

ISSN 2658-6223

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

Управление в социальных
и экономических системах
(технические науки)

Строительные конструкции,
здания и сооружения
(технические науки)

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

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

Строительные материалы
и изделия
(технические науки)

Экологическая безопасность
строительства
и городского хозяйства
(технические науки)

Пожарная и промышленная
безопасность
(технические науки)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

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

№ 4 (33), 2019



СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

(Журнал переименован. Предыдущее название
«ВЕСТНИК ВОРОНЕЖСКОГО ИНСТИТУТА ГПС МЧС РОССИИ»)

Научный журнал

Издается 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.

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

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

Заместители

главного редактора:

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

Федосов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, академик РААСН Ивановский государственный политехнический университет (Россия, г. Иваново)

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

Члены редколлегии:

Акулова Марина Владимировна – д-р техн. наук, профессор, Советник РААСН, заведующий кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

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

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

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

Бутман Михаил Федорович – д-р физ.-мат. наук, проф., Ивановский государственный химико-технологический университет (Россия, г. Иваново)

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

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

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

Камлюк Андрей Николаевич – канд. физ.-мат. наук, доц., Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Минск)

Ковтун Вадим Анатольевич – д-р техн. наук, проф., Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Гомель)

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

Королева Светлана Валерьевна – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Лопанов Александр Николаевич – д-р техн. наук, проф., Белгородский государственный технологический университет (Россия, г. Белгород)

Назарычев Александр Николаевич – д-р техн. наук, профессор, ректор ФГАО ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» Министерства энергетики РФ (Россия, г. Санкт-Петербург)

Лотемкина Ольга Владимировна – канд. хим. наук, доцент, помощник начальника ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

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

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

Сырбу Светлана Александровна – д-р хим. наук, профессор, первый проректор – проректор по научной работе и международным отношениям, заведующий кафедрой неорганической и аналитической химии ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет» (Россия, г. Иваново)

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

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

Хафизов Ильдар Фанильевич – д-р техн. наук, доцент, 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») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Шарнина Любовь Викторовна – д-р техн. наук, профессор кафедры химических технологий волокнистых и красящих веществ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

Шевцов Сергей Александрович – д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты Воронежского института – филиала ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Воронеж)

Технический редактор: *Шмелева Юлия Владимировна*

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 94015.

Подписано в печать 19.12.2019 г. Усл. печ. л. 8,6. Тираж 100 экз. Заказ №73.
Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-73129 от 22.06.2018.

Адрес редакции: 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33.
Тел.: (4932) 34-38-18; e-mail: journal@edufire37.ru

© ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, 2019

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ) MANAGEMENT IN SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS (TECHNICAL)

- Боровкова Н. В., Горинова С. В.** Экономическая безопасность региона: организационно-управленческий аспект 5
Borovkova N. V., Gorinova S. V. Economic security region: organization-international aspect 5

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ) HEAT SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING (TECHNICAL)

- Елин Н. Н., Бубнов В. Б., Комельков В. А.** Моделирование и расчет нестационарного радиационно-конвективного теплообмена в вентиляционных шахтах 14
Yelin N. N., Bubnov V. B., Komelkov V. A. Modeling and calculation of non-stationary radiation convective heat exchange in ventilation shears 14

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

- Ширяев Е. В.** Исследование параметров подложки гранулированного пеностекла, влияющих на испарение горючих жидкостей 19
Shiryayev E. V. Research of substrate parameters granulated foam glass influencing the evaporation of flammable liquids 19

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

- Ефремов А. М., Снегирев Д. Г., Егорова Н. Е.** Обезвреживание и контроль хлорсодержащих газов на выходе из химического реактора 28
Efremov A. M., Snegirev D. G., Egorova N. E. Neutralization and control of chlorine-containing gases at the outlet of a chemical reactor 28

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ) FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY (TECHNICAL)

- Гармышев В. В., Тимофеева С. С., Ващалова Т. В., Дубровин Д. В.** Ретроспективный анализ и оценка общественной опасности пожаров в показателях риска на территории Иркутской области 35
Garmyshev V. V., Timofeeva S. S., Vashchalova T. V., Dubrovin D. V. Retrospective analysis and evaluation of public danger of fires in the risk indicators in the territory of Irkutsk region 35

- Едимичев Д. А., Минкин А. Н., Масаев С. Н., Мусяченко Е. В.** Результаты опытного применения пылеуловителей электрической фильтрации на пожаровзрывоопасных предприятиях, занимающихся хранением и переработкой растительного сырья, для предотвращения пылевых взрывов 43
Edimichev D. A., Minkin A. N., Masaev S. N., Musiyachenko E. V. The results of the experimental use of electric filtering dust collectors, in fire and explosion of enterprises engaged in the storage and processing of plant materials, to prevent dust explosions 43

- Лазарев А. А., Кокурин А. К., Емелин В. Ю., Бросалова Л. А.** Направления совершенствования проверок работоспособности локальных систем оповещения 52
Lazarev A. A., Yemelin V. Yu., Kokurin A. K., Brosalova L. A. Directions of improvement of operations of local warning systems 52

Лебедева Н. Ш., Таратанов Н. А. Экологически безопасные добавки к огнетушащим средствам, повышающие устойчивость пены.....	61
Lebedeva N. Sh., Taratanov N. A. Environmentally friendly additives to fire extinguishing agents that increase the stability of the foam	61
Покровский А. А., Киселев В. В., Топоров А. В. Математическое моделирование процесса сушки напорных пожарных рукавов	74
Pokrovsky A. A., Kiselev V. V., Toporov A. V. Mathematical modeling of the drying process of pressure fire hoses	74
Попов В. И., Песикин А. Н., Пуганов М. В., Михалин В. Н. Классификация объектов по пожарной опасности.....	83
Popov V. I., Pesikin A. N., Puganov M. V., Mikhailin V. N. Classification of objects by hazard	83
Присадков В. И., Муслakова С. В., Хатунцева С. Ю. Оценка риска возгорания оболочки воздухоопорного сооружения при пожаре.....	89
Prisadkov V. I., Muslakova S. V., Khatuntseva S. Yu. Assessment of risk of ignition of the compressed-air support constructions cover in case of fire	89
Семенов А. Д., Моисеев Ю. Н., Колбашов М. А. Оценка безотказности гидравлического аварийно-спасательного инструмента при эксплуатации по результатам гидравлических испытаний.....	94
Semenov A. D., Moiseyev Yu. N., Kolbashov M. A. Evaluation of reliability of hydraulic rescue tools in operation by the results of hydraulic tests	94
Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., Циркина О. Г., Ульева С. Н., Шарabanова И. Ю. Влияние влажности пакета материалов боевой одежды пожарного на его теплозащитные показатели	102
Sorokin D. V., Nikiforov A. L., Tsirkina O. G., Uleva S. N., Sharabanova I. Yu. Influence of humidity of a package of materials of fighting clothes of the firefighter on its heat-protective indicators	102
Фроленков С. В., Теребнев В. В. Современное состояние вопроса управления оперативно-тактическими действиями пожарных подразделений и возможные пути его совершенствования .	108
Frolenkov S. V., Terebnev V. V. Current state of the question of management of the operational and tactical actions of fire divisions and possible ways of its improvement	108
Чумаков М. В., Пустовалова И. Н. Правовые аспекты обеспечения противопожарного режима на объектах социально-культурного назначения.....	113
Chumakov M. V., Pustovalova I. N. Fire-prevention regime of social and cultural objects	113
Шипилов Р. М., Казанцев С. Г., Маринич Е. Е., Захаров Д. Ю. Концептуальный подход конструктивного исполнения тренажёров к работе с ручным механизированным инструментом при проведении аварийно-спасательных работ	122
Shipilov R. M., Kazantsev S. G., Marinich E. E., Zakharov D. Yu. The conceptual approach of the constructive execution of simulators to work with hand mechanized tools when carrying out emergency and rescue works.....	122
Шипилов Р. М., Матвейчев В. Н., Маринич Е. Е. Формирование психофизической готовности обучающихся образовательных организаций МЧС России в рамках совершенствования учебно-тренировочного процесса	129
Shipilov R. M., Matveichev V. N., Marinich E. E. Formation of psychophysical readiness of training educational organizations of the Emercom of Russia in the framework of improving a training and training process	129

**УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
MANAGEMENT IN SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS (TECHNICAL)**

УДК 338:353

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕГИОНА:
ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Н. В. БОРОВКОВА, С. В. ГОРИНОВА

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: bnv7777@ya.ru, s.v.gorinova@mail.ru

Настоящая статья отражает результаты научного исследования состояния экономической безопасности Ивановской области, проведенного по авторской методике. Так как категория экономической безопасности является многокомпонентной, то для оценки её уровня необходимо выделить отдельные составляющие системы экономической безопасности, которые подвергаются воздействию со стороны внешних и внутренних угроз. Проведенный анализ состояния экономической безопасности Ивановской области показал наличие как положительных, так и отрицательных фактов. Наибольшее опасения вызывает низкий уровень жизни в регионе и недостаточный уровень промышленного развития.

