доставки огнетушителей на транспорте и других потенциально опасных объектах

Подвесная система предназначена для сокращения времени доставки огнетушителя к очагу пожара и оперативного применения первичного средства пожаротушения на транспорте и других объектах.

В исходном положении подвесная система (рис. 3, 4) посредством болтовых соеди-

нений смонтирована на стене помещения защищаемого объекта и оснащена огнетушителем, закрепленным с помощью баллонных ремней. В случае необходимости доставки огнетушителя к очагу возгорания участник эксперимента отсоединяет ремень крепления подвесной системы, надевает на себя плечевой ремень, нажатием на педаль приводит в действие механизм тягового устройства, который разблокирует подвижную часть запорной арматуры. Для использования огнетушителя оператору необходимо потянуть рукой вниз за стропу, приводя таким образом универсальную подвесную систему в рабочее положение. Подвесная система содержит сменный огнетушитель, который крепится к раме подвесной системы посредством баллонных ремней.

На рис. 3, 4 представлен общий вид подвесной системы, закрепленной на стене объекта.

Цифрами обозначены: 1 – рама подвесной системы; 2 – баллонные ремни крепления огнетушителя; 3 – плечевой ремень; 4 – основание подвесной системы; 5 – стропа; 6 – подвижная часть запорной арматуры;

7 – основание крепежной системы; 8 – ремень крепления подвесной системы; 9 – педаль; 10 – механизм тягового устройства.

Для определения эффективности подвесной системы необходимо провести серию натурных испытаний по доставке ПСП по наклонным поверхностям (лестничные марши) и в условиях наклона палубы (качка судна) [15].

Для приведенных в табл. 2 экспериментальных данных определена расчетная эффективность [16] универсальной подвесной системы:

$$\phi_{ij}^{\text{п.с.}} = \frac{V_{\text{п.с. } ij}}{V_{\text{без п.с. } ij}} \quad (1)$$

где $V_{\text{п.с.}}$ – экспериментальные данные движения с огнетушителем за спиной,

$V_{\text{без п.с.}}$ – экспериментальные данные движения с огнетушителем в руках,

i – типоразмер огнетушителя,

j – номер этапа эксперимента, значения коэффициентов приведены в табл. 2.

Таблица 3. Расчетная эффективность УПС по экспериментальным данным

Типоразмер огнетушителя	Этап № 6	Этап № 7	Этап № 8	Этап № 9	Этап № 10
ОП-5	1,26	1,05	0,98	1,05	0,99
ОП-6	1,31	1,32	1,04	1,30	1,03
ОП-8	1,35	1,38	1,04	1,25	0,99
ОП-10	1,60	1,25	1,04	1,28	1,05

Заключение

Анализ эффективности УПС позволил сделать следующие заключение:

– на этапе № 6 зафиксирована самая высокая эффективность применения УПС, т.к. участнику эксперимента не приходилось поднимать огнетушитель с пола или извлекать из шкафа пожарного крана, а открепление УПС происходило в одно действие за счет конструктивных элементов, описанных выше. Чем больше масса и типоразмер огнетушителя, тем выше эффективность УПС;

– этапы № 7, 9 указывают, что на преодоление дверных проемов участники эксперимента тратили меньше времени, доставляя огнетушитель за спиной, соответственно эффективность доставки ПСП при помощи УПС выше, чем при доставке огнетушителя в руках;

– эффективность УПС на этапе № 8 была выше на 0,06, что не существенно повлияло на скорость доставки огнетушителя, как и на этапе № 10, где разница составила 0,03.

Список литературы

1. Кожевин Д. Ф., Естехин В. Г. Оценка эффективности применения огнетушителей на водном транспорте // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 4 (64). С. 8–20.
2. Анализ нормативных требований к огнетушителям, размещаемым на судах / Д. Ф. Кожевин, А. А. Таранцев, В. Г. Естехин

[и др.] // Морские интеллектуальные технологии, 2023. № 3 часть 1, С. 170–178. DOI: 10.37220/MIT.2023.61.3.017

3. Шарапов С. В., Крутолапов А. С., Копейкин Н. Н. Анализ информации о пожарах на судах и о практике их тушения в портах // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Том 26. № 1. С. 52–60.

4. Самигуллин Г. Х., Гремин Ю. В. Совершенствование методики оценки пожарной опасности на объектах водного транспорта в сложных природно-климатических условиях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 1 (65). С. 83–93.

5. Холщевников В. В., Самошин В. А. К вопросу о точности моделей индивидуально-поточного движения // Ройтмановские чтения: сборник материалов VII научно-практической конференции. 2019. С. 30–34.

6. Łozowicka D, Łozowicki A. Identification of factors having an impact on the moment of commencing the evacuation of people from a vessel. *Transport problems*, 2010, vol. 5., issue 2, pp. 59–64.

7. Azzi C., Pennycott A., Vassalos D. Evacuation simulation of shipboard fire scenarios. *Proceedings, fire and evacuation modeling technical conference*. Baltimore, Maryland, 2011.

8. Yoon-Ok Cho, Sol Ha, Kwang-Phil Park. Velocity-based egress model for the analysis of evacuation process on passenger ships. *Journal of marine science and technology*, 2016, vol. 24 (3), pp. 466–483. URL: <https://jmstt.ntou.edu.tw/journal/vol24/iss3/12/> (дата обращения: 13.05.2024).

9. Murphy S.Ó., Brown K.N., Sreenan C. The EvacSim pedestrian evacuation agent model: development and validation. *Summer computer simulation conf. society for modeling & simulation international: proceedings*, 2013, p. 38.

10. Jaemin Lee, Hyuncheol Kim, Soonjo Kwon. Evacuation analysis of a passenger ship with an inclined passage considering the coupled effect of trim and heel. *International journal of naval architecture and ocean engineering*, 2022, vol. 14.

11. Andreadakis A., Dalaklis D. Evacuation of ships: Discovering the mishaps behind the casualties. *Journal of international maritime safety environmental affairs and shipping*, 2022, vol. 6 (2-3), pp. 135–140.

12. Andreadakis A., Dalaklis D. Evacuation of ships: Discovering the mishaps behind the casualties. *Journal of international maritime safety environmental affairs and shipping*, 2022, vol. 6 (2-3), pp. 135–140.

13. Шалявин Д. Н. Разработка научных основ планирования циклических работ при тушении пожаров: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 2.10.1. Иваново, 2024. 16 с.

14. Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов. М.: Наука, 1970. 287 с.

15. Самигуллин Г. Х., Гремин Ю. В. Совершенствование методики оценки пожарной опасности на объектах водного транспорта в сложных природно-климатических условиях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 1 (65). С. 83–93.

16. Метод многокритериальной оценки эффективности технических средств в организационно-технических системах / Д. Ф. Кожевин, А. В. Матвеев, Г. Х. Самигуллин [и др.] // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2023. № 4. С. 59–70. DOI: 10.61260/2218-130X-2024-2023-4-59-70. EDN: NWHMEP.

References

1. Kozhevin D. F., Estekhin V. G. Otsenka effektivnosti primeneniya ognnetushiteley na vodnom transporte [Evaluation of the efficiency of fire extinguishers use on water transport]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2022, vol. 4 (64), pp. 8–20.

2. Analiz normativnykh trebovaniy k ognnetushitelyam, razmeschaemim na sudah [Analysis of regulatory requirements for fire extinguishers placed on ships] / D. F. Kozhevin, A. A. Tarantsev, V. G. Estekhin [et al.]. *Morskie intellektualnye tehnologii*, 2023, vol. 3, issue 1, pp. 170–178. DOI: 10.37220/MIT.2023.61.3.017

3. Sharapov S. V., Krutolapov A. S., Kopeikin N. N. Analiz informatsii o pozharah na sudah i o praktike ih tusheniya v portah [Analysis of information on fires on ships and on the practice of extinguishing them in ports]. *Pozharovzryvbezopasnost'*, 2017, vol. 26, issue 1, pp. 52–60.

4. Samigullin G. H., Gremin U. V. Sovershenstvovanie metodiki otsenki požarnoi opasnosti na ob'ektah vodnogo transporta v slozhnykh klimaticheskikh usloviyakh [Improving the methodology for assessing fire hazard at water transport facilities in difficult natural and climatic conditions]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2023, vol. 1 (65), pp. 83–93.

5. Holschevnikov V. V., Samoshin V. A. K voprosu o tochnosti modelei individual'nopotochnogo dvizheniya [On the issue of the accuracy of individual-flow movement models]. *Roytmanovskie chteniya: sbornik materialov VII nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2019. Pp. 30–34.

6. Łozowicka D, Łozowicki A. Identification of factors having an impact on the moment of commencing the evacuation of people from a vessel. *Transport problems*, 2010, vol. 5., issue 2, pp. 59–64.

7. Azzi C., Pennycott A., Vassalos D. Evacuation simulation of shipboard fire scenarios. *Proceedings, fire and evacuation modeling technical conference*. Baltimore, Maryland, 2011.

8. Yoon-Ok Cho, Sol Ha, Kwang-Phil Park. Velocity-based egress model for the analysis of evacuation process on passenger ships. *Journal of marine science and technology*, 2016, vol. 24 (3), pp. 466–483. URL: <https://jmstt.ntou.edu.tw/journal/vol24/iss3/12/>

edu.tw/journal/vol24/iss3/12/ (дата обращения: 13.05.2024).

9. Murphy S.Ó., Brown K.N., Sreenan C. The EvacSim pedestrian evacuation agent model: development and validation. Summer computer simulation conf. society for modeling & simulation international: proceedings, 2013, p. 38.

10. Jaemin Lee, Hyuncheol Kim, Soonjo Kwon. Evacuation analysis of a passenger ship with an inclined passage considering the coupled effect of trim and heel. International journal of naval architecture and ocean engineering, 2022, vol. 14.

11. Andreadakis A., Dalaklis D. Evacuation of ships: Discovering the mishaps behind the casualties. Journal of international maritime safety environmental affairs and shipping, 2022, vol. 6 (2-3), pp. 135–140.

12. Andreadakis A., Dalaklis D. Evacuation of ships: Discovering the mishaps behind the casualties. Journal of international maritime safety environmental affairs and shipping, 2022, vol. 6 (2-3), pp. 135–140.

13. Shalyavin D. N. Razrabotka nauchnyh osnov planirovaniya tsiklicheskih rabot pri tushenii pozharov. Avtoreferat diss. kand. tehn. nauk [De-

velopment of scientific foundations for planning cyclical work in extinguishing fires. Cand. tech. sci. abstract of diss.]. Ivanovo, 2024. 16 p.

14. Finni D. Vvedenie v teoriyu planirovaniya eksperimentov [Introduction to the Theory of Experimental Design]. Moscow: Nauka, 1970. 287 p.

15. Samigullin G. H., Gremin Yu. V. Sovershenstvovanie metodiki otsenki pozharnoi opasnosti na ob'ektah vodnogo transporta v slozhnykh prirodno-klimaticheskikh usloviyakh [Improving the methodology for assessing fire hazard at water transport facilities in difficult natural and climatic conditions]. Problemy upravleniya riskami v tehnosfere, 2023, vol. 1 (65), pp. 83–93.

16. Metod mnogokriterial'noi otsenki effektivnosti tekhnicheskikh sredstv v organizatsionno-tekhnicheskikh sistemakh [Method of multi-criteria assessment of the effectiveness of technical means in organizational and technical systems] / D. F. Kozhevnikov, A. V. Matveev, G. H. Samigullin [et al.]. Nauchno-analiticheskii zhurnal "Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhbi MCHS Rossii", 2023, issue 4, pp. 59–70. DOI: 10.61260/2218-130X-2024-2023-4-59-70. EDN: NWHMEP.

Естехин Виталий Геннадьевич

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

адъюнкт 4 курса ЗФО факультета подготовки кадров высшей квалификации

E-mail: estekhin@inbox.ru

Estehin Vitaly Gennadievich

St. Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia,

Russian Federation, St. Petersburg

adjunct of the 4th year of the extramural studies, Faculty of Higher Training

E-mail: estekhin@inbox.ru

УДК 614.843

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАТРУБКА ПОЖАРНОГО ТРЕХХОДОВОГО РАЗВЕТВЛЕНИЯ

С. О. КУРТОВ, В. П. МАЛЫЙ

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск

E-mail: kurtovsergej1983@yandex.ru, sietmen@yandex.ru

Настоящая работа посвящена сравнительному анализу расчетно-теоретических и экспериментальных значений гидравлического сопротивления центрального патрубка трехходового разветвления, необходимого для составления сложных насосно-рукавных систем при подаче огнетушащих веществ от передвижной пожарной техники.

Авторами статьи предложена расчетно-теоретическая модель центрального патрубка трехходового разветвления. Установлено, что основной вклад ($\cong 70\%$) в общие «расчетно-теоретические» потери напора в центральном патрубке РТ-80 ($\cong 3,66$ м) вносят местные потери напора на его 3-х коленах ($\cong 2,56$ м). Потери напора на вентиле довольно значительны ($\cong 24\%$), а суммарные линейные потери составляют менее 6 %.

Для тестирования полученных расчетно-теоретических значений авторами разработана и изготовлена экспериментально-исследовательская установка.

Зафиксированные авторами экспериментальные значения гидравлического сопротивления центрального патрубка трехходового разветвления РТ-80 отличаются от расчетно-теоретических результатов не более чем на 5 %, что подтверждает удовлетворительное качество как созданной модели, так и проведенных экспериментов.

Полученные авторами фактические значения гидравлических сопротивлений центрального патрубка РТ-80 предложено использовать для корректировки существующих методик по определению работоспособности насосно-рукавных систем как при тушении реальных пожаров, так и при изучении дисциплин «Гидравлика и противопожарное водоснабжение» и «Пожарная тактика» в учебных заведениях МЧС России.

Ключевые слова: пожарное трехходовое разветвление, гидравлическое сопротивление, напор, давление, расход.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DESIGN-THEORETICAL AND EXPERIMENTAL VALUES OF HYDRAULIC RESISTANCE OF THE CENTRAL BRANCH OF FIRE THREE-WAY BRANCHING

S. O. KURTOV, V. P. MALY

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: kurtovsergej1983@yandex.ru, sietmen@yandex.ru

The present work is devoted to a comparative analysis of design-theoretical and experimental values of hydraulic resistance of each branch pipe of three-way branching, necessary for the compilation of complex pump and hose systems for the supply of fire extinguishing agents from mobile fire fighting equipment.

The authors of the article proposed a calculation-theoretical model of the central branch of three-way branching. It is established that the main contribution ($\cong 70\%$) to the total “design-theoretical” head losses in the central branch pipe of PT-80 ($\cong 3,66$ m) is made by local head losses at its 3 elbows ($\cong 2,56$ m). The head losses at the valve are quite significant ($\cong 24\%$), and the total linear losses are less than 6 %.

To test the obtained design-theoretical values, the authors designed and fabricated an experimental and research setup.

The experimental values of hydraulic resistance of the central branch pipe of three-way branching PT-80 recorded by the authors differ from the calculated-theoretical results by no more than 5 %, which confirms the satisfactory quality of both the created model and the conducted experiments.

The actual values of hydraulic resistances of the central branch pipe of PT-80 obtained by the authors are proposed to be used to adjust the existing methods for determining the performance of pump-hose systems both when extinguishing real fires and when studying the disciplines "Hydraulics and Fire Water Supply" and "Fire Tactics" in educational institutions of the Ministry of Emergency Situations of Russia.

Keywords: fire three-way branching, hydraulic resistance, head, pressure, pressure, flow.

Введение

Проведенный анализ научных работ [1-9], посвященных исследованию особенностей расчета и эксплуатации сложных насосно-рукавных систем (НРС), используемых для подачи огнетушащих веществ при тушении пожаров, показал, что уточнение гидравлических сопротивлений элементов НРС является актуальной задачей в современных условиях. Отметим также, что авторами научной публикации [10] была обоснована острая необходимость в получении расчетно-экспериментальных значений гидравлических сопротивлений каждого из патрубков трехходовых пожарных разветвлений (далее – РТ), которые широко используются пожарными подразделениями при подаче огнетушащих веществ на месте пожаротушения. При анализе статистических данных с 2019 по 2023 годы [11] установлено, что ежегодно более 81 % произошедших пожаров были ликвидированы с применением основной пожарной техники общего назначения – автоцистерн (далее – АЦ). Каждая пожарная АЦ оснащается двумя РТ-80 и РТ-70¹. Разветвление трехходовое предназначено для разделения потока огне-

тушащей жидкости, подаваемой по магистральной рукавной линии, на три рабочих потока с возможностью «вентильного» регулирования количества подаваемой жидкости в каждой из рабочих линий².

В зависимости от номинального (условного) диаметра (прохода) входного патрубка РТ подразделяют на следующие типы:

- разветвления с номинальным (условным) диаметром DN70;
- разветвления с номинальным (условным) диаметром DN80.

Правый и левый выходные патрубки РТ изготавливают с номинальным (условным) диаметром DN50. Номинальный (условный) диаметр (проход) – приближенное числовое обозначение внутреннего диаметра, общее для всех присоединяемых компонентов трубопроводных систем, не являющееся измеряемой величиной³.

Основные параметры трехходовых разветвлений нормального давления должны соответствовать значениям, указанным в табл. 1⁴.

Таблица 1. Основные параметры трехходовых разветвлений нормального давления

Показатель	Значение показателя	
	РТ-70	РТ-80
Рабочее давление, МПа, не более	1,2	1,2
Условный проход входного патрубка	DN70	DN80
Число выходных патрубков	3	3
Условный проход выходных патрубков: центрального боковых	DN70 DN50	DN80 DN50
Коэффициент гидравлического сопротивления, не более	2	1,5

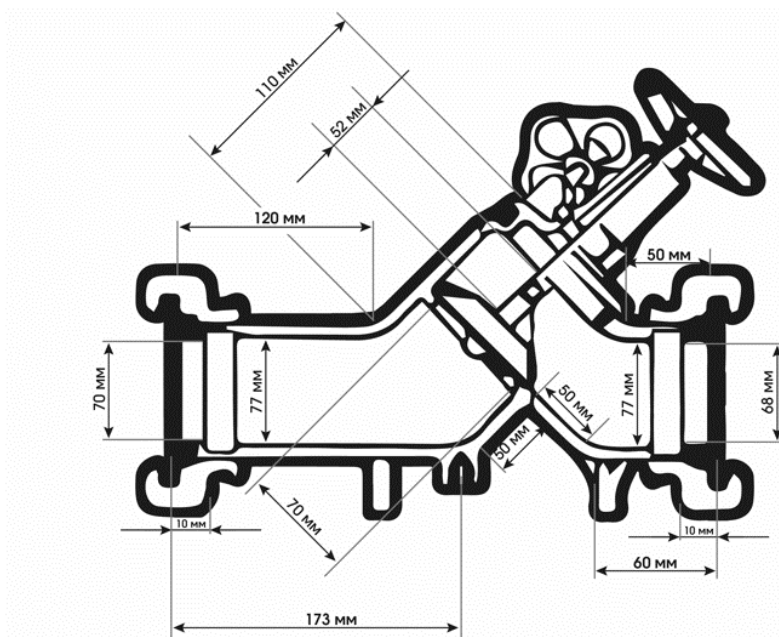
¹Приказ МЧС России от 25.07.2006 N 425 (с изм. от 28.03.2014) «Об утверждении Норм табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных и специальных пожарных автомобилей, изготавливаемых с 2006 года».

²ГОСТ Р 50400 – 2011 Техника пожарная. Разветвления рукавные. Общие технические требования. Методы испытаний.

³ Там же.

⁴ Там же

Для визуального восприятия на рис.1 представлена расчетно-графическая схема ЦП разветвления РТ-80 с указанием основных геометрических размеров.



- либо линейным коэффициентом гидравлического сопротивления трубы;
- либо коэффициентом сопротивления трения по длине трубы;
- либо коэффициентом Дарси.

Подставив коэффициент Дарси в формулу (1), получим известную общую формулу Дарси-Вейсбаха для расчета потерь напора по длине трубопровода:

$$h_i^{\text{лин}} = \lambda_i \times \frac{l_i}{d_{\text{экв}}} \times \frac{\bar{V}_i^2}{2g}, \left(\frac{\text{Дж}}{\text{Н}} \right) \equiv (\text{м}). \quad (3)$$

Из формулы (3) вытекает, что линейные потери напора $h_i^{\text{лин}}$ в трубе пропорциональны:

- скоростному напору $\frac{\bar{V}_i^2}{2g}$, м;
- относительной длине (удельной по эквивалентному диаметру) трубы $\frac{l_i}{d_{\text{экв}}}$ и
- коэффициенту Дарси λ_i .

Заметим, что в соответствии с формулой (2) коэффициент Дарси λ_i в общем случае зависит от значения числа Рейнольдса, а, следовательно, и от средней скорости жидкости в трубе:

$$Re = \frac{\bar{V} \times d_{\text{экв}}}{\nu}, \quad (4)$$

где $\bar{V}$ – средняя по поперечному сечению трубы скорость жидкости, м/с;

$d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр трубы, для круглоцилиндрической трубы равный её внутреннему геометрическому диаметру $d_{\text{геом}}$, м;

ν – кинематическая вязкость жидкости, м²/с, существенно зависит от температуры жидкости (кинематическая вязкость – это отношение коэффициента динамической вязкости μ жидкости к её плотности: $\nu = \mu/\rho$, м²/с (где ρ – плотность жидкости, кг/м³)).

$Re_{\text{крит}}^{\text{ламин}} \leq 1600$ – критическое число Рейнольдса для гибких труб (например, для пожарных напорных рукавов), выше которого ($10\,000 > Re_{\text{обл}}^{\text{перех}} > 1600$) начинается переходная область и далее (после $Re_{\text{крит}}^{\text{турб}} \geq 10\,000$) – развивается турбулентный режим течения жидкости. При ламинарном (слоистом) режиме течения жидкости потери напора потока пропорциональны первой степени объёмного расхода Q жидкости.

$Re_{\text{крит}}^{\text{ламин}} \leq 2400$ – критическое число Рейнольдса для жестких труб (например, для стальных труб) – ламинарный слоистый режим течения жидкости: потери напора пропорциональны первой степени объёмного расхода Q жидкости;

$Re_{\text{крит}}^{\text{турб}} \geq 10\,000$ – критическое число Рейнольдса для области турбулентного течения жидкости, при котором потери напора

пропорциональны второй степени объёмного расхода Q жидкости.

Заметим, что в формулах (2) и (3) вид функции f не конкретизирован. Так что для того, чтобы получить конкретный вид этой функции $f\left(\frac{1}{Re}, \frac{\Delta}{d}\right)$, требуется провести теоретические или экспериментальные исследования, но важно, что эти соотношения показывают, от каких безразмерных величин зависит искомая величина (потери напора или давления).

Преобразуем формулу (3), выразив среднюю по поперечному сечению скорость $\bar{V}$ жидкости через объёмный расход Q_i и сечение трубы $S_i = \frac{\pi d_i^2}{4}$, существенно зависящие от температуры и давления воды:

$$\bar{V}_i = \frac{Q_i}{S_i} = \frac{Q_i}{\frac{\pi d_i^2}{4}} = \frac{4Q_i}{\pi d_i^2}, (\text{м/с}).$$

Поэтому линейные потери напора $h_i^{\text{лин}}$ в центральном патрубке РТ-80 определяли по формуле:

$$h_i^{\text{лин}} = \lambda_i \times \frac{l_i}{d_i} \times \frac{16Q_i^2}{2g\pi^2}, (\text{м}).$$

По формуле (4) рассчитали число Рейнольдса для случая, при котором расходы и диаметры $d_i = d = 75$ мм во всех четырех трубах, из которых выполнен центральный патрубок РТ, равны:

$$Re = \frac{\bar{V} \times d_{\text{экв}}}{\nu} = \frac{5,28 \text{ м/с} \times 0,075 \text{ м}}{1,004 \times 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}} = 394\,422.$$

ν – кинематическая вязкость жидкости (воды при 20 °С), м²/с.

Среднюю скорость жидкости по поперечному сечению трубы определили по формуле:

$$\bar{V}_i = \frac{Q_i}{\omega_i} = \frac{0,0233 \text{ м}^3/\text{с}}{0,004416 \text{ м}^2} = 5,28 (\text{м/с}).$$

где Q_i – объёмный расход (пропускная способность) напорного пожарного рукава диаметром 77 мм, м³/с;

ω_i – площадь живого сечения потока жидкости по трубе, м².

$$\omega_i = \frac{\pi d_i^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,075 \text{ м})^2}{4} = 0,004416 (\text{м}^2).$$

Полученное число Рейнольдса существенно превышает критическое значение для области «развитого» турбулентного течения жидкости ($Re = 394\,422$) $\gg 100\,000$ – соответ-

ственно в трубах центрального патрубка сформирован режим развитой турбулентности, то есть имеет место строго квадратичная зависимость падения напора от расхода.

Для выбора значения шероховатости трубных участков разветвления, выполненных из алюминиевого сплава, использовали данные, приведённые для «трубы из цветных металлов» [12]:

$$\Delta_{\text{цв.мет.}} \cong 0,001 \text{ (мм)}.$$

Рассчитали параметрический комплекс $\left(Re \times \frac{\Delta}{d}\right)$ для центрального патрубка РТ-80, выполненного из алюминиевого сплава:

$$Re \times \frac{\Delta}{d} = 394\,422 \times \frac{0,001 \text{ мм}}{75 \text{ мм}} = 5,26 < 10.$$

Это позволяет выбрать формулу для расчета коэффициента Дарси в виде формулы, глубоко обоснованной теоретически и экспериментально [12]:

$$\lambda_{\text{турб.кв.}}^{\text{турб.кв.}} = \frac{1}{\left(2 \lg \frac{r_0}{\Delta} + 1,74\right)^2} = \frac{1}{\left(2 \lg \frac{37,5 \text{ мм}}{0,001 \text{ мм}} + 1,74\right)^2} = 0,0084,$$

где r_0 – внутренний радиус трубы, мм. Для центрального патрубка РТ80 $r_0 = 37,5 \text{ мм}$;

Δ – шероховатость трубы, мм. Для центрального патрубка РТ80 $\Delta = 0,001 \text{ мм}$.

Тогда расчетно-теоретические линейные потери напора суммарно на четырех участках ЦП при определённых авторами максимальной пропускной способности РПН-80 $Q = 0,0233 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ составят:

$$h_{\text{лин}}^{\text{ЦП}} = 4h_i^{\text{лин}75} = 4\lambda_i \times \frac{l_i}{d_{77}^5} \times \frac{16Q_i^2}{2g\pi^2} = 4 \times 0,0084 \times \frac{0,33 \text{ м}}{(0,075 \text{ м})^5} \times \frac{16 \times \left(0,0233 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}\right)^2}{2 \times 9,815 \text{ м/с}^2 \times (3,14)^2} = 0,21 \text{ (м)}.$$

Далее определили потери напора в местных сопротивлениях (коленах). На рис. 2 представлена расчетно-графическая схема центрального патрубка РТ-80 с указанием изменений направлений жидкости в полости (в градусах).

На рис. 2 представлено, что поток жидкости трижды меняет свое направление (имеет три колена), два из которых имеют угол поворота 45° и один – 90° .

Приблизительно коэффициенты местного сопротивления загнутого на 45° и 90° колена при турбулентном режиме течения жидкости оценили по табл. 2.

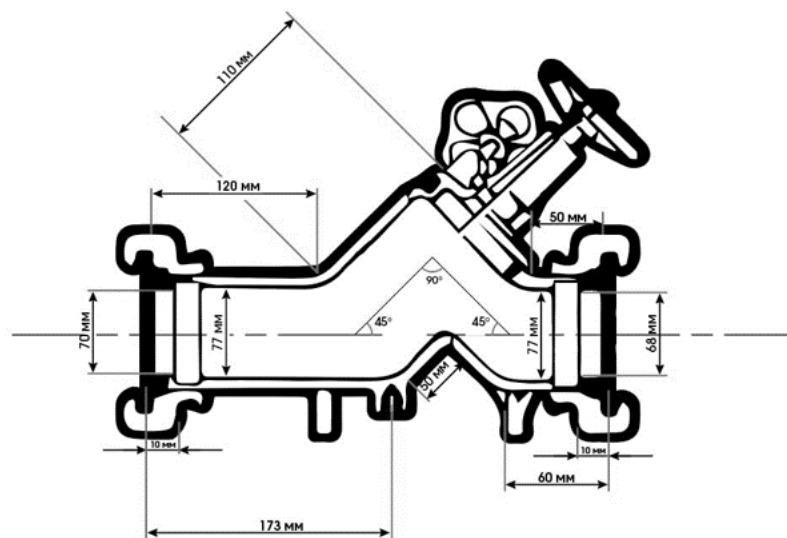


Рис. 2. Расчетно-графическая схема центрального патрубка разветвления РТ-80 с указанием изменений направлений жидкости в полости (в градусах)

Таблица 2. Коэффициенты местного сопротивления для колена [12]

Градусы	30	40	50	60	70	80	90
$\zeta_{\text{колена}}$	0,20	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90	1,10

$$\zeta_{\text{колена}}^{\text{Табл.2}}(45^\circ) \cong 0,35.$$

$$\zeta_{\text{колена}}^{\text{Табл.2}}(90^\circ) \cong 1,10.$$

Общий коэффициент местных сопротивлений двух колен 45° и одного колена 90° , включенных последовательно, рассчитали как арифметическую сумму коэффициентов:

$$\zeta_{\text{колена}}^{\text{Табл.2 суммар}} = 2 \times 0,35 + 1,10 = 1,80.$$

Потери напора на местных сопротивлениях в виде колен рассчитали по формуле:

$$h_{3 \text{ колен}}^{\text{местн}} = \zeta_{\text{колена}}^{\text{Табл.2 суммар}} \times \frac{\bar{v}_i^2}{2g} = 1,8 \times \frac{\left(5,28 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{2 \times 9,8150 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 2,56 \text{ (м)}.$$

Коэффициент местного сопротивления прямооточного вентиля $\cong 70$ мм трехходового разветвления центрального патрубка при турбулентном режиме течения жидкости оценили по табл. 3 [12].

Таблица 3. Коэффициент сопротивления прямооточного вентиля при $Re \geq 300\,000$

DN	25	38	50	65	76	100	150
$\zeta_{\text{вентиля}}$	1,04	0,85	0,79	0,65	0,60	0,50	0,42

$$\zeta_{\text{вентиля}}^{\text{DN70 Табл.3}} \cong 0,625.$$

$$h_{\text{вентиля}}^{\text{местн}} = \zeta_{\text{вентиля}}^{\text{DN70 Табл.3}} \times \frac{\bar{v}_i^2}{2g} = 0,625 \times \frac{\left(5,28 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{2 \times 9,8150 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,89 \text{ м}.$$

Общие потери напора в центральном патрубке ЦП РТ-80 можно рассчитать по формуле:

$$h_{\text{РТ-80}}^{\text{ЦП}} = h_{\text{лин}}^{\text{ЦП}} + h_{3 \text{ колен}}^{\text{местн}} + h_{\text{вентиля}}^{\text{местн}} = 0,21 \text{ м} + 2,56 \text{ м} + 0,89 \text{ м} = 3,66 \text{ м}.$$

Для улучшения визуального восприятия на гистограмме рис. 3. показано расчетно-теоретическое распределение потерь напора согласно составленной авторами расчетно-графической схеме центрального патрубка разветвления РТ-80.

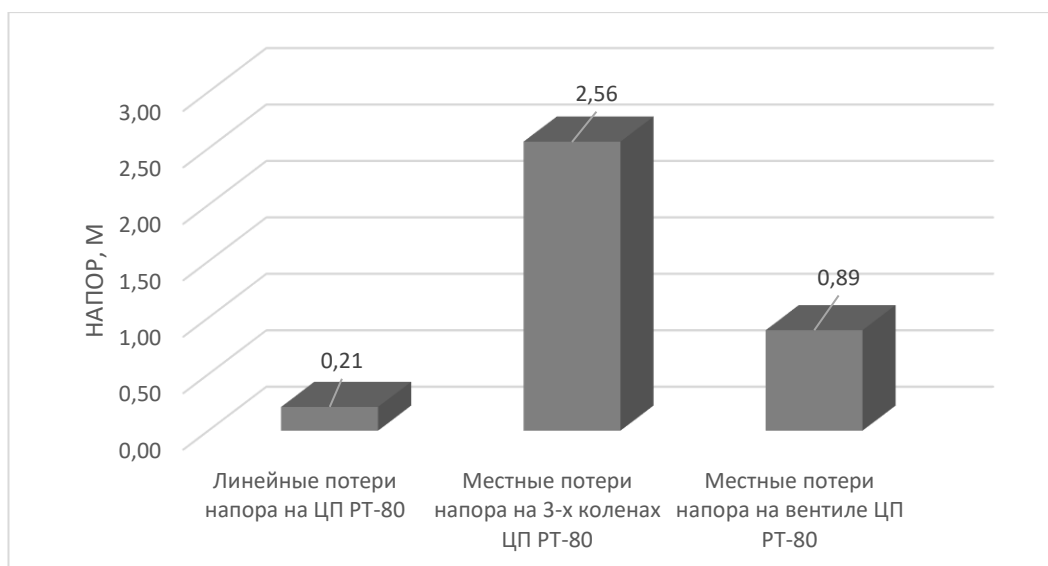


Рис 3. Расчетно-теоретическое распределение потерь напора в центральном патрубке РТ-80

Из гистограммы следует, что основной вклад ($\cong 70\%$) в общие «расчетно-теоретические» потери напора в центральном патрубке ($\cong 3,66$ м) РТ-80 вносят местные по-

тери напора на его 3-х коленах ($\cong 2,56$ м). Потери напора на вентиле довольно значительны ($\cong 24\%$), а суммарные линейные потери составляют менее 6 %.

Для определения «расчетно-экспериментального» значения общих потерь напора в центральном патрубке РТ-80 воспользовались известной формулой для расчета потерь напора в насосно-рукавных системах при турбулентном режиме течения жидкости [12]:

$$\Delta H_{\text{РТ}} = S_{\text{РТ-80}}^{\text{ИП}} \times Q^2 = 0,0065 \times 23,3^2 = 3,53 \text{ м.}$$

$\Delta H_{\text{РТ}}$ – потери напора в центральном патрубке РТ-80, м;

$S_{\text{РТ-80}}^{\text{ИП}}$ – среднее значение гидравлического сопротивление центрального патрубка РТ-80, $(\text{с/л})^2 \times \text{м}$, измеренное авторами в ходе проведенных экспериментов с использованием разработанной и смонтированной ими экспериментально-исследовательской установки [13];

Q – объемное количество огнетушащих веществ (расход), проходящих по рассматриваемому патрубку РТ-80 в единицу времени, л/с.

Относительное различие между расчетно-теоретическим $h_{\text{РТ-80}}^{\text{ИП}}$ и расчетно-экспериментальным $\Delta H_{\text{РТ}}$ значениями потерь напора на центральном патрубке при максимальной пропускной способности пожарного рукава 23,3 л/с составляет:

$$\delta = \frac{|\Delta H_{\text{РТ}} - h_{\text{РТ-80}}^{\text{ИП}}|}{\frac{(\Delta H_{\text{РТ}} + h_{\text{РТ-80}}^{\text{ИП}})}{2}} \times 100 \% =$$

$$= \frac{|3,53 - 3,66|}{(3,53 + 3,66)/2} \times 100 \% = 3,6 \ \%.$$

Список литературы

1. Бубнов В. Б. Разработка рекомендаций по совершенствованию методик расчета насосно-рукавных систем // Пожарная и аварийная безопасность. 2020. № 2 (17). С. 5-10. EDN ILTQXS.
2. Кузовлев А. В., Сушко Е. А., Чашкин С. В. Особенности проведения расчетов насосно-рукавной системы с учетом потерь напора на 3-х ходовом разветвлении // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия» Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской

обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий, 2021. С. 500–504. EDN: RPOLSO.

Заключение

Разработана и предложена расчетно-теоретическая модель, позволяющая определить потери напора в центральном патрубке трехходового пожарного разветвления РТ-80. Полученные в результате сравнительного анализа расчетно-теоретических и экспериментальных значений гидравлического сопротивления центрального патрубка РТ-80 отличаются не более 5 %, что свидетельствует о высокой достоверности полученных авторами в данной работе результатов.

Полученные авторами фактические значения гидравлических сопротивлений центрального патрубка РТ-80 предлагаем использовать для корректировки существующих методик по определению работоспособности насосно-рукавных систем как при тушении реальных пожаров, так и при изучении дисциплин «Гидравлика и противопожарное водоснабжение» и «Пожарная тактика» в учебных заведениях МЧС России.

обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий, 2021. С. 500–504. EDN: RPOLSO.

3. Pump-hose systems with universal fire barrels for extinguishing buildings / A. Marozau, H. Tran Duc, A. Kamluk [et al.]. Magazine of Civil Engineering, 2021, vol. 3 (103), DOI: 10.34910/MCE.103.5. EDN: ALXOEJ.

4. Гидравлическое сопротивление напорных пожарных рукавов / О. Д. Навроцкий, Р. Н. Михалев, А. В. Грачулин [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2022. Т. 6. № 1. С. 74–83. DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.74. EDN: SJOMOD.

5. Малый В. П., Куртов С. О., Яровой В. Ю. О необходимости уточнения гидравлических характеристик, поступающих в подразделения МЧС России новых пожарных рукавов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 1(24). С. 54–61. DOI:

10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008. EDN: IUCOPT.

6. Бубнов В. Б., Ведяскин Ю. А. Исследование гидropотерь в насосно-рукавных системах и совершенствование методик их гидравлического расчета // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 80-86. EDN: QIYSIT.

7. Тактические особенности ликвидации пожаров в зданиях повышенной этажности / Н. А. Щербаков, О. В. Двоенко, В. А. Аристархов [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2023. № 2. С. 33–43. DOI: 10.25257/FE.2023.2.33-43. EDN: VIMBUD.

8. Wang M. [et al.] Investigation of Pressure Variations in Hose Pumps under Different Flow Regimes Using Bidirectional Fluid-Structure Interaction. Processes, 2023, vol. 11, issue 11. P. 3079.

9. Нелюбов В. Н. Критический анализ способов расчета подачи огнетушащих веществ в перекачку на большие расстояния // Пожарная безопасность. 2024. № 2 (115). С. 23–30. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2024.115.2.002. EDN: SJUPCH.

10. Куртов С. О., Малый В. П., Макаров В. М. Аналитическое обоснование необходимости экспериментального определения гидравлических сопротивлений пожарных трехходовых разветвлений и переходных соединительных головок различных диаметров // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. 2024. № 1 (13). С. 10–13. DOI: 10.34987/2712-9233.2024.81.31.002. EDN: JMVKGJ.

11. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году: информационно-аналитический сборник / В. С. Гончаренко, Т. А. Чечетина, В. И. Сибирко [и др.]. Балашиха: ФГБУ ВНИИ-ПО МЧС России, 2024. 110 с. EDN: BSONFO.

12. Абросимов Ю. Г. Гидравлика: учебник для высших образовательных учреждений МЧС России. М.: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2005. 311 с. EDN: QMEJXF.

13. Обоснование выбора состава экспериментально-исследовательской установки для измерения теплогидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем / В. П. Малый, С. О. Куртов, А. С. Лунев [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. 2024. № 2

(54). С. 60–68. DOI: 10.25699/SSSB.2024.54.2.006.

References

1. Bubnov V. B. Razrabotka rekomendacij po sovershenstvovaniyu metodik rascheta nasosno-rukavnyx system [Development of recommendations on improvement of methods of calculation of pump-sleeve systems]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'*, 2020, vol. 2 (17), pp. 5–10. EDN: ILTQXS.

2. Kuzovlev A. V., Sushko E. A., Chashkin S. V. Osobennosti provedeniya raschetov nasosno-rukavnoj sistemy s uchetom poter napora na 3-x xodovom razvetvlenii [Peculiarities of pumping and hose system calculations taking into account head losses on 3-way branching]. *Aktual'ny'e problemy obespecheniya pozharnoy bezopasnosti i zashhity ot chrezvychnykh situacij: Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Zheleznogorsk: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Sibirskaya pozharno-spatel'naya akademiya" Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychnykh situacijam i likvidacii stixijnykh bedstvij"*, 2021, pp. 500–504. EDN: RPOLSO.

3. Pump-hose systems with universal fire barrels for extinguishing buildings / A. Marozau, H. Tran Duc, A. Kamluk [et al.]. *Magazine of Civil Engineering*, 2021, vol. 3 (103), DOI: 10.34910/MCE.103.5. EDN: ALXOEJ.

4. Gidravlichesкое soprotivlenie napornykh pozharnykh rukavov [Hydraulic resistance of pressure fire hoses] / O. D. Navroczkij, R. N. Mixalev, A. V. Grachulin [et al.]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashhity MChS Belarusi*, 2022, vol. 6, issue 1, pp. 74–83. DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.74. EDN: SJO-MOD.

5. Malyj V. P., Kurtov S. O., Yarovoj V. Yu. O neobxodimosti utochneniya gidravlicheskix xarakteristik, postupayushhix v podrazdeleniya MChS Rossii novykh pozharnykh rukavov [On the need to clarify the hydraulic characteristics of new fire hoses supplied to the units of the Russian Ministry of Emergency Situations]. *Sibirskij pozharno-spatel'nyj vestnik*, 2022, vol. 1 (24), pp. 54–61. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008. EDN: IUCOPT.

6. Bubnov V. B., Vedyaskin Yu. A. Issledovanie gidropoter v nasosno-rukavnykh sistemakh i sovershenstvovanie metodik ix gidravlicheskogo rascheta [Investigation of hydraulic losses in pump and hose systems and improvement of methods for their hydraulic calculation]. *Aktual'ny'e voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoy be-*

zopasnosti ob`ektov: sbornik materialov X Vse-rossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MChS Rossii, 2023, pp. 80–86. EDN: QIYSIT.

7. Takticheskie osobennosti likvidacii pozharov v zdaniyax povыshennoj e`tazhnosti [Tactical peculiarities of firefighting in high-rise buildings] / N. A. Shherbakov, O. V. Dvoenko, V. A. Aristarxov [et al.]. *Pozhary` i chrezvy`chajny`e situacii: predotvrashhenie, likvidaciya*, 2023, issue 2, pp. 33–43. DOI: 10.25257/FE.2023.2.33-43. EDN: VIMBUD.

8. Wang M. [et al.] Investigation of Pressure Variations in Hose Pumps under Different Flow Regimes Using Bidirectional Fluid–Structure Interaction. *Processes*, 2023, vol. 11, issue 11, p. 3079.

9. Nelyubov V. N. Kriticheskij analiz sposobov rascheta podachi ognetchashnix veshhestv v perekachku na bol'shie rasstoyaniya [Critical analysis of methods for calculating the delivery of extinguishing agents in a long-distance swift manner]. *Pozharnaya bezopasnost`*, 2024, vol. 2 (115), pp. 23–30. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2024.115.2.002. EDN: SJUPCH.

10. Kurtov S. O., Maly`j V. P., Makarov V. M. Analiticheskoe obosnovanie neobxodimosti e`ksperimental'nogo opredeleniya gidravlicheskih soprotivlenij pozharnyx trekhodovyx razvetvlenij i perexodnyx soedinitel'nyx golovok razlichnyx diametrov [Analytical substantiation of the necessity of experimental determination of hydraulic resistances of fire three-

way branches and transition connection heads of different diameters]. *Aktual'ny`e problemy` bezopasnosti v texnosfere*, 2024, vol. 1 (13), pp. 10–13. DOI: 10.34987/2712-9233.2024.81.31.002. EDN: JMVKGJ.

11. Pozhary` i pozharnaya bezopasnost` v 2023 godu: informacionno-analiticheskij sbornik [Fires and fire safety in 2023: information and analytical compendium] / V. S. Goncharenko, T. A. Chechetina, V. I. Sibirko [et al.]. Balashixa: FGBU VNIPO MChS Rossii, 2024, 110 p. EDN: BSONFO.

12. Abrosimov Yu. G. *Gidravlika: uchebnyk dlya vysshix obrazovatel'nyx uchrezhdenij MChS Rossii* [Hydraulics: textbook for higher educational institutions of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. Moscow: Akademiya Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby` Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony`, chrezvy`chajny`m situaciyam i likvidacii posledstvij stixijnyx bedstvij, 2005, 311 p. EDN: QMEJXF.

13. Obosnovanie vy`bora sostava e`ksperimental'no-issledovatel'skoj ustanovki dlya izmereniya teplogidravlicheskih parametrov elementov nasosno-rukavnyx system [Justification of the choice of the composition of the experimental and research installation for measuring the thermal-hydraulic parameters of the elements of the pump-hose systems] / V. P. Maly`j, S. O. Kurtov, A. S. Lunev [et al.]. *Yuzhno-Sibirskij nauchny`j vestnik*, 2024, vol. 2 (54), pp. 60–68. DOI: 10.25699/SSSB.2024.54.2.006.

Куртов Сергей Олегович

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск
преподаватель кафедры пожарной тактики и аварийно-спасательных работ
E-mail: kurtovsergej1983@yandex.ru

Kurtov Sergey Olegovich

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk
Lecturer of the Department of Fire Tactics and Rescue Operations
E-mail: kurtovsergej1983@yandex.ru

Малый Виталий Петрович

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск
доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики, математики
и информационных технологий
E-mail: sietmen@yandex.ru

Maly Vitaly Petrovich

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk
Doctor of Physico-mathematical Sciences,
Professor of the Department of Physics, Mathematics and Information Technologies
E-mail: sietmen@yandex.ru

УДК 614.841.315

ОСОБЕННОСТИ ПОДСЧЕТА ИНДЕКСА ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ПОДКОНТРОЛЬНОГО ЛИЦА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАСЧЕТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КАТЕГОРИИ РИСКА ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ

В. Г. МАЛИЧЕНКО¹, А. А. ЛАЗАРЕВ², И. Ю. ФЕДОТОВ²

¹Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

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

E-mail: mvg84@bk.ru, kpond@edufire37.ru, newspacehorizons@gmail.com

Государственные инспекторы по пожарному надзору в рамках осуществления федерального государственного пожарного надзора определяют базовый показатель тяжести потенциальных негативных последствий пожара в целях установления категории риска объектов защиты на вверенных им территориях, а также для изменения ранее присвоенной категории риска. Действующий в 2024 году порядок расчета не учитывает встречающиеся особенности зданий с наличием неоднородных по виду экономической деятельности и классам функциональной пожарной опасности групп объектов защиты. В статье приведен пример существующего алгоритма постановки такого объекта на учет. Проведен расчет по существующей методике, который показывает ее несовершенство, а также предложен иной способ расчета одной из переменных – индекса индивидуализации подконтрольного лица.

При определении категории риска здания важно учитывать все имеющиеся сведения об объекте, так как ошибочное присвоение категории может вызвать снижение периодичности проверок, отсутствие посещения должностными лицами помещений и территорий, а также увеличить риск наступления негативных последствий и финансовых потерь. В статье приведено сравнение существующего и предлагаемого авторами нового подхода расчета индекса индивидуализации подконтрольного лица.

Ключевые слова: категорирование, категория риска объекта защиты, индекс индивидуализации подконтрольного лица, пожарная безопасность, федеральный государственный пожарный надзор.

FEATURES OF CALCULATING THE INDEX OF INDIVIDUALIZATION OF A CONTROLLED PERSON WHEN MAKING CALCULATIONS TO DETERMINE THE RISK CATEGORY OF THE OBJECT OF PROTECTION

V. G. MALICHENKO¹, A. A. LAZAREV², I. Yu. FEDOTOV²

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

² Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: mvg84@bk.ru, kpond@edufire37.ru, newspacehorizons@gmail.com

State fire inspectors, within the framework of the federal state fire supervision, determine the basic indicator of the severity of potential negative consequences of a fire in order to establish the risk category of protection facilities in the territories entrusted to them, as well as to change the previously assigned risk category. The calculation procedure in force in 2024 does not take into account the features of buildings with heterogeneous types of economic activity and classes of functional fire hazard groups of protection facilities. The article provides an example of an existing algorithm for registering such an object. The calculation was carried out according to the existing methodology, which shows its imperfection, and also a different way of calculating one of the variables, the index of individualization of the controlled person, was proposed.

When determining the risk category of a building, it is important to take into account all available information about the object, since erroneous assignment of a category can cause a decrease in the frequency of inspections, lack of visits by officials to premises and territories, as well as increase the risk of negative consequences and financial losses. The article presents a comparison of the existing and the new approach proposed by the authors for calculating the index of individualization of a controlled person.

Keywords: categorization, risk category of the object of protection, index of individualization of the controlled person, fire safety, federal state fire supervision.

По состоянию на 2021 год согласно данным аналитиков базы недвижимости ЦИАН¹, средний возраст жилой застройки на вторичном рынке жилья в России составляет 31 год. Тридцать лет назад, при проектировании жилых домов у архитекторов-проектировщиков и общества отсутствовал острый запрос на размещение в первых этажах жилых домов помещений других видов деятельности. Кроме того, исторические центры городов часто застроены когда-то бывшими фабриками или промышленными кластерами – градообразующими предприятиями, которые со временем и в результате экономических реформ утратили свою актуальность и прекратили выпуск продукции. Современные реалии требуют практического использования имеющихся свободных площадей, что зачастую ведет к перепрофилированию зданий или их частей. Также сегодняшний экономический вызов требует от предпринимателей и органов местной власти использование уже возведенных объемно-планировочных решений с учетом современного рационального назначения. Все это приводит к совмещению в одном здании помещений разных функциональных классов пожарной опасности [1–11].

Нормативно правовые акты Российской Федерации обязывают инспекторов государственного пожарного надзора определять категорию риска для объектов защиты^{2,3,4}. В тех случаях, когда необходимо изменить ранее присвоенную категорию риска или определить категорию первично сотрудники ГПН рассчитывают индекс индивидуализации подконтрольного лица $U_{\text{инд}}$ – являющийся одной из переменных в формуле.

Имеющаяся методика определения риска объекта защиты представлена следующим образом:

$$K_{\text{г.т.инд.}} = K_{\text{г.т.}} + U_{\text{инд}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{г.т.}}$ – базовый показатель тяжести потенциальных негативных последствий пожара;

$U_{\text{инд}}$ – индекс индивидуализации подконтрольного лица.

Значения показателей тяжести потенциальных негативных последствий пожаров $K_{\text{г.т.}}$ публикуются на официальном сайте федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области пожарной безопасности, в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Что, в свою очередь, облегчает работу инспекторов и позволяет им пользоваться имеющимся опубликованным значением.

В отличие от базового показателя тяжести потенциальных негативных последствий пожара, индекс индивидуализации подконтрольного лица $U_{\text{инд}}$ должностные лица федерального государственного пожарного надзора рассчитывают самостоятельно на местах.

Имеющаяся методика определения индекса индивидуализации подконтрольного лица не учитывает объекты защиты с наличием неоднородных по виду экономической деятельности и классам функциональной пожарной опасности групп объектов защиты и выглядит следующим образом:

$$U_{\text{инд}} = \sum_{j=1}^M I_{\text{рпв}j} + \sum_{i=1}^N I_{\text{крд}i}, \quad (2)$$

где M – общее количество учтенных индикаторов риска причинения вреда (ущерба);

$I_{\text{рпв}}$ – индикаторы риска причинения вреда (ущерба), отражающие индивидуальные характеристики объекта защиты;

N – общее количество критериев добросовестности;

$I_{\text{крд}i}$ – критерии добросовестности, характеризующие вероятность несоблюдения на

¹ Материал российского государственного федерального информационного агентства ТАСС в сети интернет <https://tass.ru/nedvizhimost/10935467>.

² Постановление Правительства РФ от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре».

³ Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»

⁴ Приказ МЧС России от 02.11.2023 г. №1148 «Об утверждении Регламента работы в информационной системе "Автоматизированная аналитиче-

ская система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России»

объекте защиты обязательных требований пожарной безопасности.