Анализ организации управления региональной безопасностью Ивановской области позволяет говорить о разновекторности исполняемых функций. Отсутствует профессиональный аппарат, который организовал бы и контролировал реализацию стратегии экономической безопасности. Авторами предложено пересмотреть перечень основных показателей экономической безопасности, нацелить систему оценивания индикаторов на подготовку управленческих решений по незамедлительному реагированию на угрозы и риски экономической стабильности. В организационно-управленческом аспекте предложено объединение отдельных обязанностей органов управления в сфере обеспечения экономической безопасности в специальном подразделении при Правительстве Ивановской области.

Результаты работы могут использоваться для анализа сильных и слабых сторон регионально-го развития, для совершенствования организационно-управленческого механизма обеспечения экономической безопасности в Ивановской области как объекта управления.

Ключевые слова: экономическая безопасность; методика оценки; управление региональной безопасностью; организационно-управленческие отношения.

ECONOMIC SECURITY REGION: ORGANIZATION-INTERNATIONAL ASPECT

N. V. BOROVKOVA, S. V. GORINOVA

Federal State Educational Institution of Higher Education «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: bnv7777@ya.ru, s.v.gorinova@mail.ru

This article reflects the results of a scientific study of the state of economic security in the Ivanovo region, conducted by the author's method. Since the category of economic security is multi-component, it is necessary to identify certain components of the economic security system that are exposed by external and internal threats to assess its level. The analysis of the state of economic security in the Ivanov region showed the presence of both positive and negative facts. The greatest concern is the low standard of living in the region and the lack of industrial development.

The analysis of the organization of regional security management in the Ivanov region allows us to talk about the different vectors of the functions performed. There is no professional apparatus that organizes and controls the implementation of the economic security strategy. The authors are invited to revise the list

of key indicators of economic security, to target the system of assessment of indicators on the preparation of management decisions on the immediate response to threats and risks of economic stability. In the organizational and managerial aspect, it is proposed to combine the separate responsibilities of the administration in the field of economic security in a special unit under the Government of Ivanov region.

The results of the work can be used to analyze the strengths and weaknesses of regional development, to improve the organizational and management mechanism for economic security in the Ivanov region as a control facility.

Key words: economic security; Assessment methodology; Regional security management; organizational and managerial relations.

Вопрос формирования эффективной системы управления экономической безопасностью в регионах особенно важен для синергетического эффекта в обеспечении национальной безопасности страны от внешних и внутренних угроз на продолжительном отрезке времени. В Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года закреплено, что «Угроза экономической безопасности является совокупностью условий и факторов, создающих прямую или косвенную возможность нанесения ущерба национальным интересам Российской Федерации в экономической сфере»¹. Рассмотрение организационно-управленческих проблем в этой сфере следует начать с констатации состояния объекта управления по наиболее существенным параметрам оценки. На первом этапе исследований авторы столкнулись с необходимостью корректировки методического аппарата. При проведении исследования использовался системный подход, в рамках которого были применены возможности формально-логического, анализа, синтеза, индукции, дедукции, структурно-системного и иных методов научного познания.

Для анализа экономической безопасности Ивановской области предложено использовать комплексную методику, в основе которой лежат 2 подхода. Один подход предлагался академиком РАН: Е. Л. Логиновым [1]. Его методика содержит наиболее полный перечень индикаторов экономической безопасности, характеризующих производственную, научно-техническую, экономическую, социальную, денежно-финансовую и кадровую сферы. Второй подход разработан Н. М. Полянской и Б. Э. Найдановой [2]. Согласно ему оценка производится по сокращённому набору индикаторов: темп экономического роста, уровень безработицы, годовой индекс потребительских цен, уровень дефицита консолидированного бюджета региона, уровень государственного долга

субъекта Федерации, уровень налоговой нагрузки на экономику, уровень инновационной активности, коэффициент износа основных фондов. Отметим, что выделение разных уровней экономической безопасности региона в зависимости от приближения к пороговым значениям является удачным с точки зрения принятия государственного управленческого решения.

Предлагаемая авторская методика содержит в себе наиболее приемлемые элементы расчетов и подходы к оценке экономических угроз на региональном уровне. Просчитав процентное количество индикаторов, позволяющих отнести экономическую безопасность региона к определенному уровню, остановились на следующем утверждении: если нормативным показателям соответствует 90% и более индикаторов, то у региона высокий уровень экономической безопасности, если от 60% до 89% индикаторов соответствуют нормативным значениям, то экономическая безопасность региона находится на среднем уровне. К низкому уровню экономической безопасности следует отнести регионы, где от 50-59 % индикаторов соответствует норме, в случае, если нормативному значению соответствует менее 50% индикаторов – речь идет о критическом состоянии экономической безопасности региона. Пороговые значения определяются для каждой группы показателей отдельно. Так, структурные показатели экономики региона сравниваются с рекомендуемыми значениями регионального развития и средними значениями по стране, показатели технического состояния материальной базы должны соответствовать требованиям мировой практики, показатели социальной безопасности регионов должны соответствовать требованиям, заложенным в методике оценки уровня жизни.

Индикаторы экономической безопасности отражены в табл. 1, согласно которой из 8 показателей не соответствуют нормативным значениям 4, что свидетельствует о низком уровне экономической безопасности.

¹Указ Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года».

Таблица 1. Индикаторы экономической безопасности Ивановской области в производственной сфере и их пороговые значения на 2017 г.²

№	Индикатор	Ивановская область	ЦФО	РФ	Пороговое значение
1	Степень износа основных фондов, %	48,3	43,2	50,9	не более 60
2	Доля введенных в действие основных фондов в их общем объеме, %	44	45,4	36	не менее среднего по РФ
3	Соотношение обновления и выбытия основных фондов промышленных предприятий, раз	1,3	1,2	0,85	не менее среднего по РФ
4	Доля обрабатывающих производств в объеме отгруженных товаров собственного производства и услуг, %	75	68	74	не менее 70
5	Доля машиностроения в объеме отгруженных товаров собственного производства и услуг, %	12	19	24	не менее 20
6	Индекс промышленного производства, %	98,8	103,5	104,0	не менее 104
7	Рентабельность проданных товаров (продукции, работ, услуг) промышленных предприятий обрабатывающих производств, %	14,5	16,4	17	не менее 15
8	Отношение сальдированной прибыли промышленных предприятий к ВРП, %	5,4	10,5	9,6	не менее среднего по РФ

Особое внимание, на наш взгляд следует уделить индикатору «доля машиностроения в объеме отгруженных товаров собственного производства и услуг», который в 2 раза ниже среднего показателя по РФ. Также озабоченность вызывает финансовый показатель «отношение сальдированной прибыли промышленных предприятий к валовому региональному продукту (ВРП)» который также значительно ниже нормативных значений (почти в 2 раза). Кроме того, следует отметить проблему, связанную с сокращением промышленного производства (Индекс промышленного производства в регионе составил 98,8 %, в то время как в среднем по стране этот показатель составлял 104 %, а в ЦФО – 103,5 %).

В качестве положительного момента следует отметить высокий показатель соотношения обновления и выбытия основных фондов (1,3 в то время как по РФ он составил 0,85), а также более низкие, чем в среднем по России, показатели износа основных фондов (48 %, в РФ – 50,9 %) и более высокий показатель введения в действие основных фондов (44 % в регионе против 36 % в среднем по стране), хотя по ЦФО эти показатели несколько лучше (43,2 % и 45,4 % соответственно).

Что касается научно-технической сферы, то здесь наблюдается катастрофическое положение, как по региону, так и по стране в целом (табл. 2): все показатели значительно ниже нормативных значений, что свидетельствует о технологической отсталости государства, его зави-

симости в этом направлении от более успешных в этой сфере стран. Это подрывает основы экономической безопасности государства, так как способствует низкой конкурентоспособности отечественных производителей.

В экономической сфере по всем четырем представленным показателям Ивановская область значительно отстает от нормативных показателей (табл. 3).

Особого внимания заслуживает тот факт, что показатель ВРП на душу населения в регионе более чем в два раза ниже, чем в целом по стране, и более, чем в три раза ниже аналогичного показателя по ЦФО. Значительное отставание отмечается по объему промышленного производства и продукции сельского хозяйства на душу населения. С одной стороны, можно говорить о том, что регион находится в зоне рискованного земледелия, а также имеет место кризис текстильной отрасли, обусловленный сырьевыми проблемами. Однако большая часть регионов ЦФО также находится в сходных условиях, тем не менее, имеют более серьезные показатели. Это может свидетельствовать о неэффективном управлении, неспособности органов власти разработать и главное, реализовать эффективную стратегию развития региона.

² Здесь и далее – по данным сборника: Россия в цифрах. 2018: Крат. стат. сб./Росстат. М., 2018. 522 с.

Таблица 2. Индикаторы экономической безопасности Ивановской области в научно-технической сфере и их пороговые значения на 2017 г.

№	Индикатор	Ивановская область	ЦФО	РФ	Пороговое значение
1	Число лиц, занятых научными исследованиями и разработками на 10 тыс занятого населения.	24	36	70	не менее 120
2	Доля отгруженной инновационной продукции во всей отгруженной продукции промышленности, %	2,8	2,8	9	не менее 15
3	Внутренние затраты на научные исследования и разработки, % к ВРП	0,54	0,95	1,40	не менее 2,2

Таблица 3. Индикаторы экономической безопасности Ивановской области в экономической сфере и их пороговые значения на 2017 г.