Определение риска для здания, в котором находятся неоднородные по экономической деятельности или по классам функциональной пожарной опасности помещения и отсеки в некоторых случаях приводит к неверному присвоению категории риска. В свою очередь, это вызовет снижение периодичности проверок, отсутствие посещения должностными лицами помещений и территорий, а также увеличение риска наступления негативных последствий и финансовых потерь. Рассмотрим

пример, в котором инспектор определяет категорию риска объекта защиты для многофункционального сооружения. Рассмотрим здание, в котором на первом этаже находится холл и художественная галерея, а на втором этаже объекта защиты расположены номера хостела. Существующий алгоритм постановки объекта на учет^{5,6} и последовательности принимаемых решений инспектором, при которых возникает риск неоднозначного определения переменных для расчета категории риска вышеуказанного объекта представлен в виде блок-схемы на рис. 1.

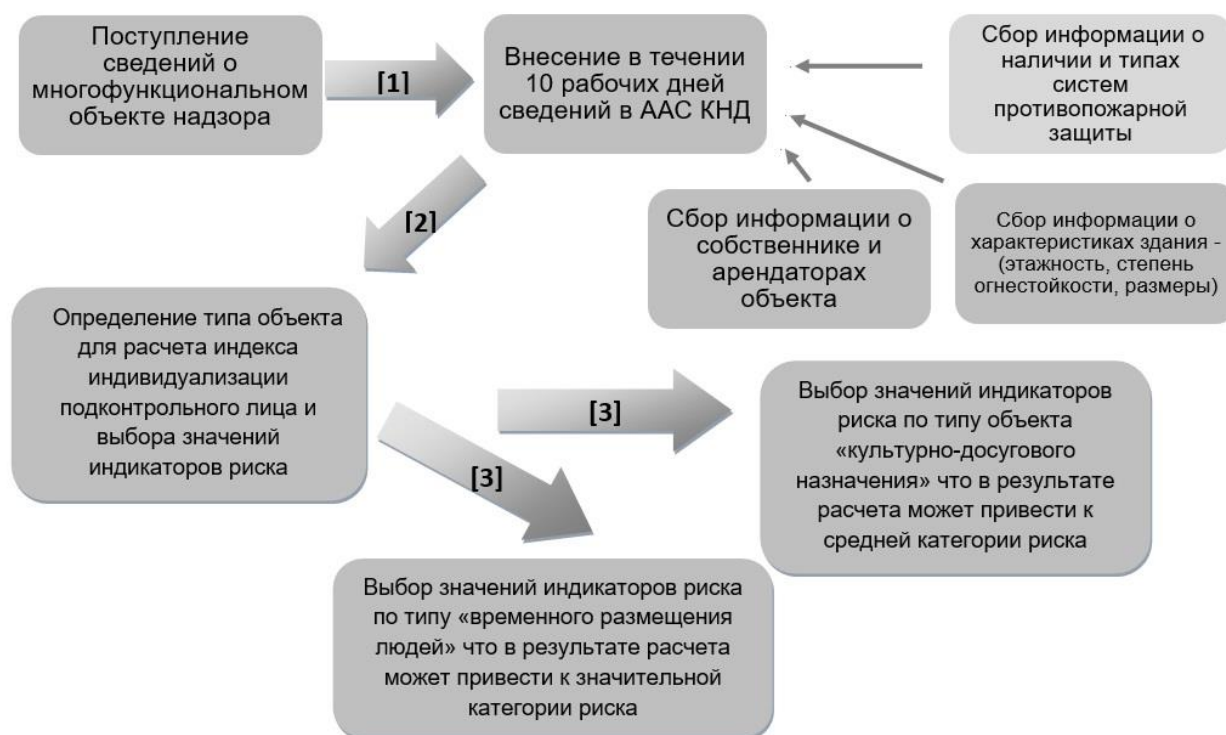


Рис. 1. Блок-схема существующего алгоритма постановки объекта на учет и присвоение категории риска

В данном примере неоднозначность определения индекса индивидуализации подконтрольного лица заключается в выборе переменных из приложения № 1 к приложению № 2 к Положению о федеральном государственном пожарном надзоре⁷.

Как видно из представленной блок-схемы существующего алгоритма присвоения категории риска и таблицы значений индикаторов в имеющейся методике отсутствует конкретика при выборе переменных. Инспектор при внесении сведений об объекте надзора в ААС КНД в рассматриваемом примере может отталкиваться как от объекта временного размещения, так и от объекта культурно-досугового назначения. В первом случае индикатор риска причинения вреда по наличию в рабочее время детей дошкольного и школьно-

⁵ Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»

⁶ Приказ МЧС России от 02.11.2023 г. № 1148 «Об утверждении Регламента работы в информационной системе "Автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России"»

⁷ Постановление Правительства РФ от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре»

го возраста будет приниматься равным 0, а во втором случае 20, что является довольно большим расхождением в расчетах.

Соответственно необходимо было бы учитывать алгоритм расчета индекса индивидуализации подконтрольного лица для зданий, имеющих помещения с различным классом функциональной пожарной опасности или наличием несхожих по виду экономической деятельности частей. Дополнить существующую методику предлагается следующим образом.

Индекс индивидуализации подконтрольного лица ($U_{\text{инд}}$) для объекта защиты с наличием неоднородных по виду экономической деятельности и классам функциональной пожарной опасности групп объектов защиты может определяться по формуле:

$$U_{\text{инд}} = \sum_{j=1}^M I_{\text{рпв}j} + \sum_{i=1}^N I_{\text{крд}ij}, \quad (3)$$

где M – общее количество учтенных индикаторов риска причинения вреда (ущерба);

$I_{\text{рпв}j}$ – индикатор риска причинения вреда (ущерба), отражающий индивидуальные характеристики объекта защиты;

N – общее количество критериев добросовестности;

$I_{\text{крд}ij}$ – критерий добросовестности, характеризующий вероятность несоблюдения на объекте защиты обязательных требований пожарной безопасности, где j – это наихудший показатель i -го критерия добросовестности из всех неоднородных по виду экономической деятельности и классам функциональной пожарной опасности групп объектов.

**Таблица 1. Расчет индекса индивидуализации подконтрольного лица.
Определение категории риска объекта**

Критерий	Значение	Баллы как для здания гостиницы	Баллы для здания культурно-досугового назначения
1. Огнестойкость	II	0	Равные значения
2. Открытые лестницы / многосветные пространства	нет	0	
3. Максимальное количество пребывания людей	до 50	0	
4. Пребывают или проживают круглосуточно дети дошкольники, школьники, старше 65 лет, маломобильные?	да	10	0
5. Находятся ли дети дошкольники, школьники, старше 65 лет, маломобильные более 10 человек в рабочее время?	да	0	20
6. Системы противопожарной защиты (пож. сигнализация, система оповещения, противодымная вентиляция, АУПТ) смонтированные более 10 лет назад и не подвергались капитальному ремонту?	нет	0	Равные значения
7. Есть ли пожарная охрана на объекте?	нет	0	
8. Привлечение к охране организации, специально учрежденной для оказания охранных услуг, зарегистрированной в установленном законом порядке и имеющей лицензию на осуществление частной охранной деятельности	нет	0	
9. Возраст электропроводки без капитального ремонта более 10 лет?	сведения отсутствуют	0	
10. Открытая или скрытая электропроводка? (без учета объектов защиты V степени огнестойкости)	скрытая	0	
11. Имеется ли на объекте эл. отопление? (без учета электрических котлов с контуром отопления)	нет	0	
12. Имеется ли на объекте печное отопления?	нет	0	

Критерий	Значение	Баллы как для здания гостиницы	Баллы для здания культурно-досугового назначения
13. Имеется ли действующее предписание, содержащее сведения о требованиях, предъявляемых к системе противодымной вентиляции, путям эвакуации, зонам безопасности для маломобильных групп населения, АУПТ, АПС, СОУЭ?	нет	0	
14. Имеется ли действующее предписание, содержащее сведения о требованиях, предъявляемых к обеспечению деятельности пожарных подразделений?	нет	0	
15. Имеется ли действующее предписание, содержащее сведения о неустраненных нарушениях, не вошедших в пункты 1, 2 настоящей таблицы?	нет	0	
16. Используются части здания не по функциональному назначению?	нет	0	
17. Проводился капитальный ремонт, техническое перевооружение, перепланировка или реконструкция?	нет	0	
18. Представлена возможность доступа у органа ГПН к системам видеонаблюдения объекта?	нет	0	
19. Имеется ли на объекте круглосуточный мониторинг исправности автоматических систем противопожарной защиты АУПТ, СОУЭ, АПС, системы противодымной вентиляции дежурными?	нет	0	
20. Наличие пожара за последние 5 лет (за исключением поджогов)?	нет	0	
21. Наличие постановления суда о назначении наказания в виде административного приостановления деятельности за нарушение ПБ или решение о приостановке деятельности за последние три года?	нет	0	
22. Ввод объекта в эксплуатацию или функционирование объекта, с отрицательным заключением при согласовании СТУ?	нет	0	
23. Отсутствие декларации ПБ у объекта защиты, для которого предусмотрено проведение экспертизы проектной документации?	нет	0	
24. Непредставление ответа по ранее выданному предостережению о принятии мер на объекте защиты по обеспечению соблюдения требований ПБ?	нет	0	
25. Предоставление контролируемым лицом договора страхования рисков причинения вреда (ущерба), объектом которого являются имущественные интересы контролируемого лица, связанные с его обязанностью возместить вред (ущерб) охраняемым законом ценностям, причиненный вследствие нарушения контролируемым лицом требований пожарной безопасности	Да	-10	

Критерий	Значение	Баллы как для здания гостиницы	Баллы для здания культурно-досугового назначения
26. Предоставление в добровольном порядке декларации пожарной безопасности (статья 64 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности») в отношении объекта (наружной установки), для которого законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности не предусмотрено проведение экспертизы проектной документации	Да	-10	
Базовый показатель тяжести потенциальных негативных последствий пожара		50.4	0.949
Сумма показателей		50.4+10+10-10=40.4	0.949+20-10-10=0.949
Индекс индивидуализации подконтрольного лица:		-10	0
Итого:		40.4	20.949

Базовый показатель тяжести потенциальных негативных последствий пожара принимается равным 50.4 на основании 5-летнего статистического ряда значений. При расчете индекс индивидуализации подконтрольного лица по уравнению (3) $U_{\text{инд}}$ составил -10 баллов, соответственно $K_{\text{г.т.инд.}} = 40.4$, что говорит об отнесении объекта к значительному риску.

В случае, если бы инспектор воспользовался предлагаемым уравнением и произвел расчет, используя наихудший имеющийся индекс индивидуализации подконтрольного лица, то $U_{\text{инд}} = 0$ и $K_{\text{г.т.инд.}} = 50,4$ баллов соответственно. Что приводит к отнесению объекта защиты высокому риску. В настоящее время ААС КНД при создании многофункционального здания, проводит его расчет категории риска по каждому функциональному назначению отдельно и присваивает самый высокий получившийся риск. Однако, как мы видим из приведенного примера, индекс индивидуализации получился для каждой части здания различным. Именно применение самого высокого

значения $U_{\text{инд}}$ целесообразно использовать для достоверного расчета.

Таким образом, разработанный адресный подход с учетом особенностей конкретного объекта дополнит существующую методику, исключит затруднения, связанные с выбором коэффициентов и не позволит проводить двоякую трактовку нормативно-правовых актов. Повысит точность определения категории риска объекта защиты, что в свою очередь установит оптимальную периодичность проверок и частоту посещения должностными лицами помещений и территорий. А также приведет к проведению перерасчета категории риска на объектах с наличием неоднородных по виду экономической деятельности и классам функциональной пожарной опасности групп помещений.

По результатам изменения подхода к расчету индекса индивидуализации будет проведена адаптация автоматизированной аналитической системы поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России под адресный подход.

Список литературы

1. Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А., Лазарев А. А. Методологические основы категорирования объектов надзора в целях организации надзорно-профилактической деятельности // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 1 (50). С. 99–106.
2. Рекомендации по определению частоты реализации пожароопасных ситуаций на

технологическом оборудовании с пожаровзрывоопасными технологическими средами / А. Х. Салихова, Е. А. Шварев, Д. Б. Самойлов, [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 3 (48). С. 107–115.

3. Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А., Лазарев А. А. Разработка предложений по совершенствованию правоприменительной практики при назначении наказаний за нарушения в области пожарной безопасности // Актуальные

проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 265–268.

4. Войтенко О.В. Некоторые вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов защиты с учетом новых требований // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Мониторинг, предотвращение и ликвидация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: материалы международной научно-практической конференции. СПб: ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2021. С. 7–13.

5. Совершенствование системы противопожарного нормирования в условиях евразийской интеграции / А. В. Белокобыльский, А. Н. Грачева, А. В. Новикова [и др.] // Ройтмановские чтения: сборник материалов VII научно-практической конференции. Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2019. С. 51–55.

6. Риск-ориентированный подход деятельности государственного пожарного надзора / Р. Ш. Еникеев, А. А. Макеев, А. А. Порошин [и др.] // Материалы XXIX Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. В 2-х частях. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2017. С. 50–58.

7. Войтенко О. В., Фомин А. В. Снижение административной нагрузки со стороны контрольно-надзорных органов МЧС России на объекты экономики и бизнеса // Высокие технологии и модернизация экономики: достижения и новые векторы развития: материалы I Международной научно-практической конференции. М.: НОО "Профессиональная наука", 2017. С. 116–128.

8. Локтик Е. И., Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е. К вопросу об основных направлениях развития взаимодействия органов федерального государственного пожарного надзора с органами государственной власти, органами местного самоуправления, другими надзорными органами и организациями по вопросам обеспечения пожарной безопасности // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Международной научно-практической конференции. СПб: ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2020. С. 73–75.

9. Анализ результатов деятельности федерального государственного пожарного надзора / В. А. Сорокин, Д. С. Адамов,

Е. В. Козырев [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности: сборник материалов XXXI Международной научно-практической конференции. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2019. С. 565–567.

10. Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А. Организация государственного пожарного надзора за деятельностью по обеспечению пожарной безопасности органами местного самоуправления // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 90–93.

11. Математическая модель определения категорий риска объектов защиты в области пожарной безопасности / А. А. Порошин, А. А. Кондашов, Д. В. Зобков [и др.]. // Актуальные проблемы пожарной безопасности: сборник материалов XXXII Международной научно-практической конференции. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2020. С. 30–37.

References

1. Storonkina O. E., Mochalova T. A., Lazarev A. A. Metodologicheskie osnovy kategorirovaniya obyektov nadzora v tselyah organizatsii nadzorno-profilakticheskoy deyatel'nosti [Methodological basis for categorizing objects of supervision for the purposes of organizing supervision and preventive activities]. *Sovremennyye problemye grajdanskoy zashchity*, 2024, vol. 1 (50), pp. 99–106.

2. Rekomendatsii po opredeleniyu chastoty realizatsii požaroopasnykh situatsiy na tehnologicheskoy oborudovani s požarovzryivoopasnyimi tehnologicheskimi sredami [Recommendations for determining the frequency of fire hazardous situations on technological equipment with fire and explosion hazardous technological environments] / A. H. Salihova, E. A. Shvarev, D. B. Samoylov [et al.]. *Sovremennyye problemye grajdanskoy zashchity*, 2023, vol. 3 (48), pp. 107–115.

3. Storonkina O. E., Mochalova T. A., Lazarev A. A. Razrabotka predlozeniy po sovershenstvovaniyu pravoprimeritel'noy praktiki pri naznachении nakazaniy za narusheniya v oblasti požarnoy bezopasnosti [Development of proposals to improve law enforcement practice in the imposition of penalties for violations in the field of fire safety] *Aktualnyye problemye obespecheniya požarnoy bezopasnosti i zashchity ot chrezvychaynykh situatsiy. sbornik materialov IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Jeleznogorsk: FGBOU VO Sibirskaya požarnospasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii*, 2023. Pp. 265–268.

4. Voytenok O. V. Nekotorye voprosy obespecheniya pojarной bezopasnosti ob'ektov zaschityi s uchetom novykh trebovaniy [Some issues of ensuring fire safety of protection facilities taking into account new requirements]. *Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Monitoring, predotvraschenie i likvidatsiya chrezvyichaynykh situatsiy prirodnogo i tehnogennogo haraktera: materialy mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. SPb.: Sankt-Peterburgskiy universitet GPS MCHS Rossii, 2021. Pp. 7–13.

5. Sovershenstvovanie sistemy protivopojarnogo normirovaniya v usloviyakh evraziyskoy integratsii [Improvement of the fire safety regulation system in the conditions of Eurasian integration] / A. V. Belokobyl'skiy, A. N. Gracheva, A. V. Novikova [et al.]. Roytmanovskie chteniya: sbornik materialov VII nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moscow: Akademiya Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby Ministerstva Rossiyskoy Federatsii po delam grazhdanskoy oborony, chrezvyichay-nym situatsiyam i likvidatsii posledstviy sti-khiyных bedstviy, 2019. Pp. 51–55.

6. Risk-orientirovannyiy podhod deyatel'nosti gosudarstvennogo pojarного nadzora [Risk-oriented approach to the activities of state fire supervision] / R. Sh. Enikeev, A. A. Makeev, A. A. Poroshin [et al.]. Materialy XXIX Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschennoy 80-letiyu FGBU VNIPO MCHS Rossii. V 2-h chastyah. Balashikha: FGBU VNIPO MCHS Rossii, 2017. Pp. 50–58.

7. Voytenok O. V., Fomin A. V. Snijenie administrativnoy davleniya so storony kontrol'no-nadzornyykh organov MCHS Rossii na ob'ekty ekonomiki i biznesa [Reduction of administrative pressure from the control and supervisory bodies of the ministry of emergencies of Russia to the objects of economy and business]. Vyisokie tehnologii i modernizatsiya ekonomiki: dostizheniya i novye vektory razvitiya: materialy I Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moscow: NOO "Professional'naya nauka", 2017. Pp. 116–128.

8. Loktik E. I., Mochalova T. A., Storonkina O. E. K voprosu ob osnovnykh napravleniyakh razvitiya vzaimodeystviya organov federal'nogo gosudarstvennogo pojarного nadzora s organami gosudarstvennoy vlasti, organami mestnogo samoupravleniya, drugimi nadzornymi organami i organizatsiyami po voprosam obespecheniya pojarной bezopasnosti [Basic directions of development of interaction between Federal state fire surveillance bodies with state authorities, local government bodies, other supervisory bodies and organizations]. Pojarnaya bezopasnost: sovremennyye vyzovy. Problemy i puti resheniya: materialy Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. SPb.: Sankt-Peterburgskiy universitet GPS MCHS Rossii, 2020. Pp. 73–75.

9. Analiz rezultatov deyatel'nosti federal'nogo gosudarstvennogo pojarного nadzora [Analysis of the results of the federal state fire supervision activity] / V. A. Sorokin, D. S. Adamov, E. V. Kozyrev [et al.]. Aktualnyye problemy pojarной bezopasnosti: materialy XXXI Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Balashikha: FGBU VNIPO MCHS Rossii, 2019. Pp. 565–567.

10. Storonkina O. E., Mochalova T. A. Organizatsiya gosudarstvennogo pojarного nadzora za deyatel'nostyu po obespecheniyu pojarной bezopasnosti organami mestnogo samoupravleniya [Organization of state fire supervision over fire safety activities by local governments]. Pojarnaya i avariynaya bezopasnost: materialy XIV Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019. Pp. 90–93.

11. Matematicheskaya model opredeleniya kategoriy riska ob'ektov zaschityi v oblasti pojarной bezopasnosti [A mathematical model for determining the risk categories of objects of protection in the field of fire safety] / A. A. Poroshin, A. A. Kondashov, D. V. Zobkov [et al.]. Aktualnyye problemy pojarной bezopasnosti: materialy XXXII Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Balashikha: FGBU VNIPO MCHS Rossii, 2020. Pp. 30–37.

Маличенко Вячеслав Геннадьевич

Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва,
Заместитель начальника отдела нормативно-технического ДНПР МЧС России
E-mail: mvg84@bk.ru

Malichenko Vyacheslav Gennadievich

Supervisory and Preventive Efforts Department of the EMERCOM of Russia,
Российская Федерация, Moscow

Deputy Head of the regulatory and technical department Supervisory and Preventive Efforts Department
of the EMERCOM of Russia
E-mail: mvg84@bk.ru

Лазарев Александр Александрович

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

кандидат педагогических наук, кандидат технических наук, доцент,
начальник кафедры правового обеспечения надзорной деятельности (в составе УНК
«Государственный надзор»)

E-mail: kpond@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 of legal support of supervisory activities (as part of the UNC «State Supervision»)

E-mail: kpond@edufire37.ru

Федотов Илья Юрьевич

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

Адъюнкт

E-mail: newspacehorizons@gmail.com

Fedotov Ilya Yurievich

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

Adjunct

E-mail: newspacehorizons@gmail.com

УДК 608.2

ПОВЫШЕНИЕ ОГNETУШАЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШТАТНЫХ СРЕДСТВ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ МЧС РОССИИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ КЛАССА В МОДИФИЦИРОВАННОЙ (ГАЗОЗАПОЛНЕННОЙ) ПЕНОЙ

И. В. МЕЩЕРЯКОВ

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, Санкт-Петербург
E-mail: ilya.mesch@mail.ru

В представленной статье рассмотрены возможные способы повышения огнетушащей эффективности штатных средств подразделений гражданской обороны МЧС России при тушении пожаров класса В с использованием модифицированной (газозаполненной) пены. Проведен сравнительный анализ огнетушащих свойств стандартной пены (заполненной воздухом) и пены, заполненной отработанными газами двигателя внутреннего сгорания. Экспериментально определены время тушения очага пожара, расход пенообразующего раствора и влияние различных типов заполнения пены на огнетушащий эффект. Установлено, что газозаполненная пена обладает рядом преимуществ в условиях тушения пожаров горючих (легковоспламеняющихся) жидкостей (меньшее время ликвидации очага возгорания, меньший расход пенообразователя). Экспериментально подтверждена корреляция между типом дисперсной фазы пены и огнетушащим эффектом при тушении очага пожара класса В. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации работы пожарных подразделений, совершенствования технологий пожаротушения и разработки новых методов борьбы с пожарами. Обоснована целесообразность дальнейших исследований огнетушащего эффекта пены с дисперсной фазой, отличной от воздуха, изучение особенностей применения таких составов и разработка рекомендаций для их внедрения в практическую деятельность подразделений пожарной охраны.

Ключевые слова: огнетушащий эффект; огнетушащая пена; сульфонол; ПО-3; газозаполненная пена.

INCREASING THE FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY OF STANDARD MEANS OF CIVIL DEFENSE UNITS OF THE RUSSIAN EMERGENCIES MINISTRY WHEN EXTINGUISHING CLASS B FIRES WITH MODIFIED (GAS-FILLED) FOAM

I. V. MESHCHERYAKOV

Saint Petersburg University of the State Fire Service of the Russian Emergencies Ministry,
Russian Federation, Saint Petersburg
E-mail: ilya.mesch@mail.ru

The presented article considers possible ways to reduce the fire extinguishing efficiency of standard means of the General Support mode of the Ministry of Emergency Situations of Russia when extinguishing class B fires using modified (gas-filled) foam. A comparative analysis of the fire extinguishing properties of the inclusion of foam (filled with air) and foam filled with exhaust gases of the engine of the inner chamber was carried out. Experimentally, it was possible to achieve the time of extinguishing the fire source, the consumption of the foaming solution and the effect of different types of foam on the fire extinguishing effect. It was found that gas-filled foam has a number of advantages in conditions of extinguishing fires of flammable (highly flammable) liquids (less time to eliminate the fire source, lower consumption of foaming agent). The relationship between the type of dispersed phase of the foam and the fire extinguishing effect when extinguishing a class B fire was experimentally confirmed. The results of the study can be used to optimize the operation of firefighting equipment, new fire extinguishing technologies and the development of new fire fighting methods. The validity of the present study of the fire extinguishing effect of foam with a dispersed phase, different from the study of air, the use of such compositions and the development of recommendations for their use in practical activities of fire protection conditions is substantiated.

Keywords: fire extinguishing effect; fire extinguishing foam; sulfonol; PO-3; gas-filled foam

Введение

Тушение пожара при помощи пен – это один из наиболее эффективных методов борьбы с огнем, особенно при возгораниях легко-воспламеняющихся и горючих жидкостей, не растворимых в воде. Пена покрывает горящую поверхность, блокируя доступ кислорода и охлаждая зону горения, что замедляет или полностью останавливает распространение огня.

Целью исследования является повышение огнетушащей эффективности штатных средств подразделений гражданской обороны МЧС России при тушении пожаров класса В с помощью модифицированной газозаполненной пены.

Для достижения цели были определены следующие задачи исследования:

- провести литературный обзор работ, посвященных совершенствованию приборов и способов пенного тушения;
- разработать устройство для генерации газозаполненной пены;
- экспериментально проверить огнетушащий эффект пены, заполненной отработанными газами ДВС.

Материал и методы исследования: аналогия, эксперимент, включающий натурные огневые испытания.

Большой вклад в исследования эффективности тушения пожаров воздушно-механической пеной внесли отечественные и зарубежные ученые, такие как Любимов В. Н., Фашенко А. Н., Faxing D., Hongqing Z., Long Y. и др. [1–5]

Любимов В. Н. [1] впервые установил влияние природы пенообразователя и физико-химических свойств полимеров на свойства воздушно-механической пены, полученной из бинарной композиции «пенообразователь – полимер». Наибольшее стабилизирующее действие на пену оказывают полимеры с высокой молярной массой, способные к образованию структур, упрочняющих водные плёнки пены. Введение в пенообразующий состав на основе ПО-6УМ полиакриламида с высокой молярной массой повышает устойчивость пены в 3-17 раз, сокращает время тушения дизельного топлива в 5 раз.

Фашенко А. Н. [2] получены эмпирические зависимости для определения удельного расхода и кратности пены, которые рекомендуются к использованию при оценке параметров высоконапорных пеногенераторов для подслоного пожаротушения. Величина минимальной кратности пены зависит от высоты резервуаров, коэффициента пеногашения, плотности горючей жидкости и концентрации в ней спирта. Выявлено, что область кратности пены, при которой реализуются оптимальные параметры

тушения, находится на 1,5–2 единицы выше значений минимальной кратности пены.

Faxing Ding [3] были протестированы 6%-ные белковые пены (PF) с соотношением газа и жидкости в диапазоне 5–24, время 25%-го стекания, коэффициент расширения и эффективность тушения пожара. Результаты показывают, что с увеличением соотношения газа и жидкости время 25%-го стекания и коэффициент расширения увеличиваются. В процессе пожаротушения скорость снижения температуры сначала увеличивается, а затем уменьшается по мере увеличения соотношения газа и жидкости. При соотношении газа и жидкости 20 пена демонстрирует оптимальное равновесие между текучестью и стабильностью.

Zhaoqian Li [5] показано, что пена AFFF обладает наименьшим временем тушения и наименьшим расходом жидкости для пенообразования. Химический анализ AFFF показывает, что правильное соотношение газа и жидкости способствует увеличению коэффициента расширения и скорости стекания AFFF, что влияет на охлаждающий и изолирующий эффекты пены.

В перечисленных выше исследованиях не рассмотрен вопрос модификации пены газами, отличными от воздуха – например, отработанными газами ДВС.

Чтобы получить из водного раствора пенообразователя пену, его насыщают газом, используя пенные генераторы. Раствор ПО пропускают через сетку или форсунки, создавая тем самым стабильную структуру с газовой дисперсной фазой.

Подача пены в очаг пожара осуществляется посредством пеногенератора, который позволяет контролировать направление и интенсивность подачи.

Дисперсной фазой огнетушащей пены, как правило, является воздух. При этом разрушение пузырьков воздуха под действием высокой температуры высвобождает дополнительный объем окислителя в зоне горения. Избежать этого можно, заменив воздух на газ, не имеющий в составе окислителя. Таким заполнением могут выступать отработанные газы ДВС.

По прибытии на пожар двигатель автомобиля не заглушают – он продолжает работать на холостых оборотах (работа «на насос»), при этом отработанные газы выбрасываются в атмосферу.

Состав отработанных газов (ОГ) автомобиля зависит от типа двигателя, качества топлива и эффективности системы каталитической нейтрализации. Однако в большинстве случаев основные компоненты ОГ схожи – их состав представлен в табл. 1.

Таблица 1. Состав отработанных газов

Название газа	Химическая формула	Концентрация в ОГ, %об.
Азот	N_2	78
Диоксид углерода	CO_2	5...12
Угарный газ	CO	0,1...10,0
Оксиды азота	NO_x	< 1
Водяной пар	H_2O	3...5
Углеводороды	C_nH_m	0,2...3,0

Из таблицы видно, что большая часть компонентов ОГ не способна поддерживать горение. Это позволяет сделать предположение о повышении огнетушащего эффекта пены при заполнении её такими газами.

Экспериментальная часть

Проведены испытания по тушению очага пожара класса В газозаполненной пеной, образованной с помощью водного раствора штатного пенообразователя ПО-3, а также сульфанола, применяемого для дезактивации в ГО МЧС РФ. Для заполнения пузырьков пены отработанными газами ДВС было разработано устройство, изображенное на рис. 1.

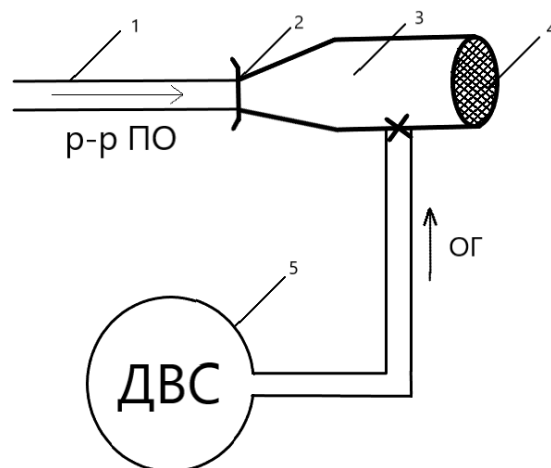


Рис. 1. Схема устройства для подачи газозаполненной пены. Цифрами обозначены: 1 – линия подачи раствора; 2 – переходник для крепления пенного ствола; 3 – модель пенного ствола; 4 – сетка; 5 – двигатель внутреннего сгорания (бензиновый)

Реализация описанного устройства (рис. 1) представлена на фото (рис. 2).

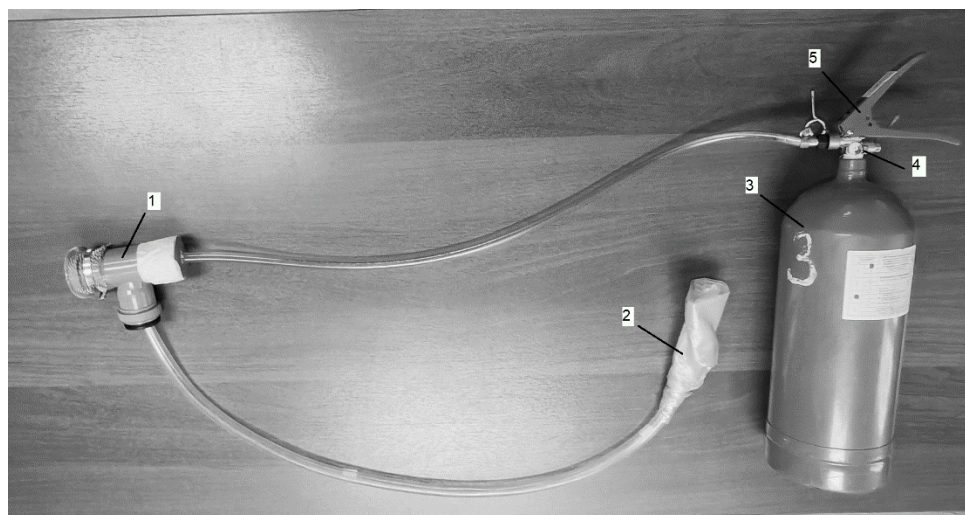


Рис. 2. Реализация устройства для подачи газозаполненной пены. Цифрами обозначены: 1 – модель пенного ствола; 2 – переходник для крепления к выхлопной трубе автомобиля; 3 – баллон для раствора пенообразователя; 4 – манометр; 5 – запорно-пусковое устройство

Конструктивное исполнение очага пожара соответствует ГОСТ Р 51057-2001¹. В качестве экспериментального очага пожара использовали металлический поддон диаметром 100 мм, в который заливали 50 мл бензина АИ-95. Подвод отработанных газов к пенному стволу осуществляли напрямую от выхлопной трубы автомобиля Lada Kalina [6–8].

В ходе эксперимента изменяли концентрацию сульфонола в водном растворе (0,3 %_{масс}, 0,5 %_{масс}) и заполнение пены (воздух, отработанные газы). Поджигали горючее, выдерживали 30 секунд свободного горения, после чего подавали раствор через пенный ствол. Фиксировали результат тушения и объём поданного раствора. Для каждого вида пены эксперимент повторяли по 4 раза в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011².

При подаче воздухозаполненной пены при концентрации сульфонола 0,3 %_{масс} один

раз наблюдали расплескивание горючего струей ОТВ и увеличение площади горения (рис. 3) и один раз – повторное воспламенение после тушения. При подаче штатного пенообразователя ПО-3 6 %_{масс} повторного воспламенения не было, в одном случае наблюдали расплескивание горючего струей ОТВ и небольшое увеличение площади горения. Газонаполненная пена в обоих случаях образует на поверхности очага плотный слой, обеспечивающий изоляцию горючего от поступления окислителя и препятствующий повторному воспламенению (рис. 4).

Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что пена с дисперсной фазой, состоящей из ОГ, при обоих видах раствора пенообразователя позволяет потушить очаг меньшим объемом ОТВ.



Рис. 3. Расплескивание горючего струей воздухозаполненной пены и увеличение площади горения



Рис. 4. Слой газонаполненной пены на поверхности очага

Таблица 2. Результаты тушения очага класса В различными видами пены

Действующее вещество в растворе ПО	Концентрация, % _{масс}	Дисперсная фаза	Средний объем поданного раствора на тушение, мл
Сульфонол	0,3	Воздух	200
Сульфонол	0,3	ОГ	192
Сульфонол	0,5	ОГ	186
ПО-3	6,0	Воздух	163
ПО-3	6,0	ОГ	155

¹ ГОСТ Р 51057-2001 «Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний»

² ГОСТ Р 8.736-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения»

Для проверки статистической значимости полученных результатов попарно определяли различия выборок с помощью F-критерия Фишера. Значения $F_{\text{эмп}}$ определяли по формуле

$$F_{\text{эмп}} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (1)$$

где S_1^2 и S_2^2 – дисперсии сравниваемых выборок, при этом $S_1^2 > S_2^2$.

Численные значения отношений дисперсий представлены в табл. 3.

Для принятого уровня значимости $p = 0,05$ при четырёх независимых измерениях критическое значение критерия Фишера $F_{\text{кр}} = 9,28$. Различия дисперсий будут статистически значимы при $F_{\text{эмп}} > F_{\text{кр}}$.

Таким образом, экспериментально установлено, что замена дисперсной фазы огнетушащей пены с воздуха на отработанные газы ДВС позволяет повысить огнетушащий эффект пены при тушении ЛВЖ.

Таблица 3. Значения F-критерия Фишера

Действующее вещество / содержание в водном растворе, % _{масс} / дисперсная фаза	Сульфонол / 0,3 / ОГ	Сульфонол / 0,5 / ОГ	ПО-3 / 6,0 / воздух	ПО-3 / 6,0 / ОГ
Отношение дисперсий выборок $F_{\text{эмп}} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$				
Сульфонол / 0,3 / воздух	10,88	9,71	116,59	13,82
Сульфонол / 0,3 / ОГ		1,12	10,72	1,27
Сульфонол / 0,5 / ОГ			12,00	1,42
ПО-3 / 6,0 / воздух				8,44
Примечание: синим цветом выделены ячейки, где значение $F_{\text{эмп}}$ превышает $F_{\text{кр}}$				

Для проверки корреляции между типом дисперсной фазы пены и огнетушащим эффектом проведён эксперимент по тушению очага пожара класса В путем подачи потока отработанных газов. В качестве экспериментального очага пожара использовали металлический поддон диаметром 50 мм, в который заливали 30 мл бензина марки АИ-95.

Для подачи отработанных газов к очагу к выхлопной системе автомобиля Lada Kalina при работе ДВС на холостом ходу подключали шланг с внутренним диаметром 15 мм. Топливо поджигали и выдерживали 30 секунд свободного горения. После этого в зону горения вносили свободный конец шланга от выхлопной системы. Эксперимент повторяли в аналогичном порядке 6 раз. Установлено, что разбавление горючей среды поданными ОГ вызывает прекращение горения в течение 1,5–2,0 с,

что позволяет сделать вывод о первостепенном влиянии дисперсной фазы пены на огнетушащий эффект.

Вывод

В ходе настоящего исследования нами разработана схема устройства для генерации газозаполненной пены. Апробирована модель этого устройства. Проведены огневые испытания по тушению газозаполненной пеной экспериментального очага пожара класса В. Результаты показали повышение огнетушащего эффекта по сравнению с воздухозаполненной пеной на 8 %.

В дальнейшем целесообразно разработать полноразмерный макет устройства для генерации пены, заполненной отработанными газами пожарного автомобиля и апробировать в работе со штатными пенными стволами, стоящими на вооружении в пожарной охране.

Список литературы

1. Любимов В. Н. Повышение огнетушащей эффективности противопожарных пен добавлением водорастворимых полимеров: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. Уфа, 2015, 105 с.

2. Фащенко А. Н. Влияние кратности пены на основные параметры подслоного пожаротушения спиртосодержащих моторных

топлив: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03, М., 2021, 136 с.

3. Ding F. et al. Influence of gas–liquid ratio on the fire-extinguishing efficiency of compressed gas protein foam in diesel pool fire. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2021, vol. 146. pp. 1465–1472.

4. Li Z. [et al.] Experimental research on the effectiveness of different types of foam of extinguishing methanol/diesel pool fires. Combust-

tion Science and Technology, 2024, vol. 196, issue 12, pp. 1791–1809.

5. Xu Z. [et al.] Fire-extinguishing performance and mechanism of aqueous film-forming foam in diesel pool fire. Case studies in thermal engineering, 2020, vol. 17, p. 100578.

6. Мещеряков И. В., Алексеик Е. Б., Савельев Д. В. Теоретическая оценка огнетушащего потенциала типовых дегазирующих растворов (сообщение № 1) // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Международной научно-практической конференции. СПб: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, 2023. С. 287–290. EDN: VBUHPU.

7. Мещеряков И. В., Алексеик Е. Б. Практическая оценка огнетушащего потенциала типовых дезактивирующих, дегазирующих и дезактивирующих растворов на примере экспериментального очага пожара класса Б // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. С. 232–234. EDN: GANFWE.

8. Мещеряков И. В., Алексеик Е. Б. Практическая оценка огнетушащего потенциала типовых дезинфицирующих, дегазирующих и дезактивирующих растворов на примере экспериментального очага пожара класса А // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. С. 196–198. EDN: IMIJZC.

References

1. Lyubimov V. N. Povyshenie ognetushashchej effektivnosti protivopozharnykh pen dobavleniem vodorastvorimykh polimerov. Diss. kand. tekhn. nauk [Increasing the fire extinguishing efficiency of fire-fighting foams by adding water-soluble polymers. Cand. tech. sci. diss.]. Ufa, 2015, 105 p.

2. Fashchenko A. N. Vliyanie kratnosti peny na osnovnye parametry podslojnogo pozharotusheniya spirtosoderzhashchih motornykh

topliv. Diss. kand. tekhn. nauk [Influence of foam expansion ratio on the main parameters of sub-layer fire extinguishing of alcohol-containing motor fuels. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow: 2021, 136 p.

3. Ding F. et al. Influence of gas–liquid ratio on the fire-extinguishing efficiency of compressed gas protein foam in diesel pool fire. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2021, vol. 146, pp. 1465–1472.

4. Li Z. [et al.] Experimental research on the effectiveness of different types of foam of extinguishing methanol/diesel pool fires. Combustion Science and Technology, 2024, vol. 196, issue 12, pp. 1791–1809.

5. Xu Z. [et al.] Fire-extinguishing performance and mechanism of aqueous film-forming foam in diesel pool fire. Case studies in thermal engineering, 2020, vol. 17, p. 100578.

6. Meshcheryakov I. V., Alekseik E. B., Savelyev D. V. Teoreticheskaya ocenka ognetushashchego potentsiala tipovykh degaziruyushchih rastvorov (soobshchenie № 1) [Theoretical assessment of the fire extinguishing potential of typical degassing solutions (report No. 1)]. *Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. SPb.: Sankt-Peterburgskiy universitet Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby Ministerstva Rossiyskoy Federatsii po delam grazhdanskoy oborony, chrezvychaynym situatsiyam i likvidatsii posledstviy stikhiynykh bedstviy imeni Geroya Rossiyskoy Federatsii generala armii Ye. N. Zinicheva, 2023. Pp. 287–290. EDN: VBUHPU.

7. Meshcheryakov I. V., Alekseik E. B. Prakticheskaya ocenka ognetushashchego potentsiala tipovykh dezaktiviruyushchih, degaziruyushchih i dezaktiviruyushchih rastvorov na primere eksperimental'nogo ochaga pozhara klassa B. [Practical assessment of the fire extinguishing potential of typical decontaminating, degassing and decontaminating solutions using the example of an experimental class B fire]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoj bezopasnosti ob'ektov: sbornik materialov XI Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2024. Pp. 232–234. EDN: GANFWE.

8. Meshcheryakov I. V., Alekseik E. B. Prakticheskaya ocenka ognetushashchego potentsiala tipovykh dezinficiruyushchih, degaziruyushchih i dezaktiviruyushchih rastvorov na primere eksperimental'nogo ochaga pozhara klassa A [Practical assessment of the fire extinguishing potential of typical disinfecting, degassing and decontaminating solutions using the example of an experimental class A fire]. *Estestvennye nauki i*

pozharobezопасnost': problemy i perspektivy issledovaniy: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem.

Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2024. Pp. 196–198. EDN: IMIJZC.

Мещеряков Илья Вячеславович

Санкт-Петербургский университет ГПСМЧС России,
Российская Федерация, Санкт-Петербург

адъюнкт

E-mail: *ilya.mesch@mail.ru*

Meshcheryakov Ilya Vyacheslavovich

St. Petersburg University of the State Emergency Committee of Russia,
Russian Federation, Saint Petersburg

Postgraduate student

E-mail: *ilya.mesch@mail.ru*

УДК 614.8.01

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАДЗОРНЫХ ОРГАНОВ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТОРГОВЫХ ЦЕНТРАХ

Т. А. МОЧАЛОВА, А. А. ЛАЗАРЕВ, О. Е. СТОРОНКИНА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: tatianamochalova_2507@mail.ru

Статья посвящена разработке мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности в торговых центрах посредством организации работы субъектов общественного контроля и обеспечения их взаимодействия с органами государственного пожарного надзора (далее ГПН).

Авторами проведен анализ мнений экспертов о внедрении общественного контроля в области пожарной безопасности и впервые разработана модель взаимодействия лиц, осуществляющих общественный контроль обязательных требований пожарной безопасности в торговом центре с лицами, осуществляющими Федеральный государственный пожарный надзор.

По результатам анкетирования установлено, что с периодичностью 1 раз в квартал экспертами рекомендуется осуществлять общественный контроль соответствия требованиям пожарной безопасности торгового центра и проводить подготовку лиц, осуществляющих общественный контроль, сотрудниками органов ГПН. В качестве способа фиксации выявленных нарушений эксперты единогласно предлагают видеозапись. Корректировку проверочного листа (чек-листа) для лиц, осуществляющих общественный контроль, по мнению экспертов, следует проводить 1 раз в год.

Разработанная модель позволит сформировать у лиц, осуществляющих общественный контроль пожарной безопасности торговых центров навыки, необходимые для выявления возможных нарушений обязательных требований пожарной безопасности и взаимодействия с органами ГПН.

Ключевые слова: общественный контроль, пожарная безопасность, субъект общественного контроля, контрольное (надзорное) мероприятие, торговый центр.

DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL BASIS FOR INTERACTION BETWEEN SUPERVISORY AUTHORITIES AND PUBLIC ASSOCIATIONS AIMED AT ENSURING FIRE SAFETY IN SHOPPING CENTERS

T. A. MOCHALOVA, A. A. LAZAREV, O. E. STORONKINA

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: tatianamochalova_2507@mail.ru

The article is devoted to the development of measures aimed at ensuring fire safety in shopping centers by organizing the work of public control entities and ensuring their interaction with the state fire supervision authorities (hereinafter referred to as the SFSA).

The authors analyzed the opinions of experts on the implementation of public control in the field of fire safety and, for the first time, developed a model of interaction between persons implementing public control of mandatory fire safety requirements in a shopping center and persons implementing the Federal State Fire Supervision.

Based on the results of the survey, it was established that experts recommend implementing public control of compliance with the fire safety requirements of a shopping center once a quarter and training persons implementing public control by employees of the SFSA. As a method of recording the identified violations, the experts unanimously propose video recording. According to experts, the checklist for persons implementing public control should be adjusted once a year.

The developed model will allow persons implementing public control of fire safety in shopping centers to develop the skills necessary to identify possible violations of mandatory fire safety requirements and interact with the SFSA authorities.

Keywords: public control, fire safety, subject of public control, control (supervisory) event, shopping center.

Плановые контрольные (надзорные) мероприятия (далее – КНМ) на территории Российской Федерации (далее – РФ) в настоящее время и вплоть до 2030 года проводятся только в отношении объектов, имеющих чрезвычайно высокий и высокий риск¹.

Торговые центры (далее – ТЦ) не относятся к таким объектам, и не могут быть запланированы на плановую проверку органами, осуществляющими федеральный государственный пожарный надзор (далее – ФГПН, ГПН). Тем не менее, пожары в торговых центрах приводят к широкому общественному резонансу, уносят жизни людей, наносят крупный материальный ущерб.

Следовательно, на подобных объектах целесообразно осуществлять контроль за соблюдением требований пожарной безопасности в иной форме, а именно в форме общественного контроля. Правовые основы данной деятельности определены законодательством РФ². Механизмы общественного контроля предполагают посещение мест общего пользования, где требуется минимальное взаимодействие с администрацией и персоналом объекта. При этом должен быть учтен п. 9 статьи 6 Федерального закона² о недопустимости необоснованного вмешательства в деятельность ТЦ.

В связи с этим целью проведенного исследования являлась разработка мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности торговых центров посредством организации работы субъектов общественного контроля и обеспечения их взаимодействия с органами ГПН.

Ранее нами был разработан проверочный лист (чек-лист) для субъектов общественного контроля в области пожарной безопасности в ТЦ, в основу которого положены действующие проверочные листы, применяемые должностными лицами органов ГПН при осуществлении ФГПН [1, 2].

С целью выяснения механизмов внедрения общественного контроля пожарной безопасности ТЦ и порядка его осуществления, разработана анкета (табл.) и проведено анкетирование экспертов в данной области. В анкетировании принимали участие 15 экспертов из 4-х субъектов РФ.

Степень согласованности мнений экспертов, участвующих в анкетировании, оценивали по величине коэффициента согласия (конкордации) [3, 4], который составил $(W) > 0,71$, что говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов.

Таблица. Результаты анкетирования экспертов для выяснения механизмов внедрения общественного контроля пожарной безопасности ТЦ

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа	Ответы экспертов
Обследование объекта (ТЦ)			
1.	С какой периодичностью, по Вашему мнению, должен осуществляться общественный контроль соответствия требованиям пожарной безопасности торгового центра?	– 1 раз в месяц и чаще; – 1 раз в квартал; – 1 раз в полгода; – 1 раз в год и реже.	0 15 0 0
2.	Как часто, по Вашему мнению, необходимо проводить подготовку лиц, осуществляющих общественный контроль пожарной безопасности торгового центра, сотрудниками органов ГПН?	– 1 раз в месяц и чаще; – 1 раз в квартал; – 1 раз в полгода; – 1 раз в год и реже.	0 12 3 0
3.	Как часто, по Вашему мнению, необходимо проводить корректировку проверочного листа (чек-листа) для лиц, осуществляющих общественный контроль пожарной безопасности торгового центра?	– 1 раз в месяц и чаще; – 1 раз в квартал; – 1 раз в полгода; – 1 раз в год и реже.	0 0 3 12

¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 10 марта 2022 года № 336 «Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля»

² Федеральный закон «Об основах общественного контроля в Российской Федерации» от 21.07.2014 № 212-ФЗ

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа	Ответы экспертов
4.	Как Вы считаете, какой вариант фиксации нарушений, выявленных при общественном контроле пожарной безопасности торгового центра, предпочтительнее?	– фотофиксация; – ксерокопирование; – видеозапись; – аудиозапись.	0 0 15 0
Обследование продукции, продаваемой в торговом центре			
5.	С какой периодичностью, по Вашему мнению, должен осуществляться общественный контроль на предмет соответствия продукции, продаваемой в торговом центре, требованиям пожарной безопасности?	– 1 раз в месяц и чаще; – 1 раз в квартал; – 1 раз в полгода; – 1 раз в год и реже.	4 1 10 0
6.	Как часто, по Вашему мнению, необходимо проводить подготовку лиц, осуществляющих общественный контроль соответствия продукции, продаваемой в торговом центре, требованиям пожарной безопасности, сотрудниками органов ГПН?	– 1 раз в месяц и чаще; – 1 раз в квартал; – 1 раз в полгода; – 1 раз в год и реже.	0 4 11 0
7.	Как часто, по Вашему мнению, необходимо проводить корректировку проверочного листа (чек-листа) для лиц, осуществляющих общественный контроль соответствия продукции, продаваемой в торговом центре, требованиям пожарной безопасности?	– 1 раз в месяц и чаще; – 1 раз в квартал; – 1 раз в полгода; – 1 раз в год и реже.	0 0 4 11
8.	Как Вы считаете, какой вариант фиксации нарушений, выявленных при общественном контроле соответствия продукции, продаваемой в торговом центре, требованиям пожарной безопасности, предпочтительнее?	– фотофиксация; – ксерокопирование; – видеозапись; – аудиозапись.	9 2 4 0
Сертификация продукции, продаваемой в торговом центре			
9.	С какой периодичностью, по Вашему мнению, должен осуществляться общественный контроль на предмет соответствия продукции, продаваемой в торговом центре, требованиям Технического регламента ЕАЭС 043/2017?	– 1 раз в месяц и чаще; – 1 раз в квартал; – 1 раз в полгода; – 1 раз в год и реже.	0 6 9 0
10.	Как часто, по Вашему мнению, необходимо проводить подготовку лиц, осуществляющих общественный контроль соответствия продукции, продаваемой в торговом центре, требованиям Технического регламента ЕАЭС 043/2017, сотрудниками органов ГПН?	– 1 раз в месяц и чаще; – 1 раз в квартал; – 1 раз в полгода; – 1 раз в год и реже.	0 6 9 0
11.	Как часто, по Вашему мнению, необходимо проводить корректировку проверочного листа (чек-листа) для лиц, осуществляющих общественный контроль соответствия продукции, продаваемой в торговом центре, требованиям Технического регламента ЕАЭС 043/2017?	– 1 раз в месяц и чаще; – 1 раз в квартал; – 1 раз в полгода; – 1 раз в год и реже.	0 0 4 11
12.	Как Вы считаете, какой вариант фиксации нарушений, выявленных при общественном контроле соответствия продукции, продаваемой в торговом центре, требованиям Технического регламента ЕАЭС 043/2017, предпочтительнее?	– фотофиксация; – ксерокопирование; – видеозапись; – аудиозапись.	8 2 5 0
13.	Выберите наиболее предпочтительный, с Вашей точки зрения, вариант информирования надзорного органа о выявленных в ходе общественного контроля недостатках	– рукописное обращение, направляемое по почте; – рукописное обращение, представляемое нарочно (в руки); – обращение,	0 0

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа	Ответы экспертов
		направляемое по e-mail; – обращение, направляемое через сайт «Госуслуги»	2 13

Учитывая высокую степень согласованности мнений экспертов по вопросам, поставленным при проведении анкетирования, предлагаются следующие рекомендации по осуществлению мероприятий в рамках общественного контроля:

1) периодичность осуществления общественного контроля пожарной безопасности ТЦ должна составлять не менее одного раза в квартал;

2) подготовка лиц, осуществляющих общественный контроль пожарной безопасности ТЦ, сотрудниками органов ГПН, должна осуществляться не менее одного раза в квартал;

3) корректировка проверочного листа (чек-листа) для лиц, осуществляющих общественный контроль пожарной безопасности ТЦ, должна осуществляться не менее одного раза в год;

4) наиболее результативным способом подтверждения факта выявленного нарушения требований пожарной безопасности эксперты признали видеофиксацию;

5) проверка на предмет соответствия продукции, продаваемой в торговом центре, требованиям пожарной безопасности, должна проводиться не реже 1 раза в полгода;

6) подготовка лиц, осуществляющих общественный контроль соответствия продукции, продаваемой в ТЦ, требованиям пожарной безопасности, сотрудниками органов ГПН, должна проводиться не менее 1 раза в полгода;

7) корректировка проверочного листа (чек-листа) для лиц, осуществляющих общественный контроль соответствия продукции, продаваемой в ТЦ, требованиям пожарной безопасности, должна проводиться не реже одного раза в год;

8) фотофиксация определена экспертами, как наиболее результативный способ подтверждения факта нарушений при общественном контроле соответствия продукции, продаваемой в ТЦ, требованиям пожарной безопасности;

9) периодичность осуществления общественного контроля на предмет соответствия продукции, продаваемой в ТЦ, требованиям Технического регламента ЕАЭС 043/2017, должна составлять не менее 1 раза в полгода;

10) периодичность подготовки лиц, осуществляющих общественный контроль на предмет соответствия продукции, продаваемой в ТЦ, требованиям Технического регламента ЕАЭС 043/2017, сотрудниками органов ГПН, определена экспертами не реже, чем 1 раз в полгода;

11) корректировка проверочного листа (чек-листа) для лиц, осуществляющих общественный контроль соответствия продукции, продаваемой в ТЦ, требованиям Технического регламента ЕАЭС 043/2017, должна осуществляться не менее 1 раза в год;

12) фотофиксация определена экспертами, как наиболее результативный способ подтверждения факта нарушения при общественном контроле соответствия продукции, продаваемой в ТЦ, требованиям Технического регламента ЕАЭС 043/2017;

13) наиболее предпочтительным способом информирования надзорного органа о выявленных в ходе общественного контроля недостатках эксперты считают обращение, направляемое через сайт «Госуслуги».