№	Индикатор	Ивановская область	ЦФО	РФ	Пороговое значение
1	ВРП на душу населения, тыс. руб.	174	616	472	не менее среднего по РФ
2	Объем промышленного производства на душу населения, тыс. руб.	173	274	267	не менее среднего по РФ
3	Продукция сельского хозяйства на душу населения, тыс. руб	14,7	33,2	34,9	не менее среднего по РФ
4	Инвестиции в основной капитал, % к ВРП	15,1	17,3	23,1	не менее среднего по РФ

Большинство индикаторов, характеризующих экономическую безопасность в социальной сфере, представленных в табл. 4, не

соответствуют нормативным значениям, однако, следует заметить что подобная ситуация сложилась в целом в РФ.

Таблица 4. Индикаторы экономической безопасности Ивановской области в социальной сфере и их пороговые значения на 2017 г.

№	Индикатор	Ивановская область	ЦФО	РФ	Пороговое значение
1	Уровень безработицы, %	4,7	3,2	5,2	не более 4
2	Индекс роста реального дохода населения, %	107,7	105,4	105,8	не менее 107
3	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет	71,47	73,9	72,7	не менее 80
4	Общая площадь жилых помещений, на одного жителя, кв.м.	21,4	21,8	23,4	не менее 25
5	Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, %	14,3	7,9	13,2	Не более 7
6	Отношение среднедушевых денежных доходов к прожиточному минимуму, раз	2,6	4,3	3,2	не менее 3,5
7	Отношение средней пенсии к средней зарплате, %	50	26	32	не менее 40
8	Удельный вес расходов домашних хозяйств на услуги ЖКХ, %	41,6	33,5	35,9	не более 22
9	Число преступлений на 100 тыс. человек населения, ед.	1565	1179	1402	не более 5000

Единственный показатель, имеющий значение ниже порогового – это «число преступлений на 100 тыс. человек». Наилучшее значение данного показателя отмечается у Ивановской области – 1565 (при пороговом уровне 5000). Уровень, безработицы незначительно превышает нормативный показатель и составляет 4,7 %. В регионе также отмечается достаточно высокий показатель соотношения пенсии и средней заработной платы. С одной стороны это свидетельствует о выравнивании доходов, с другой стороны, учитывая высокую долю населения с доходами ниже прожиточного уровня, а также низкий показатель соотношения среднедушевых доходов к прожиточному минимуму, можно говорить о низком уровне

жизни в регионе. Позитивным показателем является индекс роста реального дохода населения, который составил 107,7 %. Также в свете проводимых реформ, следует отметить показатель ожидаемой продолжительности жизни, который в целом по России составляет 72,7 лет (в Ивановской области незначительно ниже – 71,47 лет), при пороговом значении не менее 80 лет.

Из трех индикаторов экономической безопасности Ивановской области в денежно-финансовой сфере два превышают пороговое значение (табл. 5), к сожалению оба показателя характеризуют инфляционные процессы и очень сложно поддаются регулированию.

Таблица 5. Индикаторы экономической безопасности Ивановской области в денежно-финансовой сфере и их пороговые значения на 2017 г.

№	Индикатор	Ивановская область	ЦФО	РФ	Пороговое значение
1	Годовой темп инфляции, %	6,5	6,6	6,7	не более 6
2	Индекс цен производителей промышленных товаров	111,6	103,8	108,4	не более 105
3	Дефицит консолидированного регионального бюджета, % к ВРП	0,37	0,04	0,01	не более 3

Эта проблема решается на государственном уровне. Что касается показателя, характеризующего соотношение дефицита консолидированного бюджета к ВРП, то следует отметить, что у региона есть запас прочности, хотя по сравнению с ЦФО и страной в целом он проигрывает. Что касается кадровой сферы (табл. 6), то в этом направлении Ивановская область выглядит достойно: по показателю выпуска квалифицированных рабочих

и служащих в расчете на 10 000 человек населения область занимает лидирующие позиции по отношению к ЦФО и РФ, по выпуску специалистов с ВПО на 10 000 человек населения регион находится на одном уровне со средним показателем по РФ, однако уступает среднему показателю по ЦФО. Ниже нормативного значения 34,5 показатель выпуска специалистов среднего звена, хотя ситуация несколько лучше, чем в среднем по ЦФО.

Таблица 6. Индикаторы экономической безопасности Ивановской области в кадровой сфере и их пороговые значения на 2017 г.

№	Индикатор	Ивановская область	ЦФО	РФ	Пороговое значение
1	Выпуск специалистов с ВПО на 10 тыс. человек населения	66,0	84,0	66,0	не менее среднего по РФ
2	Выпуск специалистов среднего звена на 10 тыс. человек населения	30,6	29,3	34,5	не менее среднего по РФ
3	Выпуск квалифицированных рабочих и служащих, на 10 тыс. человек населения	1,5	1,0	1,3	не менее среднего по РФ

Таким образом, из тридцати рассмотренных показателей, только 10 соответствуют пороговым значениям, что составляет 33,3 %, соответственно можно говорить о критическом состоянии экономической безопасности Ивановской области. В целях принятия управленческого решения о выходе из сложившегося

положения используем методику Логинова К.К., дополним её сравнением с нормативными значениями и выявим узкие места в системе экономической безопасности региона. Расчет интегральных показателей приведен в табл. 7.

**Таблица 7. Расчет интегральных показателей элементов экономической безопасности
Ивановской области в 2017 г.**

Индикатор	Ивановская область	Норма
Степень износа основных фондов,%	0,85	1
Доля введенных в действие основных фондов в их общем объеме, %	1,22	1
Соотношение обновления и выбытия основных фондов промышленных предприятий, раз	1,53	1
Доля обрабатывающих производств в объеме отгруженных товаров собственного производства и услуг%	1,07	1
Доля машиностроения в объеме отгруженных товаров собственного производства и услуг %	0,6	1
Индекс промышленного производства, %	0,95	1
Рентабельность проданных товаров (продукции, работ, услуг) промышленных предприятий обрабатывающих производств, %	0,97	1
Отношение сальдированной прибыли промышленных предприятий к ВРП, %	0,56	1
Интегральный показатель производственной сферы	0,96	
Число лиц, занятых научными исследованиями и разработками на 10 тыс занятого населения.	0,2	1
Доля отгруженной инновационной продукции во всей отгруженной продукции промышленности, %	0,19	1
Внутренние затраты на научные исследования и разработки, % к ВРП	0,25	1
Интегральный показатель научно-технической сферы	0,21	1
ВРП на душу населения, тыс. руб.	0,37	1
Объем промышленного производства на душу населения, тыс. руб.	0,65	1
Продукция сельского хозяйства на душу населения, тыс. руб	0,42	1
Инвестиции в основной капитал, % к ВРП	0,65	1
Интегральный показатель экономической сферы	0,52	
Уровень безработицы, %	0,85	1
Индекс роста реального дохода населения, %	1,01	1
Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет	0,89	1
Общая площадь жилых помещений, на одного жителя, кв.м.	0,86	1
Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума,%	0,49	1
Отношение среднедушевых денежных доходов к прожиточному минимуму, раз	0,74	1
Отношение средней пенсии к средней зарплате, %	1,25	1
Удельный вес расходов домашних хозяйств на услуги ЖКХ, %	0,53	1
Число преступлений на 100 тыс. человек населения, ед.	0,31	
Интегральный показатель социальной сферы	0,77	1
Годовой темп инфляции, %	1,08	1
Индекс цен производителей промышленных товаров	1,06	1
Дефицит консолидированного регионального бюджета, % к ВРП	0,12	1
Интегральный показатель денежно-финансовой сферы	0,76	
Выпуск специалистов с ВПО	1	1
Выпуск специалистов среднего звена на 10 тыс. человек населения	0,89	1
Выпуск квалифицированных рабочих и служащих, на 10 тыс. населения	1,15	1
Интегральный показатель кадровой сферы	1,01	

Для наглядности рекомендуем строить лепестковую диаграмму, представленную на рисунке. Как видим, наиболее остро стоят вопросы, связанные с решением проблем науч-

но-технической и экономической сфер, на втором месте – экономические и социальные проблемы.



Рисунок. Индикаторы экономической безопасности Ивановской области в 2017 г.

Управление региональной безопасностью Ивановской области в настоящее время имеет односторонний характер. Основные усилия направлены на борьбу с преступностью, но при этом устранению ее экономических и социальных причин уделяется мало внимания, хотя общеизвестно, что экономическая безопасность является основным условием и социальной базой стабильности и национальной безопасности и в стране, и в ее регионах [3, 4].

По нашему мнению, для обеспечения экономической безопасности региональная система управления развитием Ивановской области должна выполнять ряд функций:

- выявление негативных тенденций развития социально-экономических процессов, способствующих ослаблению региональной экономической безопасности;

- формирование системы показателей для мониторинга экономической безопасности региона, а также установление их пороговых значений, сигнализирующих о необходимости государственного регулирования;

- оценка не только текущего состояния социально-экономического положения региона, а также оценка показателей с точки зрения экономической безопасности региона;

- ранняя диагностика возможных угроз экономической безопасности региона с использованием методики прогнозирования;

- разработка комплекса мер организационно - правового и также социально экономического характера с целью предупреждения и преодоления негативных процессов, несущих угрозу экономической безопасности региона.