Ранее также отмечалось, что для обеспечения качественной и эффективной работы субъектов общественного контроля, необходимо их непосредственное взаимодействие со специалистами по пожарной безопасности [1]. С целью достижения целей и задач по совершенствованию общественного контроля в области пожарной безопасности была разработана модель взаимодействия субъекта общественного контроля с органами ГПН (рис.).

Для того чтобы люди могли узнать об общественном контроле пожарной опасности и имели возможность принимать в нем участие, необходимо разместить информацию о нем в открытом источнике. Одним из возможных вариантов взаимодействия с гражданами является размещение на сайтах Главных управлений МЧС России субъектов РФ и субъектов входящих в состав РФ, отдельного раздела «Общественный контроль». В данном разделе будет отражен перечень нормативных правовых актов Российской Федерации и нормативных документов, регламентирующих требования по соблюдению пожарной безопасности в актуальной редакции.

Для человека, решившего осуществлять общественный контроль в области пожарной безопасности, одного желания недо-

статочны. Вопросы, связанные с пожарной безопасностью, имеют очень широкую базу нормативных правовых актов и нормативных документов. Получить знания в области обеспечения пожарной безопасности можно только после всестороннего и углубленного изучения данных документов [5, 6]. Представителям общественного контроля можно также прибегнуть к проведению экспертизы для оценки показателей пожарной опасности некоторой продукции, реализуемой в ТЦ. Это можно сделать при обращении в испытательную пожарную лабораторию. Финансирование данной деятельности общественниками возможно за счет грантовой поддержки некоммерческих организаций, способствующих осуществлению общественного контроля, или благодаря спонсорской помощи. При этом важно избежать конфликта интересов.

Следует считать целесообразным проведение тестирования субъектов общественного контроля с целью проверки знаний общих требований пожарной безопасности. Для этого в разделе «Общественный контроль» необходимо предусмотреть возможность проведения on-line тестирования.

Также в данном разделе необходимо создать личный кабинет субъекта обществен-

ного контроля в целях идентификации личности человека, в котором будет содержаться Ф.И.О., адрес проживания и регистрации, дата рождения, контактные данные для обратной связи (адрес электронной почты, номер телефона).

Кроме того, в разделе «Общественный контроль» необходимо разместить адаптированный чек-лист для заполнения лицами, осуществляющими общественный контроль пожарной безопасности ТЦ.

Результаты проведенной проверки лицами, осуществляющими общественный контроль пожарной безопасности ТЦ, загружаются через личный кабинет. Они должны содержать адрес объекта (ТЦ), на котором выявлены нарушения, фото- и/или видеоматериалы, подробное описание характера нарушений, дату выявления нарушений.

Размещенная в личном кабинете информация подлежит проверке органами ГПН и обнародованию ее результатов на сайте в разделе «Общественный контроль», так как выявленные нарушения требований пожарной безопасности могут явиться основанием для инициирования проверки со стороны надзорных органов.

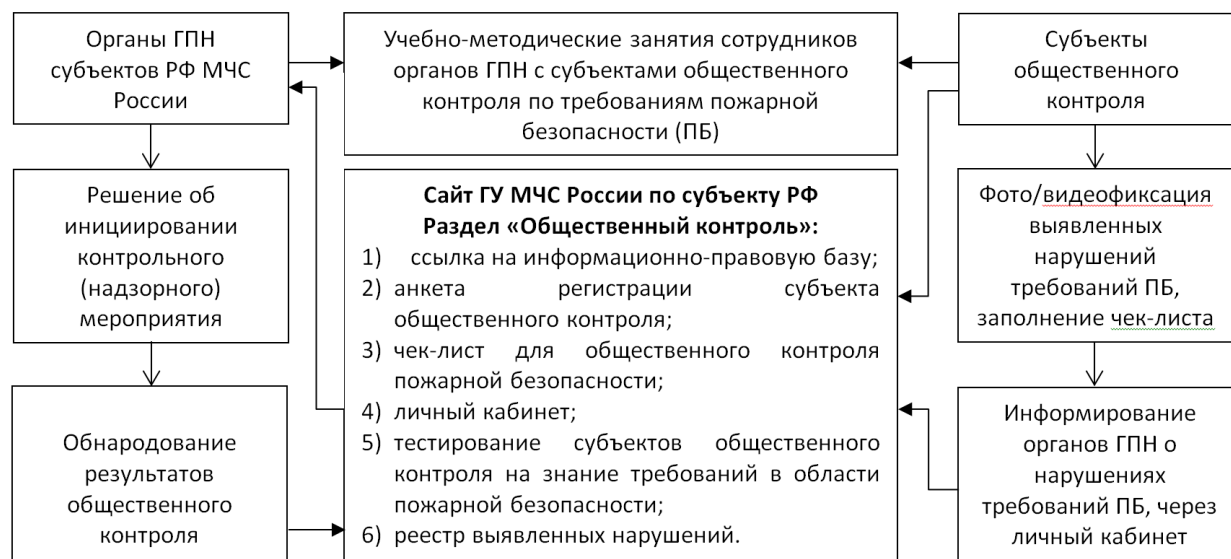


Рисунок. Блок-схема взаимодействия лиц общественного контроля и органов ГПН

Кроме того, для охвата большей аудитории заинтересованного населения данным видом общественного контроля предлагаем использовать каналы социальной сети «Telegram». В данном канале должны быть предоставлены ссылки на регистрацию в качестве «инспектора общественного контроля», а

также производиться публикация результатов проведенных проверок.

Таким образом, общественный контроль в области пожарной безопасности может быть результативен, полезен и интересен, как для субъектов общественного контроля, так и для лиц осуществляющих ФГПН.

Организованный таким образом общественный контроль поможет улучшить состояние пожарной безопасности торговых центров, а также оптимизировать работу органов ГПН, а

именно ускорить проверки по обращениям граждан, а также минимизировать количество проверок по обращениям граждан, доводы которых не подтверждены.

Список литературы

1. Лазарев А. А., Мочалова Т. А., Куршин И. А. Разработка предложений по совершенствованию общественного контроля пожарной безопасности торгового центра // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 1 (46). С. 111–119. EDN: CXDNXT.

2. Куршин И. А., Мочалова Т. А. Разработка проекта проверочного листа для лиц, осуществляющих общественный контроль в области пожарной безопасности в местах массового пребывания людей // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор» за 2022 год. Иваново. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2023. С. 34–40. EDN: OOQVST.

3. Ведомственный контроль как средство предупреждения пожаров в садоводческом некоммерческом товариществе Черекского района Кабардино-Балкарской Республики / А. А. Лазарев, А. Х. Казаков, О. Е. Сторонкина [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 1(46). С. 103–110. EDN: FBSUPM.

4. Шмерлинг Д. С. Экспертные оценки. Методы и применение / Статистические методы анализа экспертных оценок. М.: Наука, 1977. 284 с.

5. Методика подготовки юных пожарных, обучающихся в техническом колледже к общественному контролю / А. А. Лазарев, В. Ю. Емелин, И. А. Богданов [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность. 2022. № 3 (26). С. 51–58.

6. Лазарев А. А., Коноваленко Е. П. Противопожарная подготовка старшеклассников к осуществлению общественного контроля // Право и образование. 2019. № 10. С. 57–61.

References

1. Lazarev A. A., Mochalova T. A., Kurushin I. A. Razrabotka predlozheniy po sovershenstvovaniyu obshchestvennogo kontrolya po-zharnoy bezopasnosti torgovogo tsentra

[Development of proposals for improving public control over fire safety of a shopping center]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2023, vol. 1(46). pp. 111–119. EDN: CXDNXT

2. Kurushin I. A., Mochalova T. A. Razrabotka proyekta proverochnogo lista dlya lits, osushchestvlyayushchikh obshchestvennyy kontrol' v oblasti pozharnoy bezopasnosti v mestakh massovogo prebyvaniya lyudey [Development of a draft checklist for persons exercising public control in the field of fire safety in crowded places]. *Sbornik materialov nauchnykh meropriyatiy uchebno-nauchnogo kompleksa «Gosudarstvennyy nadzor» za 2022 god*. Ivanovo: IPSA GPS MCHS Rossii, 2023. Pp. 34–40. EDN: OOQVST.

3. Vedomstvenniy kontrol' kak sredstvo predupregdeniy pogarov v sadovodcheskom nekommercheskom tovarishestve Cherekskogo rayona Kabardino-Balkarskoy Respubliki [Departmental control as a means of preventing fires in a horticultural non-profit partnership of the Chereksky district of the Kabardino-Balkarian Republic] / A. A. Lazarev, A. H. Kazakov, O. E. Storonkina [et al.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2023, vol. 1 (46), pp. 103–110. EDN: FBSUPM.

4. Shmerling D.S. Ekspertnyye otsenki. Metody i primeneniye [Expert assessments. Methods and application]. *Statisticheskiye metody analiza ekspertnykh otsenok*. M.: Nauka, 1977. 284 p.

5. Metodika podgotovki yunyx pozharnykh, obuchayushchikhsya v tekhnicheskoy kolledzhe k obshchestvennomu kontrolyu [Methodology for preparing young firefighters studying at a technical college for public control] / A. A. Lazarev, V. Yu. Yemelin, I. A. Bogdanov [et al.]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'*, 2022, vol. 3 (26), pp. 51–58.

6. Lazarev A. A., Konovalenko Ye. P. Protivopozharnaya podgotovka starsheklassnikov k osushchestvleniyu obshchestvenno-go kontrolya [Fire safety training of high school students for the implementation of public control]. *Pravo i obrazovaniye*, 2019, issue 10, pp. 57–61

Мочалова Татьяна Александровна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат биологических наук, заместитель начальника кафедры
E-mail: mihailmochalov@mail.ru

Mochalova Tat'jana Aleksandrovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of biological sciences, deputy head of department
E-mail: mihailmochalov@mail.ru

Лазарев Александр Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры
E-mail: kgn@edufire37.ru

Lazarev Alexander Alexandrovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department
E-mail: kgn@edufire37.ru

Сторонкина Ольга Евгеньевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, доцент кафедры
E-mail: oleg1968@mail.ru

Storonkina Ol'ga Evgen'evna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of chemical sciences, associate professor
E-mail: oleg1968@mail.ru

УДК 614.842/.847

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРАНАХ ЗАПАДА

О. Н. СОНИНА, А. Г. БУБНОВ, М. А. КОЛБАШОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: olmass@mail.ru, bubag@mail.ru, kolbashow@mail.ru

Авторами проведён анализ особенностей правового нормирования пожарной безопасности в ведущих странах Запада – США, Великобритании, Германии. Рассмотрены особенности национальных стандартов пожарной безопасности и систем административного и негосударственного контроля их исполнения. Наиболее полемично использование американского опыта для применения в системе технического регулирования в области пожарной безопасности в России и Евразийском экономическом союзе. Британское регулирование в области пожарной безопасности более всего напоминает отечественные подходы. Именно поэтому Росаккредитация создала информационную систему, которая позволяет отслеживать работу органов по сертификации и испытательных лабораторий, в том числе в области пожарной безопасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, правовое регулирование, нормы пожарной безопасности, стандартизация.

THE MAIN PROVISIONS OF REGULATION AND RATIONING OF FIRE SAFETY SECURITY IN WESTERN COUNTRIES

O. N. SONINA, A. G. BUBNOV, M. A. KOLBASHOV

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: olmass@mail.ru, bubag@mail.ru, kolbashow@mail.ru

The authors analyzed the features of the legal regulation of fire safety in the leading Western countries – the USA, Great Britain, Germany. The features of national fire safety standards and systems of administrative and non-governmental control of their implementation are considered. The most controversial is the use of American experience for application in the system of technical regulation in the field of fire safety in Russia and the Eurasian Economic Union. British regulation in the field of fire safety most closely resembles domestic approaches. That is why Rosaccreditation has created an information system that allows you to monitor the work of certification bodies and testing laboratories, including in the field of fire safety.

Key words: fire safety, legal regulation, fire safety standards, standardization.

Современная ситуация в области пожарной безопасности (ПБ) отличается стремительной эволюцией технологических аспектов и, как следствие, ускоренным потоком информации, ростом объема и сложности регулярно обновляемой и расширяемой нормативной базы, которая регулирует процессы обеспечения безопасности, включая защиту жизни людей, сохранности имущества и экологии. Для эффективного применения международного опыта в вопросах технического регулирования и необходимости использования зарубежных научно-технических достижений в целях по-

вышения уровня ПБ в Российской Федерации в 2013 г. протоколом заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению ПБ была принята Концепция гармонизации российских и международных нормативных документов в области ПБ¹. Заложенный в Концепцию системный и комплексный подход

¹ Журавский А. М. Национальные нормативы и международные стандарты пожарной безопасности. Разные толкования и их последствия. URL: <https://www.secuteck.ru/articles/nacionalnye-normativy-i-mezhdunarodnye-standarty-pozharnej-bezopasnosti> (дата обращения 28.10.2024)

предполагал обеспечение уже к 2020 году оптимального уровня гармонизации всего спектра национальных стандартов в области ПБ. Это создало бы условия для повышения уровня ПБ в Российской Федерации, оптимизации затрат на противопожарную защиту при безусловном обеспечении безопасности для жизни и здоровья людей (при внедрении системы управления рисками), интеграции России в мировую экономику, создания благоприятного инвестиционного климата, обеспечения соответствия отечественной продукции международным требованиям и повышения её конкурентоспособности, устранения технических барьеров в международной торговле². К сожалению, введение странами ЕС и США беспрецедентных для мировой истории санкций в отношении РФ в 2014 г. сделало невозможным обеспечить постоянное участие специалистов РФ в работе профильных международных и региональных технических комитетов и, безусловно, существенно замедлило реализацию Концепции. Отметим, что вопросы безопасности и спасения жизни людей всегда остаются актуальными и должны (согласно нормам международного права) рассматриваться вне политического контекста. Таким образом, изучение правовых особенностей нормирования ПБ в странах с высоким промышленным и экономическим потенциалом и с такими же жёсткими и высокими требованиями в области ПБ остаётся актуальным для российских специалистов государственного пожарного надзора и регулирования в данной области. Поэтому целью работы, являлось рассмотрение основных положений регулирования и нормирования ПБ в странах запада на примере Соединённых Штатов Америки, Соединённого Королевства Великобритании и Северной Ирландии, а также Федеративной Республики Германия.

Система нормирования пожарной безопасности в США

Основой американской системы стандартизации, в том числе в вопросах пожарной безопасности (ПБ) можно считать Публичный Закон О продвижении и передаче национальных технологий (National Technology Transfer

and Advancement Act)³. Согласно ему при регулировании любых технических вопросов во главу угла ставятся добровольные, так называемые, консенсусные стандарты (voluntary consensus standards), созданные негосударственными отраслевыми институтами, с привлечением к процессу разработки авторитетных экспертов, представителей производственных компаний, потребительских обществ, органов власти и общественности. Такие стандарты могут стать обязательными к исполнению (government-unique standards), если это требуется в целях обеспечения национальной безопасности и обороны страны.

Полномочиями по принятию обязательных стандартов наделено несколько государственных органов, один из них – Управление по охране труда и здоровья (Occupational Safety and Health Administration, OSHA). В компетенцию OSHA входит утверждение обязательных нормативов безопасности, в том числе пожарной, промышленного оборудования, машин, систем. В состав нормативного регулирования, входят как стандарты, разработанные самим OSHA (government-unique standards), так и национальные стандарты США, разработанные негосударственными органами стандартизации, но одобренные OSHA и ставшие обязательными⁴. К наиболее востребованным нормам OSHA, содержащим требования ПБ можно отнести⁵:

– 29 CFR 1904 Recording and Reporting Occupational Injuries and Illness – описывает требования к регистрации и отчетности о производственных травмах и заболеваниях;

– 29 CFR 1910 General Industry – общепроизводственный стандарт, устанавливает требования к безопасности и здоровью на производстве, охватывает широкий спектр тем, включая оборудование, материалы, методы работы и меры предосторожности, которые должны применяться в различных отраслях промышленности;

– 29 CFR 1915, 1917, 1918 Maritime – охватывают различные аспекты морской индустрии, включая требования к оборудованию, материалам, методам работы и мерам безопасности, которые должны применяться на морских судах и прибрежных объектах;

– 29 CFR 1926.24 Fire protection and prevention – устанавливает требования без-

² Концепция гармонизации российских и международных нормативных документов в области пожарной безопасности / Протокол заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности от 18 июня 2013 г. № 4 <https://mchs.gov.ru/dokumenty/yuridicheskim-licam/pozharnaya-bezopasnost/aktualnaya-informaciya-v-oblasti-tehnicheskogo-regulirovaniya-pozharnoy-bezopasnosti/koncepciya-garmonizacii-rossijskih-i-mezhdunarodnyh-normativnyh-dokumentov-v-oblasti-pozharnoy-bezopasnosti>

³ National Technology Transfer and Advancement Act of 1995, Pub. L. No. 104-113, 110 Stat. 775 (1996).

⁴ Occupational Safety and Health Administration, OSHA. <https://www.osha.gov/aboutosha> (дата обращения 28.10.2024)

⁵ Frequently Cited OSHA Standards. URL: <https://www.osha.gov/ords/imis/citedstandard.html> (дата обращения 28.10.2024)

опасности к оборудованию, процессам и материалам, особо прописаны требования, которые должны применяться для предотвращения и контроля пожаров на строительных площадках и при производстве строительных работ.

К органам государственного регулирования можно отнести Национальный институт стандартов и технологий (National Institute of Standards and Technology, NIST). NIST – одна из старейших физических лабораторий в стране и первая исследовательская лаборатория, начавшая изучение вопросов ПБ. В настоящее время является частью Министерства торговли США (United States Department of Commerce, DoD)⁶. В течение последних 50 лет NIST выполняет обязанности по контролю за соблюдением стандартов в соответствии с Федеральным законом о предотвращении и контроле за пожарами 1974 года (Federal Fire Prevention and Control Act of 1974) [1], знаменитым America Burning⁷.

К правительственным стандартам следует отнести стандарты MIL-STD, разрабатываемые Министерством обороны США (United States Department of Defense, DoD), используемые и другими правительственными организациями и частными техническими организациями, не относящимися к обороне. Стандарты MIL-STD можно найти в открытом доступе⁸, многие аккредитованные коммерческие лаборатории проводят испытания ПБ на соответствие этим нормам.

И всё-таки, несмотря на мощную систему, работающую на поддержку обязательных стандартов, приоритетным направлением развития всей американской системы нормирования в вопросах ПБ считается введение и поддержка добровольных стандартов (voluntary consensus standards). Они разрабатываются по заказу производителей товаров (их объединений), государственных органов власти, органов власти штатов и прочих заинтересованных лиц⁹. Этим процессом управляет Национальный институт стандартов США (American National Standards Institute, ANSI). То есть ANSI – не разрабатывает стандарты, а

предлагает «правила игры», при выполнении которых участники получают «честную» систему стандартов и процедур аккредитации. При этом ANSI – частная организация, не получающая прибыли от своей деятельности по управлению добровольной системой стандартов и оценки соответствия. Это нейтральная территория, на которой эксперты и участники со стороны государственного и частного секторов могут сотрудничать с целью запуска совместных проектов, соответствующих национальным интересам. С ANSI сотрудничают представители более 270 тыс. компаний и организаций и 30 млн. профессионалов по всему миру¹⁰.

Непосредственную разработку стандартов осуществляют частные органы стандартизации (Standards Developing Organization, SDO) аккредитованные ANSI. В случае если разработанный и принятый разработчиком стандарт не проходил утверждения ANSI, данный стандарт будет являться отраслевым, имеющим более узкое (иногда в пределах одной компании) применение. Эти нормативы относятся к *de facto standards*. Добровольный стандарт может стать обязательным (mandatory standard) в случае его принятия в качестве такового уполномоченным органом власти либо на федеральном уровне, либо на уровне штата. Статус обязательного стандарт приобретает с момента его публикации в Федеральном регистре (Federal Register)⁹.

В настоящее время в США функционирует более 600 неправительственных организаций, разрабатывающих стандарты. Вместе с тем, основное количество принимаемых стандартов (более 90 %) приходится на 19 ведущих организаций¹¹.

Среди входящих в состав ANSI организаций, ответственных за разработку стандартов в области ПБ, наиболее авторитетной, безусловно, считается Национальная ассоциация защиты от пожаров (National Fire Protection Association, NFPA). NFPA разрабатывает коды и стандарты, направленные на снижение риска пожаров и других стихийных бедствий путем установления требований к материалам, оборудованию и процедурам, обеспечивающим безопасность. Эти стандарты могут использоваться при проведении испытаний и сертификации продуктов и систем, связанных с ПБ¹².

⁶ National Academies – National Research Council. URL: <https://www.nist.gov/director/national-academies-nrc-assessments> (дата обращения 28.10.2024)

⁷ America Burning: The Report of the National Commission on Fire Prevention and Control." Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1973

⁸ United States Military Standard. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Military_Standard (дата обращения 28.10.2024)

⁹ Практика применения стандартов в США. Обязательные стандарты в системе технического регулирования в области машин и оборудования. URL: <https://exd.ru/index.php?id=2633> (дата обращения 28.10.2024)

¹⁰ About ANSI. URL: <https://www.ansi.org/about/introduction> (дата обращения 28.10.2024)

¹¹ Классификация зарубежных стандартов. URL: <https://exd.ru/index.php?id=2630> (дата обращения 28.10.2024)

¹² About NFPA. URL: <https://www.nfpa.org/about-nfpa> (дата обращения 28.10.2024)

В разработке кодов и стандартов NFPA участвуют эксперты из самых разных стран мира – признанные авторитеты в своей области техники, науки и технологий. Это служит гарантией того, что разрабатываемые нормы соответствуют наиболее актуальным и полным требованиям той отрасли, в которой они будут применяться. В общей сложности количество индивидуальных членов NFPA превышает 81000, а количество членов – национальных торговых и профессиональных организаций по всему миру – более 80. Неудивительно, что стандарты NFPA служат ведущим ресурсом по вопросам пожарной, электрической и технической безопасности не только в США, но и во всем мире¹³. Несмотря на добровольность исполнения, они стали эталоном требований пожарной безопасности, поэтому могут прини-

маться за основу при разработке национальных систем стандартизации, в том числе стандартов семейства ГОСТ ИСО.

Особенностью процесса разработки стандартов NFPA является то, что он представляет собой полный, открытый процесс, основанный на достижении согласия между его участниками, причем NFPA всячески поощряет участие общественности в разработке своих стандартов.

Все стандарты NFPA пересматриваются и обновляются каждые три-пять лет, в рамках циклов пересмотра, которые стартуют дважды в год. Каждый цикл пересмотра проходит согласно опубликованному графику, который включает окончательные даты для каждой стадии процесса разработки стандартов (рис. 1)¹⁴.

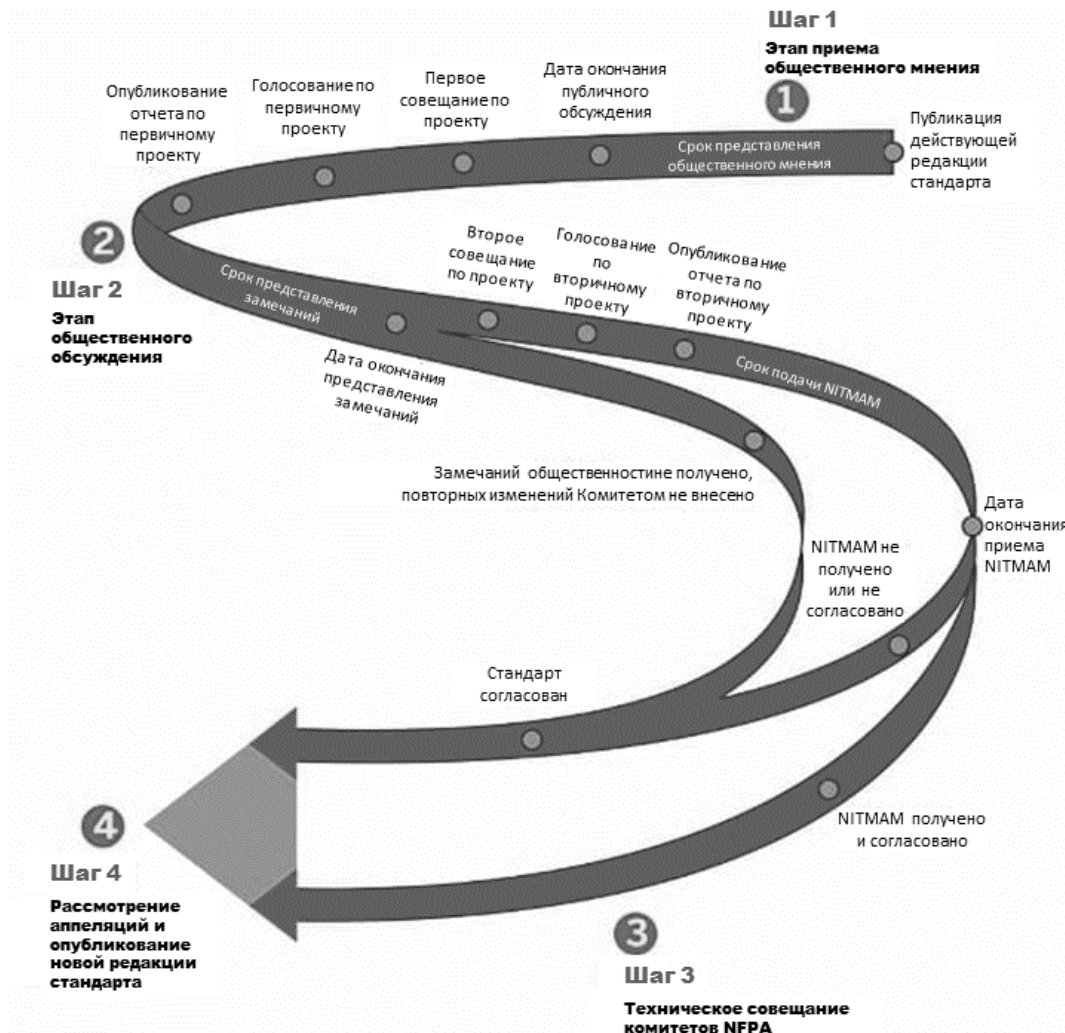


Рис. 1. Основные этапы процесса разработки стандарта NFPA¹⁴

¹³ NFPA Research. URL: <https://www.nfpa.org/education-and-research/Research/NFPA-Research> (дата обращения 28.10.2024)

¹⁴ The Standard Development Process. URL: <https://www.nfpa.org/for-professionals/codes-and-standards/standards-development> (дата обращения 28.10.2024)

Рассмотрим подробнее последовательность этапов разработки стандартов NFPA¹⁵.

1. Public Input¹⁶. После публикации текущей редакции стандарта NFPA начинается разработка следующей редакции. Цикл пересмотра начинается с принятия общественного предложения: публичного уведомления, в котором всех заинтересованных лиц просят внести предложения по существующему стандарту или одобренному комитетом новому проекту стандарта. Информация о сборе предложений общественности и связанная с этим дата закрытия приема предложений публикуется на сайтах NFPA, NIST, а также в других изданиях. Предложения по пересматриваемому стандарту свободно принимаются от всех заинтересованных лиц, в том числе обычных людей в электронном виде на веб-сайте NFPA. После закрытия приема предложений Технический Комитет проводит совещание по первичному проекту (First Draft), чтобы ответить на все предложения общественности.

На Первом совещании по проекту (First Draft Meeting) Технический комитет рассматривает все предложения общественности и дает ответ на них. Технический комитет может использовать эти предложения для разработки первых изменений стандарта. Первичные проекты исходных документов принимаются простым большинством голосов. Однако окончательная позиция технического комитета должна быть определена последующим голосованием (Ballot First Draft). Любое изменение должно быть одобрено как минимум двумя третями членов технического комитета. Все «неудачные» (отклоненные) первые изменения указываются в отчете по первому проекту как «Committee Inputs».

Изменения, которые проходят голосование, в конечном итоге компилируются и публикуются в виде первого проекта отчета на веб-странице документа NFPA (First Draft Report Posted). Этот отчет служит документацией этапа ввода данных и публикуется для рассмотрения и комментариев.

2. Public Comment¹⁷. После публикации First Draft Report наступает период общественного обсуждения (10 недель), в течение кото-

рого любой желающий через онлайн-сервис подачи заявок может оставить публичное замечание по First Draft. Любые возражения или дополнительные изменения, связанные с его содержанием, должны быть представлены на этом этапе. После истечения срока общественного обсуждения Технический комитет созывает заседание для обсуждения вторичного проекта (Second Draft).

Если за отведенный срок не поступает никаких комментариев (No Public Comments Received) и Комитет соглашается с тем, что повторное рассмотрение проекта не требуется, документ отправляется непосредственно в Совет по стандартам для публикации. Такие документы называются «Согласованные стандарты» (Consent Standard).

Если же были получены комментарии от общественности или если Комитет предложил дополнительные изменения, проводится совещание по вторичному проекту (Second Draft Meeting). На нём Технический комитет рассматривает First Draft и может внести дополнительные изменения в проект стандарта. Технический комитет рассматривает предлагаемые изменения и отвечает на каждый из поступивших от общественности комментариев, используя это для разработки стандарта. В результате этих действий появляется Second Draft. Как и в случае с First Draft, его принимают простым большинством голосов Технического комитета.

Поправки, разработанные на заседании по вторичному проекту, выносятся на голосование (Ballot Second Draft). Чтобы попасть во второй проект, поправка должна быть одобрена не менее чем двумя третями членов Технического комитета. Все отклоненные поправки указываются в отчете как «Committee Comments».

Поправки, прошедшие голосование, в конечном итоге собираются и публикуются в виде отчёта о вторичном проекте на веб-сайте NFPA (Second Draft Report Posted). После публикации общественность может ознакомиться с отчётом о Second Draft и решить, подавать ли уведомление о намерении внести предложение (Notice of Intent to Make a Motion, NITMAM) для дальнейшего рассмотрения. На это даётся 5 недель.

NITMAM – это предложение по внесению изменений, представленное для рассмотрения и обсуждения на техническом собрании NFPA. NITMAM может быть подан любым лицом, которое не удовлетворено работой комитета. Эти предложения – это попытки изменить итоговый стандарт на основе рекомендаций комитета, опубликованных в качестве Second Draft. Если не поступает ни одного NITMAM, либо все они отклоняются техническим коми-

¹⁵ An Introduction to the NFPA Standards Development Process. Standards Development Brochure // NFPA Standards Administration Department. 2024. P. 22

¹⁶ Step 1: Input Stage. URL: <https://www.nfpa.org/en/for-professionals/codes-and-standards/standards-development/Step-1-Input-Stage> (дата обращения 28.10.2024)

¹⁷ Step 2: Comment Stage. URL: <https://www.nfpa.org/en/for-professionals/codes-and-standards/standards-development/Step-2-Comment-Stage> (дата обращения 28.10.2024)

тетом, стандарт переходит в категорию согласованных (Consent Standard)

3. Technical Meeting¹⁸. Техническое совещание NFPA, которое проходит ежегодно в июне, предоставляет членам NFPA возможность вносить изменения в отчёты технических комитетов (т. е. в работу комитетов или комиссий) по каждому предлагаемому новому или пересмотренному стандарту. Чтобы сделать официальное предложение о внесении изменений на техническом совещании NFPA, автор предложения или его назначенный представитель должны зарегистрироваться до начала технического совещания, причём для внесения предложения или выступления по нему членство в NFPA не требуется. Председатель технического совещания открывает обсуждение предложений по стандарту из списка официальных предложений о внесении изменений, составленного комитетом по предложениям. По окончании обсуждения каждого предложения проводится голосование, и для принятия предложения требуется простое большинство голосов. Успешные предложения по поправкам затем должны быть подтверждены ответственным техническим комитетом путём голосования.

4. Council Appeals and Issuance of Standard¹⁹. Одной из основных обязанностей Совета по стандартам (Standards Council) NFPA как органа, контролирующего процесс разработки стандартов NFPA, является официальное издание всех стандартов NFPA. Уведомление о намерении подать апелляцию в Совет по стандартам по результатам технического совещания должно быть прислано в течение 20 дней после технического совещания NFPA. Совет по стандартам на основании всех имеющихся данных принимает решение о том, следует выпускать стандарт или нужно предпринять другие действия.

Когда Совет по стандартам собирается для утверждения стандарта NFPA, он также рассматривает любые апелляции, связанные с этим стандартом. Апелляции являются важной частью процесса, позволяющей убедиться, что все правила NFPA выполнены, надлежащая правовая процедура и справедливость соблюдались на протяжении всего процесса разработки стандарта. Совет по стандартам рас-

сматривает апелляции на основании письменных отчётов и путём проведения слушаний в режиме реального времени, в которых могут участвовать все заинтересованные стороны. Решения по апелляциям принимаются на основании всей документации по процессу, а также всех представленных материалов и заявлений. Решение Совета по стандартам является окончательным и может быть пересмотрено только в ограниченном объёме Советом директоров NFPA. Новый стандарт NFPA вступает в силу через 20 дней после его издания Советом по стандартам, это становится датой отсчёта нового цикла жизни стандарта до его пересмотра.

За время своего функционирования NFPA разработала множество стандартов в области ПБ, которые широко используются в США и других странах. К наиболее часто применяемым относят²⁰:

- NFPA 1, Fire Code – предписывает правила и нормы предупреждения пожаров;
- NFPA 54, National Fuel Gas Code – содержит правила безопасности при работе с газообразным топливом;
- NFPA 70, National Electric Code – стандарт по электробезопасности на рабочем месте;
- NFPA 101, Life Safety Code – Кодекс безопасности – устанавливает требования к обеспечению безопасности жизни в зданиях и сооружениях, включая правила и нормы для проектирования, строительства и эксплуатации зданий с целью минимизации рисков для жизни людей в случае пожара (эвакуационные пути, системы пожарной сигнализации и дымоудаления, а также меры по предотвращению распространения огня);
- NFPA 704, Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response, известный как Fire Diamond (огненный бриллиант) – устанавливает систему классификации химических веществ по степени их опасности для использования в экстренных ситуациях. Этот стандарт помогает пожарным, медицинским работникам и другим специалистам по управлению чрезвычайными ситуациями быстро оценить потенциальные риски, связанные с материалами, и принять соответствующие меры для защиты людей и окружающей среды (рис. 2).

¹⁸ Step 3: NFPA Technical Meeting. URL: <https://www.nfpa.org/en/for-professionals/codes-and-standards/standards-development/Step-3-NFPA-Technical-Meeting> (дата обращения 28.10.2024)

¹⁹ Step 4: Council Appeals and Issuance of Standard. URL: <https://www.nfpa.org/en/for-professionals/codes-and-standards/standards-development/Step-4-Council-Appeals-and-Issuance-of-Standard> (дата обращения 28.10.2024)

²⁰ List of Codes and Standards. URL: <https://www.nfpa.org/en/for-professionals/codes-and-standards/list-of-codes-and-standards> (дата обращения 28.10.2024)

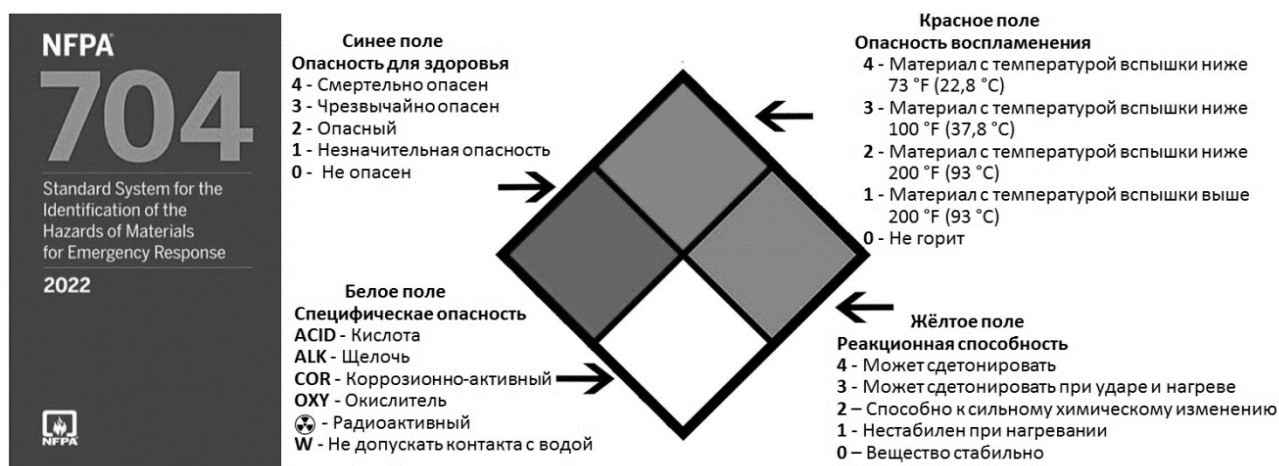


Рис. 2. Система маркировки при транспортировке и хранении различных веществ в соответствии с NFPA 704 [2]

Стоит отметить, что разработка высококачественных стандартов стоит дорого и требует существенной административной и технической поддержки участников процесса, научных исследований, информационных, производственных и издательских услуг, а также расходов на проведение сотен совещаний комитетов, которые SDO могут проводить каждый год. В отличие от многих частных групп по разработке стандартов, финансируемых промышленностью или взимающих плату в качестве условия участия, независимые SDO, такие как NFPA, не финансируются никакой отраслью и покрывают значительную часть затрат за счет публикации и продажи своих стандартов¹².

Гарантией соблюдения требований стандартов в США, как и в большинстве стран мира, является система оценки соответствия продукции, товаров и услуг. Большим авторитетом среди потребителей США пользуются товары, прошедшие сертификацию в независимых центрах сертификации, наиболее авторитетной из которых является Лаборатория по технике безопасности (Underwriters Laboratories, UL). Эта независимая некоммерческая организация, занимающаяся испытанием изделий на безопасность и сертификацией выпускаемой продукции, оказывает свои услуги предприятиям, работающим в различных отраслях промышленности, будь то электроэнергетика, информационные технологии или область менеджмента качества. Ежегодно лаборатория UL проверяет более 18 тыс. типов изделий на соответствие требованиям безопасности. Стандарты безопасности UL, имеющей развитую инфраструктуру с большим штатом сотрудников и представительствами в различ-

ных странах, признаны многими экспертными организациями²¹.

Торжеством концепции добровольности всего, что касается ПБ можно считать тот факт, что в США организации, осуществляющие услуги по установке систем пожарной охраны не обязаны иметь никаких документов по аккредитации в данной области. Достаточно того, что технический персонал таких фирм, обучен по соответствующим программам, разработанным OSHA, NFPA, либо организациями, отвечающими за соблюдение противопожарных норм в конкретном штате, городе. Чтобы стать таким специалистом, например, в штате Нью-Йорк, достаточно²²:

- быть лицом, достигшим возраста 18 лет;
- отправить заполненное заявление и оплату (около 300 \$США) в соответствующий департамент штата;
- пройти процедуру биометрии (сдать отпечатки пальцев);
- пройти стандартный курс обучения (не более 100 ч). Чтобы успешно завершить курс, человек должен физически присутствовать на 2/3 занятий (не считая экзаменов). Доказательством успешного прохождения необходимых курсов станет сертификат, предоставляемый при подаче документов на сдачу экзамена;
- сдать экзамен на установку сигнализации.

²¹ Ventures. URL: <https://www.ul.com/about/ventures> (дата обращения 28.10.2024)

²² Get a Security or Fire Alarm Installer License. Steps to become a licensed Security or Fire Alarm Installer. URL: <https://dos.ny.gov/get-security-or-fire-alarm-installer-license> (дата обращения 28.10.2024)

Система нормирования пожарной безопасности в Великобритании

Пожарная безопасность в Соединенном Королевстве Великобритании и Ирландии регулируется рядом законов и нормативных актов, основа которых – Приказ о реформировании пожарной безопасности (Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005, FSO)²³. Кроме FSO обязательны к исполнению и другие законодательные нормы, такие как Fire Safety Act 2021²⁴, Fire Safety (Employee's Capabilities) Regulations 2010²⁵, Construction (Design and Management) Regulations 2015²⁶ и т.д.

FSO распространяется на все рабочие места и общие части зданий, в которых есть два или более жилых помещений, возлагая юридические обязанности по проведению и регистрации оценки пожарного риска, а также по внедрению и поддержанию общих мер ПБ на тех, кто контролирует эти помещения. В законе введено понятие Responsible Person²⁷ – ответственное лицо, обычно это владелец или арендодатель, который:

- несёт ответственность за выполнение норм законодательства в части ПБ;
- должен проводить оценку риска возникновения пожара путём анализа возможных опасностей;
- обязан определять, вводить в действие и поддерживать меры, обеспечивающие защиту от пожара и те, которые нужны при его возникновении, для обеспечения максимальной безопасности людей и имущества. Подходящие противопожарные меры определяются оценкой пожарного риска.

Органы пожарной и спасательной службы осуществляют правоприменительные функции в отношении законодательства о ПБ для подавляющего большинства помещений. Они могут направлять уведомления о нарушениях, если решат, что ответственные лица не соблюдают какие-либо положения FSO, возбуждать уголовные дела или направлять уведомления о приостановке или запрете деятельности организации, если они установят, что несоблюдение этих положений подвергает людей риску смерти или травм в результате

пожара²⁸. При этом индивидуальные риски рассчитываются коммерческими страховыми и аудиторскими компаниями.

При этом законодательство не требует, чтобы оценка пожарного риска проводилась Competent Person – человеком, специально аккредитованным в области ПБ. Это своего рода подстраховка, чтобы избежать обвинений государственных служб в том, что каждый владелец собственности, попадающей под действие FSO, принуждается к услугам специалиста по ПБ. Для небольших, простых помещений часто именно сам собственник, являющийся Responsible Person согласно закону, проводит оценку пожарного риска. Это вполне обоснованно, т.к. владелец лучше всего знает особенности помещения и происходящих в нём технологических или бытовых процессов²⁹. На сайте правительства Великобритании в свободном доступе размещены руководства для тех, кто хочет самостоятельно провести оценку пожарного риска, например:

– Руководство по обеспечению ПБ для некоторых типов существующего жилья (Guidance on fire safety provisions for certain types of existing housing) – подготовлено координаторами служб по надзору за соблюдением нормативных требований (Local Authorities Coordinators of Regulatory Services, LACORS)²⁹;

– Пожарная безопасность в строительстве (Fire safety in construction)³⁰ – составлено Управлением по охране труда (Health and Safety Executive, HSE);

– Руководство по оценке рисков ПБ (Fire Safety Risk Assessment Guidance)³¹ и другие руководства от Национального совета руководителей пожарной охраны (National Fire Chiefs Council, NFCC).

Правительством также разработан инструмент для определения приоритетности оценки пожарного риска (Fire Risk Assessment Prioritisation Tool, FRAPT), который является частью пакета рекомендаций по оценке рисков, соблюдение которых помогут ответственному

²³ Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005 (SI 2005/1541)

²⁴ Fire Safety Act 2021, Chapter 24.

²⁵ The Fire Safety (Employee's Capabilities) (England) Regulations 2010, SI 2010/1911.

²⁶ The Construction (Design and Management) Regulations 2015, SI 2015/51.

²⁷ Fire safety: guidance for those with legal duties. URL: <https://www.gov.uk/government/collections/fire-safety-legislation-guidance-for-those-with-legal-duties> (дата обращения 28.10.2024)

²⁸ Fire Safety Order: enforcement and sanctions for non-compliance. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/fire-safety-order-enforcement-and-sanctions-for-non-compliance> (дата обращения 28.10.2024)

²⁹ Guidance on fire safety provisions for certain types of existing houses. URL: <https://www.cieh.org/media/1244/guidance-on-fire-safety-provisions-for-certain-types-of-existing-housing.pdf> (дата обращения 28.10.2024)

³⁰ Fire safety in construction. URL: <https://www.hse.gov.uk/pubns/books/hsg168.htm> (дата обращения 28.10.2024)

³¹ Protection Guidance Statement. URL: <https://nfcc.org.uk/our-services/building-safety/protection-guidance/> (дата обращения 28.10.2024)

лицу продемонстрировать, что им предприняты необходимые шаги для обеспечения соответствия требованиям FSO³². FRAPT, представляющий собой систему онлайн анкетирования, ранжирует здания по пяти приоритетным категориям на основе их взвешенных числовых показателей, что помогает определить приоритетность оценки пожарного риска. Минимальные значения показателя (10–22 балла) отражают тривиальный уровень риска, максимальное (71–80 баллов) – невыносимый риск, требующий немедленного принятия мер по его снижению.

Таким образом, система оценки и категорирования помещений по риску возникновения пожара в Великобритании носит рекомендательный характер. В настоящий момент экспертным советом при правительстве, в который входят представители страховых и аудиторских компаний, аварийных и пожарно-спасательных служб разрабатывается подход, основанный на индексе пожарного риска. Результатом должно стать создание национальной базы данных, в которой будут указаны единые стандарты пожарной безопасности зданий, признанные на уровне законодательства.³³

HSE – исполнительный орган правительства Великобритании, отвечающий за регулирование вопросов охраны труда и техники безопасности, включая ПБ. HSE не занимается непосредственной разработкой стандартов ПБ, однако играет важную роль в обеспечении соблюдения этих стандартов и контроле за их исполнением. Основные функции HSE в контексте ПБ³⁴:

- контроль за соблюдением требований ПБ на рабочих местах и в общественных зданиях. HSE проводит инспекции, расследования инцидентов и принимает меры против нарушителей;

- разработка руководств и рекомендаций. HSE не разрабатывает сами стандарты, только выпускает соответствующие руководства и рекомендации по их применению (эти материалы помогают работодателям и владельцам недвижимости понимать свои обязан-

ности и обеспечивать выполнение требований ПБ);

- участие в разработке законодательства в области охраны труда, включая законодательство по ПБ, посредством представления экспертных заключений и предложений по изменениям в нормативных актах;

- обучение и информирование с помощью организации обучающих программ и кампаний по повышению осведомленности среди работодателей и работников о важности соблюдения требований ПБ (это помогает снизить риски возникновения пожаров и повысить уровень подготовки сотрудников к действиям в чрезвычайных ситуациях).

Стоит отметить, что пожарно-спасательные службы Великобритании не проводят оценку рисков возникновения пожара. Если человек самостоятельно провёл оценку пожарного риска, но беспокоится о полноте и правильности выполненных оценок, он может обратиться в местный офис пожарной и спасательной службы. Они проведут консультацию и при необходимости подскажут к кому из уполномоченных организаций можно обратиться за квалифицированной оценкой пожарного риска. Независимо от того, кто проводит оценку пожарного риска, Responsible Person несёт ответственность за то, чтобы оценка соответствовала требованиям закона. Поэтому при найме подрядчика для проведения оценки стоит убедиться в его компетентности²⁸.

Совет по оценке пожарного риска (Fire Risk Assessment Competency Council, FRACC), работающий в составе NFCC опубликовал набор критериев, по которым можно судить о компетентности специалистов, проводящих оценку пожарного риска³⁵. Чтобы попасть в список рекомендаций NFCC компания или специалист должен минимум:

- пройти регистрацию по схеме профессиональных организаций в сфере ПБ;

- пройти сертификацию органом, аккредитованным Службой аккредитации Великобритании (United Kingdom Accreditation Service, UKAS) для данной деятельности.

Компетентность компании в проведении оценки пожарного риска также может быть продемонстрирована путем сертификации компании третьей стороной (third party certification) – органом по сертификации, аккредитованным UKAS. UKAS уполномочена правительством для оценки соответствия национальным и международным стандартам организаций, предоставляющих услуги по

³² Prioritise updating your fire risk assessments as a Responsible Person. URL: <https://bpt.homeoffice.gov.uk/> (дата обращения 28.01.2025)

³³ Fire safety: risk prioritisation in existing buildings - summary of responses to the call for evidence. <https://www.gov.uk/government/calls-for-evidence/fire-safety-risk-prioritisation-in-existing-buildings-a-call-for-evidence/outcome/fire-safety-risk-prioritisation-in-existing-buildings-summary-of-responses-to-the-call-for-evidence> (дата обращения 28.01.2025)

³⁴ HSE strategy 2022 to 2032. URL: <https://www.hse.gov.uk/aboutus/the-hse-strategy.htm> (дата обращения 28.10.2024)

³⁵ Fire Safety Risk Assessment Guidance. URL: <https://nfcc.org.uk/our-services/building-safety/protection-building-safety/finding-a-fire-risk-assessor/> (дата обращения 28.10.2024)

оценке соответствия, такие как сертификация, тестирование, инспекция, калибровка и верификация. Аккредитация UKAS демонстрирует компетентность, беспристрастность и эффективность работы этих специалистов по оценке. Проще говоря, UKAS «проверяет проверяющих». UKAS не зависит от правительства, но работает в соответствии с Меморандумом о взаимопонимании с правительством (UK Government Memorandum of Understanding) через министра по делам бизнеса и торговли (State for Business and Trade, DBT). UKAS имеет лицензию DBT на использование и присвоение национальных знаков аккредитации, которые символизируют признание правительством процесса аккредитации³⁶.

Одним из наиболее авторитетных независимых реестров организаций, занимающихся вопросами ПБ в Великобритании с 1984 г. считается компания BAFE (British Approvals for Fire Excellence, BAFE). Чтобы попасть в него компания должна пройти аудит аккредитованной UKAS организацией и получить сертификат третьей стороны по одной или нескольким схемам BAFE (рис. 3). Это требование выходит за рамки многих других организаций на рынке услуг по обеспечению

ПБ, но наличие аккредитации BAFE гарантирует высокий уровень компетентности таких специалистов³⁷. Ещё одним ключевым игроком, имеющим право не только выдавать сертификаты соответствия нормам, но и самому эти нормы разрабатывать является Британский Институт стандартов (The British Standards Institution, BSI). BSI назначен Национальным советом по безопасности Правительства Великобритании разработчиком стандартов на основе соглашения между всеми заинтересованными сторонами. BSI является коммерческой структурой, хотя и был создан правительством Великобритании. В настоящее время BSI Group насчитывает около 2500 сотрудников и ежегодно публикует более двух тысяч стандартов. Кроме разработки, утверждения и публикации стандартов деятельность группы BSI включает услуги и решения по оценке и сертификации, обучению системам менеджмента³⁸. Например, BSI предлагает услуги по сертификации установщиков противопожарного оборудования (включая пожарную сигнализацию, системы тушения и аварийного освещения) в рамках аккредитованной программы KitemarkTM.



Рис. 3. Действующие схемы сертификации BAFE³⁴

Библиотека BSI содержит более 500 тыс. различных стандартов и включает как британские стандарты (имеют маркировку BS), так и официальные издания Европейских стандартов на английском языке (маркируются BS EN). Наиболее востребованными в ПБ можно считать³⁹:

– BS 9999: Code of Practice for Fire Safety in the Design, Construction and Use of Buildings – стандарт предоставляет рекомендации по проектированию и строительству зданий с учетом ПБ;

– BS 5839-1: Fire Detection and Alarm Systems for Buildings – устанавливает требования к системам пожарной сигнализации и дымоудаления;

– BS EN 50132-1: Cables for Emergency Alarms and Signalling – описывает требования к кабелям, используемым в системах пожарной сигнализации и дымоудаления;

– BS 5839-1:2017 Fire detection and fire alarm systems for buildings. Part 1: Code of practice for design, installation, commissioning and

³⁶ Certification Body Accreditation. URL: <https://www.ukas.com/accreditation/standards/certification-body-accreditation/> (дата обращения 28.10.2024)

³⁷ BAFE fire Safety Register. URL: <https://www.bafe.org.uk/> (дата обращения 28.10.2024)

³⁸ About BSI. URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/> (дата обращения 28.10.2024)

³⁹ Standards empower you to drive innovation, productivity and resilience. URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/products-and-services/standards/> (дата обращения 28.10.2024)

maintenance of systems in non-domestic premises – устанавливает требования к системам пожарной сигнализации и дымоудаления для зданий. Этот стандарт содержит руководство по проектированию, установке, вводу в эксплу-

атацию и техническому обслуживанию систем в нежилых помещениях.

На рис. 4 приведен аккредитационный лист авторитетной британской компании, занимающейся монтажом систем безопасности и оценкой пожарных рисков.



Рис. 4. Лист аккредитаций компании Blake Fire and Security, Великобритания⁴⁰

Система нормирования пожарной безопасности в Германии

В Германии существует хорошо проработанный и структурированный подход к ПБ, включающий нормирование на нескольких уровнях. На уровне государства принимается единый для всех законодательный акт, который в отдельных регионах (федеральных землях) трансформируется в местные нормативные акты⁴¹. Например, одним из основных за-

конов, регулирующих работу пожарных служб, является Feuerwehrgesetz, который определяет понятие пожарной охраны, её структуру и задачи. В нём есть положения, общие для всех пожарных и спасательных служб Германии, а есть пункты, которые отличаются в разных регионах страны, в каждой из федеральных земель принят свой аналог Feuerwehrgesetz (табл. 1).

Таблица 1. Перечень законов о пожарной охране по принадлежности к Федеральным землям в Германии⁴²

Федеральные земли	Закон о пожарной охране
 Baden-Württemberg	Feuerwehrgesetz (FwG) – Закон о пожарной охране (FwG)
 Bayern	Bayerisches Feuerwehrgesetz (BayFwG, BayRS 215-3-1-I) – Баварский закон о пожарной охране
 Berlin	Gesetz über die Feuerwehren im Land Berlin (Feuerwehrgesetz – FwG) – Закон о пожарных частях в земле Берлин

⁴⁰ Accreditation and Membership. URL: <https://www.blakefire-security.co.uk/about/> (дата обращения 28.10.2024)

⁴¹ Fire Safety Regulation in Different Countries. URL: <https://www.hseblog.com/fire-safety-regulations/> (дата обращения 28.10.2024)

⁴² Feuerwehrgesetz (Deutschland). URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerwehrgesetz_\(Deutschland\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerwehrgesetz_(Deutschland)) (дата обращения 28.10.2024)

Федеральные земли	Закон о пожарной охране
 Brandenburg	Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz des Landes Brandenburg (BbgBKG) – Закон о пожарной безопасности, оказании помощи и гражданской защите земли Бранденбург
 Bremen	Bremisches Hilfeleistungsgesetz (BremHilfeG) – Закон о помощи в Бремене (BremHilfeG)
 Hamburg	Feuerwehrgesetz Hamburg (FeuerwG) – Закон о пожарной охране Гамбурга
 Hessen	Hessisches Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (HBKG) – Закон земли Гессен о пожарной безопасности, общей помощи и гражданской защите
 Mecklenburg-Vorpommern	Brandschutz- und Hilfeleistungsgesetz – Закон о пожарной безопасности и оказании помощи
 Niedersachsen	Niedersächsisches Gesetz über den Brandschutz und die Hilfeleistung der Feuerwehr (NBrandSchG) – Закон Нижней Саксонии о пожарной безопасности и оказании помощи пожарной службе
 Nordrhein-Westfalen	Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz (NBKG) – Закон о пожарной безопасности, оказании помощи и гражданской защите
 Rheinland-Pfalz	Landesgesetz über den Brandschutz, die allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (LBKG) – Закон о пожарной безопасности, общей помощи и гражданской защите
 Saarland	Gesetz über den Brandschutz, die Technische Hilfe und den Katastrophenschutz im Saarland (SBKG) – Закон о пожарной безопасности, технической помощи и гражданской защите в Саарской области
 Sachsen	Sächsisches Gesetz über den Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz (SächsBRKG) – Закон Саксонии о пожарной безопасности, спасательных службах и гражданской защите
 Sachsen-Anhalt	Brandschutz- und Hilfeleistungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt in der Fassung der Bekanntmachung (Brandschutzgesetz – BrSchG) – Закон о пожарной безопасности и оказании помощи земли Саксония-Анхальт
 Schleswig-Holstein	Gesetz über den Brandschutz und die Hilfeleistungen der Feuerwehren (BrSchG) – Закон о пожарной безопасности и оказании помощи пожарным службам
 Thüringen	Thüringer Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (ThürBKG) – Закон Тюрингии о пожарной безопасности и гражданской защите

К важным законам, нормирующим меры ПБ в Германии, также относятся⁴⁰:

– Baugesetzbuch (Строительный Закон) – регулирует строительство и реконструкцию зданий. Важными аспектами ПБ, включенными в этот закон, являются стандарты для строительных материалов и конструкций, а также требования к системам пожарной сигнализации и пожаротушения и обеспечение путей подъезда пожарно-спасательной техники;

– Musterbauordnung – это типовой (модельный) строительный кодекс, который служит основой для региональных строительных

кодексов (Landesbauordnungen). Он включает минимальные требования к противопожарной защите зданий, системам раннего обнаружения и пожаротушения, а также процедурам обучения персонала правилам ПБ;

– Brandschutzverordnung (Правила пожарной безопасности) – дополняет Musterbauordnung в части мер по предотвращению и борьбе с пожарами. В зависимости от опасности здания делятся на разные классы (от 1 до 5), один – это простой частный дом, пять – типовой многоквартирный жилой дом. Чем

выше класс здания, тем шире требования к его ПБ.

– Sonderbauverordnungen – специальные строительные нормы и правила, применяющиеся к определённым типам зданий с особыми рисками. Например:

– Hochhäuser – высотные здания – здания выше определённого уровня требуют дополнительных мер ПБ, например, наличия специальных лестниц и систем пожаротушения.

– Produktionsstätten – производственные объекты – промышленные предприятия, обрабатывающие легковоспламеняющиеся вещества или химические вещества, могут требовать усиленной противопожарной защиты и специальных систем вентиляции;

– Krankenhäuser – медицинские учреждения – больницы и клиники нуждаются в специальных системах пожаротушения и эвакуации, учитывающих необходимость обеспечения безопасности пациентов и персонала;

– Historische Gebäude – исторические здания – здания, имеющие культурную или историческую ценность, требуют особого подхода к ПБ, чтобы сохранить их структуру и архитектурные особенности.

– Objekte mit großer Menschenansammlung – объекты с большим скоплением людей – торговые центры, стадионы, концертные залы и другие объекты с большим количеством посетителей могут требовать усиленных мер ПБ, включая эффективные системы эвакуации и противопожарной защиты.

Контроль за соблюдением стандартов ПБ осуществляется государственными органами, такими как Bauaufsichtsamt (Управление строительного контроля), Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung (Федеральное агентство по охране труда и технике безопасности), а также частными организациями, выполняющими в каждом штате функции строительного надзора, такими как Deutsches Institut für Bautechnik (Немецкий институт строительной техники) [3].

Разработкой и внедрением новых технологий и методов в области систем ПБ в Германии занимаются различные негосударственные организации, специализированные научно-исследовательские институты, такие как Центр исследований технического пожаротушения при Техническом университете Брауншвейга (Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz Technische Universität Braunschweig), Центр исследований пожарной безопасности при Институте Карлсруэ (Forschungsstelle für Brandschutztechnik Karlsruher Institut für Technologie), Институт динамики быстропотекающих процессов общества Фраунгофера – Эрнста Маха (Fraunhofer-

Institut Für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI).

На основе исследований подобных научных центров и в сотрудничестве с ними Немецкий институт стандартизации (Deutsches Institut für Normung, DIN) создает общепризнанные стандарты ПБ. DIN является независимой платформой для стандартизации в Германии, это некоммерческая организация, которая в основном финансирует себя за счет продажи стандартов, других издательских продуктов и услуг. К этому добавляются проектные средства от бизнеса, членские взносы и государственные средства, связанные с разрабатываемыми проектами. Немецкую систему стандартов составляют около 35 тыс. стандартов, большая часть из них – региональные немецкие (имеют маркировку DIN), а более 16000 изданы на английском языке, т.к. разработаны по запросу, либо в сотрудничестве с Европейскими органами стандартизации ISO, CEN, IEC (маркируются DIN EN ISO, DIN EN CEN, DIN EN IEC)⁴³.

Применение стандартов DIN в Германии является добровольным и в случае пожара не считается карт-бланшем – не освобождает от ответственности, но тем, кто следовал нормам DIN как общепринятым правилам ПБ, будет легче доказать, что в части предотвращения, оповещения о возгорании, тушения и ликвидации последствий пожара они действовали правильно. Стандарты DIN становятся обязательными к исполнению, будучи включенными в договора, либо после принятия такого решения законодательным органом Федеральной Земли. Основные аспекты взаимодействия правительства Германии и DIN более 40 лет назад были закреплены в Договоре о стандартизации (Normenvertrag). Согласно ему стандартизация – инструмент экономического самоуправления, который облегчает бремя государственного нормотворчества и способствуют сокращению бюрократии. У пользователя остается возможность соответствовать требованиям законов и нормативных актов, даже с решениями, отличными от стандартов, кроме случаев, когда законодательный орган прямо требует применения стандарта. Например, при применении стандартных процедур тестирования, которые позволяют получать воспроизводимые и сопоставимые результаты⁴¹.

В процесс стандартизации DIN включено более 37000 экспертов, разделённых на технические комитеты, каждый из которых отвечает за отдельную область деятельности, а

⁴³ Nationale Normungspolitik. URL: <https://www.din.de/de/din-und-seine-partner/regierungsbeziehungen/nationale-normungspolitik> (дата обращения 28.10.2024)

также координирует соответствующую работу по стандартизации на европейском и международном уровнях. Комитет по стандартам пожаротушения и противопожарной защиты (Normenausschuss Feuerwehrwesen, FNFW) был создан на основе «Отдела стандартизации противопожарного оборудования в Комитете по стандартам немецкой промышленности» в 1920 году. В сферу ответственности FNFW входит стандартизация пожарно-спасательного оборудования, транспортных средств пожаротушения и аварийно-спасательных работ, систем обнаружения и пожарной сигнализации, стационарных и мобильных систем пожаротушения и противопожарного оборудования, а также строительство и оснащение пожарных станций и, кроме того, обеспечение общественной безопасности, технической поддержки и антикризисного управления в чрезвычайных ситуациях, связанных с пожарами разного масштаба⁴⁴. К наиболее актуальным стандартам DIN в отрасли ПБ можно отнести⁴²:

- DIN 4102 – Классификация строительных материалов по их поведению при воздействии огня;
- DIN EN 54 – Система пожарной сигнализации. Части 1-20;
- DIN VDE 0100 – Правила установки низковольтных электрических установок;
- DIN 18230 – Противопожарные двери и ворота;
- DIN ISO 21927-3 – Средства индивидуальной защиты. Самоспасатели. Часть 3: Требования к самоспасателям для эвакуации из высотных зданий;
- DIN IEC 60079-10-2 – Взрывозащита. Часть 10-2: Классификация зон. Взрывоопасные газовые атмосферы. Классификация зоны для газовых взрывоопасных сред;
- DIN ETSI TS 102 538 – Электронные коммуникации. Этап 2: Спецификации для электронных коммуникаций в контексте обеспечения общественной безопасности и катастрофоустойчивости.

В настоящее время ведётся разработка DIN EN ISO 22329 Безопасность и устойчивость к чрезвычайным ситуациям – руководство по использованию социальных сетей в чрезвычайных ситуациях, DIN EN ISO 22324 Общественная безопасность – управление чрезвычайными ситуациями – цветовая сигнализация и некоторых других технических нормативов ПБ.

Национальным органом по аккредитации в области ПБ в Германии является негосу-

дарственная структура – Немецкое агентство по аккредитации (Deutsche Akkreditierungsstelle, DAkkS). По сути, его деятельность аналогична американской ANSI и британской UKAS. Вопросы выдачи свидетельств об аккредитации в области оценки соответствия ПБ в структуре DAkkS занимается отдел FB 1.3 Строительство и строительные изделия. Противопожарная защита. Горнодобывающая промышленность (Bauwesen und Bauprodukte. Brandschutz, Bergbau, FB 1.3). Получаемые этим департаментом данные используются во всех подразделениях DAkkS для оценки противопожарных свойств материалов и зданий⁴⁵.

Ассоциация немецких страховщиков (Verband der Sachversicherer, VdS) – ведущий независимый испытательный центр в области ПБ и охраны – еще один весомый участник системы нормирования ПБ в Германии⁴⁶. Эта организация специализируется на разработке стандартов и сертификации в области ПБ и защиты имущества, проводит независимые экспертизы и аудиты систем безопасности промышленных и коммерческих компаний, специализированных фирм и специалистов в области ПБ. Испытания, проводимые в лабораториях VdS, включают всю цепочку создания продукта от тестирования прототипов до конечного типового изделия. Эксперты и инженеры VdS Inspection Services также проводят консультации по выбору и применению стандартов противопожарной защиты на различных объектах. Кроме того, VdS разрабатывает программы инструктажей и обучения ПБ персонала объектов разного уровня сложности от офисных центров, до промышленных предприятий.

Результаты нашего анализа систем нормирования ПБ в ведущих западных странах (США, Великобритании и Германии) представлены в табл. 2.

⁴⁴ Über FNFW. URL: <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/fnfw/ueber-fnfw-72166> (дата обращения 28.10.2024)

⁴⁵ Bauwesen und Bauprodukte. Brandschutz. URL: <https://www.dakks.de/en/fb-1.3-en.html> (дата обращения 28.10.2024)

⁴⁶ About VdS. URL: <https://www.vds-asia.com/about-vds/> (дата обращения 28.10.2024)

Таблица 2. Особенности законодательного нормирования пожарной безопасности в США, Великобритании и Германии

	США	Великобритания	Германия
Законодательная база	Federal Fire Prevention and Control Act of 1974, Pub. L. No. 93-498, 88 Stat. 1535 (codified as amended at 15 U.S.C. §§ 2201–2234 (2012); National Technology Transfer and Advancement Act of 1995, Pub. L. No. 104-113, 110 Stat. 775 (1996); законы, принимаемые в каждом штате и округе	Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005 (SI 2005/1541); Fire and Rescue Services Act 2004, p. 21; Fire Safety Act 2021, Chapter 24; Building Safety Act 2022, p. 33; The Fire Safety (Employees' Capabilities) (England) Regulations 2010, SI 2010/1911; The Construction (Design and Management) Regulations 2015, SI 2015/51	Каждая Федеральная Земля разрабатывает свои аналоги законов: Feuerwehrgesetz; Baugesetzbuch; Musterbauordnung; Brandschutzverordnung; Sonderbauverordnungen.
Участники процесса правового регулирования норм ПБ	Со стороны государства: – Occupational Safety and Health Administration, OSHA (разработка и контроль); – National Institute of Standards and Technology, NIST при United States Department of Commerce, DoD (контроль); – United States Department of Defense, DoD (разработка). – State and Local Fire Marshals (контроль) Неросударственные: – National Fire protection Association, NFPA (разработка стандартов); – Underwriters Laboratories, UL (орган сертификации); – American National Standards Institute, ANSI (национальный орган по сертификации и аккредитации)	Со стороны государства: – Health and Safety Executive, HSE (контроль). Неросударственные: – British Approvals for Fire Excellence, BAFE (разработка и контроль); – The British Standards Institution, BSI (разработка и контроль) – United Kingdom Accreditation Service, UKAS (национальный орган по сертификации и аккредитации).	Контроль со стороны государства: – Bauaufsichtsamt; – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung. Неросударственные: – Deutsches Institut für Normung, DIN (разработка и контроль); – Verband der Sachversicherer, VdS (контроль) – Deutsche Akkreditierungsstelle, DAkkS (национальный орган по сертификации и аккредитации).
Национальные стандарты ПБ	29 CFR, MIL-STD, NFPA	BS	DIN
Особенности системы правового нормирования ПБ	Приоритет добровольных стандартов ПБ при наличии мощной административной системы разработки и поддержки обязательных стандартов	Вся ответственность за внедрение и соблюдение норм ПБ возложена на Responsible Person – ответственное лицо. Противопожарные меры определяются посредством оценки пожарного риска рассматриваемого объекта	Несмотря на то, что требования ПБ в целом схожи, в каждом регионе могут быть различия в деталях или подходах к правоприменению, рекомендации по местным требованиям предоставляются пожарной службой каждой Федеральной Земли (Feuerwehr)

Выводы

Правовые основы регулирования в области ПБ в США и Великобритании отражают два противоположных подхода:

1. С одной стороны – очень запутанная, децентрализованная многоуровневая американская система, в основе которой максимальная добровольность и кажущаяся отстраненность государства от вопросов регулирования ПБ. Отметим, что это именно кажущаяся отстраненность, поскольку, несмотря на приоритет добровольных стандартов, разрабатываемых негосударственными структурами, государственные органы принимают активное участие в деятельности по стандартизации⁹. Согласно информации, предоставленной NIST, в процессе создания или обновления стандартов в различных аккредитующих организациях принимают участие не менее 4000 государственных чиновников. Такое взаимодействие позволяет эффективно сочетать государственные и частные интересы в этой области. Что касается объектов пожарного надзора, в частности, домовладений, установка систем ПБ и пожаротушения осуществляется исключительно добровольно, никакой сертификации, экспертизы, аудита и/или аккредитации для осуществления данной деятельности не требуется.

2. Противоположный подход просматривается в Британской системе нормирования пожарной безопасности – она жёстко зарегулирована, подчиняется единым требованиям и стандартам, разрабатываемым при непосредственном контроле и поддержке государства.

Средним этих двух подходов можно считать старейшую в мире исторически сло-

жившуюся систему пожарного надзора и правового регулирования ПБ в Германии. С одной стороны, нагромождение региональных законодательных актов вызывает необходимость активного жёсткого контроля со стороны государства. С другой стороны, в условиях добровольности выполнения большей части норм ПБ и обилия правовых коллизий, как на уровне разных юрисдикций, так и среди правоприменительных органов одного уровня обычные граждане, организации, владельцы производств часто не могут понять, где находится необходимый минимум противопожарных мер, гарантирующий надежную защиту жизни и имущества от пожаров.

Чтобы система подтверждения ПБ в нашей стране работала исправно, недостаточно просто хорошо организовать процесс, учитывая опыт других стран, тщательно контролируя и проверяя всё, что происходит в этой сфере. Речь здесь идёт не только о выборочных проверках, но и о полном контроле ПБ на основе анализа данных и мониторинга деятельности органов по сертификации ПБ и испытательных лабораторий. Для этого Росаккредитация создала информационную систему, которая позволяет отслеживать работу органов по сертификации и испытательных лабораторий.

Благодаря выработке единой позиции в сфере обеспечения ПБ, основанной на экспертных знаниях и взаимопонимании, можно эффективно развивать систему технического регулирования в области ПБ в России и Евразийском экономическом союзе.

Список литературы

1. A Legacy of Fire Safety: NIST Marks 50 Years of the Federal Fire Prevention and Control Act of 1974 / R. G. Gann; R. Materese; B. Hayes [et al.]. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, NIST Special Publication (SP) NIST SP 1325, 2024. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1325>.

2. An Introduction to the NFPA Standards Development Process. Standards Development Brochure. NFPA Standards Administration Department. 2024. P.22

3. Phase Change Material Selection for Thermal Energy Storage at High Temperature Range between 210 °C and 270 °C / Maldonado Jose Miguel, Fullana-Puig Margalida, Martín Marc [et al.]. *Energies*, 2018, 11, 861. 10.3390/en11040861. DOI:10.3390/en11040861

4. Evaluating 900 Potentially Harming Fires in Germany: Is the Prescriptive Building Code Effective? German Fire Departments Assessed Fire Safety Measures in Buildings Through On-Site Inspections Maiworm Björn, Göldner Moritz, Mannl Kilian [et al.]. *Fire Technology*, 2024, 60(4) 60. 10.1007/s10694-024-01560-6. DOI:10.1007/s10694-024-01560-6

Сонина Ольга Николаевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Кандидат химических наук
E-mail: olmass@mail.ru

Sonina Olga 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
E-mail: olmass@mail.ru

Бубнов Андрей Германович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Доктор химических наук, доцент
E-mail: bubag@mail.ru

Bubnov Andrey Germanovitch

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

Колбашов Михаил Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: kolbashow@mail.ru,

Kolbashov Michael 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 Technical Sciences, associate professor
E-mail: kolbashow@mail.ru

УДК 614.842/.847

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

О. Н. СОНИНА, Т. А. МОЧАЛОВА, О. Е. СТОРОНКИНА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: olmass@mail.ru, tatianamochalova_2507@mail.ru

Авторами проведён анализ нормативной базы в сфере стандартов пожарной безопасности текстильных материалов – мебельных тканей в России и некоторых зарубежных странах. Приведены отечественные и наиболее популярные среди производителей и дистрибьюторов тканей иностранные нормативы пожарной опасности, в которых изложены методы испытаний, способы интерпретации полученных результатов и категорирования пожароопасных свойств материалов на основе этих результатов. Показана возможность соотнесения классов пожарной опасности материалов, установленных согласно национальным стандартам разных государств.

Ключевые слова: мебельные материалы, нормы пожарной безопасности, методы испытаний, стандартизация

MODERN APPROACHES TO THE REGULATION OF FIRE HAZARD INDICATORS IN RUSSIA AND ABROAD

O. N. SONINA, T. A. MOCHALOVA, O. E. STORONKINA

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: olmass@mail.ru, tatianamochalova_2507@mail.ru

The authors analyzed the regulatory framework for fire safety standards for furniture fabrics in Russia and some foreign countries. They presented the most popular domestic and foreign fire hazard standards used by manufacturers and distributors of fabrics. These standards describe how to test materials, interpret the results, and categorize the fire-hazardous properties based on the test results. The authors also showed how the fire hazard classes of materials determined by national standards in different countries can be correlated.

Key words: upholstery fabric, fire safety standards, test methods, standardization

Текстильные материалы, отличающиеся по волокнистому составу, проявляют разные свойства в условиях воздействия пламени и высоких температур. Это важно учитывать при прогнозировании развития пожаров и оценке их последствий для здоровья людей. Мебельные ткани, выделенные в особую группу интерьерных материалов, при пожарах в бытовых, коммерческих и общественных помещениях могут составлять значительную площадь повреждаемых огнём материалов¹.

Поэтому нормированию пожароопасных свойств мебельных тканей уделяется особое внимание при разработке стандартов безопасности в России и мире [1]. В данной работе содержится обзор действующих российских и зарубежных стандартов и руководств для оценки возможности гармонизации национальных систем классификации мебельных тканей по их пожароопасным свойствам.

Мебельные ткани (МТ) относятся к изделиям лёгкой промышленности, следовательно, на них распространяется действие российских стандартов семейства 59.080 Изделия текстильной промышленности, из которых группе МТ посвящен один – ГОСТ 24220-2021 Ткани мебельные. Общие технические

© Сони́на О. Н., Моча́лова Т. А., Сторо́нкина О. Е., 2025

¹ Fire risks of upholstered products. Research report. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/642e8b80f6e62000c17ddb5/fire-risks-of-upholstered-products-main-report.pdf> (дата обращения 08.12.2024)

условия². Требования к безопасности обивочных материалов устанавливаются Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 017/2011 О безопасности продукции лёгкой промышленности³. Эти два документа исчерпывающим образом описывают требования к техническим и эксплуатационным свойствам МТ, их биологической и химической безопасности в целях защиты жизни и здоровья человека, но практически не содержат критериев пожарной опасности изделий текстильной продукции данной товарной группы.

Требования пожарной безопасности к продукции лёгкой промышленности, в т.ч. мебельным тканям, приведены в Федеральном законе от 22.07.2008 № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности⁴. Согласно ст.13 данного ФЗ классификация мебельных текстильных материалов по пожарной опасности основывается на их свой-

ствах и способности к образованию опасных факторов пожара (рис. 1) [2]. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 025/2012 О безопасности мебельной продукции⁵ определяет пожарную безопасность как соблюдение установленных норм воспламеняемости, распространения пламени по поверхности текстильных и кожевенных материалов, используемых для изготовления мягких элементов мебели. В Ст.5 указано, что при изготовлении элементов мягкой мебели не должны применяться легковоспламеняемые и относящиеся к группе Т4 по токсичности продуктов горения обивочные текстильные и кожевенные материалы, а в сопроводительных документах к текстильным и кожевенным материалам, предназначенным для изготовления мебели, должна указываться информация об их пожарной опасности.



Рис. 1. Показатели пожарной опасности мебельных текстильных материалов

² ГОСТ 24220-2021 Ткани мебельные. Общие технические условия. Принят Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) взамен ГОСТ 24220-80 (протокол от 19 марта 2021 г. № 138-П).

³ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 017/2011 О безопасности продукции лёгкой промышленности. Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза № 876 от 09.12.2011 г (с изменениями 09.08.2016 г).

⁴ Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

⁵ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 025/2012 О безопасности мебельной продукции.

Основными документами, описывающими методы определения показателей пожарной опасности МТ в России считаются ГОСТ Р 50810-95 Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация⁶ и ГОСТ 12.1.044-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывоопасность веществ и материа-

Принят решением Совета Евразийской экономической комиссии № 32 от 15.06.2012 г.

⁶ ГОСТ Р 50810-95 Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация. Утвержден постановлением Госстандарта РФ от 29 августа 1995 г. № 454.

лов. Номенклатура показателей и методы их определения⁷. Эти стандарты применяются для всех горючих декоративных текстильных материалов, поставляемых потребителю. Кроме того, производители и поставщики могут пройти процедуру добровольной сертификации по ГОСТ Р 53294-2009 Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость⁸. Методы определения воспламеняемости от малокалорийных источников зажигания (так называемый «сигаретный тест») приведены в НПБ 257-2002 Нормы пожарной безопасности. Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкая мебель. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость⁹.

Авторы [3], проведя анализ нормативной базы установления показателей пожарной опасности текстильных материалов, указали на множество несоответствий в данной области правового регулирования. Действительно, ни один из вышеперечисленных документов,

например, не содержит критериев категорирования текстильных материалов по группам горючести. Неопределённость в процедуре присвоения группы горючести МТ при их сертификации создаёт сложности для всех участников этого сегмента экономики:

– российских производителей текстильных материалов, выпускающих МТ, в том числе трудновоспламеняемые;

– дизайнеров и проектировщиков, занимающихся оснащением объектов, по классу функционального назначения подпадающих под требования табл. 28 Технического регламента⁴;

– поставщиков, дистрибьюторов МТ, обязанных в сопроводительных документах указывать информацию о пожарной опасности поставляемых в РФ материалов согласно регламенту⁵;

– потребителей, для которых важна безопасность приобретаемой мебели в случае чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами.

ФЗ-123 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности

НГ - Негорючие

- прирост температуры - не более 50°C;
- потеря массы образца - не более 50 %;
- продолжительность устойчивого пламенного горения - не более 10 с.

ГОСТ Р 57270-2016 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть

НГ1 - Негорючие

- прирост температуры не более 30°C;
- потеря массы образцов не более 50%;
- продолжительность устойчивого пламенного горения – 0 с;
- теплота сгорания не более 2,0 МДж/кг.

НГ2 - Негорючие

- прирост температуры не более 50°C;
- потеря массы образцов не более 50%;
- продолжительность устойчивого пламенного горения – 20 с;
- теплота сгорания не более 3,0 МДж/кг.

Г1 - горючие

- температура дымовых газов ≤ 135°C;
- степень повреждения по длине ≤ 65%;
- степень повреждения по массе ≤ 20%;
- продолжительность самостоятельного горения – 0 с.

не допускается образование расплава и (или) капель расплава при испытании

Г2 - горючие

- температура дымовых газов ≤ 235°C;
- степень повреждения по длине ≤ 85%;
- степень повреждения по массе < 50%;
- продолжительность самостоятельного горения ≤ 30 с.

не допускается образование горящих капель расплава и (или) горящих фрагментов при испытании

Г3 - горючие

- температура дымовых газов ≤ 450°C;
- степень повреждения по длине > 85%;
- степень повреждения по массе < 50%;
- продолжительность самостоятельного горения ≤ 300 с.

Г4 - горючие

- температура дымовых газов > 450°C;
- степень повреждения по длине > 85%;
- степень повреждения по массе > 50%;
- продолжительность самостоятельного горения > 300 с.

Рис. 2. Категорирование материалов по группам горючести в соответствии со значениями показателей пожарной опасности

⁷ ГОСТ 12.1.044-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, протокол от 30 апреля 2018 г. № 108-П.

⁸ ГОСТ Р 53294-2009 Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость. Утверждён Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 февраля 2009 г. № 70-ст, переиздан в сентябре 2019.

⁹ НПБ 257-2002 Нормы пожарной безопасности. Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкая мебель. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость. Утверждены приказом ГУГПС МЧС России от 30.12.2002 г. № 57.

С некоторым приближением для категорирования текстильных обивочных материалов возможно применять положения ГОСТ Р 57270-2016 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть¹⁰, в котором учтены основные нормативные положения ряда международных и европейских стандартов семейства ISO, EN ISO, устанавливающих методы испытаний строительных материалов на горючесть и их классификацию по группам горючести (рис. 2).

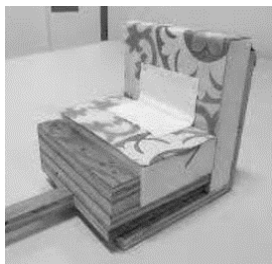
Практика идентификации мебельных, обивочных тканей как строительных материалов в системе оценки пожарной опасности объектов надзора характерна, например, для Германии [4], государства, в котором исторически сложилась первая в мире система пожарного надзора и предотвращения пожаров. По сей день немецкий подход к разработке критериев пожарной безопасности можно считать эталонным благодаря скрупулёзному учёту всех возможных факторов, влияющих на полученные результаты. Стандарты семейства DIN 4102¹¹ содержат более 20 нормативных документов, в DIN 4102-1 описаны методики проведения испытаний и категорирование материалов по их результатам, согласно которому материалы (в т.ч. мебельные, обивочные и декоративные) проверяются в вертикальном положении в испытательном шкафу под воз-

действием пламени горелки в течение 15 секунд. Способы определения характеристик горения горизонтально расположенных текстильных покрытий представлены в DIN 4102-14. По результатам испытаний все материалы по воспламеняемости делятся на группы:

- A1 – на 100 % невоспламеняемые (nichtbrennbar);
- A2 – невоспламеняемость ~ 98 % (nichtbrennbar);
- B1 – трудновоспламеняемые (schwer entflammbar);
- B2 – обычная воспламеняемость, напр. древесина (flammbar);
- B3 – легковоспламеняемые (leicht entflammbar).

Британские стандарты считаются одними из самых жёстких в сфере пожарной безопасности мебельной продукции. Ключевым среди них можно назвать BS 5852:2006 Methods of test for assessment of the ignitability of upholstered seating by smouldering and flaming ignition sources¹². Методики BS 5852 Part 1 используются для сертификации мебельных материалов, используемых в бытовых целях и условиях низкого риска, BS 5852 Part 2 предназначены для мебели коммерческого использования, в помещениях с высоким риском возникновения пожара (табл. 1).

Таблица 1. Методы испытания и интерпретация результатов оценки пожароопасности мебельных материалов согласно BS 5852:2006¹³

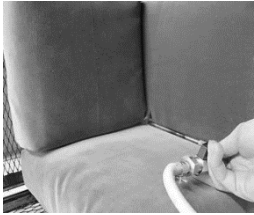
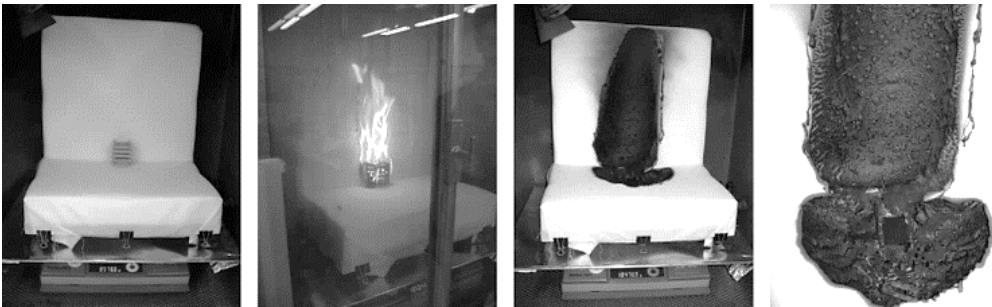
	Метод испытания и интерпретация результатов	
BS 5852 Part 1 Smouldering Cigarette Test (BS EN 1021-1: 2006)		Зажженная сигарета помещается в угол испытательного стенда, изменения регистрируются в течение 60 мин. Тест пройден, если: – отсутствует нарастающее горение; – сборка не сгорает; – тление не достигает края образца или не распространяется на всю толщину материала; – продолжительность тления менее 1 часа; – повреждения ограничены расстоянием в пределах 100 мм от источника.

¹⁰ ГОСТ Р 57270-2016 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 ноября 2016 г. № 1713-ст.

¹¹ DIN 4102-1 Fire behaviour of building materials and elements. Part 1: Classification of building materials. Requirements and testing. ICS 13.220.50; 91.100.01

¹² BS 5852:2006 Methods of test for assessment of the ignitability of upholstered seating by smouldering and flaming ignition sources. <https://knowledge.bsigroup.com/products/methods-of-test-for-assessment-of-the-ignitability-of-upholstered-seating-by-smouldering-and-flaming-ignition-sources> (дата обращения 08.12.2024)

¹³ UK Fire Test Certificates. Standards, Test Methods, Procedures & Pass Criteria Explained. <https://www.fire-proofing.co.uk/uk-fire-test-certificates-explained> (дата обращения 08.12.2024)

	Метод испытания и интерпретация результатов	
BS 5852 Part 1 Match Flame Equivalent Test (BS EN 1021-2: 2006)		Пламя газовой горелки подносят к нескольким точкам ткани на 15 секунд к каждой. Тест пройден, если: – отсутствует нарастающее горение; – сборка не сгорает; – тление не достигает края образца или не распространяется на всю толщину материала; – время остаточного горения < 120 с.
BS 5852 Part 2 Crib 5 Test	 Типичный испытательный стенд сконструирован с использованием ткани и пенопласта для имитации стула. Стенд оснащен деревянной конструкцией, известной как Crib 5, в основание которой помещают волокна, смоченные в спирте. Критерии соответствия требованиям безопасности по тлению: – через 60 мин после воспламенения Crib 5 не наблюдается дыма, тепловыделения или свечения; – не требуется принудительного тушения из-за опасного нарастания тления; – испытуемый образец не сгорел, тление не достигло краёв образца. Критерии соответствия требованиям безопасности по воспламенению: – горение <10 мин после воспламенения Crib 5; – не требуется принудительного тушения из-за опасного нарастания горения; – испытуемый образец не сгорел, пламя не достигло краёв образца; – отсутствуют падающие фрагменты, продолжающие гореть >10 мин. Критерии окончательной проверки: – при демонтаже образца не должно наблюдаться тления; – отсутствие следов обугливания внутри образца на расстоянии более 100 мм от источника воспламенения (кроме направления снизу вверх).	

При разработке BS 5852:2006 за основу были взяты ранее существовавшие нормативы, в том числе стандарт оценки пожароопасных свойств строительных материалов BS 476-7:1997 Fire tests on building materials and structures – Method of test to determine the classification of the surface spread of flame of products¹⁴.

Во Франции материалы, в том числе декоративные и мебельные (материалы толщиной менее 5 мм), категоризируются по пожароопасным свойствам в соответствии со стан-

дартами группы NF P 92-503 – 507. При испытаниях ткань фиксируется на решетке, расположенной под определённым углом и в течение 5 минут подвергается попеременно действию теплового потока и пламени горелки. Результаты оцениваются по совокупности параметров (табл. 2), материалу присваивается соответствующий класс:

- M0 негорючий, невоспламеняемый (non-combustible, non-flammable);
- M1 горючий, невоспламеняемый (combustible, non-flammable);
- M2 горючий, трудновоспламеняемый (combustible, difficult to ignite);
- M3 умеренногорючий, умеренновоспламеняемый (moderately combustible, moderately flammable);
- M4 высокогорючий, легковоспламеняемый (highly combustible, easily flammable).

¹⁴ BS 476-7:1997 Fire tests on building materials and structures - Method of test to determine the classification of the surface spread of flame of products <https://knowledge.bsigroup.com/products/fire-tests-on-building-materials-and-structures-method-of-test-to-determine-the-classification-of-the-surface-spread-of-flame-of-products?version=standard> (дата обращения 08.12.2024)

Таблица 2. Категорирование материалов по результатам испытаний NF P 92-503¹⁵

Период остаточного горения	≤ 5 с	≤ 5 с	5 с	>5 с
Длина поврежденного участка L, см	L < 35	35 ≤ L ≤ 60	L < 35	35 ≤ L ≤ 60
Ширина поврежденного участка W, см	W ≤ 9	W ≤ 9	W ≤ 9	W ≤ 9
Капли и падающие фрагменты отсутствуют	M1	M2	M2	M3
Не горящие капли и падающие фрагменты	M1	M2	M2	M3
Горящие капли и падающие фрагменты	M2	M3	M3	M4

Существующие в США отраслевые стандарты и рекомендации регулируют показатели пожарной опасности МТ без категорирования их по группам опасности. Материал может быть признан прошедшим тест NFPA 701¹⁶ или NFPA 260 (сигаретный тест)¹⁷ либо не со-

ответствующим данным критериям огнестойкости.

В табл. 3 приведены российские стандарты, содержащие методы оценки пожароопасных свойств мебельных тканей и некоторые из иностранных нормативных актов.

Таблица 3. Методы испытания для установления значений параметров пожарной опасности материалов в соответствии с российскими и зарубежными стандартами

Нормативный акт	Определяемые показатели	Интерпретация результатов
ФЗ 123 от 22.07.08	Группа горючести материалам присваивается по результатам замеров и ранжирования величин: – приrost температуры, °C; – потеря массы, %; – продолжительность устойчивого пламенного горения, с.	Материалы относятся к негорючим (НГ) если в условиях испытаний: – приrost температуры не более 50 °C; – потеря массы образца не более 50 %; – продолжительность устойчивого пламенного горения не более 10 с. Для горючих материалов, относящихся к группам Г1 и Г2, при испытании не допускается образование капель расплава. Для горючих материалов, относящихся к группе Г3, при испытании не допускается образование горящих капель расплава.
ГОСТ Р 50810-95	Регистрируются: – время остаточного горения, наличие пробежки пламени по поверхности образца, с; – наличие загорания или тления хлопчатобумажной ваты от падающих частей или горящих капель испытуемого образца; – длина обугленного участка, мм.	Ткань (нетканое полотно) классифицируется как легковоспламеняемая , если при испытаниях выполняются следующие условия: – время остаточного пламенного горения более 5 с у любого из образцов, испытанных при зажигании с поверхности; – прогорание образца до одной из его кромок у любого из образцов, испытанных при зажигании с поверхности; – загорание хлопчатобумажной ваты под любым из испытанных образцов; – поверхностная вспышка у любого из образцов, распространяющаяся более чем на 100 мм от точки зажигания с поверхности или кромки;

¹⁵ Standards ressources M classification (NF P 92-503) <https://duflot.com/en/ressources-normative/m-classification-nf-p-92-503/> (дата обращения 08.12.2024)

¹⁶ NFPA 701 Standard Methods of Fire Tests for Flame Propagation of Textiles and Films.

¹⁷ NFPA 260 Standard Methods of Tests and Classification System for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture

Нормативный акт	Определяемые показатели	Интерпретация результатов
		– средняя длина обугливающегося участка более 150 мм наблюдается у любого из образцов, испытанных при воздействии пламени с поверхности или кромки. Если при испытаниях ткани (нетканого полотна) не наблюдаются указанные условия, она классифицируется как трудновоспламеняемая.
ГОСТ Р53294-2009	Определяются: – размеры повреждения по ширине, глубине и высоте (мм) для вертикальной и горизонтальной частей испытательного стенда; – время устойчивого горения или остаточного тления, с; – наличие признаков тления внутри образца; – особенности горения или тления (например, плавление, обугливание и пр.)	Комбинация материалов классифицируется как легковоспламеняемая при проявлении хотя бы одного из признаков: – горение или тление распространилось за время испытаний до верхней или нижней границы испытательного стенда или на всю толщину материала; – образец обуглился на расстояние более 100 мм в любом из направлений от места воздействия тлеющей сигареты; – наблюдается устойчивое горение образца после удаления газовой горелки в течение более 120 с. Если перечисленные признаки не наблюдаются, то комбинация материалов не может быть отнесена к легковоспламеняемой.
ГОСТ 12.1.044-2018	П.7. Для экспериментального определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов при испытании регистрируют: – изменение массы образца, г; – максимальную температуру дымовых газов $t_{\max}$, °С; – время от начала испытания до достижения максимальной температуры t, с. П.9. Индекс распространения пламени (I), рассчитывается с применением величин, регистрируемых в процессе испытания: – время воспламенения образца, с; – время прохождения фронтом пламени i-го участка поверхности образца, с; – расстояние, на которое распространился фронт пламени, мм; – максимальная температура дымовых газов, °С; – время от начала испытания до достижения максимальной температуры, с.	По значению максимального приращения температуры ($t_{\max}$) и потере массы материалы (Δm) классифицируют: – трудногорючие $t_{\max} < 60^\circ\text{C}$ и $\Delta m < 60\%$; – горючие $t_{\max} \geq 60^\circ\text{C}$ и $\Delta m \geq 60\%$. Горючие материалы в зависимости от времени достижения $t_{\max}$ подразделяют на: – трудновоспламеняемые, если $t > 180$ с; – легковоспламеняемые, если $t < 180$ с. По значению I материалы ранжируют на: – не распространяющие пламя по поверхности $I = 0$; – медленно распространяющие пламя по поверхности $0 < I \leq 20$; – быстро распространяющие пламя по поверхности $I > 20$.

Нормативный акт	Определяемые показатели	Интерпретация результатов
	П.11. Коэффициент дымообразования (КДО) рассчитывается по изменению оптической плотности дыма, образующегося при горении или тлении известного количества испытуемого вещества или материала (в граммах), распределенного в заданном объеме.	По величине КДО различают материалы: – Д1 с малой дымообразующей способностью $\text{КДО} \leq 50 \text{ м}^2/\text{кг}$; – Д2 с умеренной дымообразующей способностью $50 \text{ м}^2/\text{кг} < \text{КДО} \leq 500 \text{ м}^2/\text{кг}$; – Д3 с высокой дымообразующей способностью $500 \text{ м}^2/\text{кг} < \text{КДО} \text{ м}^2/\text{кг}$.
	П.13. Определение показателя токсичности продуктов горения и установление класса опасности материала проводят в следующем порядке: – определение параметров испытания: выбор наиболее опасного режима разложения для данного материала (тления, горения и ППГ); – определение времени полного разложения образца; – определение перечня токсичных компонентов, концентрации которых необходимо будет определять в продуктах разложения; – получение экспериментальных данных в выбранном режиме: концентрация каждого из токсичных компонентов продуктов горения, а также CO_2 ; – регистрация минимального значения концентрации O_2 ; – расчет показателя токсичности, исходя из предположения аддитивности (суммирования) вкладов компонентов продуктов горения в их общий токсический эффект; – проверка расчетного значения показателя токсичности в контрольном опыте с экспозицией животных.	По величине показателя токсичности продуктов горения H_{LC50} , г/м ³ ; материалы категоризируют на: – Т1 малоопасные , $\text{H}_{\text{LC50}} > 120$; – Т2 умеренноопасные , $40 < \text{H}_{\text{LC50}} \leq 120$; – Т3 высокоопасные , $13 < \text{H}_{\text{LC50}} \leq 40$; – Т4 чрезвычайноопасные , $\text{H}_{\text{LC50}} \leq 13$.
НПБ 257-2002	Испытаниям подвергают обивочные, прокладочные и набивочные (наполнители) материалы, а также комбинации материалов, используемых для изготовления мягкой мебели. Фиксируются: – размеры повреждения по ширине, глубине и высоте (в мм) для вертикальной и горизонтальной частей испытательного стенда; – время устойчивого горения или остаточного тления; – время воздействия источника зажигания; – наличие признаков тления внутри образца; – особенности горения или тления (например, плавление, обугливание и пр.).	Комбинация материалов классифицируется как легковоспламеняемая при наличии хотя бы одного из следующих признаков: – горение или тление распространилось за время испытаний до верхней или нижней границы испытательного стенда или на всю толщину материала; – образец обуглился на расстоянии более 100 мм в любом из направлений от места воздействия тлеющей сигареты; – наблюдается устойчивое горение образца после удаления газовой горелки в течение более 120 с. Если перечисленные признаки не наблюдаются, то комбинация материалов не может быть отнесена к легковоспламеняемой .

Нормативный акт	Определяемые показатели	Интерпретация результатов
DIN 4102-1, DIN 4102-14	Регистрируется: – температура как функция по времени (среднее значение пяти измерений); – максимальная температура ($t_{\max}$) и время её достижения, с; – наличие/отсутствие пламени; – продолжительность горения; – остаточная длина, см; – теплотворная способность (H_u) кВт·с/кг, кВт·с/м²; – теплоизлучение (I), Вт/см²; – максимальная высота пламени, точность до 0,1 м; – продолжительность горения (c) и характер пламени; – выделение дыма как функция по времени в значениях плотности дыма (поглощения света), учитывается, если оно превышает 400 %·мин в любой момент времени во время горения; – наличие капель расплава. Для материалов класса A1 и A2 также проводят расчётные и биологические тесты на оценку токсичности продуктов горения.	Класс A1 на 100 % невоспламеняемые: – воспламенение отсутствует; – приращение температуры $t_{\max} < 50^\circ\text{C}$. Класс A2 на 98 % невоспламеняемые: – наблюдается воспламенение, горение длится не дольше 20 с; – пламя не выходит за пределы контрольного элемента и не поднимается на высоту более 100 мм; – $H_u \leq 4200$ кВт·с/кг; – рассчитанная на основе H_u и массы образца до и после испытания теплоотдача не превышает 16 800 кВт·с/м². Класс B1 трудновоспламеняемые: – остаточная длина каждого образца (без следов горения и обугливания) составляет не менее 15 см от исходных 100 см (даже при наличии остаточного пламени, послесвечения или тления); – средняя температура дымовых газов $\leq 200^\circ\text{C}$; – средняя величина $I > 0,45$ Вт/м²; – изменение прозрачности среды в камере в течение 30 мин $< 750\%$·мин. Класс B2 – обычная воспламеняемость: – в течение 20 с пламя достигает контрольной отметки после воздействия пламени на нижнюю кромку либо поверхность образца; – наличие капель расплава, поджигающих фильтровальную бумагу в течение 20 с после начала испытания или если капли, упавшие на бумагу горят более двух секунд. Горючие материалы, не соответствующие критериям B1-B2 классифицируются как B3 – легковоспламеняемые.
NFPA 701	Для тканей с плотностью менее 700 г/м² регистрируют: – потерю массы с точностью до 0,1 г; – наличие горящего материала на дне камеры и продолжительность его горения, с точностью до 0,5 с. Для тканей с плотностью более 700 г/м² дополнительно: – длину обугленного участка (рассчитывается как разность между начальной длиной образца и длиной участка без следов горения), мм; – время горения материала, после отключения горелки, с; – продолжительность обугливания и остаточного свечения образца после прекращения горения, с.	Тест считается пройденным для тканей с плотностью < 700 г/м², если: – упавшие на дно камеры фрагменты горят < 2 с; – потеря массы $\leq 40\%$. Тест считается пройденным для тканей с плотностью > 700 г/м², если: – материал горит $< 2,0$ с после удаления источника пламени; – длина обугленного участка составляет не более 1050 мм для материала в сложенном виде и 435 мм в расправленном; – не допускается образования капель расплава или фрагментов на полу испытательного устройства, продолжающих гореть > 2 с.

Нормативный акт	Определяемые показатели	Интерпретация результатов
NFPA 260	Определяется: – наличие воспламенения; – размер повреждений: длина, ширина, глубина, мм.	Класс А или I присваивается, если: – воспламенение отсутствует; – максимальный размер любого из повреждений ≤ 45 мм. Класс В или II – образец воспламеняется.
TB 117 Filling Materials Used in Upholstered Furniture	Для цельных синтетических материалов регистрируют: – наличие падающих капель и фрагментов материала; – время остаточного горения с точностью до 0,1 с; – время остаточного свечения с точностью до 0,1; – длину поврежденного участка, с точностью до 0,1 дюйма (2,54 мм).	Тест пройден , если: – максимальное время остаточного горения, включая капли и фрагменты ≤ 10 с; – остаточное свечение, включая капли и фрагменты ≤ 15 с; – длина поврежденного участка ≤ 6 дюймов.

На рис. 3 приведено примерное соответствие групп пожарной опасности материалов, установленных в соответствии с российским и некоторыми национальными европейскими системами стандартизации. Следует понимать, что соотнесение классов пожароопасности очень условно, материал, аттестованный на категорию B1 может не пройти соответствие более жёсткому стандарту M1, т.к. процедура тестирования и определяемые величины технически отличаются.

Несмотря на то, что в настоящее время в России активно развивается производство

мебельных тканей, большую часть рынка занимают импортируемые ткани. Согласно³ поставщики обязаны указывать в сопроводительной документации характеристики пожарной опасности таких материалов. Товарные ярлыки также могут содержать информацию о соответствии ткани одной или нескольким зарубежным системам сертификации (рис. 4).