Выполнение данных функций требует мобилизации усилий и координации деятельности не только всех органов власти, но и всех хозяйственных звеньев. Для этого необходим профессиональный аппарат, который организовал бы и контролировал реализацию стратегии экономической безопасности. По нашему мнению, создание дополнительной структурной единицы, курирующей вопросы экономической безопасности региона экономически нецелесообразно. Мы предлагаем возложить эту функцию на существующий при правитель-

стве Ивановской области комплекс экономического развития, который в рамках своей деятельности занимается анализом социально-экономического развития региона, поэтому вопросы, касающиеся оценки экономической безопасности позволят лучше раскрыть существующие проблемы региона. При необходимости в рамках одного из подразделений указанного комплекса рекомендуется создать дополнительную штатную единицу, в обязанности которой будет входить курирование вопросов, связанных с оценкой экономической безопасности региона. Для реализации поставленных задач необходимо разработать концепцию экономической безопасности Ивановской области, внести поправки в существующие региональные программы и проекты с учетом требований по обеспечению региональной безопасности. Все рассматриваемые текущие и будущие проекты должны проходить экспертизу на соответствие требованиям экономической безопасности.

Модернизация организационно-управленческого механизма обеспечения экономической безопасности в Ивановской области может быть проведена за счет следующих мер:

- изменение методики путем введения критериев оценки и отнесения региона к одному из 3 уровней;

- развитие компетенций исполнительных органов власти, отвечающих за экономическую безопасность региона и способных незамедлительно реагировать на угрозы и риски экономической стабильности Ивановской области;

- внесение законодательных изменений в целях выделения отдельных обязанностей органов местного самоуправления в сфере обеспечения экономической безопасности.

В ближайшей перспективе необходимо пересмотреть перечень основных мероприятий организационного и технического характера, реализация которых может решить вопрос по устранению организационно-управленческих проблем обеспечения экономической безопасности в Ивановской области. Внедрение указанных предложений мер позволит всесторонне оценить способность экономики Ивановской области к самообеспечению и саморазвитию, выявить узкие места, рассмотреть пласт существующих проблем под другим углом, а также разработать адекватный возможностям региона комплекс мер по развитию экономики Ивановской области.

Список литературы

1. Логинов К. К. Анализ индикаторов региональной экономической безопасности // Вестник СибАДИ. 2015. №2(42). С. 132–139.

2. Полянская Н. М., Найданова Э. Б. Диагностика и анализ экономической безопасности в системе управления регионом // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. Т. 13. № 11. С. 2090–2111.

3. Елизарова А. А., Дмитриев И. В., Закинчак А. И. Современные подходы к процессу совершенствования комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности на муниципальном уровне // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXI Международной научно-практической конференции. М., 2019. С. 143–148.

4. Степанова С. М., Хорошилова О. В. Анализ эффективности использования ресурсов организации: параметрическая модель // Экономика регионов России: современное состояние и прогнозные перспективы. Иваново, 2019. С. 320–325.

of indicators of regional economic security]. *Vestnik SibADI*, 2015, vol. 2(42), pp. 132–139.

2. Polyanskaya N. M., Najdanova E. B. Diagnostika i analiz ekonomicheskoy bezopasnosti v sisteme upravleniya regionom [Diagnostics and analysis of economic security in the regional management system]. *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'*, 2017, vol. 13, issue 11, pp. 2090–2111.

3. Elizarova A. A., Dmitriev I. V., Zakinchak A. I. Sovremennye podhody k processu sovershenstvovaniya kompleksnoj sistemy obespecheniya bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti na municipal'nom urovne [Modern approaches to the process of improving the integrated life safety system at the municipal level]. *Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti: materialy XXXI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Moscow, 2019, pp. 143–148.

4. Stepanova S. M., Horoshilova O. V. Analiz effektivnosti ispol'zovaniya resursov organizacii: parametricheskaya model' [Organization Resource Efficiency Analysis: Parametric Model]. *Ekonomika regionov Rossii: sovremennoe sostoyanie i prognoznnye perspektivy*. Ivanovo, 2019, pp. 320–325.

References

1. Loginov K. K. Analiz indikatorov regional'noj ekonomicheskoy bezopasnosti [Analysis

Боровкова Наталия Владимировна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат экономических наук, доцент
E-mail: bnv7777@ya.ru

Borovkova Nataliya Vladimirovna

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
candidate of economic sciences, Associate professor
E-mail: bnv7777@ya.ru

Горина Светлана Владимировна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор экономических наук, профессор
E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

Gorinova Svetlana Vladimirovna

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
candidate of economic sciences, Professor
E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

**ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА,
ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
HEAT SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING (TECHNICAL)**

УДК 536.33

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НЕСТАЦИОНАРНОГО РАДИАЦИОННО-
КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ШАХТАХ**

Н. Н. ЕЛИН, В. Б. БУБНОВ, В. А. КОМЕЛЬКОВ

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

Разработана математическая модель нестационарного радиационно-конвективного теплообмена между продуктами горения и стенками вентиляционных шахт и выполнена ее компьютерная реализация.

Компьютерная программа для численной реализации математической модели включает в себя блоки исходных данных и результатов расчета. Блок исходных данных описывает теплофизические параметры продуктов горения и материала стенок канала, геометрические размеры вентиляционного канала.

При создании математической модели рассматривалось трехмерное распределение теплоты в стенках вентиляционного канала. При этом поток продуктов горения принимался одномерным.

Представлены результаты расчетов нестационарных температурных полей продуктов горения и стенок шахт. Проведенные расчеты показали, что к стенкам канала около 18% тепловой энергии передаётся от продуктов горения с большой скоростью за короткий период времени.

Результаты работы рекомендуется использовать для определения ресурса времени противопожарных систем дымоудаления.

Ключевые слова: вентиляция; теплообмен; канал; горение; дымоудаление; температура; модель.

**MODELING AND CALCULATION OF NON-STATIONARY RADIATION
CONVECTIVE HEAT EXCHANGE IN VENTILATION SHEARS**

N. N. YELIN, V. B. BUBNOV, V. A. KOMELKOV

Federal State Educational Institution of Higher Education «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: kafppv@mail.ru

A mathematical model of non-stationary radiation-convective heat exchange between combustion products and walls of ventilation shafts has been developed and its computer implementation has been performed.

A computer program for the numerical implementation of a mathematical model includes blocks of source data and calculation results. The source data block describes the thermophysical parameters of the combustion products and the material of the channel walls, and the geometric dimensions of the ventilation channel.

When creating a mathematical model, the three-dimensional distribution of heat in the walls of the ventilation duct was considered. In this case, the flow of combustion products was assumed to be one-dimensional.

The results of calculations of non-stationary temperature fields of combustion products and walls of mines are presented. The calculations showed that about 18% of the thermal energy is transferred to the channel walls from the combustion products at high speed in a short period of time.

The results of the work are recommended to be used to determine the time resource of fire extinguishing systems.

Key words: ventilation; heat exchange; channel; combustion; smoke removal; temperature; model.

При проектировании и эксплуатации систем противодымной вентиляции зданий важно уметь определять время, в течение которого температура материала шахты достигнет предельной величины, при которой начнется ее разрушение. При пожаре возникает ряд факторов, которые оказывают влияние на процесс теплоотдачи к стенкам вентиляционного канала от продуктов сгорания. К ним относится значительная доля излучения в общем тепловом потоке, высокая степень нестационарности процесса и др. Эти факторы необходимо учитывать при решении указанной задачи. Существующие методики расчета исследуемых процессов [1] не позволяют прогнозировать динамику разогрева канала в реальных условиях работы, поскольку они основаны на грубых допущениях. В связи с этим, создание математической модели процесса дымоудаления при пожаре является сопряженной задачей теории теплообмена и ее решение представляет практический интерес.

Рассмотрим нестационарный конвективно-радиационный теплообмен между движущимися в вентиляционном канале продуктами горения и стенками канала. Поток продуктов горения, по причине его высокой степени турбулентности, рассматривается как одномерный. По высоте (длине) канала изменением давления потока продуктов сгорания пренебрегаем [2].

Математическая модель процесса включает следующие уравнения:

Уравнение энергии для стенок вентиляционного канала:

$$\frac{\partial T_1}{\partial \tau} = a_1 \left(\frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2} \right). \quad (1)$$

Уравнение энергии для продуктов горения:

$$\rho_2 c_2 \left(\frac{\partial T_2}{\partial \tau} + \omega_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} \right) = \lambda_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial y^2} + \frac{\alpha_2(y, \tau)}{l} (T_2 - T_w) \quad (2)$$

Уравнение неразрывности для продуктов горения:

$$\rho_2 \omega_2 S = G_2. \quad (3)$$

Для расчета изменения плотности продуктов горения вдоль потока используется уравнение состояния идеального газа:

$$\rho_2 = \frac{P}{RT}. \quad (4)$$

Теплообмен на границе канала с окружающей средой:

$$-\lambda_1 \left(\frac{\partial T_1}{\partial n} \right)_{\text{гр.}} = \alpha_{\text{oc.}} (T_{1\text{гр.}} - T_{\text{oc.}}) + \varepsilon_c \sigma_0 (T_{1\text{гр.}}^4 - T_{\text{oc.}}^4). \quad (5)$$

Граничные условия на внутренней поверхности вентиляционного канала:

$$\lambda_1 \frac{\partial T_{1w}}{\partial n} = \alpha_2 (T_2 - T_{1w}) + q_r, \quad (6)$$

где $n = x, z$; q_r – плотность теплового потока излучением от продуктов горения к внутренней поверхности канала, Вт/м²:

$$q_r = \frac{c_0 \left[\frac{\infty}{\varepsilon} \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \frac{\infty}{\varepsilon_c} \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right]}{\frac{1}{\varepsilon} / \frac{\infty}{\varepsilon} - \frac{1}{\varepsilon_c} - 1}. \quad (7)$$

$$\left. \frac{\partial T_2}{\partial y} \right|_{x=l} = 0. \quad (8)$$

Начальные условия:

$$T_{1w}(x, z, 0) = T_{1w0}(x, z); \quad (9)$$

$$T_2(0, \tau) = T_{2\text{вх}}; \quad (10)$$

$$T_2(y,0) = T_{20}(y). \quad (11)$$

В уравнениях (1)–(11): G_2 – массовый расход продуктов горения, который в первом приближении принимается постоянным по длине и по времени, кг/с; T – температура, К; ρ – плотность, кг/м³; c – теплоёмкость, Дж/(кг·К); a – температуропроводность, м²/с; ω – скорость, м/с; S – площадь поперечного сечения канала, м²; l – высота вентиляционного канала, м; λ_n – коэффициент теплопроводности материала канала, Вт/(м·К); α_k – коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м²·К); $\varepsilon_{\infty}, \varepsilon_c$ – предельные степени черноты продуктов горения и стенки канала; $\varepsilon_{\infty}, \varepsilon_c$ – коэффициенты теплового излучения соответственно при температуре продуктов горения и стенки, c_0 – излучательная способность абсолютно черного тела, Вт/(м²·К⁴); α_0 – постоянная Стефана-Больцмана, Вт/(м²·К⁴).

Индекс «1» относится к стенке вентиляционного канала, «2» – к продуктам горения, «w» – к внутренней поверхности канала, «вх» – к входу в канал, «ос» – к окружающей среде.

Значения теплофизических свойств, коэффициента теплоотдачи, необходимые для замыкания системы уравнений (1) – (11), определялись по [4]. Коэффициент теплопроводности

материала вентиляционного канала (красного кирпича) определялся согласно [5].

Система уравнений решалась методом сеток с использованием явных схем аппроксимации. При расчётах был использован одинаковый шаг по пространственным переменным.

Численная реализация математической модели выполнена на языке C++ и оформлена как компьютерная программа «Дымоудаление». Программа состоит из блока исходных данных, в котором описываются геометрические размеры вентиляционного канала, теплофизические параметры продуктов горения и материала стенок канала, и собственно блока расчёта процесса нагрева канала.

Рассмотрим в качестве примера моделирование процесса прогрева из холодного состояния вентиляционного канала при начальной температуре его стенок 20 °С. В качестве расчетной области принимался канал размером 140×140 мм прямоугольного сечения. Толщина стенки канала 1/2 кирпича, высота 14 м. Канал выполнен из красного кирпича, выдерживающего температуры до 1600 °С.

Некоторые результаты расчета динамики изменения температуры потока продуктов горения в вентиляционном канале при скорости потока равной 1 м/с представлены на рис. 1.

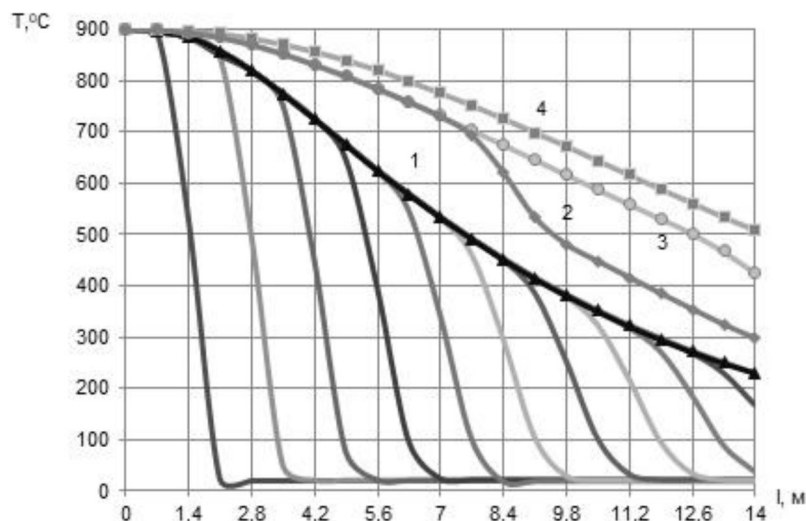


Рис. 1. Распределение по высоте вентиляционного канала температуры потока продуктов горения в различные моменты времени: 1 – $t_n = 2 \text{ с}$; 2 – $t_n = 1000 \text{ с}$; 3 – $t_n = 2000 \text{ с}$; 4 – $t_n = 3000 \text{ с}$

Профиль температуры в момент входа продуктов горения в вентиляционный канал имеет прямоугольную форму с высотой, равной начальной температуре горения. «Фронт» температурного профиля по мере проникновения в канал продуктов горения размывается, резко снижается его средняя температура. Примерно за 14 сек «фронт» достигает выходного сечения канала (кривые 1–3), где средняя температура потока составляет 230°C . Такое достаточно стремительное охлаждение продуктов горения связано с очень интенсивной радиационно-конвективной теплоотдачей от этих продуктов к стенкам канала из-за значительного перепада температур, который наблюдается в первые секунды исследуемого

процесса. Как показывают расчеты, почти 18 % тепловой энергии к стенкам канала от продуктов горения передается с высокой скоростью за короткий промежуток времени, который для данного примера составляет около 14 сек.

Необозначенные на рис. 1 кривые показывают процесс прогрева в проточной части канала, который в начальный момент времени имеет температуру 20°C .

На рис. 2 представлены результаты расчета температурных полей в стенках вентиляционного канала для различных моментов времени. Хорошо видно, что углы канала практически не участвуют в теплообмене, а необходимы, скорее всего, для механической прочности его конструкции.

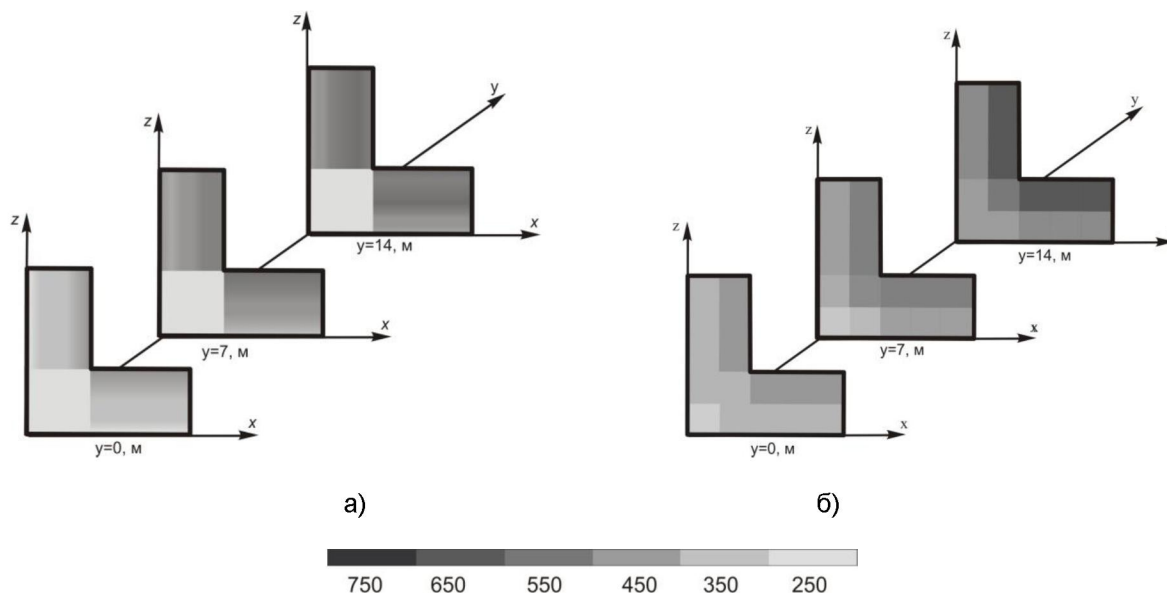


Рис. 2. Распределение температур в поперечном сечении стенки вентиляционного канала в различные моменты времени после начала пожара:
а) – через 2 сек; б) – через 10 мин.

Использование разработанного программного продукта позволяет спрогнозировать время, в течение которого материал

стенок вентиляционного канала достигнет предельно допустимой температуры.