В табл. 4 приведены наиболее широко признанные в международной практике национальные стандарты пожарной безопасности, относящиеся к группе мебельных и обивочных материалов.

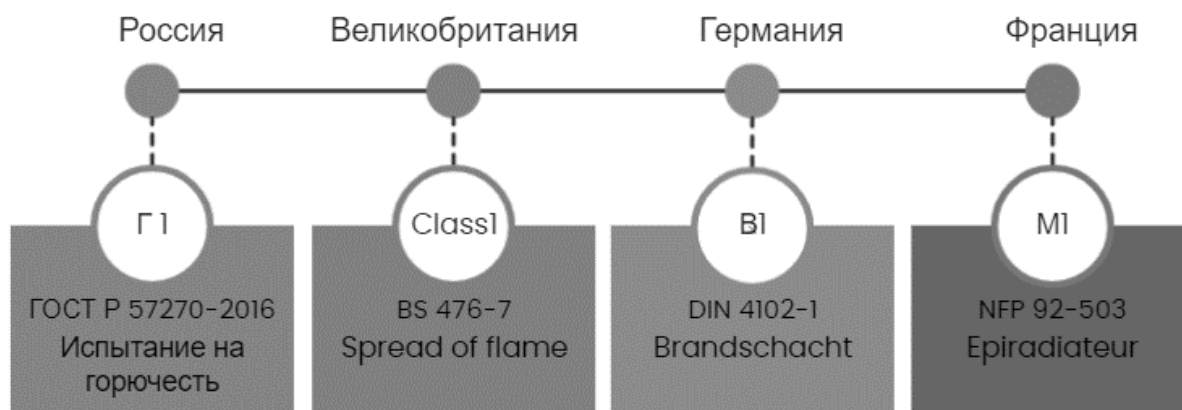


Рис. 3. Примерное соответствие категорий пожарной опасности, установленных согласно национальным системам нормирования пожарной опасности материалов^{18,19}

¹⁸ Fire protection standards. <https://technodeco.ibena.de/en/flame-retardance.html> (дата обращения 08.12.2024)

¹⁹ Пожарная безопасность и сертификация текстильной продукции. <https://textilespace.ru/catalog/clothes/pozharnaya-bezopasnost-i-sertifikatsiya-tekstilnoi-produktsii/> (дата обращения 08.12.2024)

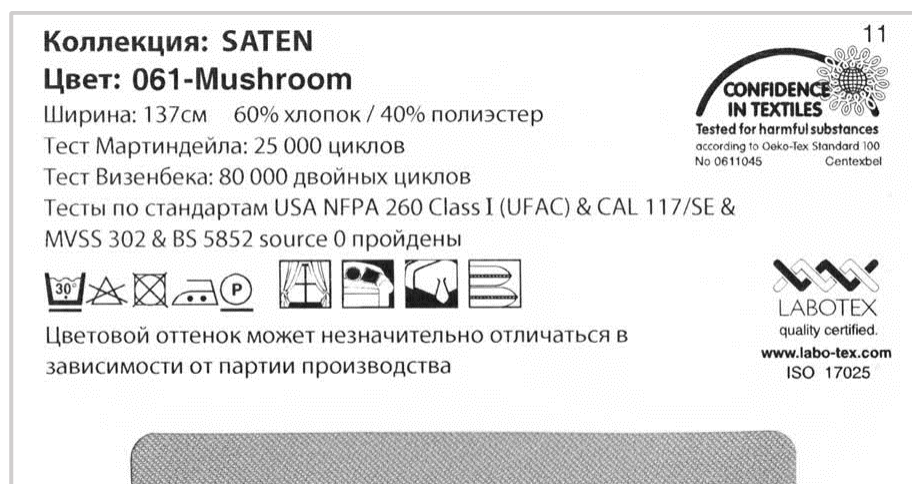


Рис. 4. Образец
товарного ярлыка
образца мебельной ткани

Таблица 4. Национальные стандарты пожарной безопасности²⁰

Стандарт	Краткое описание методов испытания
США	
NFPA 260A/UFAC Class 1	Испытуемый материал помещается на имитацию стула и подвергается воздействию горящей сигареты, Табл.3.
NFPA 255 / ASTM E 84	Одобен для использования агентствами Министерства обороны США. Образец размером 51x732 см помещают в туннельную печь и подвергают воздействию пламени U-образной горелки в течение 10 минут. Регистрируется распространение пламени по поверхности образца и плотность образующегося дыма. Материалам присваивают индекс распространения пламени и задымления (I) по шкале эталонов (100 – для красного дуба, 0 – лист цемента): класс А (1) I = 0-25 класс В (2) I = 26-75 класс С (3) I = 76-200 Все, что выше 200, не классифицируется, тестирование не пройдено.
CAL 117 Sec.E Part 1 (CS191 53)	Испытуемый материал помещается на имитацию стула и подвергается воздействию горящей сигареты.
NFPA 701	Оценка распространения пламени по вертикально ориентированному текстильному полотну, Табл.3.
BFD IX 1	Измеряется стойкость образца размером 10,2x30,5 см к воспламенению при вертикальном воздействии пламени пропановой горелки в течение 10 с. После воспламенения фиксируется длина распространения пламени и послесвечение (распространяющееся и не распространяющееся).
MVSS 302	Применяется к тканям, используемым для отделки салонов автомобилей. К нижней части образца, установленного горизонтально в испытательной камере, прикладывается газовое пламя. Регистрируется длина распространения пламени и время, необходимое для прохождения этого расстояния, рассчитывается скорость горения (мм/мин). Для большинства применений эта величина не должна превышать 100 мм/мин, иначе тест считается не пройденным.
Великобритания	
BS 5852 source 0,1,5	См. табл.1.
BS 5867 part 2 type B and C	Оценка характера возгорания вертикально ориентированного материала.
BS 7176	Устанавливает методы испытаний и категорирование мягкой мебели по устойчивости к возгоранию, в зависимости от степени опасности (рисков, связанных с возникновением пожара) помещения:

²⁰ Standards overview. <https://www.fr-one.com/en/standards> (дата обращения 08.12.2024)

Стандарт	Краткое описание методов испытания
	– низкие риски: колледжи, дневные центры, выставки, музеи, офисы, школы, университеты... – средние риски: больницы, общежития, места общественных развлечений, общественные здания, общественные залы, кафе и бары, рестораны, столовые... – повышенные риски: морские установки, спальные места в больничных палатах и общежитиях... – высокие риски: психиатрические лечебницы, тюремные камеры...
Евросоюз	
EN 1021 Part 1 and 2	Испытательный стенд сконструирован с использованием пенопласта и ткани для имитации стула. ЧАСТЬ 1. Сигарету помещают в щель испытательного стенда, соприкасающуюся со спинкой и сиденьем, регистрируют тление или воспламенение ткани. ЧАСТЬ 2: Тестирование с помощью пламени горелки, направленной в щель между спинкой и сиденьем. После снятия пламени наблюдается тление или воспламенение ткани в течение 2 минут. Тест считается пройденным при отсутствии воспламенения или ограниченной площади обугливания.
EN 13773	Определение среднего времени воспламенения и характеристик распространения пламени по вертикально ориентированному текстильному полотну, регистрируется воспламенение и достижение контрольных отметок после 10 с воздействия газовой горелки по EN 1102 и по EN 13773. Присваиваются классы: – класс 1: без воспламенения, первая контрольная отметка по EN 13773 не достигнута; – класс 2 и класс 3: без воспламенения, третья контрольная отметка по EN 13773 не достигнута; – класс 4 и класс 5: с воспламенением третья контрольная отметка по EN 1102 не достигнута.
EN ISO 6940 6941 (аналог ГОСТ ИСО 6940-2011)	На вертикально ориентированный образец 20x8 см воздействуют пламенем горелки, установленной горизонтально на высоте образца (поверхностное зажигание), либо под углом 30° ниже образца (зажигание по нижнему краю). По ISO 6940 пламя подается на исследуемый материал максимум на 2 с или до воспламенения (время воспламенения регистрируется). Далее по ISO 6941 пламя подается на исследуемый материал в течение 10 секунд или в течение времени воспламенения, полученного по ISO 6940, фиксируется время, необходимое для достижения трех контрольных отметок.
Франция	
NF P 92 503 507 (M1)	См. табл. 2.
Германия	
DIN 4102 (B1)	См. табл. 3.
Италия	
UNI 9175 (Classe Uno)	Класс пожароопасности МТ оценивается при наличии или отсутствии пламени и/или тления при воздействии небольшого источника воспламенения, типа сигареты или спички.
UNI 9177, 9174 and 8456 (Classe Uno)	Горелка устанавливается вдоль места сиденья и спинки испытательного кресла. Воздействие пламени производится 3 раза на определенное время: 20, 80 и 140 с. Регистрируется распространение пламени по вертикальной или горизонтальной поверхности, фиксируется послесвечение, зона повреждения и падающие капли/фрагменты материала. Классификация: – класс 1: положительный результат теста через 140 с; – класс 2: положительный результат теста через 80 с; – класс 3: положительный результат теста через 20 с.

Выводы

1. Гармонизация национальных стандартов классификации пожарной опасности материалов очень сложна. Даже если используемые методы испытаний не имеют принципиальных отличий, а определяемые показатели близки «по смыслу», интерпретация результатов испытаний и категорирование материалов по степени пожарной опасности в каждом случае отличается.

2. Российское законодательство в области оценки мебельных тканей по показателям их пожарной опасности содержит ряд

несоответствий, затрудняющих процесс сертификации таких материалов и проектирования объектов, с повышенными требованиями к соблюдению противопожарных норм.

3. Проведённый авторами обзор российских и зарубежных нормативных документов, содержащих методы испытаний материалов на установление показателей пожарной опасности, могут быть полезны при выборе мебельных тканей, имеющих сертификаты соответствия иностранным системам стандартизации в области пожарной безопасности.

Список литературы

1. Guillaume E, de Feijter R, van Gelderen L. An overview and experimental analysis of furniture fire safety regulations in Europe. *Fire and Materials*. 2020; 1–16. <https://doi.org/10.1002/fam.2826>.

2. Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А. Оценка воспламеняемости современных текстильных материалов декоративного назначения // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2022. № 3(44). С. 67–71. EDN: BUPEJF.

3. Проблемные вопросы нормирования показателей пожарной опасности текстильных материалов / А. Х. Салихова, О. Г. Циркина, С. А. Сырбу [и др.] // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2024. № 3 (52). С. 62–70. EDN: GRWMFN.

4. Evaluating 900 Potentially Harming Fires in Germany: Is the Prescriptive Building Code Effective? German Fire Departments Assessed Fire Safety Measures in Buildings Through On-Site Inspections / Björn Maiworm, Moritz Göldner, Kilian Mannl [et al.]. *Fire Technology*, 2024, April 2024, 60 (4). DOI: 10.1007/s10694-024-01560-6.

References

1. Guillaume E, de Feijter R, van Gelderen L. An overview and experimental analysis of furniture fire safety regulations in Europe. *Fire and Materials*. 2020; 1–16. <https://doi.org/10.1002/fam.2826>.

2. Storonkina O. E., Mochalova T. A. Otsenka vosplamnyaemosti sovremennykh tekstil'nykh materialov dekorativnogo naznacheniya [Evaluation of flammability of modern textile materials for decorative purposes]. *Sovremennye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2022, vol. 3 (44), pp. 67–71. EDN: BUPEJF.

3. Problemnye voprosy normirovaniya pokazateley pozharney opasnosti tekstil'nykh materialov [Problematic issues of standardization of fire hazard indicators of textile materials] / A. Kh. Salikhova, O. G. Tsirkina, S. A. Syrbu [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2024, vol. 3 (52), pp. 62–70. EDN: GRWMFN.

4. Evaluating 900 Potentially Harming Fires in Germany: Is the Prescriptive Building Code Effective? German Fire Departments Assessed Fire Safety Measures in Buildings Through On-Site Inspections / Björn Maiworm, Moritz Göldner, Kilian Mannl [et al.]. *Fire Technology*, 2024, April 2024, 60 (4). DOI: 10.1007/s10694-024-01560-6.

Сонина Ольга Николаевна

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

Кандидат химических наук

E-mail: olmass@mail.ru

Sonina Olga 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

E-mail: olmass@mail.ru

Мочалова Татьяна Александровна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат биологических наук, доцент, заместитель начальника кафедры
E-mail: tatianamochalova_2507@mail.ru

Mochalova Tatiana Alexandrovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of biological sciences, associate professor, deputy head of the department
E-mail: tatianamochalova_2507@mail.ru

Сторонкина Ольга Евгеньевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, доцент кафедры
E-mail: oleg1968@mail.ru

Storonkina Ol'ga Evgen'evna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of chemical sciences, associate professor
E-mail: oleg1968@mail.ru

УДК 614.841.41

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В. Г. СПИРИДОНОВА, О. Г. ЦИРКИНА, А. Х. САЛИХОВА, О. С. ЧУПРИНА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Российская Федерация, Иваново

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru, ogsirkina@mail.ru, salina_77@mail.ru

Текстиль широко используется в быту в качестве одежды, постельного и столового белья, а также элементов декора – штор, покрывал, ковров, гобеленовых изделий. Текстиль применяют и для отделки помещений общественных зданий – ресторанов, кафе, закусочных, игровых заведений, конференц-залов, кинотеатров, офисных помещений, отелей, гостиниц, детских садов, школ, объектов социальной сферы, дошкольного и дополнительного образования. Текстильная продукция используется и на различном транспорте (железнодорожные вагоны, самолеты, суда), а также для производства спецодежды, спортивной атрибутики, театральных декораций.

В данной статье рассмотрен ряд проблем, связанных с применением методов оценки пожароопасных свойств текстильных материалов различного функционального назначения. Проведен анализ как отечественных, так и зарубежных методик, закрепленных в нормативных документах. Отмечено, что в европейских странах и на территории нашей страны используются схожие методы определения пожарной опасности тканей. Одним из важных условий при выборе метода исследования является возможность получения результата в численном выражении. В данном случае могут быть использованы методы термического анализа. В результате проведенного обзора обобщены методы испытаний по определению классификационных показателей пожарной опасности текстильных материалов.

Ключевые слова: текстильные материалы, пожарная опасность, методы испытаний, кислородный индекс, воспламеняемость, скорость распространения пламени, термический анализ.

ANALYSIS OF TEST METHODS FOR DETERMINING CLASSIFICATION INDICATORS OF FIRE HAZARD OF TEXTILE MATERIALS AND PROBLEMATIC ISSUES OF THEIR APPLICATION

V. G. SPIRIDONOVA, O. G. TSIRKINA, A. Kh. SALIKHOVA, O. S. CHUPRINA

Ivanovo Fire and Rescue Academy

of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense,

Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru, ogsirkina@mail.ru, salina_77@mail.ru

Textiles are widely used in everyday life as clothing, bedding and table linen, as well as decorative elements such as curtains, bedspreads, carpets, tapestry products. Textiles are also used to decorate the premises of public buildings – restaurants, cafes, snack bars, gaming establishments, conference halls, cinemas, office premises, hotels, inns, kindergartens, schools, social facilities, preschool and additional education. Textile products are also used in various vehicles (railway wagons, airplanes, ships), as well as for the production of workwear, sports paraphernalia, and theatrical decorations.

This article discusses a number of problems related to the use of methods for assessing the fire-hazardous properties of textile materials for various functional purposes. The analysis of both domestic and foreign methods fixed in regulatory documents is carried out. It is noted that in European countries and in our country, similar methods are used to determine the fire hazard of fabrics. One of the important conditions when choosing a research method is the possibility of obtaining a result in numerical terms. In this case, thermal analysis methods can be used. As a result of the review, the test methods for determining the classification indicators of fire hazard of textile materials are summarized.

Keywords: textile materials, fire hazard, test methods, oxygen index, flammability, flame propagation velocity, thermal analysis.

Объем мирового производства и потребления всех видов текстильных материалов (ТМ) неуклонно возрастает наряду с расширением сферы применения текстильной продукции. Результаты анализа статистических данных по вопросам безопасности жилищного фонда показали, что по объектам защиты основная доля пожаров (30 %), гибели людей при пожарах (90 %) и потерь от них (25–30 %) приходится на жилой сектор. Во многом это явление обусловлено тем, что в жилых помещениях пожарную нагрузку составляют мебель (в том числе мягкая) и элементы текстильного оформления интерьера: чехлы на мебель, покрывала и всевозможные подушки, шторы и занавесы.

Помимо этого, ассортимент выпускаемых текстильных материалов ежегодно расширяется, и на российский рынок поступает огромное количество тканей, пожароопасные свойства которых не изучены и значительно варьируются в зависимости от волокнистого состава, геометрических параметров полотна (поверхностной плотности и толщины), вида отделки и области применения.

Классификация текстильных материалов по пожарной опасности основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара. Пожарная опасность ТМ характеризуется следующими свойствами:

- 1) горючесть;
- 2) воспламеняемость;
- 3) способность распространения пламени по поверхности;
- 4) дымообразующая способность;
- 5) токсичность продуктов горения¹.

Указанные характеристики необходимо определять, в частности, для прогнозирования развития пожара на объекте защиты, при расчете пожарных рисков, при планировании размещения пожарной нагрузки, представленной в виде кип волокна, стеллажей с тканями или готовыми текстильными изделиями.

Сразу же следует отметить, что не все перечисленные в нормативных правовых актах характеристики пожарной опасности материалов имеют численное выражение. Поэтому в некоторых случаях проблематично проводить их сравнение между собой и подбирать наиболее пожаробезопасные ТМ.

Исходя из вышесказанного, исследования пожароопасных свойств текстиля и их систематизация не теряют своей актуальности. Однако в настоящее время в силу специфики использования и назначения текстильных ма-

териалов не существует единого подхода к определению показателей их пожарной опасности.

Представленная статья является обзорной и преследует цель провести анализ методов испытаний по определению классификационных показателей пожарной опасности текстильных материалов, используемых в нашей стране и за рубежом, и выявить проблемные вопросы при их применении. Следует отметить, что все текстильные материалы вырабатываются из волокнообразующих полимеров различной химической природы, поэтому, на наш взгляд, методики количественной оценки пожароопасных свойств листовых полимеров применимы и для тканей.

Начнем с обзора методик исследования пожарной опасности текстильных материалов, установленных международными и национальными стандартами. Известно, что большая часть ТМ, применяемых в быту и на производстве, являются горючими. В работах зарубежных и отечественных авторов рассмотрено большое количество методов исследования пожарной опасности текстильных материалов с возможностью получения широкого спектра показателей, характеризующих горючесть текстиля.

Одним из универсальных показателей является кислородный индекс (КИ), однако методики его определения отличаются в нашей стране и за рубежом. В зарубежных источниках [1] приводятся данные, что для определения пожароопасных свойств текстиля применяется предельный кислородный индекс (LOI, об. %). Метод испытания позволяет измерить минимальную концентрацию кислорода в кислородно-азотной смеси (O_2/N_2), которая будет поддерживать пламенное горение образца. Для расчета значения предельного кислородного индекса используется следующая формула (1):

$$LOI (\%) = \frac{100 \cdot V(O_2)}{V(O_2) + V(N_2)} \quad (1)$$

Для проведения испытания образец размещается в стеклянной вертикальной трубе и поджигается в верхней части с помощью пламени горелки. Уровень кислорода в смеси уменьшают до достижения критического уровня. Полученное значение сравнивается со стандартной концентрацией кислорода в воздухе, равной 21 %: материалы со значением $LOI < 21 \%$ считаются самовозгорающимися. Если же значение $LOI > 21 \%$, то образец считают самозатухающим в атмосферных условиях после удаления внешнего источника пламени [1].

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

Для материалов толщиной до 10,5 мм и объемной плотностью 100 г/м³ или более, которые также могут иметь волокнистую основу, определяется значение кислородного индекса (OI) в соответствии со стандартом США ASTM D2863-19² и с международным стандартом ISO 4589-2:2017³, регламентирующим проведение испытаний при температуре окружающей среды 23 °C ± 2 °C. Общие требования к испытанию на кислородный индекс описаны в ISO 4589-1:2017, а стандарт ISO 4589-3 описывает методы проведения испытаний в диапазоне температур от 25 °C до 150 °C (в некоторых случаях – до 400 °C)⁴. Принятая в 2021 часть стандарта ISO 4589 устанавливает метод испытаний для определения минимальной объемной доли кислорода в смеси с азотом при температуре окружающей среды, которая поддерживает горение образца толщиной до 2 мм при заданной более высокой скорости газа (HOI)⁵.

В нашей стране используется методика определения кислородного индекса, принятая национальным и международным стандартами. При определении кислородного индекса тканей проводят 15 параллельных измерений для образцов исследуемой ткани. Кислородный индекс вычисляют по формуле (2):

$$КИ = C_k + Kd, \quad (2)$$

где C_k – конечное значение концентрации кислорода, определенное согласно п. 4.14.3.18 ГОСТ 12.1.044-89, % об.;

K – коэффициент, определяемый по таблице 13 п. 4.14.4.2 ГОСТ 12.1.044-89;

d – разница между значениями концентрации кислорода, определяемая в соответствии с п. 4.14.3.16–4.14.3.17 ГОСТ 12.1.044-89, % об.

При доверительной вероятности 95 % сходимость метода не должна превышать 0,5 %, воспроизводимость метода – 1,4 %⁶.

Проведя сравнительный анализ, можно сказать, что методика, изложенная в ГОСТ 12.1.044-89, является более трудоемкой,

поскольку первоначально подразумевает предварительный подбор подаваемого в установку кислорода и только затем проведение 15-ти параллельных измерений для последующего расчета КИ. В то время, как определение предельного кислородного индекса (LOI, %) проводится в непрерывном режиме, путем постепенного уменьшения уровня кислорода в смеси до достижения его критического уровня и сравнения со стандартной концентрацией кислорода в воздухе, равной 21 %. Но в обоих случаях методики определения КИ позволяют получать численные значения, характеризующие горючесть текстиля, что позволяет сравнивать материалы между собой и выбирать наиболее пожаробезопасные.

Важными показателями, характеризующими пожарную опасность любого материала, являются воспламеняемость и скорость распространения пламени. Выбор методики определения указанных показателей зависит от ассортимента ткани, вида текстильного изделия, области его применения и условий эксплуатации. Разработаны и используются методики:

– определения воспламеняемости материалов и скорости распространения пламени вертикально расположенного образца (вертикальный тест). Данная методика наиболее актуальна для портьер, штор, занавесей, стеновых панелей, имеющих тканевую декоративную отделку;

– определения воспламеняемости материалов и скорости распространения пламени горизонтально расположенного образца (горизонтальный тест). Методика применяется для определения указанных характеристик напольных ковровых покрытий, постельных принадлежностей.

Для некоторых видов текстильных материалов, например, обивочных мебельных тканей, материалов для отделки салонов дорожных транспортных средств, целесообразно использовать обе методики.

Вертикальный тест UL94 разработан группой Underwriters Laboratory Inc. Он позволяет оценить воспламеняемость и скорость распространения пламени вертикально ориентированного образца и охарактеризовать его огнестойкость. Методика проведения испытаний следующая: стандартный образец зажимается вертикально, под образцом размещаются хлопчатобумажные нити. Минимальное количество образцов для проведения испытаний – 5. Пламя горелки высотой 20 мм подносится к краю образца на расстоянии 10 мм на 10 с. Регистрируется время остаточного горения. После затухания пламя повторно подносят к образцу на 10 с. Регистрируется как время остаточного горения, так и время остаточ-

² ASTM D2863-19. Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index).

³ ISO 4589-2:2017. Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index. Part 2: Ambient-temperature test.

⁴ BS EN ISO 4589-1:2017. TC Plastics. Determination of burning behaviour by oxygen index – General requirements.

⁵ BS ISO 4589-4:2021. Plastics. Determination of burning behaviour by oxygen index – High gas velocity test.

⁶ ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2006. 100 с.

ного тления. Под остаточным горением понимается время, в течение которого образец продолжает гореть после удаления источника зажигания. Время остаточного тления представляет собой промежуток времени, в течение которого материал продолжает тлеть после прекращения горения или после удаления источника зажигания. Отмечается падение горящих капель материала, а также возгорание хлопчатобумажных нитей⁷. На основании полученных данных образец может быть отнесен к категориям V_0 , V_1 , V_2 . Наиболее огнестойкими являются материалы, имеющие категорию V_0 [1]. Категория V_0 присваивается, когда время воспламенения образца не превышает 10 с. Если время горения составляет от 10 до 30 с, образцу присваивается категория V_1 . Для образцов, время горения которых составляет менее 50 с, но от капель сгоревшего образца наблюдается воспламенение индикатора в виде хлопка, присваивается категория V_2 . В случае, когда материал не подпадает ни под одну из перечисленных категорий, указывается обозначение NC, свидетельствующее о полном сгорании текстильного материала. Аналогично при проведении испытаний на горизонтальную воспламеняемость учитывается продолжительность и скорость горения ткани (по длине и по толщине). Образец может быть обозначен как HF-1, если длина обгоревшего участка составляет менее 25 мм; HF-2, если длина находится в пределах от 25 до 100 мм; HF-3, если длина превышает 100 мм, но скорость горения образца меньше 75 мм/мин по длине и 3 мм/мин по толщине; HF-4, если образец не соответствует трем предыдущим категориям [2].

В стандартных методах испытаний на воспламеняемость текстильных материалов измеряется минимальное время воспламенения (с) – продолжительность воздействия на образец открытого пламени для достижения воспламенения. Испытание подразумевает воздействие пламени горелки на лицевую сторону или нижнюю кромку вертикально ориентированного образца ткани. При этом визуально следят за ходом испытания и фиксируют время, необходимое для воспламенения⁸.

Характеристики воспламеняемости текстильных полотен при горизонтальном испытании определяют с использованием аппарата с огневой камерой UL94 в соответствии

со стандартом ISO 3795. На основании проведенных исследований фиксируется путь, пройденный огнем (мм), время горения образца (с), скорость горения образца (мм/мин)⁹.

Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации принят ГОСТ 30879-2003, устанавливающий метод определения горизонтальной скорости горения материалов толщиной до 13 мм, используемых для отделки салонов дорожных транспортных средств, при воздействии малокалорийного источника зажигания. Образец закрепляется горизонтально в U-образном держателе, на незакрепленный край в течение 15 секунд воздействует малокалорийный источник зажигания в камере сгорания. При испытании определяется время горения измеряемого участка образца, его длина и характер горения. Скорость горения вычисляется по формуле (3)¹⁰:

$$B = \frac{S}{t} \cdot 60, \quad (3)$$

где S – длина сгоревшего участка, мм;

t – время горения образца от начальной точки измерения, с.

Материал считается огнеопасным, если скорость горения превышает 100 мм/мин. Материал является неогнеопасным, если скорость горения составляет менее 100 мм/мин; образец не загорелся от пламени горелки в течение 15 секунд; погас, не догорев до начальной точки измерения.

Одним из способов измерения вертикального распространения пламени является непрерывное взвешивание горящего образца. Вертикальное распространение пламени рассчитывали по формуле (4):

$$v = \frac{r \cdot l}{w_1 - w_2}, \quad (4)$$

где v – вертикальная скорость распространения пламени, м/г;

r – константа;

l – начальная длина образца, м;

w_1 – начальный вес образца, г;

w_2 – вес угольного остатка, г.

Исследование минимальной длины образца, необходимой для измерения максимальной скорости распространения пламени, показали, что образец должен быть длиной около 127 см (50 дюймов).

⁷ UL 94-2015. UL Standard for Safety Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances.

⁸ BS 5438:1989. Methods of test for flammability of textile fabrics when subjected to a small igniting flame applied to the face or bottom edge of vertically oriented specimens.

⁹ ISO 3795:1989. Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry – Determination of burning behaviour of interior materials.

¹⁰ ГОСТ 30879-2003. Транспорт дорожный, тракторы и машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Определение характеристик горения материалов для отделки салона. Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2003. 8 с.

Существует также альтернативный метод оценки воспламеняемости, который заключается в исследовании горения материала под разными углами к вертикали. Целью метода является определение величины угла наклона, при котором образец больше не может поддерживать пламенное горение [3].

Отдельно необходимо остановиться на методике проведения испытаний на воспламеняемость элементов мягкой мебели с использованием сигаретного теста. Данный метод описан в стандарте BS 5852:2006. Образец для проведения испытаний обычно представляет собой композитный материал, состоящий из ткани и наполнителя. Обивка мебели и наполнитель могут быть испытаны по отдельности. Воспламеняемость оценивается при помощи воздействия тлеющей сигареты или других источников зажигания, таких как горящая спичка или полноформатная газета на четыре листа. Разработка BS 5852 стала прорывом в тестировании реальных изделий, сочетающих различные ткани и наполнители¹¹.

На территории Российской Федерации воспламеняемость элементов мягкой мебели, штор, занавесей и постельных принадлежностей оценивается в соответствии с ГОСТ Р 53294-2009. По результатам проведенных испытаний текстильный материал относится к легковоспламеняемым или трудновоспламеняемым¹². Аналогичная классификация применяется для покрытий и изделий ковровых напольных (ГОСТ 32088-2013¹³) и декоративных тканей (ГОСТ Р 50810-95¹⁴).

Определение воспламеняемости текстильных изделий, ориентированных вертикально, и промышленных изделий, состоящих из одной или нескольких тканей (покрытия, подстежки, многослойные конструкции и другие комбинации), находящихся под воздействием заданного по мощности пламени, проводится в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ ISO 6940-2011, идентичном

международному стандарту ISO 6940:2004¹⁵.

Как видно из проведенного анализа методик, в зависимости от назначения, области применения и условий эксплуатации ТМ существует большое количество межгосударственных и национальных стандартов, позволяющих оценить пожарную опасность текстиля по времени его воспламенения. Если итоговый результат испытаний на воспламеняемость имеет числовую характеристику, то внутри каждой отдельной методики возможно проводить сравнение пожароопасных свойств материалов.

В качестве показателя пожарной опасности текстильных материалов используется также характеристика способности распространять пламя по поверхности ткани. Скорость распространения пламени обычно рассчитывается путем измерения расстояния и фиксации времени, необходимого наступающему фронту пламени для разрыва нитей. Распространение огня вверх происходит гораздо быстрее, чем распространение пламени вниз и горизонтально, и, следовательно, лучше описывает пожарную опасность тканей. Большинство стандартов используют этот тип стендового метода испытаний для измерения свойств вертикального распространения пламени [1].

Стандарт ISO 6941:2003 определяет метод измерения времени распространения пламени вертикально ориентированных одно- или многокомпонентных тканей¹⁶. Государственный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 6941-99 также определяет метод определения способности распространения пламени на вертикально ориентированных пробах, однако применяется только для текстильных материалов одно- и многокомпонентных (с покрытием, стеганых, многослойных конструкций с чередующимися слоями в различных комбинациях), предназначенных для изготовления средств индивидуальной защиты (кроме одежды для пожарных). Пламя с заданными параметрами от унифицированной горелки в течение определенного времени подают на испытываемую элементарную пробу. Измеряют время (секунды) распространения пламени на определенное расстояние между маркировочными нитями, время остаточного горения, время остаточного тления¹⁷.

¹¹ BS 5852:2006. Methods of test for assessment of the ignitability of upholstered seating by smouldering and flaming ignition sources.

¹² ГОСТ Р 53294-2009. Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

¹³ ГОСТ 32088-2013. Материалы текстильные. Покрытия и изделия ковровые напольные. Воспламеняемость. Метод определения и классификация. М.: Стандартинформ, 2015. 5 с.

¹⁴ ГОСТ Р 50810-95. Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Методы испытания на воспламеняемость и классификация. М.: Издательство стандартов, 1995. 8 с.

¹⁵ ГОСТ ISO 6940-2011. Материалы текстильные. Характеристики горения. Метод определения воспламеняемости вертикально ориентированных образцов. М.: Стандартинформ, 2019. 14 с.

¹⁶ ISO 6941:2003. Textile fabrics – Burning behaviour – Measurement of flame spread properties of vertically oriented specimens.

¹⁷ ГОСТ Р ИСО 6941-99. Система стандартов безопасности труда. Материалы текстильные для средств индивидуальной защиты. Метод определения способности распространения пламени на вертикально ориентированных пробах. М.: Издательство стандартов, 2000. 8 с.

Испытание на вертикальное горение Бунзена проводится в соответствии с Федеральными авиационными правилами США (FAR) 25.853 для интерьера воздушных судов. Текстильные материалы, применяемые для драпировки и обивки, подушки кресел, набивка, декоративные и недекоративные ткани с покрытием должны быть самозатухающими при испытании в вертикальном положении. Средняя длина обугливания не должна превышать 203 мм, средняя продолжительность горения после удаления источника воспламенения – не более 15 с. Отделяющиеся от испытуемого образца капли после падения должны гореть не более 5 с¹⁸.

Горизонтальная ориентация образца для определения способности к распространению пламени применяется для материалов, используемых в пассажирском салоне дорожных транспортных средств. Методика проведения испытания содержится в стандарте США FMVSS 302¹⁹ и международном стандарте ISO 3795²⁰.

Числовое выражение характеристики способности к распространению пламени, выражаемая в мм/с или мм/мин, является одной из основных, позволяющих оценивать пожарную опасность текстиля в сравниваемых величинах. При этом наиболее объективной является методика определения скорости горения для вертикально ориентированного образца при его поджигании с нижней кромки.

Для определения способности материала к сдерживанию теплового потока в нашей стране и за рубежом используется конусная калориметрия. В соответствии со стандартом ISO 5660-1:2015 образец размерами 100×100×4 мм подвергается воздействию теплового потока диапазоном от 10 до 100 кВт/м² от конического электронагревателя. Газы, выделяющиеся при сгорании образца, улавливаются вытяжным устройством и анализируются на предмет скорости потока, относительного состава, температуры, давления и плотности дыма. Чем выше интенсивность тепловыделения материала, тем более пожароопасным он является²¹.

В Российской Федерации введен национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 5660-1-2020, позволяющий оценить интенсивность тепло-

выделения и динамику дымообразования горизонтально расположенных образцов, подвергаемых воздействию внешнего источника зажигания с контролируемым уровнем излучения. Результаты испытаний позволяют определить интенсивность тепловыделения $q(t)$, тепловыделение на единицу площади поверхности образца $qA(t)$, скорость потери массы ($-m$), интенсивность дымообразования на единицу площади поверхности образца $P_{s,A}$, полное дымообразование на единицу площади поверхности образца S_A^{22} .

Измерение распространения пламени под внешним тепловым потоком необходимо там, где тепловое излучение может воздействовать на текстильные материалы, например, ковровые покрытия. Методика проведения испытаний описана в ГОСТ Р ИСО 9239-1-2014, идентичному международному стандарту ISO 9239. Образец подвергается воздействию лучистого тепла от излучающей панели, работающей на воздушном или газовом топливе, а образец текстильной ткани обычно находится под углом 30 ° к лицевой стороне панели. Образцы текстильного материала, которые не воспламенялись, или с участками горения менее 110 мм имеют критический тепловой поток выше 11 кВт/м². Образцы с участками горения, большими, чем 910 мм, имеют критический тепловой поток менее 1,1 кВт/м²²³. Величина критического теплового потока является важным показателем, на основании которого горючие строительные материалы, в том числе напольные ковровые покрытия, могут быть классифицированы по скорости распространения пламени по поверхности²⁴.

Отдельно следует остановиться на специфике определения пожароопасных свойств текстильных материалов специального назначения. Определение скорости распространения пламени, а также термостойкости и теплопередачи для боевой одежды пожарных (БОП) отдельно описаны в стандарте BS EN 469:2020. Требования, подробно изложенные в BS EN 469, охватывают структуру,

¹⁸ US Federal Aviation Regulation (FAR).

¹⁹ The Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 302 (FMVSS 302) Flammability of Interior Materials.

²⁰ ISO 3795:1989. Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry – Determination of burning behaviour of interior materials.

²¹ ISO 5660-1:2015. Reaction-to-fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate. Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement).

²² ГОСТ Р ИСО 5660-1-2020. Испытания по определению реакции на огонь. Интенсивности тепловыделения, дымообразования и потери массы. Часть 1. Определение интенсивности тепловыделения методом конического калориметра и интенсивности дымообразования измерениями в динамическом режиме. М.: Стандартинформ, 2020. 50 с.

²³ ГОСТ Р ИСО 9239-1-2014. Испытания строительных материалов и изделий на пожарную опасность. Метод определения пожарной опасности напольных покрытий путем воздействия теплового потока радиационной панели. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.

²⁴ Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

характеристики теплопередачи и воспламенения, механические и химические параметры, комфорт и видимость элементов одежды в условиях пожара²⁵. В данном случае приведенный стандарт позволяет оценить все возможные виды воздействий на материалы БОП, которые возникают при работе пожарного.

Распространение пламени на вертикально ориентированных пробах текстильных материалов и специальной одежды (кроме

одежды пожарных) в России оценивается с использованием ГОСТ Р 12.4.200-99 и позволяет фиксировать время остаточного горения и послесвечения в секундах²⁶. Наиболее важным аспектом испытаний защитной одежды является оценка защиты от ожогов и тепловых воздействий. В табл. 1 представлены международные стандарты, содержащие методы исследования пожароопасных свойств текстильных материалов для пошива защитной одежды [2].

Таблица 1. Стандарты для оценки пожарной опасности текстильных материалов для защитной одежды

Номер стандарта	Название на английском языке	Название на русском языке	Измеряемое свойство
ISO/TR 2801:2007	Clothing for protection against heat and flame – General recommendations for selection, care and use of protective clothing.	–	–
ISO 6942:2022 (ГОСТ ISO 6942-2011)	Protective clothing – Protection against heat and fire – Method of test: Evaluation of materials and material assemblies when exposed to a source of radiant heat.	Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения.	защитные свойства материалов, используемых в теплозащитной одежде при воздействии теплового излучения (видимые изменения и коэффициент теплопередачи) ²⁷ .
ISO 9151:2016 (ГОСТ ISO 9151-2021)	Protective clothing against heat and flame – Determination of heat transmission on exposure to flame.	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от конвективной теплоты. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени.	теплопередача через материалы или пакеты материалов (показатель передачи конвективного тепла) ²⁸

²⁵ BS EN 469:2020. Protective clothing for firefighters. Performance requirements for protective clothing for firefighting activities.

²⁶ ГОСТ Р 12.4.200-99. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от тепла и огня. Метод испытаний при ограниченном распространении пламени. М.: Издательство стандартов, 2002. 7 с.

²⁷ ГОСТ ISO 6942-2011. Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 12 с.

²⁸ ГОСТ ISO 9151-2021. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от конвективной теплоты. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 16 с.

Номер стандарта	Название на английском языке	Название на русском языке	Измеряемое свойство
ISO 11612:2015 (ГОСТ ISO 11612-2020)	Protective clothing – Clothing to protect against heat and flame – Minimum performance requirements.	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от кратковременного воздействия открытого пламени, теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретой поверхностью. Технические требования и методы испытаний.	технические требования к специальной одежде из гибких материалов, средствам индивидуальной защиты головы, рук, ног, предназначенным для защиты тела пользователя от тепла и/или пламени ²⁹
ISO 12127-1:2015 (ГОСТ ISO 12127-1-2021)	Clothing for protection against heat and flame – Determination of contact heat transmission through protective clothing or constituent materials. Part 1: Contact heat produced by heating cylinder.	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от контакта с нагретой поверхностью. Определение контактной теплопередачи через одежду специальную или материалы для ее изготовления. Часть 1. Метод испытаний с использованием нагревательного цилиндра.	контактная теплопередача ³⁰ .
ISO 17492:2019	Clothing for protection against heat and flame – Determination of heat transmission on exposure to both flame and radiant heat.	-	теплопередача
ISO 15025:2016 (ГОСТ ISO 15025-2019)	Protective clothing – Protection against flame – Method of test for limited flame spread.	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от пламени. Метод испытаний на ограниченное распространение пламени.	распространение пламени на вертикально ориентированных гибких одно- или многокомпонентных материалах (с покрытием, стеганых, многослойных, конструкций типа «сэндвич» и аналогичных) ³¹
ISO 17493:2016 (ГОСТ ISO 17493-2021)	Clothing and equipment for protection against heat – Test method for convective heat re-	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная и другие сред-	термостойкость материалов или изделий специальной одежды и других

³⁰ ГОСТ ISO 12127-1-2021. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от контакта с нагретой поверхностью. Определение контактной теплопередачи через одежду специальную или материалы для ее изготовления. Часть 1. Метод испытаний с использованием нагревательного цилиндра. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с.

³¹ ГОСТ ISO 15025-2019. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от пламени. Метод испытания на ограниченное распространение пламени. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

Номер стандарта	Название на английском языке	Название на русском языке	Измеряемое свойство
	sistance using a hot air circulating oven.	ства индивидуальной защиты. Метод определения конвективной термостойкости с применением печи с циркуляцией горячего воздуха.	средств индивидуальной защиты в печи с циркуляцией горячего воздуха ³²
NFPA 2112	Standard on Flame-Resistant Clothing for Protection of Industrial Personnel Against Short-Duration Thermal Exposures from Fire.	–	–
ISO 13506-1:2024 (ГОСТ ISO 13506-1-2021)	Protective clothing against heat and flame Part 1: Test method for complete garments – Measurement of transferred energy using an instrumented manikin.	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от кратковременного воздействия открытого пламени. Часть 1. Метод испытания специальной одежды. Измерение переданной энергии с применением манекена, оснащенного приборами.	система оценки для характеристики термической защиты, обеспечиваемой однослойной и многослойной одеждой из огнестойких материалов (теплопередача к полноразмерному манекену, подвергнутому воздействию конвективной энергии и энергии теплового излучения) ³³

Материалы для защитной одежды, применяемые, к примеру, на предприятиях металлургической промышленности, проходят испытания на стойкость к выплеску расплавленного металла в соответствии с ГОСТ ISO 9185-2021, идентичному международному стандарту ISO 9185:2007 и европейскому стандарту EN ISO 9185:2007³⁴.

Анализ методик, применяемых для испытаний тканей специального назначения, показал, что межгосударственные и национальные стандарты позволяют определять харак-

теристики не только тканого материала, но и композиционных, многослойных изделий, защищающих человека от воздействия искр, пламени или теплового потока. Методики включают в себя как визуальное наблюдение за поведением материалов при воздействии высоких температур, так и инструментальные методы исследования.

Необходимо отдельно остановиться на таких видах изделий, выполненных из текстиля, как палатки и шатры, которые предназначены для размещения большого количества людей. Ткани, используемые для таких конструкций, должны быть огнестойкими. Британский стандарт BS 7837:1996 описывает испытание тканей для строительства текстильных конструкций, таких как палатки, временные здания и навесы, в вертикальной ориентации с воспламенением нижнего края с обязательным замачиванием образца текстильного материала в воде перед проведением испытания³⁵ [3].

Стандарт BS EN 14115:2002 содержит метод испытания на горение промышленных и технических текстильных материалов, используемых для изготовления брезентов, больших

³² ГОСТ ISO 17493-2021. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная и другие средства индивидуальной защиты. Метод определения конвективной термостойкости с применением печи с циркуляцией горячего воздуха. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 11 с.

³³ ГОСТ ISO 13506-1-2021. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от кратковременного воздействия открытого пламени. Часть 1. Метод испытания специальной одежды. Измерение переданной энергии с применением манекена, оснащенного приборами. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 45 с.

³⁴ ГОСТ ISO 9185-2021. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная. Метод оценки стойкости материалов к выплеску расплавленного металла. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 13 с.

³⁵ BS 7837:1996. Specification for flammability performance for textiles used in the construction of marquees and similar textile structures.

палаток, шатров, связанных с ними конструкций, воздуховодов и т. д. и требует подвергать испытываемые образцы (600 мм×180 мм) излучению тепла. Дополнительно используются горячие газы, обдувающие поверхность образца, чтобы способствовать распространению пламени, что делает испытание еще более строгим. Измеряется влияние пламенного горения и наличия потока горячих газов на степень повреждения текстильного материала³⁶ [3].

В США агентства по строительным нормам используют стандарты, определенные ASTM и NFPA, для оценки огнестойкости конструкций тканей. В соответствии с NFPA 701, устанавливающим методы испытаний для оценки распространения пламени различных текстильных изделий и пленок в заданных условиях, ткань должна самозатухать в течение 2 секунд после прекращения воздействия источника зажигания³⁷. Воспламеняемость ткани в горизонтальном положении оценивается с помощью ASTM E84-23d. Измеряется скорость распространения пламени и способность к образованию дыма³⁸. Воздействия пожара на внешнюю сторону кровельных покрытий нормируется документом ASTM E108-20a. Данный метод испытаний измеряет распространение пламени по поверхности и способность материала или системы кровельного покрытия палатки или шатра противостоять проникновению огня снаружи на нижнюю сторону материала³⁹.

Отдельно остановимся на особенностях проведения испытаний для штор и портьер, которые представляют собой вертикально ориентированные ткани, используемые для внутренней отделки помещений. Испытание таких тканей на воспламеняемость проводят путем установки образца вертикально на испытательном стенде. Британский стандарт BS 5438:1976 определяет методы испытаний на воспламеняемость (при воздействии источника зажигания малой мощности) вертикально ориентированных тканей, причем образцы могут иметь как один слой, так и совокупность из двух или более слоев⁴⁰. Для штор и портьер, используемых в быту, время воздействия пламени обычно составляет 10 с, тогда как для

штор, используемых в общественных помещениях, требуется более длительное время воздействия пламени – 15 с. Для штор и портьер, используемых в таких зданиях, как больницы, тюрьмы и т. д., испытания на воспламеняемость являются еще более строгими. В таком случае ткань должна быть испытана четырьмя периодами воздействия пламени по 5, 15, 20 и 30 секунд [3]. Метод измерения распространения пламени вертикально ориентированных текстильных тканей с использованием мощного источника зажигания содержится в BS EN 13772:2011. Тепловой поток определенной мощности воздействует на нижнюю часть вертикального образца ткани в течение 30 с. Затем пламя горелки помещают на 10 с к небольшому куску хлопчатобумажной ткани, закрепленному вокруг нижнего края образца, и фиксируют скорость распространения пламени⁴¹.

Ворсовые ткани и материалы, имитирующие мех, имеют свою специфику и часто используются при производстве мягких игрушек с наполнителем. Испытание на воспламеняемость игрушек, созданных с использованием ворсовых тканей проводится в соответствии со стандартом BS EN 71-2:2020 – TC⁴². В Великобритании документ BS 4569:1983 описывает метод испытаний, позволяющий определить, способствует ли ворс на тканях и тканях из искусственного меха быстрому распространению пламени по поверхности⁴³.

Необходимо отметить, что некоторые виды тканей в виду особенностей их применения и особых условий эксплуатации на этапе химической отделки подвергаются обработке антипиренами, то есть приобретают огнезащитные свойства. Для исследования пожароопасных свойств текстильных материалов и изделий из них с огнезащитной обработкой часто применяются те же стандарты, что и для необработанных тканей. Однако существует ряд методик, предназначенных только для текстильных образцов, прошедших огнезащитную обработку. В качестве параметра пожарной опасности льняных и полульняных тканей (ГОСТ 15898-70⁴⁴), а также хлопчатобумажных и смешанных тканей для спецодежды

³⁶ BS EN 14115:2002. Textiles. Burning behaviour of materials for marquees, large tents and related products. Ease of ignition.

³⁷ NFPA 701 Standard Methods of Fire Tests for Flame Propagation of Textiles and Films 2004 Edition.

³⁸ ASTM E84-23d. Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials.

³⁹ ASTM E108-20a. Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings.

⁴⁰ BS 5438:1976. Methods of test for flammability of vertically oriented textile fabrics and fabric assemblies subjected to a small igniting flame.

⁴¹ BS EN 13772:2011. Textiles and textile products. Burning behaviour. Curtains and drapes. Measurement of flame spread of vertically oriented specimens with large ignition source.

⁴² BS EN 71-2:2020. TC Safety of toys – Flammability.

⁴³ BS 4569:1983. Method of test for ignitability (surface flash) of pile fabrics and assemblies having pile on the surface.

⁴⁴ ГОСТ 15898-70. Ткани льняные и полульняные. Метод определения огнестойкости. М.: Издательство стандартов, 1999. 3 с.

(ГОСТ 11209-2014⁴⁵) определяется огнестойкость. ГОСТ 19297-2003⁴⁶ позволяет определить сохранность огнезащитных свойств хлопчатобумажных тканей с огнезащитой на основе H_3PO_4 . Таким образом, для ТМ, обработанных растворами антипиренов, дополнительно разработан ряд методик, в соответствии с которыми определяется огнестойкость материала и устойчивость огнезащитной отделки к «мокрым» обработкам и стирке.

Отдельное место в исследованиях пожарной опасности ТМ занимают термические методы испытаний.

Термические исследования проводятся для составления характеристик поведения веществ и материалов при нагреве, как в инертной среде, так и в воздушной. Для определения температурных диапазонов деструкции и процента потери массы текстильных материалов может быть применен термогравиметрический анализ (ТГА). Проведение термогравиметрических исследований в зарубежной нормативной литературе описывается стандартами ISO 11358-1:2022 и ASTM E1131-20. Термогравиметрический анализ относится к методам исследования физических эффектов и химических реакций, связанных с изменением массы образца. Стандарты применяются для определения температуры и скорости разложения полимеров, а также одновременного измерения количества содержащихся в них летучих веществ, добавок и наполнителей. На основании результатов, полученных с использованием метода термогравиметрии, можно провести сравнение образца с материалом того же типа^{47,48}.

Масса образца, оставшаяся после термического воздействия, указывает на термическую стабильность и эффективность механизма обугливания. Чем больше масса остатка, тем больше количество кокса, физически отделяющего материал от доступа окислителя. Сдвиг температуры начала потери массы образца в сторону более высоких температур указывает на термическую стабильность материала. Зависимость угла наклона термогравиметрической кривой от устойчивости образца к дальнейшему разложению имеет следующую закономерность: чем меньше угол наклона, тем выше устойчивость [4].

Общий порядок проведения термического анализа описан в ГОСТ Р 53293-2009 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа». Термический анализ включает в себя термогравиметрический метод (ТГ), термогравиметрический метод по производной (ДТГ), дифференциально-сканирующую калориметрию (ДСК). Указанный стандарт распространяется на текстильные материалы, а также средства огнезащиты⁴⁹.

Аналогом международного стандарта ISO 11358-1:2022 в Российской Федерации является ГОСТ 29127-91 «Пластмассы. Термогравиметрический анализ полимеров. Метод сканирования по температуре». Стандарт устанавливает основные условия для выполнения термогравиметрических измерений полимеров как в динамическом режиме (изменение массы в зависимости от температуры или времени при заданных температурных условиях), так и изотермическом режиме (изменение массы в зависимости от времени при постоянной температуре). Исследования могут быть проведены как в инертной среде, так и в кислородно-азотной смеси⁵⁰.

Общие принципы проведения дифференциальной сканирующей калориметрии для полимеров и полимерных смесей содержатся в стандарте ISO 11357-1:2023. В документе изложен ряд общих аспектов: принцип работы и оборудование, отбор проб, калибровка, протокол испытаний⁵¹. Подробная информация о применении конкретных методов измерения свойств при физических переходах и химических реакциях, а также устойчивости к окислению и теплоемкости приведена в последующих частях серии ISO 11357.

Широкое внедрение методов термического анализа в исследования структуры материалов позволяет определить степень термического поражения текстильных материалов, которую можно охарактеризовать температурой начала и окончания термического разложения волокнообразующего полимера, температурой максимальной скорости разложения материала, величиной тепловых эффектов фазовых переходов, количеством зольного остатка. Результаты, полученные с помощью

⁴⁵ ГОСТ 11209-2014. Ткани хлопчатобумажные и смешанные защитные для спецодежды. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. 13 с.

⁴⁶ ГОСТ 19297-2003. Ткани хлопчатобумажные с огнезащитной отделкой. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2005. 7 с.