Список литературы

1. Нестационарный теплообмен / В. К. Кошкин [и др.]. М.: Машиностроение, 1973. 328 с.
2. Лыков А. В. Теплообмен: справочник. М.: Энергия, 1978. 479 с.
3. Елин Н. Н., Рыбкина Г. В., Ометова М. Ю. Моделирование циклически сопряженного теплообмена в регенеративном воздухоподогревателе // Вестник ИГЭУ. 2010. Вып. 2. С. 22–24.

4. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод) / Под ред. Н. В. Кузнецова, В. В. Митора, И. Е. Дубовского, Э. С. Карасиной. М.: Энергия, 1973. 296 с.
5. <http://thermalinfo.ru>.

References

1. *Nestatsionarnyy teploobmen* [Non-stationary heat transfer] / V. K. Koshkin [et al.]. Moscow.: Mechanical engineering, 1973. 328 p.

2. Lykov A. V. *Teploobmen: spravochnik* [Heat exchange: Directory]. Moscow: Energia, 1978. 479 p.

3. Yelin N. N., Rybkina G. V., Ometova M. Yu. Modelirovaniye tsiklicheski sopryazhonnogo teploobmena v regenerativnom vozdukhopodogrevatele [Modeling of cyclically conjugate heat exchange in a regenerative air heater]. *Vestnik IGEU*, 2010, issue 2, pp. 22–24.

4. *Teplovoy raschet kotel'nykh agregatov (Normativnyy metod)* [Thermal design of boiler units (Normative method)] / Ed. N. V. Kuznetsova, V. V. Mitor, I. E. Dubovsky, E. S. Karasina. Moscow: Energia, 1973. 296 p.

5. <http://thermalinfo.ru>.

Елин Николай Николаевич

доктор технических наук, профессор

E-mail: yelinnn@mail.ru

Yelin Nikolay Nikolaevich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: yelinnn@mail.ru

Бубнов Владимир Борисович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: kafppv@mail.ru

Bubnov Vladimir Borisovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: kafppv@mail.ru

Комельков Вячеслав Алексеевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, начальник кафедры

E-mail: komelkov@rambler.ru

Komelkov Vyacheslav Alekseevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

candidate of technical sciences, head of department

E-mail: komelkov@rambler.ru

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

УДК 614.841

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДЛОЖКИ ГРАНУЛИРОВАННОГО
ПЕНОСТЕКЛА, ВЛИЯЮЩИХ НА ИСПАРЕНИЕ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ**

Е. В. ШИРЯЕВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: shiryaevev@bk.ru

В статье представлены результаты исследования геометрических параметров подложки из гранулированного пеностекла. Представлена схема и описание процесса поддержания горения жидкости в емкости, а также влияние подложки из гранулированного пеностекла на гашение пламени горючей жидкости. Проведена оценка эквивалентных диаметров каналов гранулированной подложки из пеностекла фракции 5–7 мм и среднего эквивалентного диаметра канала, влияющих на гашение пламени в капиллярно-пористых средах. Экспериментально определен средний эквивалентный диаметр канала, а также оценена средняя площадь сечения каналов (площадь испарения горючей жидкости) в гранулированном слое. Установлены зависимости интенсивности испарения горючих жидкостей (бензин АИ-92, н-гексан, керосин, дизельное топливо, этанол) от высоты слоя гранулированной подложки, а также динамика подъема уровня смоченных жидкостью гранул пеностекла при проливе.

Ключевые слова: горючие жидкости, гранулированное пеностекло, эквивалентный диаметр, площадь, высота, испарение.

**RESEARCH OF SUBSTRATE PARAMETERS GRANULATED FOAM GLASS
INFLUENCING THE EVAPORATION OF FLAMMABLE LIQUIDS**

E. V. SHIRYAEV

Federal State Educational Institution of Higher Education «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: shiryaevev@bk.ru

The article presents the results of a study of the geometric parameters of a granular foam glass substrate. A diagram and description of the process of maintaining the combustion of a liquid in a tank is presented, as well as the effect of a granular foam glass substrate on the extinguishing of a flame of a combustible liquid. The equivalent diameter of the channels of the granular substrate of foam glass fraction 5–7 mm and the average equivalent diameter of the channel affecting the extinguishing of the flame in capillary-porous media was evaluated. The average equivalent diameter of the channel was experimentally determined, and the average channel cross-sectional area (the area of evaporation of a combustible liquid) in the granular layer was estimated. The dependences of the evaporation rate of flammable liquids (AI-92 gasoline, n-hexane, kerosene, diesel fuel, ethanol) on the height of the granular support layer, as well as the dynamics of the level rise of the wetted glass foam granules during spill, are established.

Keywords: flammable liquids, granulated foamglass, equivalent diameter, area, height, evaporation.

Исследованию процессов испарения и горения горючих жидкостей при проливах на поверхность капиллярно-пористых сред посвящен ряд научных работ и изобретений, как отечественных, так и зарубежных авторов [1–7].

Известно, что при проливах горючих жидкостей на гранулированную (пористую) поверхность параметры испарения и горения меняются в зависимости от высоты гранулированного слоя, размеров гранул, капилляров, физико-химических свойств жидкости. В работах [8-9] предложен способ снижения параметров горения легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей (ЛВЖ и ГЖ), в частности нефтепродуктов, при локальных аварийных проливах на основе применения гранулированного пеностекла (ГП) марки «Термоизол». В данных работах приведены результаты исследований, подтверждающих многократное снижение геометрических и тепловых характеристик пламени, вплоть до полного прекращения горения (самотушения) при проливах горючих жидкостей в поддоны (емкости), наполненные слоем ГП.

Важной задачей исследования, направленного на снижение пожарной опасности аварийных проливов горючих жидкостей с применением подложки из ГП является определение геометрических параметров подложки из ГП, при которых обеспечивается многократное снижение испарения и достигается эффект гашения пламени в критических условиях пролива ЛВЖ и ГЖ, когда уровень взлива жидко-

сти превышает толщину гранулированного слоя подложки.

В основе теории диффузионного горения жидкостей заложен принцип неразрывности процесса испарения жидкости и подвода горючих паров в зону реакции горения. Тепловой баланс процесса горения жидкостей в емкости (поддоне) описывается следующим равенством

$$Q_{\text{изл}} + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{ст}} = Q_{\text{исп}} + Q_{\text{ж}} + Q_{\text{сл}}, \quad (1)$$

$Q_{\text{изл}}$ – тепло от излучения пламени; $Q_{\text{конв}}$ – конвективное тепло от продуктов сгорания; $Q_{\text{ст}}$ – тепло, проводимое от стенки емкости; $Q_{\text{исп}}$ – тепло для испарения жидкости; $Q_{\text{ос}}$ – тепло от поверхности жидкости в ОС; $Q_{\text{сл}}$ – тепло от поверхности жидкости на нагрев нижних слоев.

На рис. 1 представлена схема горения жидкости в емкости и влияние подложки ГП в критических условиях (всплытии) на гашение пламени. В левой части рис. 1: соблюдается тепловой баланс по формуле (1); в средней части: тепловой баланс (1) частично нарушен, из-за отсутствия $Q_{\text{ст}}$ тепла, проводимого от стенки емкости, а также отсутствия $Q_{\text{сл}}$, т.к. очаг горения над ГС локализован и не прогревает стенку емкости; в правой части: горение не поддерживается из-за недостаточности времени поступления горючих паров к пламени. Нарушение временного баланса поддержания горения ЛВЖ достигается при критической высоте $h_{\text{кр}}$ слоя ГП.

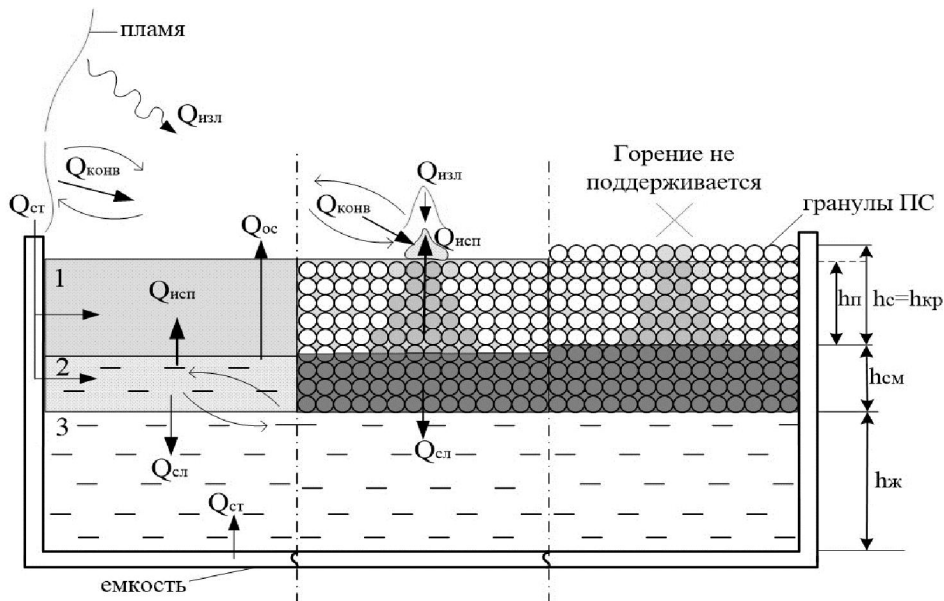


Рис. 1. Схема тепловых потоков при горении жидкости в емкости:
 $h_{\text{п}}$ – высота паров; $h_{\text{с}}$ – высота «сухого» слоя; $h_{\text{см}}$ – высота «смоченного» слоя;
 $h_{\text{ж}}$ – высота (уровень) жидкости; 1 – слой нагретых паров; 2 – нагретый слой жидкости;
 3 – холодный слой жидкости

Условие поддержания горения ЛВЖ, ГЖ в емкости с подложкой из ГП можно описать следующим в виде временным баланса поддержания горения:

$$T_{п.г.} = T_{всп} + T_{др} + T_{исп} + T_{д}, \quad (2)$$

$T_{всп}$ – время сгорания паров над поверхностью жидкости, с; $T_{др}$ – время (градиента давления) скорости волны, направленной к поверхности жидкости и обратно, с; $T_{исп}$ – время испарения жидкости выше уровня ГП, с; $T_{дО_2}$ – время диффузии окислителя в зону реакции горения, с.