⁴⁷ ISO 11358-1:2022. Plastics – Thermogravimetry (TG) of polymers. Part 1: General principles.

⁴⁸ ASTM E1131-20. Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry.

⁴⁹ ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа. М.: Стандартинформ, 2011. 18 с.

⁵⁰ ГОСТ 29127-91. Пластмассы. Термогравиметрический анализ полимеров. Метод сканирования по температуре. М.: Издательство стандартов, 2004. 5 с.

⁵¹ ISO 11357-1:2023. Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC).

термического анализа, описаны, в частности, в работах [5, 6].

Специалистами в области пожарной безопасности неоднократно делались попытки использовать ТГА и ДТА непосредственно для определения пожароопасных характеристик веществ и материалов. Для этого необходимо выявить корреляционные связи общепринятых пожароопасных характеристик веществ, определенных стандартными методами, с информацией, получаемой методами ТГА и ДТА [7].

В качестве обобщения рассмотренных методов исследования пожарной опасности текстильных материалов различного ассортимента и области применения можно отметить следующее.

Стеновые испытания на воспламеняемость показательны тем, что можно определить некоторые пожароопасные свойства текстильных материалов и использовать данные для относительного ранжирования текстиля по

степени его пожарной опасности. Данные, полученные в результате стеновых испытаний, также можно использовать для прогнозирования поведения тканей при возникновении крупных пожаров с использованием математических моделей [3].

Существует высокая степень корреляции между различными методами исследования: если при проведении термического анализа скорость разложения текстильного материала низкая, то и при проведении испытания с вертикальным пламенем UL-94 образец будет гореть медленно [4].

Р. К. Уортон в своей работе привел возможную корреляцию между значением кислородного индекса и результатами других испытаний полимерных материалов на огнестойкость, которые показывают, что степень возможной корреляции зависит от параметра горения текстильного материала, измеряемого в конкретном тесте (табл. 2) [8].

Таблица 2. Сводная информация о степени корреляции, обнаруженной между значениями кислородного индекса и результатами испытаний на воспламеняемость

Метод проведения испытания	Основной измеряемый параметр горения	Степень корреляции со значением кислородного индекса
UL 94 (BULLETIN-2018 UL Standard for Safety Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances) (Воспламеняемость пластмассовых материалов для деталей устройств и приборов)	время горения и тления образца	приблизительная
ASTM D635-22 (Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position) (Скорость горения и/или степень и время горения пластмасс в горизонтальном положении)	скорость горения; путь, пройденный огнем; время затухания	не отчетливая, но существует некоторая корреляция
ASTM D1692 (Standard Method Of Test For Flammability Of Plastic Sheeting And Cellular Plastics)	скорость горения	отсутствует
FMVSS 302 (Flammability of Automotive Materials) (Воспламеняемость автомобильных материалов)	скорость горения	мало полученных доказательств
BS 476-7:1997 (Fire tests on building materials and structures. Method of test to determine the classification of the surface spread of flame of products) (Метод испытания для определения классификации поверхностного распространения пламени изделий)	скорость распространения пламени по поверхности	приемлемая
BS 476-6:1989+A1:2009 (Fire tests on building materials and structures. Method of test for fire propagation for products) (Метод испытания изделий на распространение огня)	скорость повышения температуры	нет корреляции

Метод проведения испытания	Основной измеряемый параметр горения	Степень корреляции со значением кислородного индекса
BS 2782 (Methods of testing plastics. Methods 508 flammability)	скорость горения	мало имеющих до-казательств
BS 415 (Specification for safety requirements for mains-operated electronic and related apparatus for household and similar general use)	время затухания	существует некоторая корреляция
BS EN ISO 3582:2001 (Flexible cellular polymeric materials. Laboratory assessment of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame) (Гибкие ячеистые полимерные материалы. Лабораторная оценка характеристик горизонтального горения небольших образцов, подвергнутых воздействию малокалорийного источника зажигания)	время горения и путь, пройденный огнем	приемлемая
ISO/R 1210 (Plastics – Determination of flammability of plastics in the form of bars)	время затухания	отмечается некоторая корреляция
ISO 9773:1998 (Plastics – Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small flame ignition source) (Пластмассы. Определение поведения при горении тонких гибких вертикальных образцов при контакте с малокалорийным источником зажигания)	время горения	отсутствует
ASTM E84-23d (Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials) (Стандартный метод испытаний характеристик поверхностного горения строительных материалов)	скорость распространения пламени	приемлемая
AATCC – 213 (Test Method for Vertical Wicking Rate of Textiles: to Specified Times) (Метод испытания вертикальной скорости впитывания влаги в текстиле: до указанного времени)	степень обугливания и/или горения	грубая степень корреляции

Помимо этого, Уортон отмечает наличие хорошей корреляции между результатами термогравиметрического анализа и кислородного индекса для безгалогенсодержащих полимеров [8].

Выводы

В представленной обзорной статье рассмотрены и проанализированы различные методики определения пожароопасных свойств текстильных материалов. Анализ методик показал, что в нашей стране и за рубежом используются во многом сходные методы изучения пожароопасных свойств тканей, отличающиеся в некоторых случаях условиями проведения эксперимента и обработкой полученных данных. Основопологающим показателем пожарной опасности является кислородный индекс изучаемого материала. Широко используются методики определения воспламеняемости материалов и скорости распро-

странения пламени вертикально и горизонтально расположенных образцов, размещение которых зависит от вида и назначения текстильного материала. Разработаны и используются национальные и межгосударственные стандарты, применяемые для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов и изделий различного назначения, в том числе боевой одежды пожарных и защитной одежды.

Отмечено, что для качественной и количественной оценки газового состава продуктов разложения текстильных материалов используется конусная калориметрия. Показана возможность использования термических методов исследования при анализе пожароопасных свойств текстильных материалов и изделий из них.

Обобщены имеющиеся в научной и нормативной литературе данные по методам исследования пожароопасных свойств текстильных материалов.

Список литературы

1. New prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites / F. Laoutid, L. Bonnaud, M. Alexandre [et al.]. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 2009, vol. 63, pp. 100–125.
2. Flame retardance behaviour and degradation of plant-based natural fiber composites – A comprehensive review / L. Rajeshkumar, P. S. Kumar, P. Boonyasopon [et al.]. *Construction and Building Materials*, 2024, vol. 432, 136552, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136552>.
3. Nazaré S., Horrocks A. R. Flammability testing of fabrics. Editor(s): Jinlian Hu, In *Woodhead Publishing Series in Textiles, Fabric Testing*, Woodhead Publishing, 2008, pp. 339–388.
4. Fire-resistant and flame-retardant surface finishing of polymers and textiles: A state-of-the-art review / O. Y. Wen, M. Z. Mohd Tohir, T. C. S. Yeaw [et al.]. *Progress in Organic Coatings*, 2023, vol. 175, 107330, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107330>.
5. 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.
6. Спиридонова В. Г., Циркина О. Г. Исследование пожароопасных свойств тканей из целлюлозных волокон методами термического анализа // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2023. № 2 (404). С. 123–128.
7. Беззапонная О. В. Изучение особенностей развития пожара с использованием метода синхронного термического анализа // *Безопасность веществ и материалов. Пожаровзрывобезопасность*. 2022. № 5. Том 31. С. 26–32.
8. Wharton R. K. Correlation Between the Critical Oxygen Index Test and Other Fire Tests. *Fire and Materials*, 1981, no. 5 (3), pp. 93–102.

References

1. New prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites / F. Laoutid, L. Bonnaud, M. Alexandre [et al.]. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 2009, vol. 63, pp. 100–125.
2. Flame retardance behaviour and degradation of plant-based natural fiber composites – A comprehensive review / L. Rajeshkumar, P. S. Kumar, P. Boonyasopon [et al.]. *Construction and Building Materials*, 2024, vol. 432, 136552, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136552>.
3. Nazaré S., Horrocks A. R. Flammability testing of fabrics. Editor(s): Jinlian Hu, In *Woodhead Publishing Series in Textiles, Fabric Testing*, Woodhead Publishing, 2008, pp. 339–388.
4. Fire-resistant and flame-retardant surface finishing of polymers and textiles: A state-of-the-art review / O. Y. Wen, M. Z. Mohd Tohir, T. C. S. Yeaw [et al.]. *Progress in Organic Coatings*, 2023, vol. 175, 107330, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107330>.
5. Ocenka požaroopasnych svojstv tekstil'nyh materialov iz prirodnyh cellyuloznych volokon [Assessment of fire-hazardous properties of textile materials made from natural cellulose fibers] / O. G. Tsirkina, L. V. Sharnina, A. L. Nikiforov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2019, issue 3 (32), pp. 81–88.
6. Spiridonova V. G., Tsirkina O. G. Issledovanie požaroopasnych svojstv tkanej iz cellyuloznych volokon metodami termicheskogo analiza [Investigation of fire-hazardous properties of cellulose fiber fabrics by thermal analysis methods]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2023, vol. 2 (404), pp. 123–128.
7. Bezzaponnaya O. V. Izuchenie osobennostej razvitiya požara s ispol'zovaniem metoda sinhronnogo termicheskogo analiza [Study of the features of fire development using the method of synchronous thermal analysis]. *Bezopasnost' veshchestv i materialov. Pozharovzryvobezopasnost'*, 2022, issue 5, vol. 31, pp. 26–32.
8. Wharton R. K. Correlation Between the Critical Oxygen Index Test and Other Fire Tests. *Fire and Materials*, 1981, no. 5 (3), pp. 93–102.

Спиридонова Вероника Гербертовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

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
candidate of technical sciences
E-mail: nika.spiridonowa@yandex.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

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

Чуприна Ольга Сергеевна

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

Chuprina Olga Sergeevna

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

УДК 693

МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРНА СКВАЖИН ПОДЗЕМНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Е. Ю. ТРОЯК, И. Н. ПОЖАРКОВА, Т. А. ЛИТВИНСКАЯ

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, Красноярский край, г. Железногорск
E-mail: trev191186@mail.ru, pozharkova@mail.ru, tlitvinskaya0@xmail.ru

Статья посвящена исследованию образцов керна скважин участка строительства подземной исследовательской лаборатории. Цель исследования заключалась в оценке степени термических повреждений материала при воздействии температур в диапазоне от 300 до 800 °C на основе результатов микроскопического анализа и исследования цветовых характеристик образцов. В статье описаны методики проведения соответствующих лабораторных исследований. Получены данные об образовании микротрещин на поверхности материала в условиях испытаний. Выявлена зависимость изменения цветовых характеристик керна скважин подземной исследовательской лаборатории от степени нагрева.

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, подземная исследовательская лаборатория, керн, горная выработка, горные породы, микроскопический анализ, RGB характеристики, целостность.

MICROSCOPIC ANALYSIS AND STUDY OF THE COLOR CHARACTERISTICS OF WELL CORES FROM AN UNDERGROUND RESEARCH LABORATORY UNDER THERMAL INFLUENCE

E. YU. TROYAK, I. N. POZHARKOVA, T. A. LITVINSKAYA

Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry
of Emergency Situations of Russia
Russian Federation, Krasnoyarsk Region, Zheleznogorsk
E-mail: trev191186@mail.ru, pozharkova@mail.ru, tlitvinskaya0@xmail.ru

The article is devoted to the study of well core samples from the construction site of an underground research laboratory. The aim of the study was to assess the degree of thermal damage to the material when exposed to temperatures in the range from 300 to 800 °C based on the results of microscopic analysis and examination of the color characteristics of the samples. The article describes the methods of conducting appropriate laboratory tests. Data on the formation of microcracks on the surface of the material under test conditions were obtained. The dependence of the change in the color characteristics of the well core of the underground research laboratory on the degree of heating has been revealed.

Key words: fire, fire safety, underground research laboratory, core, mining, rocks, microscopic analysis, RGB characteristics, integrity.

Введение

На сегодняшний день реализуется проект по строительству подземной исследовательской лаборатории в геологических формациях участка «Енисейский», расположенного в 6 км от города Железногорска Красноярского края.

В состав лаборатории войдут¹:

1. поверхностная инфраструктура (здания, сооружения, объекты инженерного обеспечения);
2. два вертикальных ствола глубиной около 500 м;
3. горизонтальные выработки, соединяющие стволы ПИЛ;

© Трояк Е. Ю., Пожаркова И. Н., Литвинская Т. А., 2025

¹ Атомная энергия. «Стройка тысячелетия: общественности и федеральным экспертам показали, как

идет создание ПИЛ в Железногорске.» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.atomic-energy.ru/SMI/2019/10/25/98521>. (Дата обращения: 05.07.2024).

4. четыре горизонтальные камерные выработки с четырьмя вертикальными скважинами в них глубиной по 75 м.

При проектировании и строительстве подземных капитальных выработок необходимо предусматривать комплекс мер, направленных на обеспечение требуемых показателей надёжности, долговечности и безопасности строительных и ограждающих конструкций.

На основании изученных данных и проведённого анализа было установлено, что более 40 % аварийных ситуаций в подземных выработках связаны с пожарами, 30 % – с прорывами воды, около 17 % – с обрушениями, и примерно 12 % аварий происходит из-за загрязнённости выработок [1-4].

В рамках обоснования безопасности объекта подземной исследовательской лаборатории следует изучить прочностные характеристики горной породы при термических воздействиях, характерных для пожаров в горных выработках.

Целью авторского коллектива при выполнении исследования, результаты которого представлены в данном материале, являлось определение целостности образцов керна скважин подземной исследовательской лаборатории посредством микроскопического анализа, а также оценка изменения их цветовых характеристик при воздействии температур в диапазоне от 300 до 800 °С.

Материалы и методы исследования

Скальный массив представлен нижнеархейскими гнейсами, пронизанными дайками долерита или габбро-диабазы. Массив сформировался в условиях гранулитовой фации регионального метаморфизма. Гнейсы составляют около 4/5 геологической массы горного массива. Основными минералами гнейсов являются кварц, плагиоклаз, калиевый полевой шпат. Гнейсовую толщу пронизывает серия даек долеритов как минимум двух поколений. Дайки долеритов – это интрузивные тела, которые образовались в результате внедрения магмы в трещины земной коры. Толщина даек долеритов изменяется по вертикали от 0,3 до 39 метров. Глубокий метаморфизм горных пород обуславливает большую прочность кристаллических коренных фракций, где снижение прочности определяется только наличием трещин.

В массиве архейских горных пород практически отсутствуют подземные воды, а также трещиноватые зоны, которые можно характеризовать как водопроницаемые. В четвертичных отложениях сформирована стоковая зона, питающая водотоки первого и второ-

го порядков, обеспечивающая максимальный сток поверхностных вод с территории [5]

Задача ПИЛ – подтверждение возможности безопасного глубинного захоронения РАО, что непосредственно связано с изучением прочностных характеристик массива, являющегося естественным барьером безопасности. Одним из методов изучения прочностных характеристик керна является микроскопический анализ, который основывается на исследовании внешних морфологических характеристик объекта. Оптическая микроскопия включает в себя методы наблюдения и анализа структуры образцов, которая не различима невооружённым глазом. Для этого используется оптический микроскоп, позволяющий детально изучить особенности строения образца [6].

В рамках описываемого исследования цель микроскопического анализа заключалась в определении наличия или отсутствия микротрещин в исходных образцах керна до термического воздействия, а также регистрации начальной стадии трещинообразования, в ходе которой под влиянием высоких температур в материале формируются микротрещины и микропоры. Кроме того, фиксировалась ширина и размер каждой трещины для более глубокого понимания процессов, происходящих в материале при нагреве.

Также авторами данного материала ставилась задача определения цветовых характеристик образцов керна, подвергнувшихся термическим воздействиям. В научной литературе [6, 7, 8] отмечается, что многие материалы изменяют свой цвет в зависимости от температуры и продолжительности нагрева, что позволяет оценить степень их термических повреждений. Это указывает на наличие взаимосвязи между воздействующей температурой, временем выдержки при определённой температуре (что отражает степень теплового повреждения) и оптическими характеристиками поверхностного слоя материала, включая изменение его цвета.

В системе RGB для представления численных значений координат используется один октет, что позволяет удобно обозначать каждую из трёх координат целыми числами от 0 до 255 включительно. Такой подход обеспечивает точность и гибкость в описании цветов. Поскольку в цветовой модели RGB используются три независимые величины, она представляет собой трёхмерную систему координат, где каждая точка определяется тремя координатами, соответствующими интенсивности красного, зелёного и синего цветов. Это позволяет точно описать любой цвет как уни-

кальную комбинацию этих трёх основных составляющих² [9].

Исследование образца зерна включало в себя несколько ключевых этапов:

1. Визуальный осмотр образца – это начальный этап исследования, который позволял оценить общее состояние материала и выявить возможные дефекты или особенности, влияющие на результаты последующих измерений.

2. Разметка точек замера – на этом этапе выбирались точки на поверхности образца зерна, в которых планировалось проведение измерений. Это делалось для того, чтобы получить более полное представление о распределении термических повреждений на поверхности материала.

3. Проведение замера показаний цвета – этот этап включал использование специального прибора для измерения цветовых характеристик образца зерна в выбранных точках. Прибор контроля степени термических повреждений [9], использовался для получения точных данных о цвете поверхности образца, которые затем применялись для анализа.

4. Построение поверхностной карты распределения термических повреждений – на основе полученных данных строилась цветовая карта, показывающая распределение термических повреждений на поверхности образца зерна, что позволяло визуально оценить степень и характер повреждений.

5. Анализ построенной карты – заключительный этап исследования, на котором оценивались полученные данные и делались выводы о состоянии образца зерна.

Важно отметить, что измерения значений цветовых характеристик (этап 3) в каждой точке проводились 12 раз, при этом максимальное и минимальное значения не учитывались при обработке результатов, чтобы исключить случайную ошибку. Для определения среднего результата данные 10 измерений заносились в таблицу, затем производилась их статистическая обработка. Интервал для среднего значения рассчитывался с доверительной вероятностью 0,99 [9], что позволило получить более точные и надёжные результаты исследования.

Лабораторное оборудование

Для проведения микроскопического анализа образцов зерна применялся комплекс оборудования, одним из компонентов которого являлся металлографический мик-

роскоп «Метам ЛВ-41» с системой компьютерной обработки.

Данный микроскоп представляет собой высокотехнологичное оборудование, предназначенное для проведения широкого спектра работ по пробоподготовке и визуальному исследованию под увеличением внутренней структуры различных объектов.

Для получения изображения рассматриваемой области в микроскопе предусмотрена телевизионная камера «VEC-545-USB», которая монтируется вместо окуляра $\times 10$. Камера подключается через USB кабель к компьютеру и при помощи программы «NEXSYS ImageExpert» позволяет отображать изображение в микроскопе в реальном времени, а также делать снимки высокого разрешения и редактировать их, вычислять широкий спектр геометрических параметров элементов структуры.

Как было указано выше, в рамках исследования цветовых характеристик образцов зерна применялся прибор контроля степени термических повреждений, оснащённый датчиком цвета, который представляет собой программируемый преобразователь отражённого света от исследуемого объекта в цифровой сигнал, и ЖК-дисплеем для отображения информации о цветовых характеристиках в точке замера [9].

Объекты исследования

Объектом исследования являлись образцы зерна, предоставленные Институтом проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

На рис. 1 представлен внешний вид образцов зерна скважин подземной исследовательской лаборатории после термического воздействия.

Выбор диапазона температур, который составил от 300 до 800 °C с шагом 100 °C, и времени воздействия на образцы был обоснован ранее проведёнными исследованиями [10, 11]. Время нагрева образцов задавалось равным 30 мин, что связано с полученными ранее результатами, свидетельствующими о том, что при изменении свойств зерна главным образом имеет значение температура воздействия, а не продолжительность нагрева [12].

Результаты исследований

Каждый образец, успешно прошедший визуальный осмотр невооружённым глазом, т.е. без использования вспомогательного оборудования (не имеющий внешних дефектов, препятствующих дальнейшему исследованию), помещался на предметный столик микроскопа, для подробного изучения как нижнего, так и

² Цветовые системы. История вопроса (часть 59) [Электронный ресурс] URL: <https://natural-colours.livejournal.com/35541.html> (дата обращения: 05.07.2024).

верхнего оснований на наличие микротрещин под разным увеличением.

После температурного воздействия на образцы керна, визуальным осмотром выявлено следующее:

– появление видимых невооруженным глазом трещин на образцах № 58 – термическое воздействие 500 °С; №№ 17, 18, 19, 30, 39

– 600 °С; №№ 21, 22, 23, 24, 31, 33, 55, 56 – 700 °С; №№ 42, 46 – 800 °С;

– частичное разрушение образцов №№ 27, 32, 38, 43, 48, 57 – термическое воздействие 800 °С.

В табл. 1 представлены микрофотографии образцов с микротрещинами, сделанных при помощи программы «NEXSYS ImageExpert».

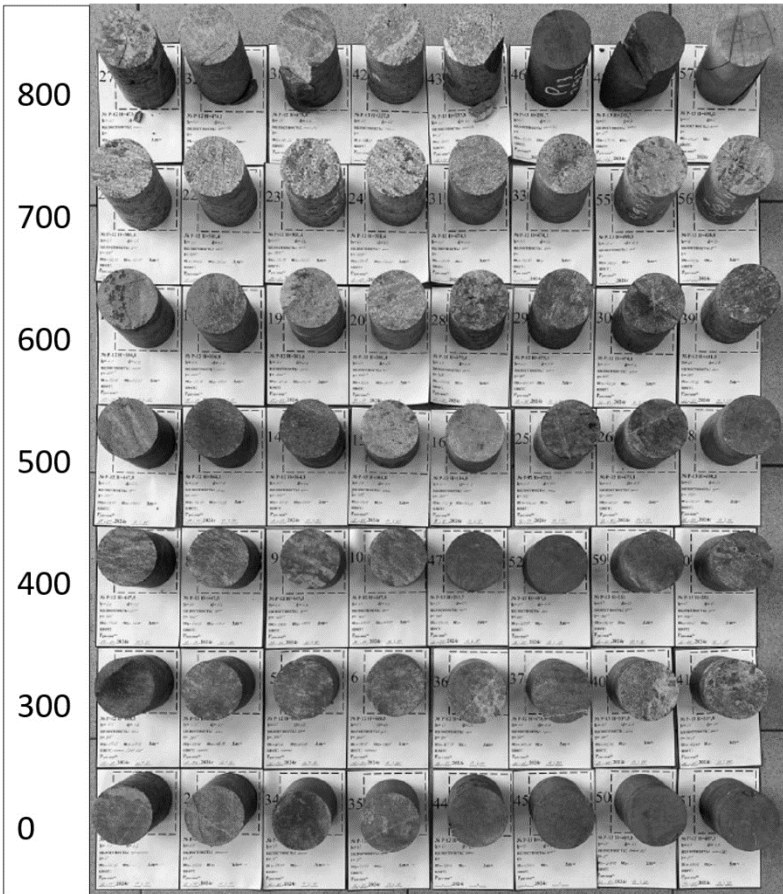
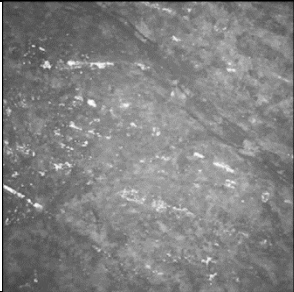
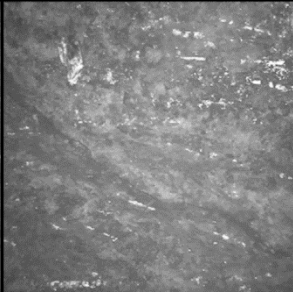
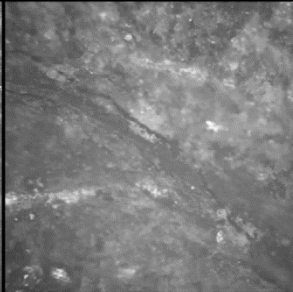
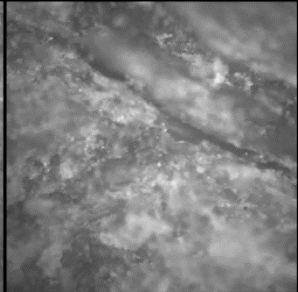
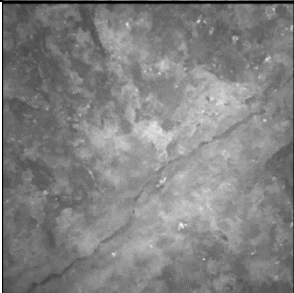
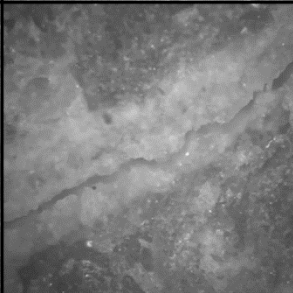
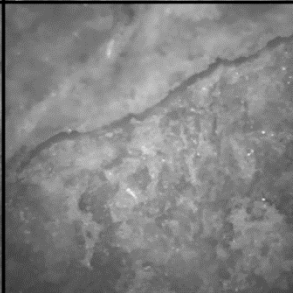
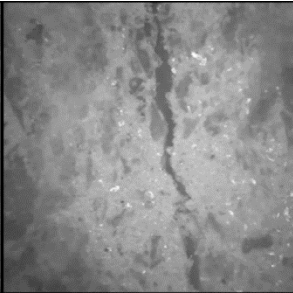
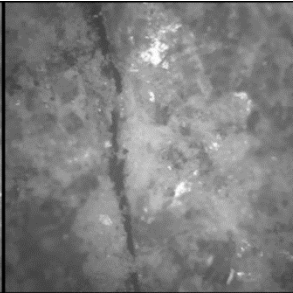
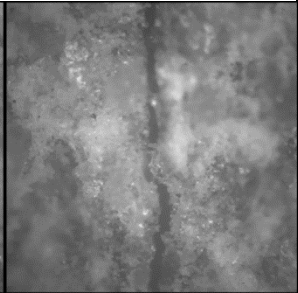
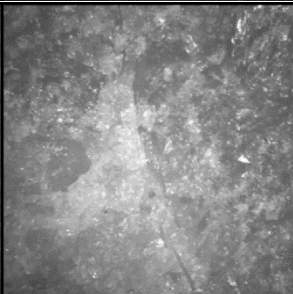
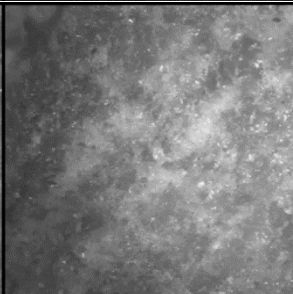
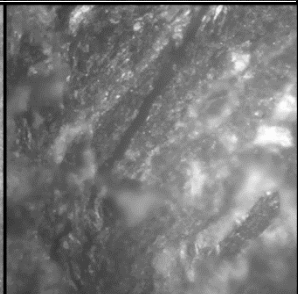
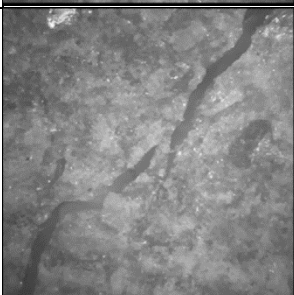
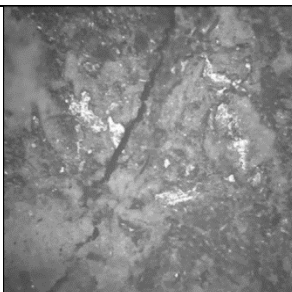
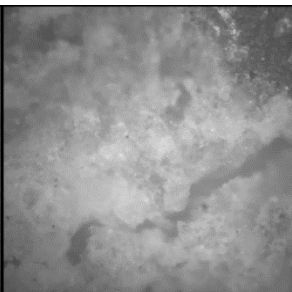
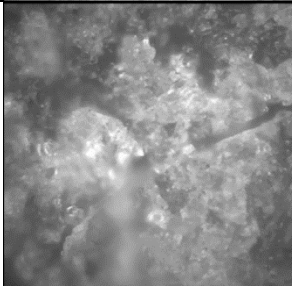
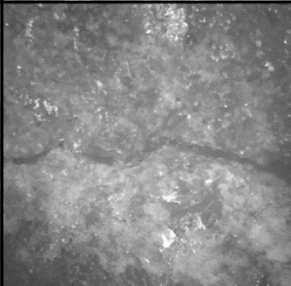
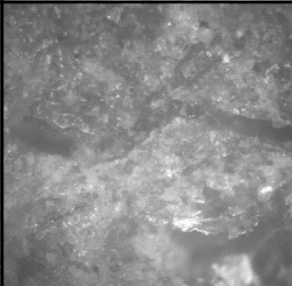
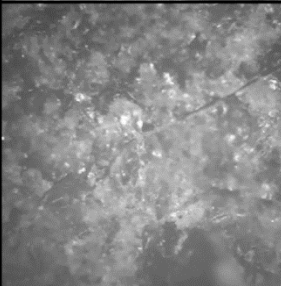


Рис. 1. Вид образцов после термического воздействия

Таблица 1. Фотографии микроскопии образцов керна с фиксацией трещин после термического воздействия

№ образца керна	Фотография образца керна с фиксацией трещин			
	300 °С			
№ 37				

№ образца керна	Фотография образца керна с фиксацией трещин			
	400 °C			
№ 47				
№ 60				
	500 °C			
№ 11				
№ 13				
№ 16				

№ об- разца керна	Фотография образца керна с фиксацией трещин			
600 °С				
№ 20				
№ 28				

Измерения цветовых характеристик проводились согласно описанной выше методике в 5 точках на каждом образце. Средние значения измерений определялись, как среднее арифметическое из полученных результатов.

В табл. 2 приведены результаты измерений цветовых характеристик образцов с использованием прибора контроля термических повреждений [9].

Несмотря на то, что образцы неоднородны и каждый имеет индивидуальную характеристику RGB, прослеживается изменение цвета при воздействии температур 400–600 °C, а именно, исходный серый цвет материала приобретает розоватый оттенок. При температурах выше 700 °C образцы светлеют (рис. 2).

Таблица 2. Средние значения измерений цветовых характеристик образцов керна

№ образца согласно описи	№ скважины	Глубина отбора проб	t, °C	R	G	B
1	P-11	344,9	0	81	90	91
2	P-11	344,9		82	91	89
34	P-12	474,1		60	70	68
35	P-12	478,0		79	87	86
44	P-13	291,7		71	82	79
45	P-13	291,7		68	78	77
50	P-13	487,3		71	82	80
51	P-13	487,3		71	83	81
3	P-12	468,5	300	68	77	73
4	P-12	468,5		77	85	82
5	P-12	468,5		76	86	84
6	P-12	468,5		75	85	83
36	P-12	478,0		86	94	92
37	P-12	478,0		78	87	86
40	P-13	337,8		94	101	99
41	P-13	337,8		84	92	90
7	P-12	447,5	400	79	87	84
8	P-12	447,5		74	83	80
9	P-12	447,5		82	89	87

№ образца согласно описи	№ скважины	Глубина отбора проб	t, °C	R	G	B
10	P-12	447,5		77	86	83
47	P-13	291,7		69	78	75
52	P-13	487,3		67	76	76
59	P-13	251		72	80	77
60	P-1	251		79	87	84
11	P-12	447,5	500	90	95	92
13	P-12	364,3		65	75	72
14	P-12	364,3		76	84	81
15	P-12	104,8		108	108	105
16	P-12	104,8		102	105	101
25	P-12	473,1		80	85	81
26	P-12	473,1		70	79	78
58	P-13	498,0		76	84	81
17	P-12	104,8	600	100	99	92
18	P-12	104,8		83	86	81
19	P-12	301,4		102	105	100
20	P-12	301,4		116	117	111
28	P-12	473,1		85	90	87
29	P-12	473,1		85	90	86
30	P-12	474,1		70	79	76
39	P-12	481,8		84	89	86
21	P-12	301,4	700	123	120	113
22	P-12	301,4		110	110	106
23	P-12	301,4		106	107	103
24	P-12	301,4		129	128	124
31	P-12	474,1		100	105	101
33	P-12	474,1		93	96	91
55	P-13	498,0		102	100	94
56	P-13	498,0		105	104	98
27	P-12	473,1	800	96	97	90
32	P-12	474,1		109	108	102
38	P-12	478,0		103	104	99
42	P-13	337,8		105	105	99
43	P-13	337,8		109	104	97
46	P-13	291,7		64	69	67
48	P-13	291,7		67	71	66
57	P-13	498,0		106	102	94

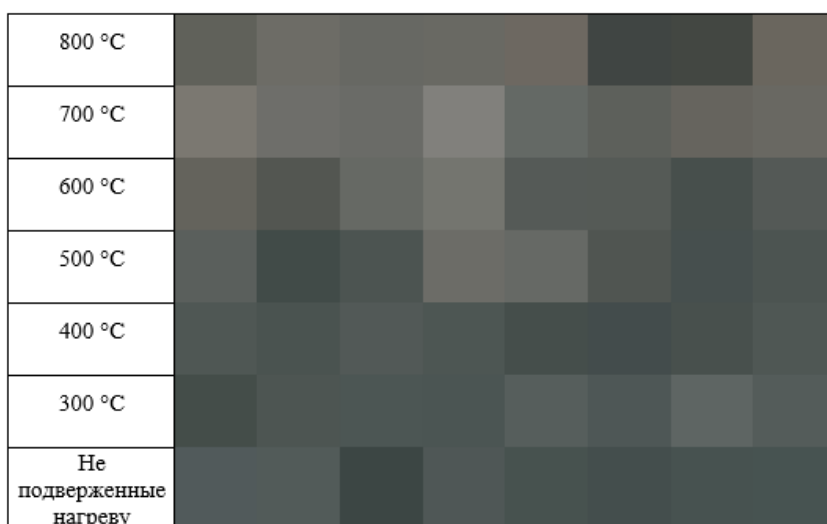


Рис. 2. Вид образцов керна после термического воздействия

На рис. 3 представлены графики зависимости цветовых характеристик от температуры воздействия на образцы. С ростом температуры значения показателей R, G, B сначала уменьшаются при воздействиях от 300 до 400 °С, затем резко увеличиваются после 400 °С. Пик данных значений приходится на 700 °С, после чего наблюдается их снижение.

Обсуждение результатов

Данные, приведенные в табл. 1 свидетельствуют о том, что при воздействии на образцы зерна температуры от 500 °С, наступает стадия трещинообразования, что может оказывать влияние на прочностные характеристики горной породы такие как целостность и несущая способность. Обнаруженные в небольших количествах микротрещины в образцах, нагретых до 300–400 °С, можно охарактеризовать как следствие неоднородности материала, поскольку данные трещины появились на стыке неоднородных включений в основной материал зерна.

Для составления объективной картины влияния термического воздействия на прочность представленных образцов требуются дополнительные исследования предела прочности горной породы на одноосное сжатие.

Также, по результатам проделанной работы было установлено, что температура оказывает влияние на цветовые характеристики образцов зерна скважин подземной исследовательской лаборатории на всем диапазоне термического воздействия. Наблюдается равномерное осветление поверхности образцов, что подтверждается увеличением значений RGB-характеристик. Стоит отметить, что при воздействии на образцы температур 400, 800 °С, значения цветовых характеристик некоторых из них уменьшаются (образцы темнеют), что может свидетельствовать об изменениях в структуре состава породы. В дальнейших исследованиях авторы ставят перед собой задачу выявления и анализа подобных изменений.

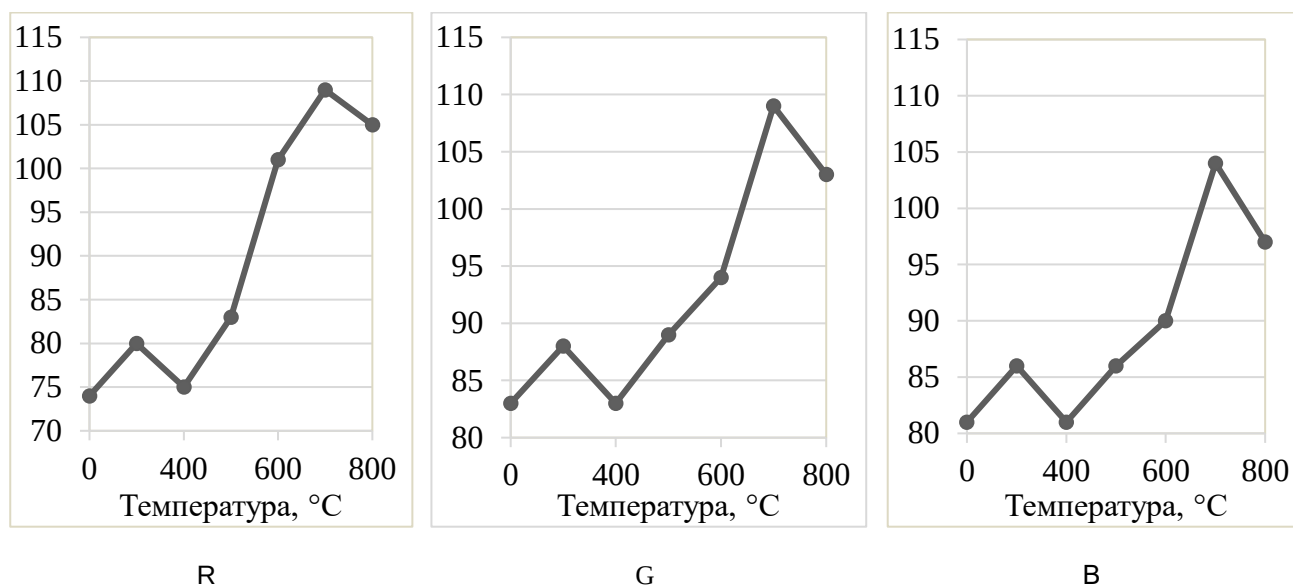


Рис. 3. График зависимости значений R, G, B от температуры воздействия на образцы зерна

Закключение

Исследование образцов зерна скважин участка недр «Енисейский» в 6 км от города Железногорск Красноярского края, позволило получить данные о микроструктуре материалов и их поведении при различных температурах.

В ходе исследования были проведены микроскопический анализ и измерение цветовых характеристик образцов зерна при термических воздействиях в диапазоне от 300 до 800 °С с шагом 100 °С, что позволило установить факт образования микротрещин на поверхности об-

разцов и определить зависимость изменения их цветовых характеристик от температуры.

Полученные результаты, могут быть использованы для характеристики физико-технических параметров горных пород участка «Енисейский», с целью обоснования безопасности сооружений подземной исследовательской лаборатории при аварийных ситуациях, связанных с пожарами. Описанная методика лабораторного исследования образцов может быть применена при экспертизе аналогичных материалов, подверженных термическим воздействиям.

Список литературы

1. Гарбер В. А. Нештатные ситуации в подземных транспортных сооружениях // Подземные горизонты. 2018. № 16. С. 20–25.
2. Скопинцева О. В., Баловцев С. В. Управление аэрологическими рисками угольных шахт на основе статистических данных системы аэрогазового контроля // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 1. С. 78–89. DOI: 10.25018/0236–1493–2021–1–0–78–89.
3. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Повышение качества расчетных обоснований проектов // БСТ: бюллетень строительной техники. 2005. № 10. С. 59–62.
4. Еремин А. К., Мухарицин Е. С. О причинах возникновения рисков аварийного обрушения зданий и сооружений // Геориск. 2009. № 3. С. 54–55.
5. Буркина Н. А., Костенко Е. М. Микроскопический анализ лекарственного растительного сырья: учебно-методическое пособие. Томск: СибГМУ, 2018. 48 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/138682> (дата обращения: 05.07.2024).
6. Чешко И. Д. Расследование и экспертиза пожаров. СПб: СПбГПБ МВД РФ, 1997. 562 с.
7. Чешко И. Д. Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие. М: ВНИИПО, 2002. 330 с.
8. Осмотр места пожара: методическое пособие / И. Д. Чешко, Н. В. Юн, В. Г. Плотников [и др.]. М.: ВНИИПО, 2004. 503 с.
9. Горбунов А. С. Разработка метода и прибора контроля степени термических повреждений материалов на месте пожара: дис. ... канд. техн. наук: 2.2.8. Красноярск, 2023. 187 с. EDN: NKCYCF.
10. Трояк Е. Ю., Мельникова Е. С. Исследование микроструктуры керна скважин подземной исследовательской лаборатории участка «Енисейский» при термическом воздействии // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия» Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий, 2023. С. 41–45. EDN: YJIRBO.
11. Пожаркова И. Н. Исследование температурного режима пожара в подземной

исследовательской лаборатории на основе численного моделирования // Пожаровзрывобезопасность. 2024. Т. 33. № 4. С. 22–35.

12. Трояк Е. Ю., Мельникова Е. С. Изменение компонентного состава и прочностных характеристик керна скважин глубинного бурения в зависимости от продолжительности и степени нагрева // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXVI Международной научно-практической конференции, посвященной 375-й годовщине образования пожарной охраны России. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС РФ, 2024. С. 399–406. EDN: ZURFBP.

References

1. Garber V. A. Neshtatnye situatsii v podzemnykh transportnykh sooruzheniiakh [Emergency situations in underground transport structures]. *Podzemnye gorizonty*, 2018, issue 16, pp. 20–25.
2. Skopintseva O. V., Balovtsev S. V. Upravlenie aerologicheskimi riskami ugol'nykh shakht na osnove statisticheskikh dannykh sistemy aerogazovogo kontrolya [Management of aerological risks of coal mines based on statistical data of the aerogas control system]. *Gornyi informatsionno–analiticheskii biulleten'*, 2021, issue 1, pp. 78–89. DOI: 10.25018/0236–1493–2021–1–0–78–89.
3. Perel'muter A. V., Slivker V. I. Povyshenie kachestva raschetnykh obosnovanii proektov [Improving the quality of design justifications of projects]. *Bst: biulleten' stroitel'noi tekhniki*, 2005, issue 10, pp. 59–62.
4. Eremin A. K., Mukharitsin E. S. O prichinakh vozniknoveniia riskov avariinogo obrusheniia zdani i sooruzhenii [On the causes of the risks of emergency collapse of buildings and structures]. *Georisk*, 2009, issue. 3, pp. 54–55.
5. Burkina N. A., Kostenko E. M. *Mikroskopicheskii analiz lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ia: uchebno-metodicheskoe posobie* [Microscopic analysis of medicinal plant raw materials: an educational and methodological guide]. Tomsk: SibGMU, 2018, 48 p. URL: <https://e.lanbook.com/book/138682> (data obrashcheniia: 05.07.2024).
6. Cheshko I. D. *Rassledovanie i ekspertiza pozharov* [Investigation and examination of fires]. SPb: SPbIPB MVD RF, 1997, 562 p.
7. Cheshko I. D. *Tekhnicheskie osnovy rassledovaniia pozharov: Metodicheskoe posobie* [Technical foundations of fire investigation: A methodological guide]. Moscow: VNIPO, 2002, 330 p.
8. *Osmotr mesta pozhara: metodicheskoe posobie* [Inspection of the fire site: a methodological guide] / I. D. Cheshko, N. V. Yun,

V. G. Plotnikov [et al.]. Moscow: VNIPO, 2004, 503 p.

9. Gorbunov A. S. Razrabotka metoda i pribora kontrolya stepeni termicheskikh povrezhdenii materialov na meste pozhara. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of a method and device for monitoring the degree of thermal damage to materials at the fire site. Cand. tech. sci. diss.]. Krasnoyarsk, 2023. 187 p. EDN: NKCYCF.

10. Troyak E. Y., Mel'nikova E. S. Issledovanie mikrostruktury kerna skvazhin podzemnoi issledovatel'skoi laboratorii uchastka «Eniseiskii» pri termicheskom vozdeistvii [Investigation of the microstructure of the core of wells of the underground research laboratory of the Yeniseisky site under thermal influence]. *Monitoring, modelirovanie i prognozirovaniye opasnykh prirodnnykh yavlenii i chrezvychainykh situatsii: Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Zheleznogorsk: Federal'noe gosudarstvennoe biudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Sibirskaya pozharno-spasatel'naya akademiya» Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhby Ministerstva Rossiiskoi Federatsii po delam grazhdanskoi obo-

rony, chrezvychainym situatsiiam i likvidatsii stikhiiynykh bedstvii, 2023, pp. 41–45. EDN: YJIRBO.

11. Pozharkova I. N. Issledovanie temperaturnogo rezhima pozhara v podzemnoi issledovatel'skoi laboratorii na osnove chislennogo modelirovaniya [Study of the temperature regime of a fire in an underground research laboratory based on numerical modeling]. *Pozharovzryvbezopasnost'*, 2024, vol. 33, issue 4, pp. 22–35.

12. Troyak E. Y., Mel'nikova E. S. Izmenenie komponentnogo sostava i prochnostnykh kharakteristik kerna skvazhin glubinnogo bureniya v zavisimosti ot prodolzhitel'nosti i stepeni nagreva [Change in the component composition and strength characteristics of the core of deep drilling wells depending on the duration and degree of heating]. *Aktual'nye problemy pozharnoi bezopasnosti: materialy XXXVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 375-y godovshchine obrazovaniia pozharnoi okhrany Rossii*. Moscow: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut protivopozharnoi oborony MCHS RF, 2024, pp. 399-406. EDN: ZURFBP.

Трояк Евгений Юрьевич

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, Красноярский край, г. Железногорск
кандидат педагогических наук, доцент, заместитель начальника кафедры
инженерно-технических экспертиз и криминалистики
E-mail: trev191186@mail.ru

Troyak Evgeny Yuryevich

Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry
of Emergency Situations of Russia

Russian Federation, Krasnoyarsk Region, Zheleznogorsk

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department
of Engineering and Technical Expertise and Forensics

E-mail: trev191186@mail.ru

Пожаркова Ирина Николаевна

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, Красноярский край, г. Железногорск
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры инженерно-технических экспертиз
и криминалистики
E-mail: pozharkova@mail.ru

Pozharkova Irina Nikolaevna

Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry
of Emergency Situations of Russia

Russian Federation, Krasnoyarsk Region, Zheleznogorsk

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department
of Engineering and Technical Expertise and Forensics

E-mail: pozharkova@mail.ru

Литвинская Татьяна Анатольевна

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, Красноярский край, г. Железногорск
преподаватель кафедры инженерно-технических экспертиз и криминалистики
E-mail: tlitvinskaya0@xmail.ru

Litvinskaya Tatyana Anatolyevna

Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry
of Emergency Situations of Russia

Russian Federation, Krasnoyarsk Region, Zheleznogorsk

Lecturer of the Department of Engineering and Technical Expertise and Forensics

E-mail: tlitvinskaya0@xmail.ru

УДК 66.091.2/614.841.41

АКТУАЛИЗАЦИЯ СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПОКАЗАТЕЛЯХ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О. Г. ЦИРКИНА, В. Г. СПИРИДОНОВА, А. Х. САЛИХОВА, С. А. ШАБУНИН, Е. А. ШВАРЕВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: ogsirkina@mail.ru

Для качественной оценки пожарной опасности объектов, моделирования пожаров, расчетов систем пожарной безопасности на этапах проектирования и реконструкции объектов, на которых пожарная нагрузка представлена текстильными материалами важно знать не только показатели пожарной опасности материалов, установленные Федеральным законом от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (Приложение 1), но и закономерности возгорания материала от различных видов источников зажигания, от вида материала и его технических характеристик, от наличия в материале отделочных препаратов, области применения материала. В связи с этим существует необходимость дополнения и расширения существующих баз данных о пожароопасных свойствах тканей различного назначения. Современные тенденции создания справочных систем обозначают приоритеты в разработке электронных ресурсов, которые могут содержать большой объем данных и обеспечивать постоянный доступ к ним. Представленная работа посвящена разработке информационного ресурса, в котором обобщены и систематизированы данные по пожарной опасности текстильных материалов широкого ассортимента. Новизна работы обусловлена содержанием базы данных, основанной на результатах экспериментального установления влияния химической природы и качественных показателей текстильных материалов на характеристики их пожарной опасности и на результатах термогравиметрического анализа.

Ключевые слова: текстильные материалы, горючесть, воспламеняемость, термический анализ, база данных, информационный ресурс

UPDATING REFERENCE INFORMATION ON FIRE HAZARD INDICATORS OF TEXTILE MATERIALS

O. G. TSIRKINA, V. G. SPIRIDONOVA, A. Kh. SALIKHOVA, S. A. SHABUNIN, E. A. SHVAREV

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: ogsirkina@mail.ru

For a high-quality assessment of the fire hazard of objects, fire modeling, calculations of fire safety systems at the stages of design and reconstruction of objects where the fire load is represented by textile materials, it is important to know not only the fire hazard indicators of materials established by the Federal Law of 22.07.2008 No. 123-FZ "Technical Regulations on Fire Safety Requirements" (Appendix 1), but also the patterns of material combustion from various types of ignition sources, from the type of material and its technical characteristics, from the presence of finishing agents in the material, the area of application of the material. In this regard, there is a need to supplement and expand the existing databases on the fire hazardous properties of fabrics for various purposes. Modern trends in the creation of reference systems indicate priorities in the development of electronic resources that can contain a large amount of data and provide constant access to them. The presented work is devoted to the development of an information resource that summarizes and systematizes data on the fire hazard of a wide range of textile materials. The novelty of the work is determined by the content of the database, based on the results of the experimental establishment of the influence of the chemical nature and quality indicators of textile materials on the characteristics of their fire hazard and on the results of thermogravimetric analysis.

Keywords: textile materials, flammability, flammability, thermal analysis, database, information resource

Объем мирового производства и потребления всех видов текстильных материалов (далее – ТМ) неуклонно возрастает наряду с расширением сферы применения текстильной продукции. Текстиль широко применяется на объектах класса функциональной пожарной опасности Ф1, Ф2, Ф3: это, прежде всего, одежда, постельное и столовое белье, элементы декора – шторы, покрывала, ковры, обивка мебели. Изделия из текстиля применяются для отделки помещений зданий с массовым пребыванием людей: ресторанов, кафе, закусочных, игровых заведений, конференц-залов, кинотеатров, офисных помещений, отелей, гостиниц, детских садов, школ, объектов социальной сферы. Текстильная продукция используется и на различном транспорте (железнодорожные вагоны, самолеты, суда, автотранспорт), для производства спецодежды, спортивной атрибутики, театральных декораций.

Одним из важнейших критериев, определяющих возможность применения текстиля во многих отраслях промышленности, является его горючесть. Большинство традиционно используемых и крупнотоннажно выпускаемых ТМ характеризуются легкой воспламеняемостью и высокой скоростью распространения пламени, а также токсичностью продуктов горения [1].

До настоящего времени остаются высокими риски возникновения пожаров в торговых центрах, на текстильных и швейных производствах, в технологических процессах которых основную пожарную нагрузку составляют ТМ. При этом пожары сопровождаются большими материальными, а часто и людскими потерями. Поэтому проблема снижения пожарной опасности тканей и изделий, возможность прогнозирования опасности и скорости распространения пожара на объектах, связанных с использованием текстильной продукции, является одной из важнейших научных и практических задач.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью дополнения и расширения имеющихся баз данных о пожароопасных свойствах тканей и отсутствием достаточной информации об изменении химических, физических, механических и прочих показателей ТМ при их возгорании и последующем поведении в условиях пожара.

Целью настоящей работы является разработка структуры и формирование базы данных по пожароопасным свойствам ТМ, которая может быть использована широким кругом специалистов, работающих в области обеспечения пожарной безопасности объектов, связанных с использованием текстильной продукции, а также при проведении пожарно-

технических расчетов, осуществлении проверок и экспертиз.

Многообразие ТМ, различие волокнистого состава, ткацкой структуры и вида отделки оказывают существенное влияние на пожароопасные свойства текстиля, которые необходимо учитывать при характеристике пожарной опасности производств и условий жизни, в которых эти материалы используются. Необходимо также учитывать, что ассортимент ТМ чрезвычайно широк. Все они состоят из текстильных волокон и на различных этапах производства, с учетом технологического либо бытового использования вырабатываются в виде волокна, а также крученых, тканых, вязаных, плетеных, нетканых материалов, причем каждая из этих групп отличается широким разнообразием.