При проливе ЛВЖ и ГЖ над поверхностью жидкости образуется облако горючих паров, после внесения источника зажигания и сгорания облака в системе «слой ГП – ЛВЖ, ГЖ» из-за наличия капиллярных каналов происходит перепад давления на границе гранул, находящихся в жидкости, и «сухого» слоя ГП. При падении давления в слое гранул не занятых жидкостью горючая смесь обедняется кислородом. Если высота слоя ГП будет равной или выше некоторого критического значения, то достаточное количество окислителя не успевает поступить к поверхности жидкости, за счет этого происходит гашение пламени.

С увеличением высоты «сухого» слоя ГП увеличивается длина капилляров в пористом слое и температура на поверхности жидкости и в ее толще понижается. В работе [10] приведены зависимости температуры на поверхности при изменении уровня жидкости в горелке, а также распределение температур в толще жидкости в горелке, полученные из экспериментальных исследований. Установлено, что с понижением уровня жидкости в горелках малого диаметра снижается скорость горения жидкостей (бензина, керосина, этилового спирта, бутилового спирта). С увеличением высоты от поверхности жидкости до края горелки наблюдается мерцание пламени, которое свидетельствует об увеличении градиента давления и снижении концентрации кислорода доставляемого в единицу времени в зону реакции горения. В криволинейных каналах расстояние от поверхности жидкости до зоны реакции горения больше, чем в трубчатых горелках, поэтому расстояние от поверхности жидкости до поверхности ГП будет меньше, а значит и критическая высота поддержания горения $h_{кр}$ снизится.

Температура в слоях ГП в условиях горения жидкостей зависит от фракционного состава ГП (диаметра гранул). Экспериментальным исследованием установлены зависимости распределения температуры в слоях ГП и жидкости от размера фракции ГП (диаметра гра-

нул), а также влияние фракции ГП на высоту пламени и скорость горения. Установлено, что максимальное снижение температуры в слоях ГП и жидкости достигается у фракции пеностекла Φ 5-7 мм (при одинаковой высоте «сухого» слоя ГП равной 75 мм) [11]. Более мелкая фракция пеностекла (Φ 1-4 или «песок») имеет ряд недостатков, например, при проливе горючей жидкости образуется воронка в месте падения струи, а также из-за высокой насыпной плотности высота «сухого» слоя становится значительно меньше, чем у фракции Φ 5-7 мм. У крупных фракций ГП увеличивается диаметр канала (капилляра), падает сопротивление движения горючей смеси и обеспечивается подвод нужного количества окислителя для поддержания реакции горения.

Доминирующим параметром, влияющим на пожаровзрывоопасность горючей смеси при аварийных проливах ЛВЖ и ГЖ является масса паров, испарившихся с поверхности разлива, которая определяется в соответствии с методиками ГОСТ Р 12.3.047-2012¹ СП 12.13130.2009² по формуле:

$$m_{п} = W \cdot F_{и} \cdot T, \quad (3)$$

где W – интенсивность испарения, $кг \cdot с^{-1} \cdot м^{-2}$; $F_{и}$ – площадь испарения, $м^2$; T – продолжительность поступления паров ЛВЖ, ГЖ в окружающее пространство.

Значительным снижением величины одной из составляющих формулы (3) можно сократить массу паров $m_{п}$, испаряющихся с поверхности жидкости. В условиях пролива горючей жидкости на гранулированную поверхность ПС поверхность испарения уменьшается. Если рассмотреть один слой гранул находящихся на поверхности жидкости, то можно отметить, что часть гранул закрывают поверхность жидкости, образуя полусферу в «сухой» части гранулы. Свободная от гранул поверхность жидкости образует геометрические фигуры, которые можно разделить на три вида: «треугольник», «ромб» и «многогранник», имеющий, как правило, 6 сторон.

В работах [12,13] определялись формы каналов между волокнами сорбентов. Исходя из геометрических форм образованных каналов определялся эквивалентный диаметр канала рис. 2. В зависимости от типа размеще-

¹ ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

² СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

ния гранул каналы образуют 6 форм: уплотненная засыпка (1–3); свободная засыпка (4–6). В работе [14] представлены результаты многолетнего исследования движения жидкостей и газов в пористой среде. Установлено, что восемь гранул фиктивного грунта с центрами расположенными в вершинах фигуры, каждая грань которого представляет собой ромб, образуют ромбоэдр. При этом угол θ изменяется в пределах от 90° до 60° , что соответствует (1, 2), рис. 2. При уплотнении слоя гранул этот угол приближается 60° . Расчетные формулы эквивалентного диаметра и результаты расчета сведены в табл. 1.

Результаты оценки представлены в виде зависимости эквивалентного диаметра ка-

нала от эквивалентного диаметра гранул пеностекла в интервале от 1 мм до 30 мм, рис. 3.

Максимальное значение эквивалентного диаметра канала d_s соответствуют форме канала 3 (рис. 2) для $d_{гр} = 7$ мм $d_s = 2,289$ мм, минимальное – форме канала 2 (рис. 2) для $d_{гр} = 5$ мм $d_s = 0,513$ мм. Вычисленные эквивалентные диаметры каналов определяют граничные условия возможного размера канала образованного из восьми одинаковых по диаметру гранул. В работе [14] по методу Слихтера длина такого канала для формы «ромб» равна его эквивалентному диаметру, а для формы канала «треугольник» больше, примерно, на 7 %.

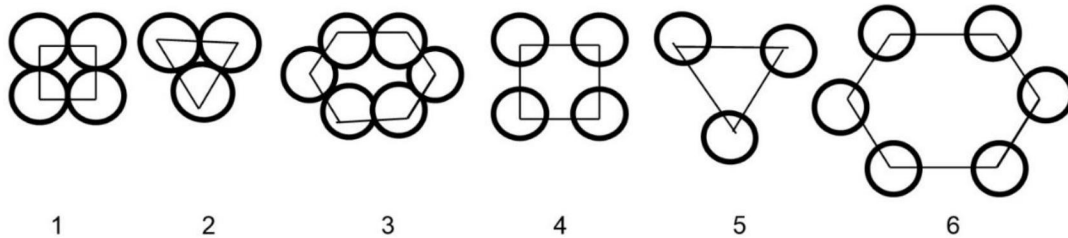


Рис. 2. Формы каналов между гранулами при их плотной засыпке (1–3) и при свободной (4–6)

Таблица 1. Оценка эквивалентного диаметра канала d_s для пеностекла фракции 5–7 мм

Форма канала по рис. 1	Расчетная формула	$d_{гр}$, мм	d_s , мм
По Консейсао			
1	$d_s = \frac{(4 - \pi) \cdot d}{\pi}$ (4)	5	1,366
		6	1,639
		7	1,913
2	$d_s = \frac{2 \cdot d \cdot \left(\sqrt{3} - \frac{\pi}{2}\right)}{\pi}$ (5)	5	0,513
		6	0,616
		7	0,719
3	$d_s = \frac{d \cdot (3\sqrt{3} - \pi)}{2 \cdot \pi}$ (6)	5	1,616
		6	1,962
		7	2,289
По Слихтеру			
1	$d_s = d \sqrt{\frac{2\sqrt{3}}{\pi} - 1}$	5	1,602
		6	1,922
		7	2,243
2	$d_s = 2 \cdot d \sqrt{\frac{0,0038}{\pi}}$	5	1,100
		6	1,320
		7	1,540