Так для волокон существует несколько классификаций, основная из которых основывается на их происхождении, когда волокна делятся на природные (растительные и животные) и химические, полученные либо путем переработки природного сырья (искусственные), либо путем синтеза из мономеров (синтетические), при этом происхождение волокна предопределяет и его химический состав. Готовые ткани подразделяют на бытовые и технические. По назначению бытовые ткани бывают бельевые, плательные, костюмные, пальтовые, декоративные. Ткани в зависимости от назначения имеют различный волокнистый состав, ткацкую структуру (тип переплетения нитей, толщину, поверхностную плотность), что определяет их физико-механические свойства [2].

Исследованию процессов горения ТМ, как объектов пожарной опасности, хотя и уделяется внимание, однако его явно недостаточно, несмотря на то, что текстиль зачастую является «виновником» пожара. В диссертационной работе Микрюковой О. Н. «Разработка и исследование свойств огнезащитных ТМ и пакетов спецодежды», изложены основные концепции теории горения волокнистых материалов, а сам процесс горения определяется как сложная совокупность многостадийных физико-химических превращений, включающих в себя, как химические реакции деструкции, сшивания и карбонизации полимера, которые происходят в конденсированной, газовой фазах и на поверхности их раздела, так и физические процессы интенсивной тепло- и массопередачи. В настоящее время принято считать, что для осуществления процесса горения совершенно не обязательно наличие кислорода. В качестве окислителя могут выступать различные элементы, входящие в состав полимерных веществ [3].

Термическая деструкция или термоллиз является важной стадией процесса горения, которая протекает в конденсированной фазе, и определяет состав и количество горючих летучих соединений, выделяемых из полимера, легкость их воспламенения, наличие дымо- и сажеобразования, токсичность продуктов горения полимера. Термодеструкция начинается в определенных условиях при достижении материалом критической температуры, которая характеризует его термостойкость. Термостойкость – это минимальная температура, при которой начинается термодеструкция волокна. Термический распад осуществляется в виде цепного радикального процесса, имеющего стадии инициирования, роста цепи, ее передачи и обрыва. При этом протекают три реакции – деполимеризация, передача цепи и распад радикалов. Результатом разложения полимеров является образование летучих продуктов, состав которых, для одного и того же полимера, зависит от соотношения скоростей реакций роста цепи.

Особенностью ТМ является их пористость и малая теплопроводность. Это с одной стороны уменьшает тепловые потери, а с другой – облегчает подачу окислителя в зону горения, а небольшой поперечный размер текстильного волокна приводит к их быстрому пиролизу и сгоранию. Сетчатая структура материала позволяет осуществлять быструю передачу тепловой энергии в волокнистом материале путем лучистой составляющей пламени, что приводит к интенсификации пиролиза и всего процесса горения, вызывает существенное увеличение скорости распространения зоны горения. Таким образом, если слой волокнистого материала имеет высокую пористость, то пламя распространяется стремительно, охватывая при этом большую поверхность и значительный объем [3].

На термо- и термоокислительное разложение ТМ главным образом оказывает влияние макромолекулярная природа волокнообразующего полимера. Но молекулярная неоднородность, характер надмолекулярной структуры, наличие примесей и добавок также имеют немаловажное значение при разложении волокнообразующего полимера в процессе его горения, сопровождающегося выделением газообразных продуктов и твердофазного остатка [4,5,6]. Также отмечается, что особенности процесса горения полимера в большей степени зависят от его химического состава и энергии химических связей: чем выше значения энергий межатомных химических связей, тем выше стойкость материалов к термическим воздействиям [4,5].

Существующие в настоящее время взгляды на процесс горения ТМ указывают на

зависимость как от химической природы и надмолекулярной структуры волокнообразующего полимера, так и ткацкой структуры текстильного полотна, и подтверждают высказанные Перепелкиным К. Е. еще в 2001 году положения о горючести текстиля. В его работе «Горючесть текстиля как одна из его важнейших характеристик» определены факторы, влияющие на способность материала к горению, а также уделено внимание особенностям горения ТМ, обладающих развитой капиллярно-пористой структурой [7]. Автор отмечает, что особенности горения текстиля зависят от химического и волокнистого состава материала, его строения, размерных характеристик и многих других факторов.

Анализ имеющихся в открытых источниках данных по пожароопасным свойствам ТМ выявил практически полное отсутствие систематизированного материала по обозначенной тематике. При проведении поиска найдены следующие разработки¹:

1) программа для ЭВМ «Численное моделирование стандартных огневых испытаний для оценки предела огнестойкости стальных элементов конструкций». Программа представляет собой вычислительный модуль, позволяющий проводить численные эксперименты по определению прогрева элементов металлических конструкций. Результаты расчетов дают возможность определить не только предел огнестойкости соответствующего элемента, но и оценить эффективность огнезащитных покрытий. Данная программа может использоваться при моделировании динамики опасных факторов пожара и предназначена для повышения качества подготовки специалистов к их реальной профессиональной деятельности [8].

2) программа для ЭВМ «Программа для моделирования разрушения при пожарах строительных конструкций на основе древесно-полимерных композитов». Программа предназначена для моделирования горения, деформации и обрушения сложной пространственной конструкции из древесно-композитного материала. Моделирование основано на методе динамики частиц для воспроизведения деформации и обрушения и численных сеточных методах для воспроизведения теплопередачи и горения. В тексте программы задаются геометрические параметры конструкции, концентрации древесины и полимера в материале, координаты точки поджога, теплофизические свойства компонентов. В процессе работы программы на экран компьютера

¹ Поиск официальных публикаций <https://www.fips.ru/publication-web/publications/PrEVM?inputSelectOIS=Program,DB,TIMS&tab=PrEVM&searchSortSelect=dtPublish&searchSortDirection=true/registers-web/>

регулярно выводится схематичное изображение конструкции, области горения, а также текущие значения основных показателей процесса [9].

3) программа для ЭВМ: «Консультационно-справочная система поддержки действий эксперта при проведении пожарно-технических экспертиз с использованием математических моделей пожара». Программа обеспечивает поддержку действий эксперта при проведении пожарно-технических экспертиз с использованием математических моделей пожара. Область применения: деятельность экспертов по производству пожарно-технических экспертиз. Программа позволяет: производить выбор математической модели пожара и компьютерной программы для моделирования пожара, получать краткую справку, знакомиться с примерами компьютерных моделей пожара, отправлять запросы на консультацию [10].

4) база данных: Термогравиметрия полимеров в пожарно-технической экспертизе. Область применения: деятельность экспертов по производству пожарно-технических экспертиз. База данных позволяет производить выбор полимера, подвергшегося термическому разложению, получать о нем краткую справку, знакомиться с примерами термогравиметрии полимеров в пожарно-технической экспертизе [11].

5) база данных: Пожароопасные свойства тканей из хлопковых и льняных волокон. База данных представляет собой комплекс данных по пожароопасным свойствам для тканей из хлопковых и льняных волокон различного ассортимента, поверхностной плотности, вида отделки и типа огнезащиты. Информация о пожароопасных свойствах тканей направлена на обеспечение пожарной безопасности объектов защиты, в том числе предприятий текстильной и швейной промышленности, складов готовой продукции, решение вопросов пожарно-технической экспертизы. База данных содержит комплекс показателей, характеризующих пожароопасные свойства тканей из хлопка и льна, полученных в рамках проведения испытаний с применением закрепленных в нормативных документах методик и современных методов исследования, с целью оценки пожарной опасности текстиля и принятия решения о необходимости использования и эффективности огнезащитной отделки [12].

Во многих научных работах по теме исследования пожарной опасности текстильных материалов специалисты приходят к выводу о том, что основными показателями пожарной

опасности текстильных материалов должны являться характеристики, непосредственно связанные с возникновением пожара в бытовых условиях и на производственных объектах, на которых вырабатывается и используется текстильная продукция, например:

- время прожигания ткани (с);
- время воспламенения (с) в зависимости от вида источника зажигания,
- скорость распространения пламени (м/с),
- кислородный индекс (%) [13,14].

Помимо этого, представляет интерес выявление особенностей процессов термической и термоокислительной деструкции целлюлозных волокон, фазовых переходов и химических превращений в природном полимерном материале, сопровождающихся потерей массы и эндо- и экзотермическими реакциями. С этой целью в базу данных предлагается включить показатели, полученные с помощью термического анализа согласно ГОСТ Р 56721 – 2015 (ИСО 11358-1:2014) «Термогравиметрия полимеров. Часть 1. Общие принципы». Перечисленные ниже показатели возможно получить как в инертной среде, так и в среде воздуха:

- температура начала и окончания термического разложения волокнообразующего полимера (°C),
- температура максимальной скорости разложения материала (°C),
- величина теплового эффекта фазовых переходов (Дж/г),
- количество зольного остатка (%).

Методическая часть

Объекты исследования

На данном этапе исследования объектами являлись целлюлозные текстильные материалы: волокна и ткани плотняного и саржевого переплетения, имеющие различную поверхностную плотность и толщину. Анализировались суровые образцы и ткани и с различными видами отделки: отбеленные, гладкокрашенные, напечатанные.

Определение показателей пожарной опасности текстильных материалов проводилось в соответствии с национальными и международными стандартами, приведенными на рис. 1.

Обсуждение результатов

Результатом проведенной работы явилось создание структуры базы данных, которая на настоящий момент сформирована из нескольких таблиц. В качестве примера приведены табл. 1 и 2.

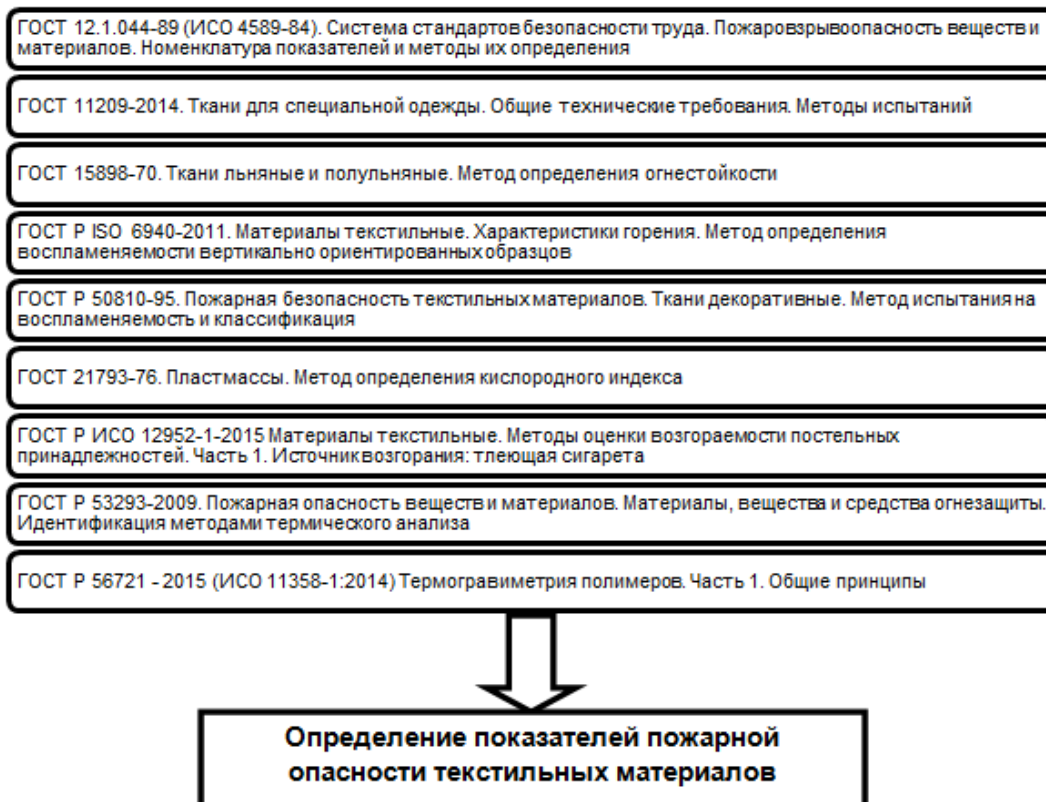


Рис. 1. Перечень национальных и международных стандартов, использованных для оценки пожарной опасности текстильных материалов

Таблица 1. Результаты оценки пожароопасных свойств тканей из целлюлозных волокон

№ п/п	Характеристика текстильного материала (название, поверхностная плотность, волокнистый состав)	Артикул	Тип переплетения	Обработка	Время прожига, с	Время до воспламенения, с	Скорость распространения пламени, м/с	
							по вертикали	по горизонтали
1	лен (волокно) 100ЛНВ *	—	—	суровое	—	0,2	—	—
2	миткаль 103 г/м ² 100ХВ	4783	полотняное	суровье	0,5	0,2	0,0301	0,00351
...		...						
n	....	....	....	....	....	....	....	....

Примечание: ЛНВ – льняное волокно; ХВ – хлопковое волокно

Как отмечалось ранее термогравиметрический (ТГА) и дифференциальный термический анализ (ДТА) широко используются для исследования процессов, протекающих при нагревании различных материалов. В настоящее время специалистами в области исследования пожарной опасности веществ и материалов делаются попытки использовать ТГА и ДТА для получения пожароопасных характеристик различных объектов. Нами также разработана структура базы данных, включающая

числовые значения, характеризующие процессы термической и термоокислительной деградации текстильных материалов, фазовые переходы в волокнообразующих полимерах и химические превращения в веществе (табл. 2). При проведении термического анализа на лабораторной установке SETSYS Evolution погрешность измерений теплового эффекта составляет $\pm 0,1 \%$, температуры $\pm 0,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$, массы $\pm 1,0 \text{ мкг}$.

Таблица 2. Результаты термогравиметрического и дифференциального термического анализа тканей из целлюлозных волокон

№ п/п	Характеристика текстильного материала (название, поверхностная плотность, волокнистый состав)	Артикул	Параметры		Термические исследования									
					Инертная среда					Воздушная среда				
			Воспламеняемость	Кислородный индекс, %	Начало разложения, °С	Окончание разложения, °С	Т-ра макс. скорости деструкции, °С	Тепловой эффект, Дж/г	Потеря массы, %	Начало разложения, °С	Окончание разложения, °С	Т-ра макс. скорости деструкции, °С	Тепловой эффект, Дж/г	Потеря массы, %
1	лен (волокно) 100ЛНВ *	—	—	17	250	375	355	2767	75,5	253	402	305	8892	98,2
2	миткаль 103 г/м ² 100ХВ	4783	ЛВ	18,0	221	357	337	2995	78,5	233	411	290	6792	99,1
...	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n			...	...	...	....	...	....	....	....	....	....	....	....
Примечание: «ЛВ» – легковоспламеняемый ²														

В дальнейшем предполагается наполнять базу данных числовыми значениями, характеризующими пожарную опасность тканей из синтетических волокон и их смесей с целлюлозными.

Примерный вид формируемой базы данных представлен в табл. 3 и на рис. 2.

² п. 13 статья 13 Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

Таблица 3. Перечень объектов базы данных

Таблицы	Запрос
Объект №1. Данные по пожароопасным свойствам текстильного материала. Объект №2. Выбор наименования текстильного материала и артикула (для тканей). Объект №3. Выбор вида отделки ткани. Объект №4. Выбор наличия огнезащитной обработки. Объект №5. Выбор наименования нанесенного огнезащитного состава.	Итог

Файл Данные Отчеты Сервис Помощь

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ					
Характеристика	Вид обработки	Артикул	Время прожига	Время до воспламенения	Скорость пламени
Вафельное полотно 200 г/м ² 100XB	напечатанная	8045	0,3	0,9	0,0242
Бязь 140 г/м ² 100XB	гладкокрашенная	114	1,4	0,4	0,02699
► Саржа 254 г/м ² 100XB	гладкокрашенная	7153	3,0	0,9	0,0239

Рис. 2. Объект № 1. Результаты оценки пожароопасных свойств тканей из целлюлозных волокон

Таким образом, на окончательном этапе работы будет сформирована база данных по пожароопасным свойствам текстильных материалов из целлюлозных и синтетических волокон и их смесей, которая будет содержать показатели, характеризующие горение материалов и возможность развития пожара, и показатели ТГА и ДТА, которые могут быть использованы при проведении научных исследований, прогнозирования и моделирования опасных факторов пожара, при проектировании систем противопожарной защиты в качестве справочного информационного ресурса.

Выводы

Научной ценностью проведенного исследования является установление влияния химической природы и качественных показателей текстильных материалов на характеристики их пожарной опасности; систематизация данных по пожарной опасности текстильных материалов широкого ассортимента отечественного и зарубежного производства. По полученным данным формируется база данных по пожарной опасности текстильных материалов, которая может быть использована широким кругом специалистов, работающих в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, связанных с использованием текстильной продукции. Отличительной особенностью представленной разработки является то, что полученные данные отражают основные пожароопасные показатели и влияние на них характеристик тканей и волокнистых материалов. База данных сформирована на основе не столько стандартных методов, но и метода ТГА и ДТА. Полнота систематизированной информации позволяет использовать электронный ресурс при проведении пожарно-

технических расчетов, разработке математических моделей развития пожаров, оценке рисков, осуществлении проверок и экспертиз.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов специалистами в области пожарной безопасности, занимающимися оценкой пожарной опасности объектов, моделированием пожаров, расчетами систем пожарной безопасности при проектировании и реконструкции объектов, на которых пожарная нагрузка представлена текстильными материалами. База данных может быть использована при проведении научных исследований в качестве справочного информационного ресурса. В базу данных будут включены результаты исследований поведения текстильных материалов в условиях пожара путем выявления закономерностей возгорания материала от вида малокалорийного источника зажигания, от вида материала и его технических характеристик, от наличия в материале отделочных препаратов различной химической природы, области применения.

Работа подготовлена в рамках НИР «Разработка базы данных «Пожарная опасность текстильных материалов» в целях судебной пожарно-технической экспертизы» (НИР «Текстиль») (подпункт 9.1 пункта 9 раздела II Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности, преодоления последствий радиационных аварий и катастроф на 2024 год и плановый период 2025 и 2026 годов, утвержденного приказом МЧС России от 13.09.2023 г. № 939).

Список литературы

1. Болодьян Г. И. Комплексный подход к созданию пожаробезопасных текстильных материалов и изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. М., 2003. 177 с.
2. Шеромова И. А. Текстильные материалы: получение, строение, свойства: учебное пособие. Владивосток: изд-во ВГУЭС, 2006. 220 с.
3. Микрюкова О. Н. Разработка и исследование свойств огнезащитных текстильных материалов и пакетов спецодежды: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01. М., 2018. 176 с.
4. Бесшапошникова В. И. Исследование влияния фосфорсодержащих замедлителей горения на структуру, свойства и процессы пиролиза ПАН волокон // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2005. Т. 48 (2). С. 67–70.
5. Конкин А. А., Кудрявцев Г. И., Щетинин А. Н. Термо-, жаростойкие и негорючие волокна. М.: Химия, 1978, 424 с.
6. Спиридонова В. Г. Исследование пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных волокон и совершенствование методов их оценки: дис. ... канд. техн. наук: 2.6.18. Иваново, 2022. 171 с.
7. Перепелкин К. Е. Горючесть волокон и текстиля – одна из важнейших характеристик опасности/безопасности // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2009. № 2. Том. 4. С. 22–28.
8. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2024616834 Численное моделирование стандартных огневых испытаний для оценки предела огнестойкости стальных элементов конструкций / А. А. Пермяков, А. А. Кузьмин, Н. Н. Романов [и др.]. № 2024614460 заявл. 06.03.24; опублик. 25.03.24. Бюл. № 4
9. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2015619430 Программа для моделирования разрушения при пожарах строительных конструкций на основе древесно-полимерных композитов / А. В. Калач, А. А. Атапин, А. Г. Горшков [и др.]. № 2015616119; заявл. 06.07.15; опублик. 20.09.15.
10. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021668898 Консультационно-справочная система поддержки действий эксперта при проведении пожарно-технических экспертиз с использованием математических моделей пожара / С. С. Лапшин. № 2021667740; заявл. 09.11.2021; опублик. 22.11.21. Бюл. № 12
11. Свидетельство о регистрации базы данных 2023622553 Термогравиметрия полимеров в пожарно-технической экспертизе / С. С. Лапшин, Н. А. Таратанов. № 2023622287; заявл. 17.07.2023; опублик. 26.07.2023. Бюл. № 8

12. Свидетельство о регистрации базы данных 2022622738 Пожароопасные свойства тканей из хлопковых и льняных волокон / В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина, Д. А. Ульев [и др.]. № 2022621958; заявл. 04.08.22; опублик. 03.11.22. Бюл. № 11

13. Обоснование актуальных подходов к оценке пожароопасных свойств текстильных материалов и способов огнезащиты тканей различного функционального назначения / В. Г. Спиридонова, Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2 (47). С. 126–133.

14. Проблемные вопросы нормирования показателей пожарной опасности текстильных материалов / А. Х. Салихова, О. Г. Циркина, С. А. Сырбу [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 3 (52). С. 62–70.

References

1. Bolod'yan G. I. Kompleksnyj podhod k sozdaniyu pozharobezopasnyh tekstil'nyh materialov i izdelij. Diss. kand. tekhn. nauk [An integrated approach to the creation of fire-safe textile materials and products. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2003. 177 p.
2. Sheromova I. A. *Tekstil'nye materialy: poluchenie, stroenie, svoystva: uchebnoe posobie* [Textile materials: production, structure, properties: a tutorial]. Vladivostok: Izd-vo VGUES, 2006. 220 p.
3. Mikryukova O. N. Razrabotka i issledovanie svojstv ogneshchitnyh tekstil'nyh materialov i paketov specodezhdy: Diss. kand. tekhn. nauk [Development and research of properties of fire-retardant textile materials and special clothing packages. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2018. 176 p.
4. Besshaposhnikova V. I. Issledovanie vliyaniya fosforsoderzhashchih zamedlitelej gorenija na strukturu, svoystva i processy piroliza PAN volokon [Study of the influence of phosphorus-containing flame retardants on the structure, properties and processes of pyrolysis of PAN fibers]. *Izvestiya VUZov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, 2005, vol. 48 (2), pp. 67–70.
5. Konkin A. A., Kudryavcev G. I., Shchetinin A. N. *Termo-, zharostojkie i negoryuchie volokna* [Heat-, heat-resistant and non-flammable fibers]. Moscow: Himiya, 1978, 424 p.
6. Spiridonova V. G. Issledovanie pozharoopasnyh svojstv tekstil'nyh materialov iz cellyuloznyh volokon i sovershenstvovanie metodov ih ocenki. Diss. kand. tekhn. nauk [Study of fire hazardous properties of textile materials made of

cellulose fibers and improvement of methods for their assessment. Cand. tech. sci. diss.]. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2022. 171 p.

7. Perepelkin K. E. Goryuchest' volokon i tekstilya – odna iz vazhnejshchih harakteristik opasnosti/bezopasnosti [Flammability of fibres and textiles is one of the most important hazard/safety characteristics]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti*, 2009, issue 2, vol. 4, pp. 22–28.

8. A. A. Permyakov, A. A. Kuz'min, N. N. Romanov [et al.]. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM 2015619430 Chislennoe modelirovanie standartnyh ognevyyh ispytaniy dlya ocenki predela ognestojkosti stal'nyh elementov konstrukcij [Numerical modeling of standard fire tests for assessing the fire resistance limit of steel structural elements], № 2024616834, byulleten № 4, 1 p.

9. A. V. Kalach, A. A. Atapin, A. G. Gorshkov [et al.]. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM 2015619430 Programma dlya modelirovaniya razrusheniya pri pozharakh stroitel'nykh konstruksiy na osnove drevesno-polimernykh kompozitov [Program for modeling the destruction of building structures based on wood-polymer composites during fires], № 2015616119, byulleten № 4, 1 p.

10. Lapshin S. S. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM 2021668898 Konsul'tacionno-spravochnaya sistema podderzhki dejstvij eksperta pri provedenii pozharno-tekhnicheskikh ekspertiz s ispol'zovaniem ma-

tematicheskikh modelej pozhara [Consulting and reference system for supporting expert actions during fire-technical examinations using mathematical models of fire], № 2021667740, byulleten № 12, 1 p.

11. Lapshin S. S, Taratanov N. A. Svidetel'stvo o registratsii bazy dannykh 2023622553 Termogravimetriya polimerov v pozharno-tekhnicheskoy ekspertize [Thermogravimetry of polymers in fire-technical expertise], № 2023622287, byulleten № 8, 1 p.

12. V. G. Spiridonova, O. G. Tsirkina, D. A. Ul'ev [et al.]. Svidetel'stvo o registratsii bazy dannykh 2022622738 Pozharoopasnye svoystva tkanej iz hlopkovyh i l'nyanyh volokon [Fire hazard properties of cotton and flax fabrics], № 2022621958, byulleten № 11, 1 p.

13. Obosnovanie aktual'nyh podhodov k ocenke pozharoopasnykh svoystv tekstil'nykh materialov i sposobov ognezashchity tkanej razlichnogo funktsional'nogo naznacheniya [Justification of current approaches to assessing fire hazardous properties of textile materials and methods of fire protection of fabrics for various functional purposes] / V. G. Spiridonova, D. V. Sorokin, A. L. Nikiforov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2023, vol. 2 (47), pp. 126–133.

14. Problemnye voprosy normirovaniya pokazatelej pozharnoj opasnosti tekstil'nykh materialov [Problematic issues of standardization of fire hazard indicators of textile materials] / A. H. Salihova, O. G. Tsirkina, S. A. Syrbu [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2024, vol. 3 (52), pp. 62–70.

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

Спиридонова Вероника Гербертовна

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

кандидат технических наук

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

candidate of technical sciences

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.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

Шабунин Сергей Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук

E-mail: sergeyshabunin@yandex.ru

Shabunin Sergey 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 chemical sciences

E-mail: sergeyshabunin@yandex.ru

Шварев Евгений Анатольевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: e_shvarev@inbox.ru

Shvarev Evgeny Anatolevich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, Associate Professor

E-mail: e_shvarev@inbox.ru

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

УДК 004.832

**ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ПОЖАРНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕЙ**

В. Е. РУМЯНЦЕВА^{1,2}, В. С. КОНОВАЛОВА², Н. А. ВАГАНОВ²

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

² ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: varrym@gmail.com, kotprotiv@yandex.ru, nickita.gudvin@yandex.ru

Подбор документов, содержащих требования к пожарной безопасности строительных материалов проводился с помощью текстовых запросов нейросетевым чат-ботам ChatGPT, Genie, Алиса, DeepSeek и Mistral. От нейросетей получены ответы, содержащие списки нормативно-правовых актов, которые проверялись на правильность, актуальность и корректность. Самой распространенной ошибкой в ответах нейросетей является неправильность названий документов. Нейросети указывают корректные номера ГОСТов, СП и СНиПов, но неверные названия этих документов. Еще одной часто встречающейся ошибкой является неактуальность нормативно-правовых актов. Многие документы из приведенных нейросетевыми чат-ботами списков были отменены или заменены. Однако в своих ответах нейросети подчеркивали актуальность информации, вводя тем самым пользователя в заблуждение. Были выявлены несуществующие документы, то есть нейросети «придумали» их названия и номера в реально существующем формате номенклатуры нормативно-правовых актов. Нейросетевые чат-боты могут давать ответы без конкретики, в общей форме, показывая лишь направление для поиска нужной информации по требованиям к пожаробезопасности строительных материалов.

Ключевые слова: нейросетевой поиск, пожаробезопасность материала, использование нейросетей, документы по пожарной безопасности, подбор документов.

**FEATURES OF THE SELECTION OF REGULATORY DOCUMENTATION
ON FIRE SAFETY OF BUILDING MATERIALS USING NEURAL NETWORKS**

V. E. RUMYANTSEVA^{1,2}, V. S. KONOVALOVA², N. A. VAGANOV²

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

² Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo State Polytechnic University»,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: varrym@gmail.com, kotprotiv@yandex.ru, nickita.gudvin@yandex.ru

The search for documents containing fire safety requirements for building materials was carried out using text queries to the neural network chatbots ChatGPT, Genie, Alice, DeepSeek and Mistral. Responses were received from neural networks containing lists of regulatory legal acts that were checked for validity, relevance and correctness. The most common mistake in neural network responses is incorrect document names. Neural networks indicate the correct numbers of the standards, but the names of these documents are incorrect. Another common mistake is the lack of relevance of regulatory legal acts. Many of the documents listed by neural network chatbots have been canceled or replaced. However, in their responses, neural networks emphasized the relevance of the information, thereby misleading the user. Non-existent documents were identified, that is, neural networks «invented» their names and numbers in the actual format of the nomenclature of normative legal acts. Neural network chatbots can provide answers without specifics, in

a general form, showing only the direction to find the necessary information on the fire safety requirements of building materials.

Keywords: neural network search, material fire safety, use of neural networks, fire safety documents, selection of documents.

Введение

В строительстве используются материалы разной природы и структуры, но общим требованием к ним является пожарная безопасность. Требования к пожарной безопасности строительных материалов и условиям их применения и обработки при строительстве зданий и сооружений различного назначения указываются в нормативно-правовых актах, таких как Федеральные законы, государственные и национальные стандарты (ГОСТы), строительные нормы и правила (СНиПы), своды правил (СП), нормы пожарной безопасности (НПБ), технические регламенты и другие.

Ввиду большого количества нормативно-правовой документации, поиск и подбор нужных нормативов является трудоемким и длительным. Для ускорения работы с информацией можно использовать нейросети, которые способны моментально обрабатывать большие массивы данных [1-5]. Однако работа с нейросетями имеет ряд особенностей и проблем. Среди наиболее распространенных можно выделить «нейросетевые галлюцинации», когда нейросети «придумывают» информацию, а не выдают существующие данные. Такая информация имеет правдоподобный вид, поэтому без определенных знаний в предметной области поиска в нее можно поверить. Также нейросети не всегда понимают запросы, требуется задавать уточнения и дополнения. Ответ нейросетей может быть нерелевантным или расплывчатым, что также требует формирования промтов сложной структуры, содержащих корректирующие условия поиска [6–11].

Целью работы является оценка возможности применения нейросетей для подбора нормативно-правовой документации, содержащей требования к строительным материалам в части их пожарной безопасности.

Материалы и методы

Для поиска нормативной документации по пожарной безопасности строительных материалов использовались нейросети ChatGPT, Genie, Алиса, DeepSeek и Mistral. Запросы нейросетям формулировались в текстовой форме.

Нейросети ChatGPT, Genie, Алиса, DeepSeek и Mistral представляют собой чат-боты на основе искусственного интеллекта. В их основе лежит генеративный предварительно обученный трансформер (A generative pre-trained transformer GPT) – это разновидность большой языковой модели (LLM) и популярная платформа для генеративного искусственного интеллекта. Это искусственная нейронная сеть, которая используется в обработке естественного языка машинами. Он основан на архитектуре глубокого обучения с использованием трансформеров, предварительно обученных на больших наборах данных без пометок и способных генерировать новый контент, похожий на человеческий.

В ходе исследования проводилась оценка корректности и правильности выданной нейросетями информации.

Результаты и обсуждение

Нейросетям задан вопрос «Найди нормативные документы по требованиям к пожарной безопасности строительных материалов». На основе запроса чат-боты предоставили ответы, показанные на рис. 1-5, содержащие перечни документов, действующих в России. Ниже разберем встречающиеся ошибки и неточности в полученных при нейросетевом поиске списках нормативов.

При обработке списка документов от ChatGPT (рис. 1) выявлены следующие ошибки. СП 2.13130.2012 имел название «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» и был заменен на СП 2.13130.2020. СП 7.13130.2013 называется «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности». ГОСТ Р 53292-2009 имеет название «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний». ГОСТ 30244-94 называется «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть».

Ответ ChatGPT содержит соответствующие предметной области документы, но названия их «придуманы» нейросетью. Здесь мы столкнулись с «нейросетевыми галлюцинациями», когда на основе реально существующих данных нейросеть сформировала ложную информацию.

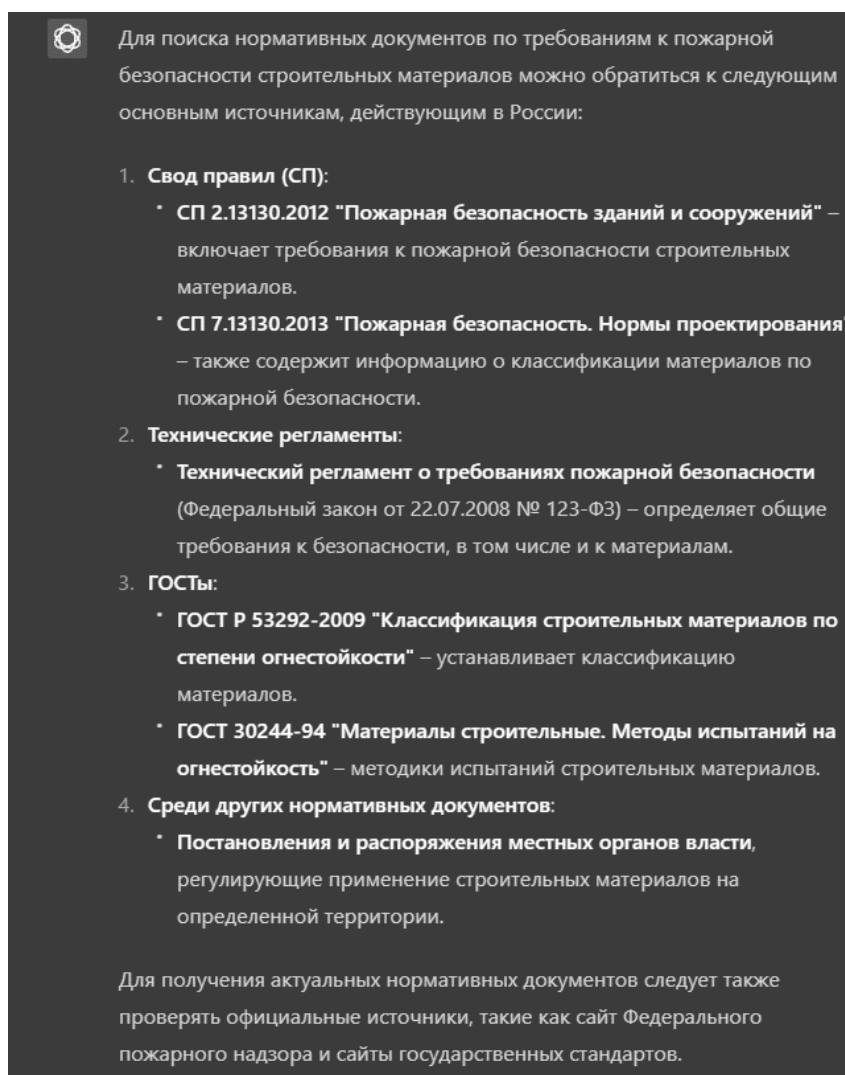


Рис. 1. Ответ ChatGPT

В ответе DeepSeek (рис. 2) тоже выявлено большое количество ошибок. ГОСТ 30247.0-94 имеет название «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования». ГОСТ 30247.1-94 называется «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции». По этим двум ГОСТам нейросеть неверно переводит часть названия на английском «Elements of building constructions». ГОСТ Р 57270-2016 называется «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть». СНиП 21-01-97 вошел в СП 112.13330.2011 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». СНиП 2.01.02-85 заменен на СП 112.13330.2011 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». Ниже в списке

нейросеть как раз приводит этот документ. ТР ЕАЭС 044/2017 называется «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» и не соответствует предметной области. НПБ 244-97 отменен Постановлением Правительства РФ от 11.07.2020 № 1034.

Ответ Алисы очень лаконичен (рис. 3). Указанный документ является актуальным, в нем содержатся требования к пожарной безопасности различных видов деятельности и используемых материалов, включая классификацию по пожарной опасности. Ответ нельзя назвать корректным и исчерпывающим, поскольку подразумевалось получение более полного перечня документов.



В России требования к пожарной безопасности строительных материалов регулируются рядом нормативных документов, включая Федеральные законы, ГОСТы, СНиПы, СП (Своды правил) и Технические регламенты. Вот основные из них:

1. Федеральные законы

- **Федеральный закон № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"** (от 22 июля 2008 года).
 - Основной документ, устанавливающий требования к пожарной безопасности строительных материалов, включая их классификацию по пожарной опасности.
- **Федеральный закон № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"** (от 30 декабря 2009 года).
 - Регламентирует требования к пожарной безопасности строительных материалов, используемых в зданиях и сооружениях.

3. СНиПы (Строительные нормы и правила)

- **СНиП 21-01-97* "Пожарная безопасность зданий и сооружений"**.
 - Устанавливает требования к пожарной безопасности строительных материалов и конструкций.
- **СНиП 2.01.02-85* "Противопожарные нормы"**.
 - Регламентирует противопожарные требования к строительным материалам и конструкциям.

4. СП (Своды правил)

- **СП 112.13330.2011 "Пожарная безопасность зданий и сооружений"** (актуализированная редакция СНиП 21-01-97*).
 - Устанавливает требования к пожарной безопасности строительных материалов и конструкций.
- **СП 2.13130.2020 "Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты"**.
 - Регламентирует требования к огнестойкости строительных материалов и конструкций.
- **СП 4.13130.2013 "Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным решениям"**.
 - Устанавливает требования к материалам, ограничивающим распространение пожара.

2. ГОСТы (Государственные стандарты)

- **ГОСТ 30244-94 "Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть"**.
 - Определяет методы испытаний строительных материалов на горючесть.
- **ГОСТ 30402-96 "Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость"**.
 - Устанавливает метод определения воспламеняемости строительных материалов.
- **ГОСТ 30247.0-94 "Материалы строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования"**.
 - Определяет общие требования к испытаниям на огнестойкость.
- **ГОСТ 30247.1-94 "Материалы строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции"**.
 - Регламентирует методы испытаний несущих и ограждающих конструкций на огнестойкость.
- **ГОСТ Р 57270-2016 "Материалы строительные. Методы испытаний на дымообразующую способность"**.
 - Устанавливает методы определения дымообразующей способности материалов.
- **ГОСТ 12.1.044-89 "Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения"**.
 - Определяет показатели пожаровзрывоопасности материалов и методы их оценки.

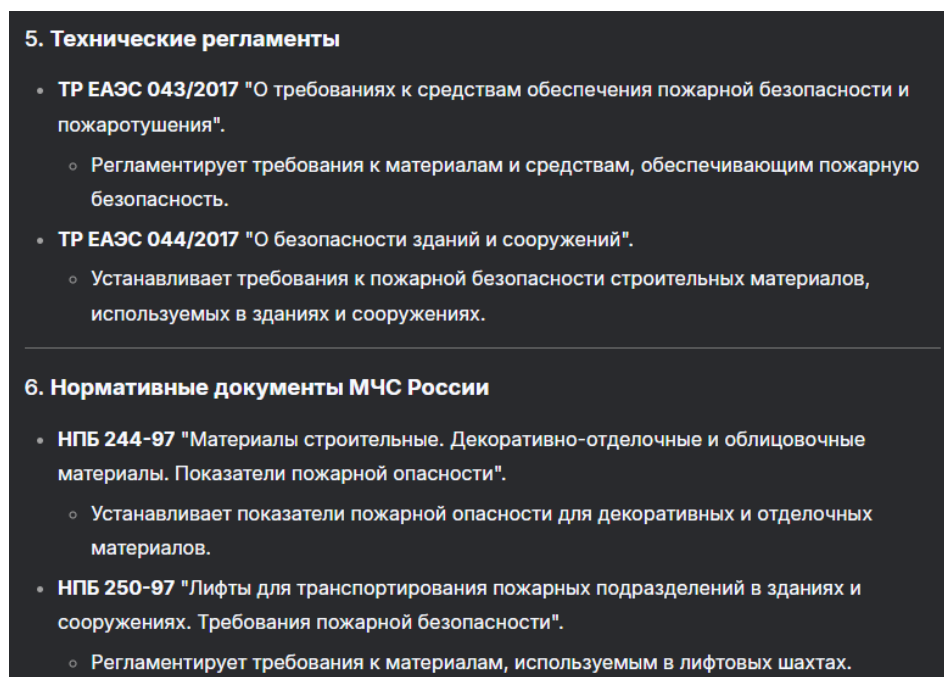


Рис. 2. Ответ DeepSeek

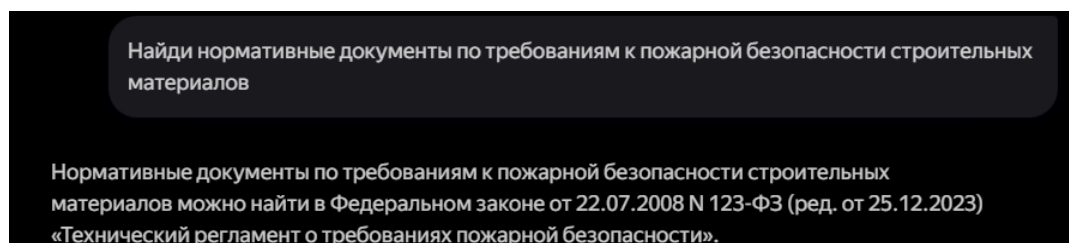


Рис. 3. Ответ Алисы

Изучение списка документов от нейросети Genie выявило следующее. В ФЗ № 123 нет статьи 153, а приведенный диапазон статей 134-153 слишком широк и относится к областям, не соответствующим пожарной безопасности строительных материалов. ГОСТ Р 53292-2009 имеет название «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний». ГОСТ Р 53295-2009 называется «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности». ГОСТ Р EN 13501-1-2019 не существует, это иностранный стан-

дарт EN, ему идентичен ГОСТ Р 59137-2020 «Классификация пожарной опасности строительных материалов и конструкций. Часть 1. Классификация на основе результатов испытаний по определению реакции на огонь». Нейросеть перевела название иностранного стандарта и добавила к нему ГОСТ.

Mistral в своем ответе указывает общую информацию с классификацией нормативных документов, конкретизируя только название Федерального закона. Такой ответ не является корректным и полным, документы в этом случае не подобраны.



Чтобы не повторять предыдущую информацию, и сфокусироваться на *самых актуальных* и важных документах, предлагаю следующий список. Он также включает в себя более новые версии документов, если таковые существуют:

1. Ключевой документ:

- **Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” (ТР ПБ).** Это *основополагающий* закон, определяющий общие требования пожарной безопасности к зданиям, сооружениям, материалам и изделиям. Необходимо начинать поиск требований с этого документа.
 - **Статья 13** - классификация строительных материалов по пожарной опасности (горючесть, воспламеняемость, распространение пламени по поверхности, дымообразующая способность, токсичность продуктов горения).
 - **Статьи 87, 134-153** (и другие в зависимости от конкретной ситуации) содержат требования к применению материалов, исходя из класса функциональной пожарной опасности зданий и сооружений.

2. Основные национальные стандарты (ГОСТ):

- **ГОСТ 30244-94 “Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть”:** Метод определения группы горючести (НГ, Г1, Г2, Г3, Г4). *Актуальная версия.*
- **ГОСТ 30402-96 “Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость”:** Метод определения группы воспламеняемости (В1, В2, В3). *Актуальная версия.*
- **ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) “Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения”:** Устанавливает показатели пожаровзрывоопасности и методы их определения (температура вспышки, температура воспламенения, концентрационные пределы распространения пламени и др.). *Актуальная версия.*
- **ГОСТ Р 53292-2009 “Огнезащитные составы для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности”:** *Актуальная версия.*
- **ГОСТ Р 53295-2009 “Средства огнезащиты для электрических кабельных линий. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности”:** *Актуальная версия.*
- **ГОСТ Р ЕН 13501-1-2019 “Классификация пожарная строительных изделий и строительных элементов зданий. Часть 1. Классификация по результатам испытаний на реакцию на огонь”:** *Важно:* Этот стандарт гармонизирован с европейским стандартом EN 13501-1 и является *очень важным* для классификации строительных материалов по их реакции на огонь. Включает в себя испытания на горючесть, воспламеняемость, распространение пламени, дымообразование и токсичность, предоставляя более комплексную оценку. Зачастую, именно требования по этому ГОСТ Р ЕН 13501-1 указываются в проектах.

3. Ключевые Своды правил (СП):

- **СП 2.13130.2020 “Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты”:** *Самый важный СП* - содержит требования к огнестойкости зданий и сооружений, включая требования к строительным конструкциям и *материалам*. Указывает, какие материалы и конструкции с какими показателями огнестойкости и пожарной опасности следует применять в зависимости от типа здания, его назначения, этажности и т.д. *Актуальная версия.*
- **СП 17.13330.2017 “Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76”:** *Актуальная версия.* Требования к пожарной безопасности кровельных материалов.
- **СП 4.13130.2013 “Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям”:** *Актуальная версия.*

Рис. 4. Ответ Genie

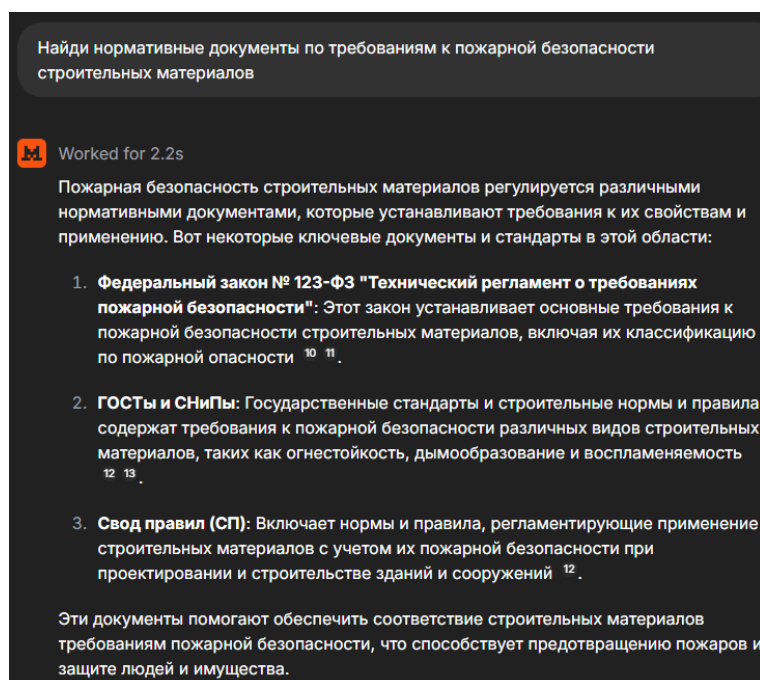


Рис. 5. Ответ Mistral

Заключение

Результаты показали, что все данные из ответов нейросетей требуют проверки на правильность и актуальность. Нейросети часто фальсифицируют названия документов. В частности, указывают номера документов, даты утверждения, описывают суть документа. Вводить в заблуждение пользователей могут еще и «придумываемые» документы, придавая им правдивую форму, которой можно поверить.

Многие из замененных и обновленных документов из перечней от нейросетей были пересмотрены в 2021 году, из чего можно сделать вывод, что нейросети проводили поиск по базам данных, в основном актуальных на конец 2020 года.

Список литературы

- Хрищатый А. С. Исследование использования нейросетей для анализа данных и принятия бизнес-решений: анализ эффективности использования нейросетей для обработки больших объемов данных и предоставления ценных инсайтов для принятия решений // Инновации и инвестиции. 2023. № 7. С. 294-298.
- A survey of machine learning for big data processing / J. Qiu, Q. Wu, G. Ding [et al.]. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2016, vol. 2016, article no. 67. <https://doi.org/10.1186/s13634-016-0355-x>
- Deep learning applications and challenges in big data analytics / M. M. Najafabadi,

Можно заключить, что каждая нейросеть проводит поиск информации по определенной области Интернета и на том языке, на котором она обучалась и который в ней заложен по умолчанию. Это проявляется в том, что приводятся переведенные названия иностранных стандартов, или информация в общем виде, без конкретики, вероятно, из-за недоступности актуальной по региону проживания пользователя.

Учитывая необходимость проверки каждого из приведенных в списке документов от нейросетей, можно сказать, что поиск документации не облегчается и не ускоряется. Однако нейросети могут указать область для ручного поиска нужных данных.

F. Villanustre, T. M. Khoshgoftaar [et al.]. Journal of Big Data, 2015, vol. 2, article no. 1. <https://doi.org/10.1186/s40537-014-0007-7>

4. Савченко С. П. Возможности применения генеративных нейронных сетей на различных этапах маркетингового исследования: от планирования до интерпретации данных // Информатизация в цифровой экономике. 2025. Т. 6. № 1. <https://doi.org/10.18334/ide.6.1.122853>

5. Neural ranking models for document retrieval / M. Trabelsi, Z. Chen, B. D. Davison [et al.]. Information Retrieval Journal, 2021, vol. 24, pp. 400-444. <https://doi.org/10.1007/s10791-021-09398-0>

6. Коновалова В. С., Ваганов Н. А., Раджабов С. З. Нейросети как инструмент подбора защитных покрытий для стальной арматуры

// Химия, физика и механика материалов. 2024. № 4 (43). С. 70–88.

7. Калимолдаев М. Н., Пак А. А., Нарынов С. С. Нейросетевой метод семантического вероятностного вывода в задаче улучшения релевантности результатов поискового запроса // Проблемы информатики. 2014. № 3. С. 82–86.

8. Агаркова А. А., Фоминых П. А., Ананченко И. В. Neural network errors: mechanisms of reality distortion in automated document analysis // Студенческий научный форум: материалы XVII Международной студенческой научной конференции. М.: МГУ, 2025. 10 с.

9. Understanding and Detecting Hallucinations in Neural Machine Translation via Model Introspection / W. Xu, S. Agrawal, E. Briakou [et al.]. Transactions of the Association for Computational Linguistics, 2023, vol. 11, pp. 546–564. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00563

10. Алексеева Л. Г., Алексеев П. С. Язык промптов, или особенности формулирования запросов к генеративным нейросетям для создания изображений // VERBA. Северо-Западный лингвистический журнал. 2024. № 3 (13). С. 50–61. [https://doi.org/10.34680/VERBA-2024-3\(13\)-50-61](https://doi.org/10.34680/VERBA-2024-3(13)-50-61)

11. Monz C. Machine learning for query formulation in question answering. Natural Language Engineering, 2011, vol. 17, issue 4, pp. 425–454. <https://doi.org/10.1017/S1351324910000276>

References

1. Khrishchaty A. S. Issledovanie ispol'zovaniya nejrosetej dlya analiza dannyh i prinyatiya biznes-reshenij: analiz effektivnosti ispol'zovaniya nejrosetej dlya obrabotki bol'shih ob'emov dannyh i predostavleniya cennyh insajtov dlya prinyatiya reshenij [Research on the use of neural networks for data analysis and business decision making: analysis of the effectiveness of the use of neural networks for processing large amounts of data and providing valuable insights for decision making]. *Innovatsii i investitsii*, 2023, issue 7, pp. 294–298.

2. A survey of machine learning for big data processing / J. Qiu, Q. Wu, G. Ding [et al.]. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2016, vol. 2016, article no. 67. <https://doi.org/10.1186/s13634-016-0355-x>

3. Deep learning applications and challenges in big data analytics / M. M. Najafabadi, F. Villanustre, T. M. Khoshgoftaar [et al.]. Journal

of Big Data, 2015, vol. 2, article no. 1. <https://doi.org/10.1186/s40537-014-0007-7>

4. Savchenko S. P. Vozmozhnosti primeneniya generativnyh nejronnyh setej na razlichnyh etapah marketingovogo issledovaniya: ot planirovaniya do interpretacii dannyh [The power of generative neural networks at different stages of market research: from planning to data interpretation]. *Informatizatsiya v tsifrovoy ekonomike*, 2025, vol. 6, issue 1. <https://doi.org/10.18334/ide.6.1.122853>

5. Neural ranking models for document retrieval / M. Trabelsi, Z. Chen, B. D. Davison [et al.]. Information Retrieval Journal, 2021, vol. 24, pp. 400–444. <https://doi.org/10.1007/s10791-021-09398-0>

6. Konovalova V. S., Vaganov N. A., Radzhabov S. Z. Nejroseti kak instrument podbora zashchitnyh pokrytij dlya stal'noj armatury [Neural networks as a tool for selecting protective coatings for steel reinforcement]. *Himiya, fizika i mekhanika materialov*, 2024, vol. 4 (43), pp. 70–88.

7. Kalimoldaev M. N., Pak A. A., Narynov C. C. Nejrosetevoj metod semanticheskogo veroyatnostnogo vyvoda v zadache uluchsheniya relevantnosti rezul'tatov poiskovogo zaprosa [Neural network method of semantic probabilistic inference in the task of improving the relevance of search query results]. *Problemy informatiki*, 2014, issue 3, pp. 82–86.

8. Agarkova A. A., Fominyh P. A., Ananchenko I. V. Neural network errors: mechanisms of reality distortion in automated document analysis. *Studencheskij nauchnyj forum: materialy XVII Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii*. Moscow: MSU, 2025. 10 p.

9. Understanding and Detecting Hallucinations in Neural Machine Translation via Model Introspection / W. Xu, S. Agrawal, E. Briakou [et al.]. Transactions of the Association for Computational Linguistics, 2023, vol. 11, pp. 546–564. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00563

10. Alexeeva L. G., Alexeev P. S. Yazyk promptov, ili osobennosti formulirovaniya zaprosov k generativnym nejrosetyam dlya sozdaniya izobrazhenij [Prompt Language, or Features of Formulation of Queries to Generative Neural Networks for Image Creation]. *VERBA. Severo-Zapadnyy lingvisticheskiy zhurnal*, 2024, vol. 3 (13), pp. 50–61. [https://doi.org/10.34680/VERBA-2024-3\(13\)-50-61](https://doi.org/10.34680/VERBA-2024-3(13)-50-61)

11. Monz C. Machine learning for query formulation in question answering. Natural Language Engineering, 2011, vol. 17, issue 4, pp. 425–454. <https://doi.org/10.1017/S1351324910000276>

Румянцева Варвара Евгеньевна

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

профессор кафедры естественнонаучных дисциплин

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,

Российская Федерация, г. Иваново

директор Института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук,

зав.кафедрой естественных наук и техносферной безопасности

E-mail: varrym@gmail.com

Rumyantseva Varvara Evgenievna

doctor of technical sciences, professor, corresponding member of the RAACS

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy

of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies

and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

professor of the department of natural sciences

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Polytechnic

University»,

Russian Federation, Ivanovo

director of the Institute of information technology, natural sciences and humanities,

head of the department of natural sciences and technosphere safety

E-mail: varrym@gmail.com

Коновалова Виктория Сергеевна

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,

Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, профессор кафедры естественных наук и техносферной безопасности

E-mail: kotprotiv@yandex.ru

Konovalova Viktoriya Sergeevna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Polytechnic

University»,

Russian Federation, Ivanovo

doctor of technical sciences, professor of the department of natural sciences and technosphere safety

E-mail: kotprotiv@yandex.ru

Ваганов Никита Андреевич

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,

Российская Федерация, г. Иваново

Магистрант кафедры естественных наук и техносферной безопасности

E-mail: nickita.gudvin@yandex.ru

Vaganov Nikita Andreevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Polytechnic

University»,

Russian Federation, Ivanovo

Master student, department of natural sciences and technosphere safety

E-mail: nickita.gudvin@yandex.ru

УДК 699.841

ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТОК ДРЕВЕСИНЫ ОТ ПЛОТНОСТИ РАЗНЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ ОГНЕЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ

И. А. СКРИПКО, А. Л. НИКИФОРОВ, С. Н. НАКОНЕЧНЫЙ, С. Н. УЛЬЕВА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: serny@mail.ru

В целях защиты древесины и материалов на ее основе применяются огнебиозащитные составы, снижающие вероятность воспламенения от источников зажигания малой мощности, увеличивающие время, необходимое открытому огню для распространения по поверхности, а также способствующие росту требуемого времени для воспламенения при воздействии открытого огня. При огнезащитной обработке древесины необходимо учитывать различие физических свойств (в частности, плотности) образцов древесины лиственных и хвойных пород, напрямую влияющие на впитываемый объем антипиренов, а, следовательно, и на экономичное использование применяемых пропиточных составов. Целью представленного научного исследования была оценка эффективности огнезащитных обработок древесины различных пород при использовании наиболее распространенных огнезащитных составов.

Ключевые слова: огнезащитная обработка, огнезащитный состав, древесина, антипирены, кислородный индекс.

THE DEPENDENCE OF THE EFFECTIVENESS OF WOOD TREATMENTS ON THE DENSITY OF DIFFERENT TYPES OF WOOD WITH FLAME RETARDANTS

I. A. SKRIPKO, A. L. NIKIFOROV, S. N. NAKONECHNY, S. N. ULIEVA

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: serny@mail.ru

In order to protect wood and materials based on it, flame retardants are used to reduce the likelihood of ignition from low-power ignition sources, increase the time required for an open flame to spread over the surface, and also increase the required time for ignition when exposed to an open flame. When fire-retardant wood treatment, it is necessary to take into account the difference in physical properties (in particular, density) of hardwood and coniferous wood samples, which directly affect the absorbed volume of flame retardants, and, consequently, the economical use of the used impregnation compounds. The purpose of the presented scientific study was to evaluate the effectiveness of flame-retardant treatments of various types of wood when using the most common flame retardants.

Keywords: flame retardant treatment, flame retardant, wood, flame retardants, oxygen index.

Использование древесины в строительстве зданий и сооружений обусловлено ее уникальными свойствами – высокой прочностью при небольшом объемном весе, достаточной упругостью и малой теплопроводностью. Но помимо положительных качеств древесные материалы обладают таким отрицательным свойством как высокая горючесть, в связи с этим для снижения пожарной опасности древесины и её производных строитель-

ные конструкции обрабатываются специальными составами, называемыми антипиренами. Процессы действия огнезащитного материала направлены на достижение определённой цели, а именно – исключение одной из составляющих классического треугольника горения. Методы огнезащиты древесины делятся на физические, химические и их сочетание. По способу нанесения огнезащитных составов методы подразделяют на поверхностные, глубокие и комбинированные.

В ряде работ, выполненных различными научными коллективами [1–2], рассматриваются пути снижения пожарной опасности и повышения биостойкости древесины за счет ее обработки химическими составами различной природы. В данной области постоянно ведутся исследования для создания более эффективных составов для огнезащиты древесины. В то же время при наличии большого количества разработанных огнезащитных составов (ОЗС) отсутствуют четкие рекомендации к их применению на конкретных породах древесины.

Цель исследования заключалась в оценке влияния наиболее распространенных огнезащитных составов на поведение образцов древесины различных пород при термическом воздействии. Актуальность темы заключается в определении наиболее оптимальных огнезащитных составов применительно к конкретным породам древесины с целью оптимизации затрат и достижению наилучшего результата снижения пожарной опасности строительных конструкций, выполненных из древесины и ее производных.

Практическая значимость данной работы заключается в выработке рекомендаций, позволяющих экспериментально обоснованно подбирать огнезащитные составы для строительных материалов из древесины и материалов на ее основе.

В ходе работы проводилось исследование образцов древесины сечением 8х3 мм и длиной 70 мм. Они были разделены на две группы: первая группа пропитывалась в течение 10 минут, вторая группа в течение 24 часов. Используемыми огнезащитными составами для обработки являлись промышленно выпускаемые огнезащитные составы «СЕНЕЖ» и «RAUM-PROFIE». После обработки образцов

древесины проводилась оценка кислородного индекса (КИ).

Пропитка образцов древесины различных пород одинаковыми по концентрации огнезащитными составами за одно и то же время показывает то, что менее плотные породы древесины, такие как ель и сосна, пропитываются антипиренами практически в 2 раза больше по объему, чем более плотные (береза и дуб).

Следующим этапом стала оценка эффективности пропитки образцов древесины огнезащитными составами с помощью исследования образцов древесины хвойных и лиственных пород при концентрации кислорода начиная с 20 % до достижения полного сгорания образца после удаления источника зажигания (результат «Х»).

В табл. 2 и 3 представлены испытания образцов при концентрациях кислорода, значения которых находятся в промежутке между значением полного сгорания образца после удаления источника зажигания и значением самостоятельного затухания образца после удаления источника зажигания.

В табл. 4 и 5 представлены испытания образцов при дробных значениях концентрации кислорода с шагом 0,2 % от концентрации, при которой образец полностью сгорел после удаления источника зажигания до концентрации, при которой образец самостоятельно затух после удаления источника зажигания.

Аналогичным образом были получены результаты для древесины березы, дуба и ели. Расчёт КИ проводился на основании ГОСТ 12.1.044-89¹ После проведения испытаний образцов производилось вычисление КИ и проведение оценки стандартного отклонения результатов по методике, описанной в ГОСТ 12.1.044-89.

Таблица 1. Результаты испытаний образцов древесины, обработанных различными ОЗС

КИ	Сосна			Береза		
	Без ОЗС	RAUM-PROFIE	СЕНЕЖ	Без ОЗС	RAUM-PROFIE	СЕНЕЖ
	22,9	45,5	34,4	23,5	36	34,4
	Ель			Дуб		
	Без ОЗС	RAUM-PROFIE	СЕНЕЖ	Без ОЗС	RAUM-PROFIE	СЕНЕЖ
	19,3	46,3	36,7	24,1	31,2	29,1

¹ ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

Таблица 2. Результаты испытаний образцов древесины сосны, обработанных ОЗС RAUM-PROFIE

CO ₂ , %	RAUM-PROFIE
20	О
25	О
30	О
33	О
35	О
40	О
50	О
55	Х
53	Х
51	Х
49	Х
45	О
47	Х
46	Х
46	О
46,2	Х
46,0	О
46,2	Х
46,0	О

Таблица 3. Результаты испытаний образцов древесины сосны, обработанных ОЗС СЕНЕЖ

CO ₂ , %	СЕНЕЖ
20	О
30	О
40	Х
35	Х
33	О
34	О
34	Х
33,8	О
34	О
34,2	Х
34	О
34,2	О

Таблица 4. Результаты испытаний образцов древесины сосны, обработанных ОЗС RAUM-PROFIE

CO ₂ , %	RAUM-PROFIE
46	Х
46	О
46,2	Х
46,0	О
46,2	Х
46,0	О

Таблица 5. Результаты испытаний образцов древесины сосны, обработанных ОЗС СЕНЕЖ

CO ₂ , %	СЕНЕЖ
34	О
34	Х
33,8	О
34	О
34,2	Х
34	О
34,2	О

Таким образом, в ходе исследований была проведена сравнительная оценка ОЗС, применяемых при обработке деревянных конструкций на объектах защиты путём определения КИ образцов древесины лиственных и хвойных пород. Наибольший показатель КИ выявлен у образцов древесины, обработанных составом RAUM-PROFIE (46,7 %), что более чем в 2 раза превышает концентрацию кислорода в помещении на момент возникновения потенциального пожара.

Обработав представленные выше данные, была получена зависимость изменения кислородного индекса после огнезащитной обработки для каждой породы древесины (рисунок).

Расчет изменения показателя кислородного индекса (Δ КИ) осуществлялся по формуле:

$$\Delta \text{КИ} = \text{КИ}_{\text{обр}} - \text{КИ}_{\text{исх}}, \quad (1)$$

где $\text{КИ}_{\text{обр}}$ – показатель кислородного индекса древесины, обработанной огнезащитным составом;

$\text{КИ}_{\text{исх}}$ – показатель кислородного индекса древесины, не подвергавшейся обработкам.

Из представленных зависимостей видно, что на эффективность огнезащитных обработок древесины существенное влияние оказывают природа и плотность древесных материалов. Наилучший результат огнезащитной обработки (величина КИ) наблюдается для тех пород древесины, которые обладают меньшей средней плотностью. К таким материалам относятся образцы древесины хвойных пород (ель и сосна).

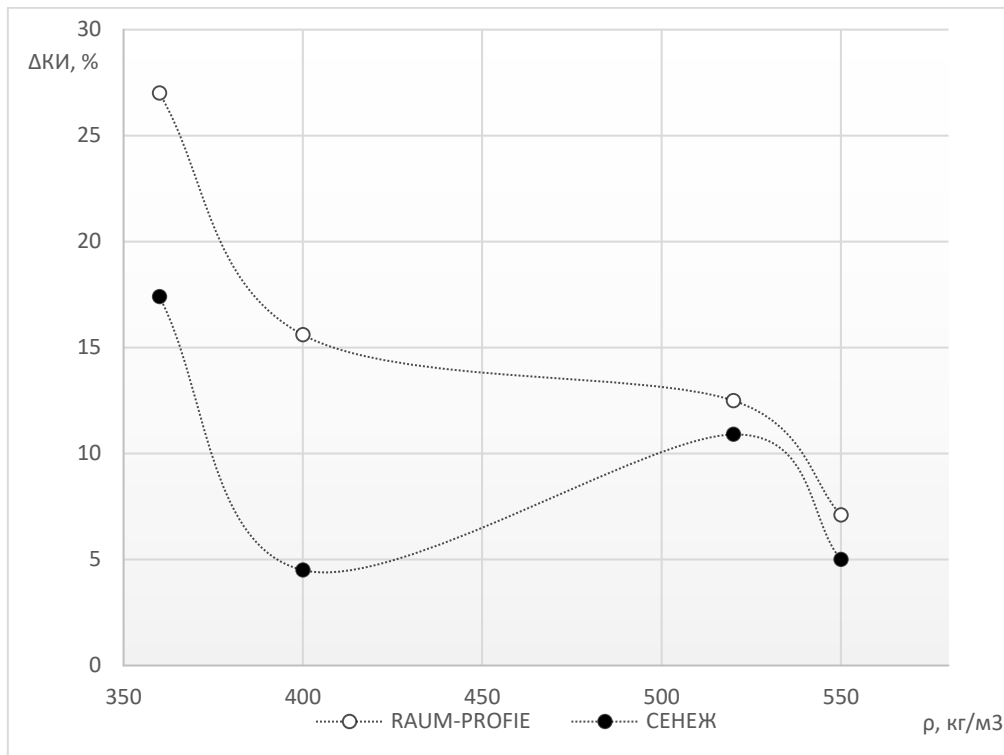


Рисунок. Изменение показателя кислородного индекса образцов древесины после обработки огнезащитными составами

Огнезащитный состав RAUM-PROFIE подходит для обработки любых пород древесины, а результативность его действия, заключающаяся в снижении пожарной опасности определяется плотностью древесного материала, что требует проведения дополнительных исследований, направленных на поиск оптимальных концентраций и режимов обработки.

Огнезащитный состав СЕНЕЖ в большей мере зависит от природы обрабатываемого материала и может быть рекомендован для обработки лиственных пород древесины. Рекомендуется осуществлять выбор огнезащитных составов и режимов огнезащитных обработок с учетом природы и плотности древесных строительных материалов.

Список литературы

1. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Выделение дыма при термическом разложении и горении древесины // Лесной вестник, 2004, № 2 (33). С. 99–103.
2. Характеристики тепловыделения при горении древесины различных пород и видов / Р. М. Асеева, Б. Б. Серков, А. Б. Сивенков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность, 2011, т. 20, № 7. С. 2–7.

References

1. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Vydelenie dyma pri termicheskom razlozhenii i gorenii drevesiny [Emission of smoke during thermal decomposition and combustion of wood]. *Lesnoj vestnik*, 2004, vol. 2 (33), pp. 99–103.
2. Harakteristiki teplovydeleniya pri gorenii drevesiny razlichnyh porod i vidov [Characteristics of heat release during combustion of wood of different species and types] / R. M. Aseeva, B. B. Serkov, A. B. Sivenkov [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2011, vol. 20, issue 7, pp. 2–7.

Скрипко Илья Андреевич

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

E-mail: serny@mail.ru

магистрант заочной формы обучения

Skripko 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

master's degree student by correspondence

E-mail: serny@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

Наконечный Сергей Николаевич

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

кандидат химических наук

E-mail: serny@mail.ru

Nakonechnyy 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 chemical sciences

E-mail: serny@mail.ru

Ульева Светлана Николаевна

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

кандидат химических наук, доцент

E-mail: jivotjagina@mail.ru

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

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

УДК 614.842

**ПЕРЕЧЕНЬ КРИТЕРИЕВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УПРАВЛЕНИЕ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ НА ПОЖАРАХ
В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ,
ВЫЗВАННЫХ СОВРЕМЕННЫМИ ВОЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ**

И. П. ДЕНИСОВ

МЧС России, Российская Федерация, г. Москва
E-mail: pom.polet99@mail.ru

В данной статье рассматриваются многокритериальные модели и методы, которые могут быть использованы для поддержки управления пожарными подразделениями на пожарах в резервуарных парках хранения нефтепродуктов, вызванных современными военными средствами поражения. Проводится сравнение профилактических мер пожарной безопасности в мирное время и в условиях военных действий, а также анализируются критерии пожаров, вызванных военными средствами поражения.

Ключевые слова: резервуарные парки, горение резервуаров, выброс нефтепродуктов, пожарная безопасность, тушение пожаров.

**LIST OF CRITERIA AFFECTING THE MANAGEMENT OF FIRE PROTECTION UNITS
IN CASE OF FIRES IN OIL PRODUCT STORAGE TANK FARMS ASSOCIATED
WITH MODERN MILITARY MEANS OF DESTRUCTION**

I. P. DENISOV

Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters,
Russian Federation, Moscow
E-mail: pom.polet99@mail.ru

This article discusses multi-criteria models and methods that can be used to support the management of fire departments in oil product storage tank farms caused by modern military weapons. A comparison of preventive fire safety measures in peacetime and in conditions of military operations is carried out, as well as criteria for fires caused by military means of destruction are analyzed.

Keywords: tank farms, burning of tanks, release of petroleum products, fire safety, firefighting gorenje.

Введение

Резервуарные парки, предназначенные для хранения нефтепродуктов, представляют собой объекты повышенной опасности, особенно в условиях военных действий. Современные средства поражения способны вызывать масштабные пожары, которые характеризуются высокой сложностью тушения и значительными рисками для личного состава подразделений пожарной охраны и окружающей среды.

Основная часть

Опыт тушения пожаров в резервуарных парках хранения нефтепродуктов (РПХН), произошедших в конце 2024 года, начале 2025 года в Ростовской, Саратовской, Воронежской, Калужской областях и республике Крым, показал, что применение современных военных средств часто приводит к комбинированным пожарам (разлив и объемное горение), что требует адаптации тактики тушения пожара, а эффективность проектных мер профилактики пожаров на рассматриваемых объектах,

предусмотренных для «мирного времени» при применении военных средств поражения значительно снижается.

Так, в мирное время меры пожарной профилактики включают:

- соблюдение нормативов пожарной безопасности;
- регулярное техническое обслуживание оборудования;
- обучение персонала и проведение пожарно-тактических учений;
- наличие достаточных запасов огне-тушащих веществ.

В условиях же применения военных средств поражения создается новая разновидность пожаров – «запроектные» пожары, при которых:

- возможно горение в разных частях предприятия;
- увеличивается риск взрывов и разрушений;
- затрудняется доступ к объекту из-за применения средств поражения;
- высокоточные боеприпасы могут вызывать множественные точечные пробоины резервуаров, требующие экстренной герметизации;
- зажигательные вещества усиливают горение, требуют применения специализированных ингибиторов.

Таким образом, в рассматриваемых условиях на первый план выходят организационные и технические профилактические решения, заблаговременно вырабатываемые органами управления пожарной охраны совместно с администрацией объектов.

Основные индикаторы риска с точки зрения предварительного планирования боевых действий по тушению пожара в РПХН следующие:

1. Общая оценка пожарной безопасности объекта:
 - анализ уязвимостей объекта к военным средствам поражения.
2. Факторы, влияющие на возникновение пожара:
 - технологические (утечки, неисправности оборудования);
 - военные (прямые попадания, вторичные повреждения).
3. Источник возникновения:
 - невоенный (антропогенный, технологический);
 - военный (прямое воздействие боеприпасов).
4. Прогнозирование развития пожара:
 - скорость распространения огня;
 - возможность взрывов и обрушений.
5. Ресурс огнетушащих веществ:
 - оценка достаточности запасов;

- организация доставки дополнительных ресурсов.

6. Время тушения пожара:

- прогноз длительности тушения;
- определение необходимого количества личного состава.

Основываясь на опыте тушения подобных пожаров, можно выделить ряд ключевых критериев пожаров в РПХН, вызванных современными средствами поражения:

1. Одновременное горение нескольких резервуаров в одной группе:

- требует координации усилий для локализации пожара;
- высокая вероятность распространения огня на соседние резервуары.

2. Одновременное горение нескольких групп резервуаров:

- необходимость распределения сил и средств на несколько очагов;
- увеличение времени тушения и риска потери контроля над ситуацией.

3. Горение истекающего под давлением нефтепродукта:

- высокая интенсивность горения;
- необходимость применения специальных методов тушения.

4. Истечение горящего нефтепродукта из повреждений запорной арматуры:

- требует оперативного устранения утечки;
- риск взрыва и распространения пожара.

5. Высокая вероятность взрыва паровоздушной смеси:

- необходимость постоянного мониторинга состояния резервуаров;
- применение методов снижения концентрации паров.

6. Невозможность применения классических методов подачи огнетушащих веществ:

- требует использования альтернативных методов (например, порошковые составы).

7. Недостаточные запасы воды:

- необходимость поиска дополнительных неиссякаемых источников воды;
- оптимизация использования воды.

8. Угроза выброса нефтепродукта при прогреве воды:

- требует периодического контроля температуры стенок резервуара;
- применение методов охлаждения.

9. Необходимость прерывания ведения боевых действий при угрозе повторных ударов военными средствами поражения:

- требует разработки порядка эвакуации личного состава и временного прекращения работ.

10. Недостаточность сил и средств одного территориального пожарно-спасательного гарнизона:

- необходимость привлечения дополнительных ресурсов;
- координация действий с другими службами.

11. Высокая психологическая нагрузка на руководителя тушения пожара:

- требует подготовки руководителей к работе в условиях высокого уровня стресса;
- использование систем поддержки принятия решений.

Для эффективного управления пожарными подразделениями и поддержки принятия решений при тушении пожаров в РПХН, вызванных применением военных средств поражения, предлагается использовать многокритериальные модели^{1,2} [1–2], которые учитывают:

- количество и расположение очагов пожара;
- наличие и доступность ресурсов (вода, пена, личный состав);
- угрозу повторных ударов;
- психологическое состояние личного состава.

Методы многокритериального анализа, такие как метод анализа иерархий (АНП), метод взвешенных сумм (WSM) и метод TOPSIS, позволяют ранжировать задачи и принимать оптимальные решения в условиях ограниченных ресурсов и высокой неопределенности.

Дальнейшее изучение применения методов многокритериальной оптимизации при управлении подразделениями пожарной охраны при тушении пожаров в РПХН могут позволить выработать следующие системы поддержки принятия решений для руководителей тушения пожаров:

1. Системы мониторинга:

- внедрение систем реального времени для отслеживания состояния резервуаров и очагов пожара.

2. Системы оптимизация ресурсов:

- распределение сил и средств на основе многокритериального анализа.

3. Подготовка личного состава:

- проведение учений с имитацией условий применения военных средств поражения.

4. Предварительное планирование:

- разработка гибких планов на тушение пожара, учитывающих возможность прерывания ведения боевых действий.

5. Психологическая подготовка:

- организация работы с психологами для снижения нагрузки на личный состав.

6. Воспитательная работа на пожаре и психологическая поддержка:

- организация работы с личным составом отдыхающих смен по переключению внимания с постоянной угрозы жизни личному составу;
- создание атмосферы ответственности за выполнение поставленной задачи.

Заключение

Управление пожарными подразделениями при тушении пожаров, возникших из-за военных средств поражения, требует применения современных методов анализа и поддержки принятия решений. Многокритериальные модели позволяют учитывать множество факторов и оптимизировать действия пожарных подразделений, что способствует повышению эффективности тушения пожаров и снижению рисков для личного состава и окружающей среды.

Список литературы

1. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 314 с.
2. Методы многокритериального анализа в управлении рисками. СПб.: Политехника, 2020.

References

1. Saati T. L. *Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij* [Decision Making: Analytic Hierarchy Process]. Moscow: Radio i svyaz', 1993.
2. *Metody mnogokriterial'nogo analiza v upravlenii riskami* [Methods of multicriteria analysis in risk management]. SPb.: Politehnika, 2020.

¹ Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения».

² Руководство по тушению пожаров на объектах хранения и переработки нефтепродуктов. М.: ВНИИПО, 2018. 53 с.

Денисов Илья Павлович

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

Российская Федерация, г. Москва,

Заместитель Министра Российской Федерации

E-mail: pom.polet99@mail.ru

Denisov Ilya Pavlovich

Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,

Russian Federation, Moscow

Deputy Minister of the Russian Federation

E-mail: pom.polet99@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)
ECOLOGICAL SAFETY (TECHNICAL AND CHEMICAL)

УДК 544.72:546.41-226

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ФОСФОГИПСА К НЕФТЕПРОДУКТАМ

Ю. Н. КОВАЛЬ¹, Л. В. КОНДРАТЬЕВА¹, И. Г. ЕФРЕМОВ¹, П. В. ФАБИНСКИЙ¹, А. А. ШУБИН^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Железногорск

² Сибирский федеральный университет,

Российская Федерация, г. Красноярск

E-mail: a_yulya@inbox.ru

Производство фосфорных удобрений порождает значительные объемы фосфогипса, который часто складывается. На сегодня степень его переработки составляет 2–4 %, и проблема повторного вовлечения остается нерешенной. Статья освещает вопросы вторичного вовлечения фосфогипса в технологический процесс и исследования сорбционных свойств фосфогипса в отношении нефтепродуктов. Проведены анализы и получены характеристики, влияющие на сорбционные свойства материала, также рассмотрена возможность его применения в целях ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. Представлены результаты физико-химических исследований фосфогипса и анализ фосфогипса на его сорбционную эффективность по отношению к дизельному топливу.

Ключевые слова: фосфогипс, сорбция, нефтепродукты, насыпная плотность, физико-химические особенности фосфогипса, экологическая безопасность.

ADSORPTION PROPERTIES OF PHOSPHOGYPSUM TO OIL PRODUCTS

Yu. N. KOVAL¹, L. V. KONDRATIEVA¹, I. G. EFREMOV¹, P. V. FABINSKI¹, A. A. SHUBIN^{1,2}

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Siberian Fire
and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,

Russian Federation, Zheleznogorsk

Siberian Federal University,

Russian Federation, Krasnoyarsk

E-mail: a_yulya@inbox.ru

The production of phosphorus fertilizers generates significant volumes of phosphogypsum, which is often stored. Today, the degree of its processing is 2-4 %, and the problem of re-involvement remains unresolved. The article highlights the issues of secondary involvement of phosphogypsum in the technological process and studies of the sorption properties of phosphogypsum in relation to petroleum products. Analyses were carried out and characteristics affecting the sorption properties of the material were obtained, and the possibility of its use in order to eliminate oil and petroleum product spills was also considered. The results of physical and chemical studies of phosphogypsum and analysis of phosphogypsum for its sorption efficiency in relation to diesel fuel are presented.

Key words: phosphogypsum, sorption, petroleum products, bulk density, physical and chemical properties of phosphogypsum, environmental safety.

Введение

Фосфогипс – продукт, образующийся при переработке фосфорита и апатитов в производстве фосфорной кислоты. Накопленные запасы фосфогипса в отвалах предприятий России и Белоруссии огромны ~ 140 млн. т,

которые складываются на территории заводов. Вопросы утилизации фосфогипса обсуждаются и рассматриваются со второй половины прошлого века. На сегодня степень его переработки составляет 2–4 %, и проблема повторного вовлечения остается нерешенной [1]. Фосфогипс можно рассматривать как ресурс с весьма широкой сферой применения, в связи с чем

является актуальным поиск новых областей его использования.

Вследствие переноса загрязняющих веществ с флювиальными потоками хранилища фосфогипса меняют геохимическую обстановку в ландшафте и прилегающих к отвалу территорий. Это проявляется в изменении физико-химических характеристик почвы и водных объектов, аккумуляции загрязняющих веществ в компонентах природной среды [2]. Влияние фосфогипса на почвенный покров сказывается, в основном, на состоянии поверхности горизонта почв [3, 4].

Фосфогипс является многокомпонентным химическим соединением, в котором кроме макроэлементов (кальций, сера и фосфор) содержится около 1,5 % микроэлементов. Фосфогипс содержит примеси неорганических и органических соединений, водорастворимых и водонерастворимых, адсорбированных на поверхности и встроенных в кристаллическую решетку кристаллов. Среднее содержание фторидов в фосфогипсе в зависимости от исходного сырья составляет 0,05–0,4 % [1, 5].

Необходимо отметить, что экологические аспекты использования фосфогипса немаловажны, так как недостатком фосфогипса является возможность наличия в его составе тяжелых металлов и радионуклидов. Главной опасностью использования материала хранилищ фосфогипса исследователи называют повышенную радиоактивность. Для его использования необходима очистка от радиоактивных веществ, которая основана на выщелачивании радионуклидов органическими экстрагентами [6].

Перспективным направлением утилизации фосфогипса является строительная индустрия, где он может использоваться вместо природного гипса. Также фосфогипс целесообразно использовать при производстве гипсовых вяжущих и изделий на их основе, в цементной промышленности и в кирпичном производстве [7]. Исследование [8] показывает, что фосфогипс совместно с гашёной известью и золой может быть использован в качестве материала основания дороги. Использование фосфогипса в дорожном строительстве решает проблему утилизации этого отхода, является эффективным и экономически выгодным [9].

Таким образом, несмотря на реально имеющее место, перспективы внедрения фосфогипса в российскую промышленность остается скорее теоретическим. В перспективе применение фосфогипса может быть расширено по мере изучения его физико-химических свойств. Исследование и модификация по-

верхности, пористости данного материала предопределяет разработку новой технологии применения фосфогипса в качестве сорбента.

Цель исследования – изучение сорбционных свойств фосфогипса и рассмотрение его в качестве сорбента нефтепродуктов.

Задачи: 1. проведение физико-химического исследования фосфогипса; 2. рассмотрение фосфогипса в качестве сорбента нефтепродуктов; 3. поиск новых направлений по повторному использованию фосфогипса.

Сорбционные свойства фосфогипса исследовались на трех образцах, полученных от разных предприятий:

Образец № 1. Ставропольский край, г. Невинномысск. Фосфогипс нейтрализованный (ТУ 20.13.41-018-56937109-2019).

Образец № 2. Ленинградская область г. Кингисепп. Фосфогипс для сельского хозяйства (ТУ 20.13.41-115-00203766-2017).

Образец № 3. Краснодарский край, г. Белореченск. Фосфогипс для сельского хозяйства (ТУ 20.13.41-115-00203766-2017).

Материалы и методы

В России крупнейшими холдингами в производстве минеральных удобрений являются «ЕвроХим», «УралХим» и «Апатит». В данном исследовании нами были взяты три образца фосфогипса от различных предприятий, входящих в холдинг АО «Минерально-химическая компания ЕвроХим».

Для подтверждения безопасности исследуемых объектов было проведено измерение суммарной α - и β -радиоактивности образцов фосфогипса с использованием установки спектротрической СКС-99 «СПУТНИК». Суммарная α - и β -радиоактивность для исследуемых сорбентов не отличается друг от друга и для всех трех образцов, независимо от предприятия, составляет по α -излучению 0,035 Бк/кг, а по β -излучению 7,69 Бк/кг, что соответствует значению ПДК [10].

Измерение фракционного состава проводили на лазерном анализаторе размера частиц «Bettersizer ST». Результаты измерений фракционного состава показали, что наименьший средний размер частиц 17 мкм имеет образец № 3, а наибольший средний размер частиц 469 мкм у образца № 2. Образец № 1 имеет средний размер частиц 102 мкм (рис. 1).

Анализ микроструктуры образцов фосфогипса позволяет сделать вывод о подобию морфологии частиц – пластинчатые частицы разные по размеру (рис. 2).

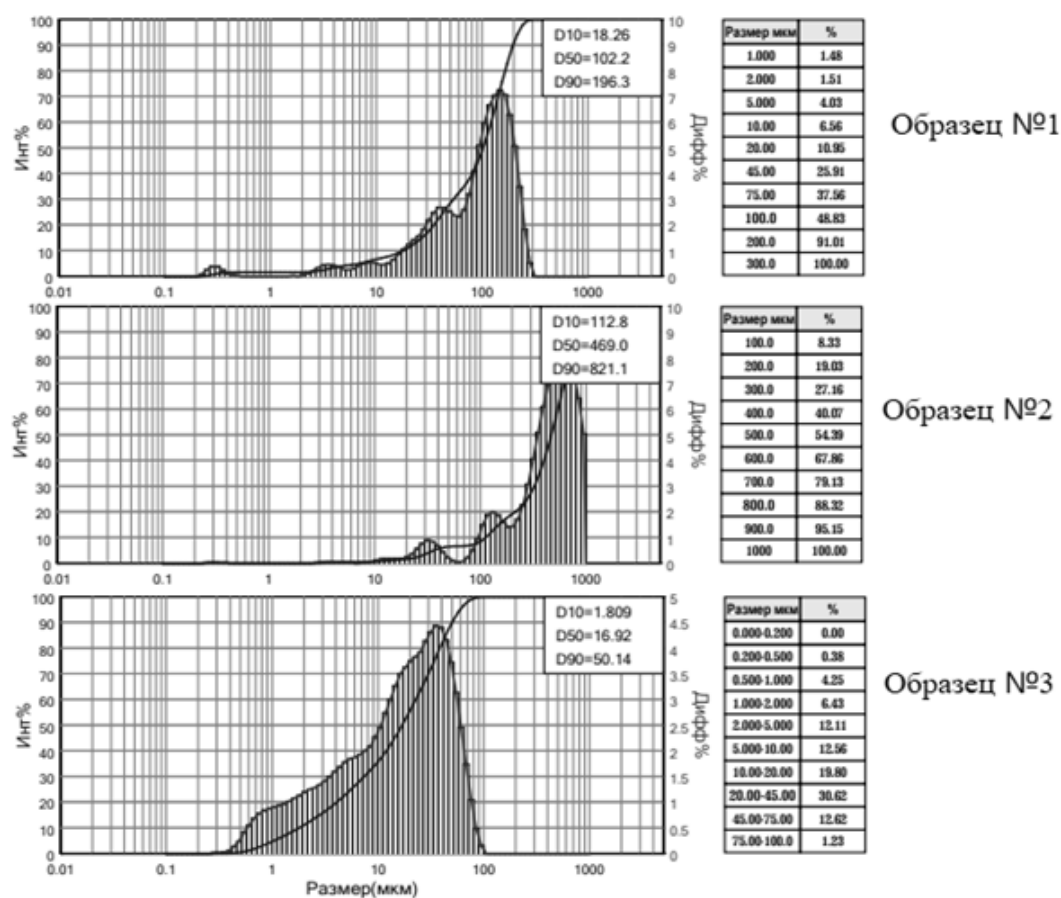


Рис. 1. Фракционный состав образцов фосфогипса

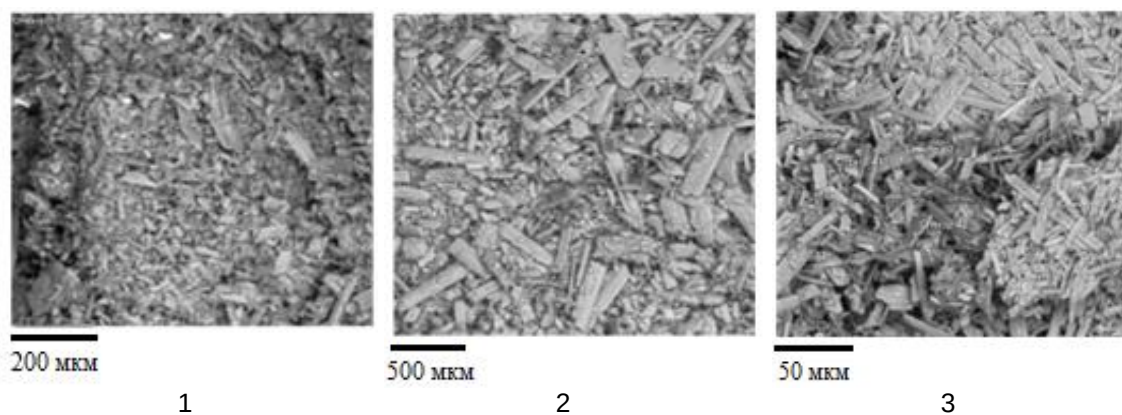


Рис. 2. Микроструктуры образцов фосфогипса 1, 2 и 3

Опытная проверка поглощительных свойств образцов фосфогипса проводилась в несколько этапов и заключалась в определении насыпной плотности, pH водного раствора и коэффициента сорбции.

Оценку насыпной плотности проводили в нескольких параллелях. По измерениям насыпной плотности рассчитывалось среднее значение и доверительный интервал. Также проводили оценку насыпной плотности после вибрационного уплотнения и при принудительном уплотнении (таблица).

Таблица. Результаты измерений насыпной плотности исследуемых образцов фосфогипса

№ образца фосфогипса	Плотность насыпная $\rho_{\text{нас}}$, г/см ³	Плотность насыпная после вибрационного уплотнения, $\rho_{\text{ву}}$, г/см ³	Плотность насыпная после принудительного уплотнения, $\rho_{\text{упл}}$, г/см ³
1	0.86±0.02	1.14±0.03	1.18±0.04
2	0.55±0.02	0.82±0.04	0.90±0.04
3	0.65±0.02	0.96±0.04	1.08±0.04

Два из трех образцов фосфогипса имеют при уплотнении насыпную плотность больше, чем плотность воды, поэтому при попадании в воду они быстро погружаются на дно. Это предопределило невозможность использования немодифицированных материалов из фосфогипса в качестве сорбентов легких фракций нефтепродуктов при их разливе на поверхности воды, т.к. они неспособны находиться на границе раздела фаз «вода-углеводород».

Измерение значения кислотности водно-дисперсных растворов фосфогипса с концентрацией 1 % мас. проводили в соответствии с ГОСТ 33776-2016. Экспериментальные данные по определению pH растворов образцов фосфогипса показали, что значения водородного показателя в зависимости от номера образца мало различаются и имеют значение в диапазоне 5.56÷6.23. Согласно [11], среднее значение водородного показателя свежеполученного фосфогипса составляет около 3.0, а после нейтрализации, в зависимости от её степени и времени хранения в отвале возрастает до 6.5.

Коэффициент сорбции фосфогипсом нефти или нефтепродуктов, определённый по методике [12], не превышает значения 1.1. Такое значение показателя сорбционной способности является очень низким, поэтому применять данный продукт для сбора нефтяных пленок с водных поверхностей нецелесообразно. При сопоставлении с успешно применяемым для этих целей полимерным сорбентом «Унисорб» (ТУ 2254-001-95690898-2010) все изученные образцы фосфогипса существенно (в 3–5 раз) уступают по сорбционным свойствам ему. Это, вероятно, объясняется в пластинчатой неразвитой поверхности и беспористой структуре образцов фосфогипса.

Для оценки применения фосфогипса в качестве заградительного материала, подложки или бона при разливе нефти или нефтепродуктов нами был проведен эксперимент по проникновению нефтепродукта через слой фосфогипса. Для этого образцы фосфогипса

засыпали в бюретки, производили уплотнение, а на поверхность полученного слоя наливали дизельное топливо (ГОСТ 305-213). Фиксировалось время, за которое происходило проникновение нефтепродукта через слой исследуемого образца фосфогипса. На основании полученных данных была построена зависимость глубины проникновения дизельного топлива для различных образцов фосфогипса (рис. 3).

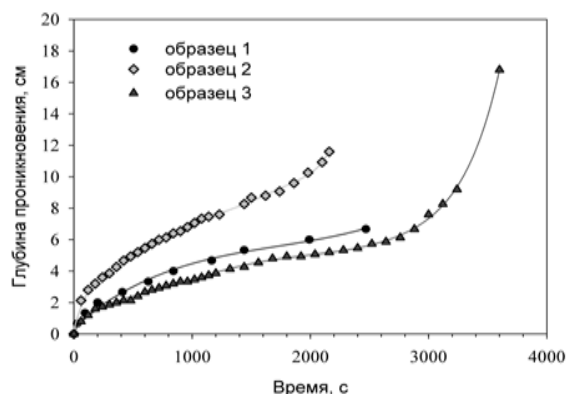


Рис. 3. Зависимость глубины проникновения нефтепродукта через слой фосфогипса от времени

Можно отметить общий характер зависимостей глубины проникновения нефтепродукта от времени. При этом кривые для образцов № 1 и № 3 ведут себя симбатно, тогда как отмечается некоторое отклонение для образца фосфогипса № 2, что может быть обусловлено самым малым значением всех видов насыпной плотности из трех исследуемых образцов.

Результаты

Выявлены различия в структуре и фракционном составе исследуемых образцов фосфогипса. Белореченский фосфогипс имеет наиболее однородную структуру, которая представлена пластинчатыми частицами с наибольшим количеством мелких фракций. Наибольшей насыпной плотностью обладает образец из Невинномысска, а наименьшая

насыпная плотность определена для фосфогипса из Кингисеппа. При принудительном уплотнении более сильное уплотнение отмечается для пробы из Белореченска. По значениям плотности и глубины проникновения нефтепродукта образцы фосфогипса из Белореченска и Невинномысска являются подобными. Образец фосфогипса из Кингисеппа характеризуется меньшими значениями насыпной плотности и большей величиной слоя проникновения нефтепродукта.

Выводы

Проблема переработки фосфогипса стоит перед Россией давно. Уже имеется

определенный опыт применения фосфогипса в дорожном строительстве, известны случаи применения фосфогипса при возведении ограждающих дамб на накопителях промышленных отходов предприятий химической промышленности, а также применения его в сельском хозяйстве. Одно из направлений вторичной переработки фосфогипса – это его применение в качестве сорбента при разливе нефти и нефтепродуктов. Данная область применения менее изучена и требует дополнительных и существенных исследований для возможности использования фосфогипса в качестве сорбента нефти или нефтепродуктов.

Список литературы

1. Недбаев И. С., Цывкунова Н. В., Елсукова Е. Ю. Обзор российского и мирового опыта решения экологических проблем производства, хранения, переработки и использования фосфогипса // Вестник Евразийской науки. 2022. Т. 14. № 4.

2. Pérez-López R. Pollutant flows from a phosphogypsum disposal area to an estuarine environment: An insight from geochemical signatures / Pérez-López R., Macías F., Ruiz Cánovas C. [et al.]. *Science of the Total Environment*, 2016, 553, pp. 42–51.

3. Яковлев А. С., Каниськин М. А., Терехова В. А. Экологическая оценка почвогрунтов, подверженных воздействию фосфогипса // Почвоведение. 2013. № 6. С. 737.

4. Белюченко И. С., Муравьев Е. И. Влияние отходов промышленного и сельскохозяйственного производства на физико-химические свойства почв // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2009. Т. 5. №1. С. 84–86.

5. Шершнев О. В. Оценка воздействия отходов фосфогипса на компоненты окружающей среды // Экологический вестник. 2016. № 2 (36). С. 97–103.

6. Papaslioti E-M. Stable isotope insights into the weathering processes of a phosphogypsum disposal area / Papaslioti E-M, Pérez-López R., Parviainen A. [et al.]. *Water Research*, 2018, 140, pp. 344–353

7. Preparation of load-bearing building materials from autoclaved phosphogypsum / J. Yang, W. Liu, L. Zhang [et al.]. *Construction and Building Materials*, 2009, issue 23, pp. 687–693.

8. Shen W., Zhou M., Zhao Q. Study on lime-fly ash-phosphogypsum binder. *Construction and Building Materials*, 2007, issue 21, pp. 1480–1485.

9. Коваль Ю. Н. Об использовании побочного фосфогипса в строительных целях // Строительное материаловедение: настоящее и будущее: сборник материалов III Всероссийской научной конференции, посвящённой девяностолетию кафедры Строительного материаловедения. М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. С. 154–155.

10. Natural radioactivity in building materials in the European Union: A database and an estimate of radiological significance / R. Trevisi, S. Risica, M. D'Alessandro [et al.]. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2012, issue 105, pp. 11–20.

11. Пиденко С. А., Ловцова Л. Г. Комплексные органоминеральные удобрения мелиоранты – экологичный подход к утилизации фосфогипса // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, № 2. С. 166–174.

12. Сычёва А. В., Кондратьева Л. В. Использование поликарбамидных волокон для сорбции нефтепродуктов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов X Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию академика М. Ф. Решетнева и Дню космонавтики. Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2024. Т. 2. С. 745–747.

References

1. Nedbaev I. S., Cyvkunova N. V., El-sukova E. Yu. *Obzor rossijskogo i mirovogo opy'ta resheniya e'kologicheskix problem proizvodstva, xraneniya, pererabotki i ispol'zovaniya fosfogipsa* [Review of Russian and world experience in solving environmental problems of production, storage, processing and use of phosphogypsum]. *Vestnik evrazijskoj nauki*, 2022, vol. 14, issue 4.

2. Pérez-López R. Pollutant flows from a phosphogypsum disposal area to an estuarine environment: An insight from geochemical signatures / Pérez-López R., Macías F., Ruiz Cánovas C. [et al.]. *Science of the Total Environment*, 2016, 553, pp. 42–51.

3. Yakovlev A. S., Kanis`kin M. A., Terexova V. A. E`kologicheskaya ocenka pochvogruntov, podverzhenny`x vozdeystviyu fosfogipsa [Ecological assessment of soils exposed to phosphogypsum]. *Pochvovedenie*, 2013, issue 6, 737 p.

4. Belyuchenko I. S., Murav`ev E. I. Vliyanie otxodov promy`shlennogo i sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva na fizikokhimicheskie svoystva pochv [The influence of industrial and agricultural waste on the physical and chemical properties of soils]. *Ekologicheskij Vestnik Severnogo Kavkaza*, 2009, vol. 5, issue 1, pp. 84–86.

5. Shershnev O. V. Ocenka vozdeystviya otxodov fosfogipsa na komponenty` okruzhayushhej sredy` [Assessment of the impact of phosphogypsum waste on environmental components]. *E`kologicheskij vestnik*, 2016, vol. 2 (36), pp. 97–103.

6. Papaslioti E-M. Stable isotope insights into the weathering processes of a phosphogypsum disposal area / Papaslioti E-M, Pérez-López R., Parviainen A. [et al.]. *Water Research*, 2018, 140, pp. 344–353

7. Preparation of load-bearing building materials from autoclaved phosphogypsum / J. Yang, W. Liu, L. Zhang [et al.]. *Construction and Building Materials*, 2009, issue 23, pp. 687–693.

8. Shen W., Zhou M., Zhao Q. Study on lime-fly ash-phosphogypsum binder. *Construction*

and Building Materials, 2007, issue 21, pp. 1480–1485.

9. Koval` Yu. N. Ob ispol`zovanii pobochnogo fosfogipsa v stroitel`ny`x celyax [On the use of by-product phosphogypsum for construction purposes]. *Stroitel`noe materialovedenie: nastoyashhee i budushhee: sbornik materialov III Vserossijskoj nauchnoj konferencii, posvyashhennoj devyanostoletiyu kafedry` Stroitel`nogo materialovedeniya*. Moscow: Nacional`ny`j issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvenny`j stroitel`ny`j universitet, 2023, pp. 154–155.

10. Natural radioactivity in building materials in the European Union: A database and an estimate of radiological significance / R. Trevisi, S. Risica, M. D'Alessandro [et al.]. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2012, issue 105, pp. 11–20.

11. Pidenko S. A., Lovczova L. G. Kompleksny`e organomineral`ny`e udobreniya melioranty` – e`kologichny`j podxod k utilizacii fosfogipsa [Complex organomineral fertilizers meliorants – an environmentally friendly approach to the utilization of phosphogypsum]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Ximiya. Biologiya. E`kologiya*, 2023, vol. 23, issue 2, pp. 166–174.

12. Sy`chyova A. V., Kondrat`eva L. V. Ispol`zovanie polikarbamidny`x volokon dlya sorbcii nefteproduktov [Use of polyurea fibers for sorption of petroleum products]. Aktual`ny`e problemy` aviacii i kosmonavтики: sbornik materialov X Mezhdunarodnoy nauch-no-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu akademika M. F. Reshetneva i Dnyu kosmonavтики. Krasnoyarsk: SibGU im. M. F. Reshetneva, 2024, vol. 2, pp. 745–747.

Коваль Юлия Николаевна

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск
кандидат биологических наук, заведующий кафедрой
e-mail: a_yulya@inbox.ru

Koval Yulia Nikolaevna

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Siberian Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk
Candidate of Biological Sciences, Head of Department
e-mail: a_yulya@inbox.ru

Кондратьева Лариса Владимировна

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск
старший преподаватель
e-mail: telez@rambler.ru

Kondratieva Larisa Vladimirovna

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Siberian Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk
senior lecturer
e-mail: telez@rambler.ru

Ефремов Игорь Геннадьевич

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск
кандидат химических наук, доцент
e-mail: sttokr@mail.ru

Efremov Igor Gennadievich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Siberian Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia
Russian Federation, Zheleznogorsk
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
e-mail: sttokr@mail.ru

Фабинский Павел Викторович

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск
доктор химических наук, доцент, профессор
e-mail: pvfob@yandex.ru

Fabinsky Pavel Viktorovich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Siberian Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Russian Federation, Zheleznogorsk
Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor
e-mail: pvfob@yandex.ru

Шубин Александр Анатольевич

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Железногорск
Сибирский федеральный университет
Российская Федерация, г. Красноярск
кандидат химических наук, доцент
e-mail: shub99@mail.ru

Shubin Alexander Anatolyevich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Siberian Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia
Russian Federation, Zheleznogorsk
Siberian Federal University,
Russian Federation, Krasnoyarsk
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
e-mail: shub99@mail.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К рассмотрению принимаются рукописи в электронном формате документа Microsoft Word (*.doc, *.docx). Файлы высылаются по адресу: journal@edufire37.ru

Статьи должны полностью соответствовать специальностям журнала.

Обязательно указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

В статье указывается шифр основной специальности, по которой выполнена работа.

При направлении материалов в редакцию по электронной почте в одном письме направляются:

- файл статьи в формате MS Word;
- внешняя рецензия, заверенная в установленном в организации порядке (рецензенты и авторы статей не должны находиться в должностных отношениях);
- сканированная копия сопроводительного письма.
- экспертное заключение о возможности открытой публикации материалов в журнале;

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 подачи воздушно-механической пены;*
- по возможности следует избегать использования рисунков и таблиц, размер которых требует альбомной ориентации страницы;
- поворот рисунков и таблиц в вертикальную ориентацию недопустим;
- текст статьи не должен заканчиваться таблицей, рисунком или формулой.

Правила оформления списка литературы

После текста статьи приводится список литературы, оформленный в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Источники указываются в порядке цитирования в тексте. На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте.

В список литературы включаются только научные и приравненные к ним публикации (статьи, монографии, учебные издания, патенты на изобретения, авторские свидетельства). Ссылки на нормативные документы (законы, постановления, стандарты) должны оформляться как подстрочные сноски.

В статье должны быть представлены два варианта списка использованной литературы:

- список на русском языке. Для изданий на русском языке обязательна транслитерация оригинального названия и перевод названия на английский язык (в квадратных скобках); тире, а также символ // в описании на английском языке не используются;
- список в романском алфавите (References). В References при переводе статьи на английский названия изданий и журналов не переводятся, используется транслитерация.

Для изданий на английском языке транслитерация не производится.

Если есть, обязательно указывается DOI.

Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Современные проблемы гражданской защиты»,
тел.: (4932) 93-08-00 доб. 15-60; e-mail: journal@edufire37.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
№ 1 (54), 2025

16+

Дата выхода в свет 26.03.2025 г. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Формат 60 × 90 1/8. Усл. печ. л. 21,5. Тираж 100 экз.
Заказ № 301. 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