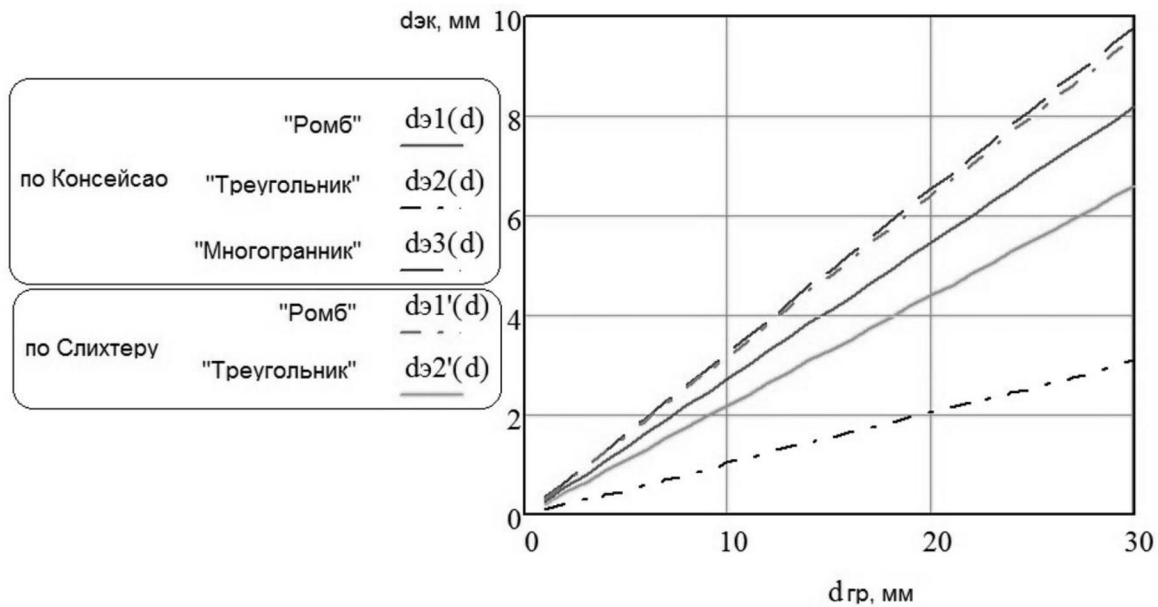


Рис. 3. Эквивалентный диаметр канала в зависимости от диаметра гранул

При плотной засыпке ГП гранулы пено-стекла разных диаметров примыкают друг другу, поэтому можно определить средний эквивалентный диаметр канала слоя ГП в зависимости от количества каналов одной формы в одном слое ГП.

Для того чтобы оценить средний эквивалентный диаметр канала слоя ГП необходимо рассчитать средний эквивалентный диаметр для каждой из трех форм каналов по формуле:

$$d_{эi} = \frac{(d_{i1} + d_{i2} + d_{i3}) \cdot \varepsilon_i}{3}, \quad (7)$$

где d_{i1} , d_{i2} , d_{i3} – диаметры гранул равные 5, 6 и 7 мм соответственно одной формы канала, мм;

ε_i – количество каналов одной формы от общего числа каналов, % (определяется экспериментально, табл. 2).

$$\varepsilon_i = \frac{\sum_{j=1}^5 N_j}{N_j} \cdot 100, \quad (8)$$

N_i – количество каналов одной формы из одного образца слоя ГП, шт;

N_j – общее количество каналов в одном образце ГП, шт.

Средний эквивалентный диаметр канала для всего гранулированного слоя определяется по формуле:

$$\bar{d}_э = \sum_{i=1}^n d_{эi}. \quad (9)$$

Оценка среднего эквивалентного диаметра канала по Консейсао:

$$\begin{aligned} \bar{d}_э &= \sum_{i=1}^3 \left(\frac{1,366 + 1,639 + 1,913}{3} \right) \cdot 0,3 + \\ &+ \left(\frac{0,513 + 0,616 + 0,719}{3} \right) \cdot 0,67 + \\ &+ \left(\frac{1,616 + 1,962 + 2,289}{3} \right) \cdot 0,03 \approx 1(\text{мм}) \end{aligned}$$

Оценка среднего эквивалентного диаметра канала по Слихтеру:

$$\begin{aligned} \bar{d}_э &= \sum_{i=1}^2 \left(\frac{1,602 + 1,922 + 2,243}{3} \right) \cdot 0,33 + \\ &+ \left(\frac{1,1 + 1,32 + 1,54}{3} \right) \cdot 0,67 \approx 1,3(\text{мм}) \end{aligned}$$

Для оценки диаметра канала, а также максимальной площади сечения каналов в слое ГП марки «Термоизол» был проведен эксперимент. В емкость диаметром 60 мм с водой был сформирован один слой ГП фракции Ф 5-7 мм. В эксперименте участвовало 5 видов образцов ГП марки «Термоизол». Суть эксперимента состояла в оценке распределения форм сечений каналов в слое ГП, а также измерения площади каналов по фотографии (полученные с фотоаппарата Canon Sx20 с одного ракурса) двумя способами. Первым способом определялась площадь сечения гранул подсчетом длины отрезков равных диаметру гранул в программе Visio Pro, далее оценивалась площадь сечения каналов, как

разница между площадью емкости и площадью сечения гранул. Вторым способом площадь сечения гранул и каналов определялась в программе Adobe Photoshop подсчетом количества пикселей каналов, выделенных одним цветом, затем оценивалась площадь сечения гранул, как разница между площадью емкости и площадью сечения каналов в пикселях. Интервал количества пикселей между 5 образцами слоя ГП составил от $3,01 \cdot 10^5$ до $3,03 \cdot 10^5$.

Важно отметить, что под действием капиллярных сил гранулированного слоя уровень

жидкости может повышаться, при этом площадь сечения каналов будет колебаться, поэтому данная оценка носит усредненный характер.

Результаты эксперимента сведены в табл. 2. Фотография образца 1 для оценки формы каналов и площади первым способом отмечены на рис. 4 слева, фотография образца 1 для оценки площади каналов и гранул вторым способом отмечена на рис. 4 справа.

Таблица 2. Параметры слоя ГП Ф5-7 в емкости d=60 мм

Параметр	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5	Среднее значение
Кол-во, Нтр, шт	81	78	64	73	75	74,2
Кол-во, Нр, шт	35	34	34	30	33	33,2
Кол-во, Нм, шт	2	2	5	5	3	3,4
Площадь гранул, Sгр мм	2247,7	2312,6	2335,8	2405,8	2258,4	2326
Площадь каналов, Ск, мм	579,7	514,8	491,6	421,6	569	501,3
Отношение Семк / Ск (мм)	4,9	5,5	5,8	6,7	5,0	5,6
Площадь гранул, Sгр пикс	240846	248056	249554	258206	249913	249315
Площадь каналов, Ск, пикс	61069	53869	52511	44308	51887	52728
Отношение Семк / Ск (пикс)	4,9	5,6	5,7	6,8	4,7	5,5

Примечание: Нтр – форма «треугольник», Нр – форма «ромб», Нм – форма «многогранник».

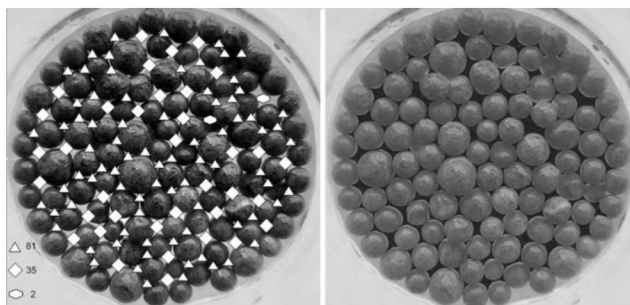


Рис. 4. Фотографии образца 1 для оценки геометрических параметров ГП двумя способами

По результатам эксперимента площадь испарения уменьшается в среднем в 5,6 раз при расчете способом 1 и в 5,5 раз при расчете способом 2. Расхождение между отношением площади емкости к площади каналов, характеризующее снижение площади испарения, не превышает 2 %. Средний эквивалентный диаметр канала определялся по формулам (7) – (9) по средним площадям канала, образованного фигурами «треугольник» и «ромб» по методу Слихтера [14], он составил 1,31 мм.

Для определения влияния высоты слоя ГП марки «Термоизол» Ф 5-7 на интенсивность испарения W ($г/с \cdot м^2$) горючих жидкостей был проведен эксперимент. В емкости $d=60$ мм насыпались слои гранул пеностекла, с помощью шприца по центру емкости вводилась горючая жидкость до уровня разлива 1 см, при помощи аналитических весов взвешивали «сухой» образец и с горючей жидкостью, после чего снимали показания массы в течение 60 минут с интервалом в 1 минуту первые 10 минут, затем интервал увеличивали до 5 минут. Из показаний массы паров, испарившихся через гранулированный слой пеностекла была определена интенсивность испарения горючих жидкостей (н-гексана, бензина АИ-92, этанола, керосина авиационного, дизельного топлива) из формулы (3). Результаты эксперимента по определению интенсивности испарения горючих жидкостей в различном по высоте слое гранулированного пеностекла сведены в табл. 3. Зависимость интенсивности испарения горючих жидкостей от высоты слоя ГП представлена на графике, рис. 5.

Таблица 3. Результаты эксперимента

Высота «сухого» слоя ГП, Нсл, см	Интенсивность испарения, кг/с·м ²				
	Гексан	Бензин АИ-92	Этанол	Керосин (а)	ДТ (з)
0	0,3254	0,2201	0,2257	0,0394	0,0056
1,5	0,3327	0,2214	0,1776	0,0291	0,0036
3	0,1577	0,1437	0,0482	0,0113	0,0026
4,5	0,0929	0,1078	0,0186	0,006	0,0016
6	0,072	0,0844	0,0129	0,004	0,0012
7,5	0,0548	0,0646	0,0059	0,0031	0,0008
9	0,0526	0,0604	0,0046	0,0032	0,0008

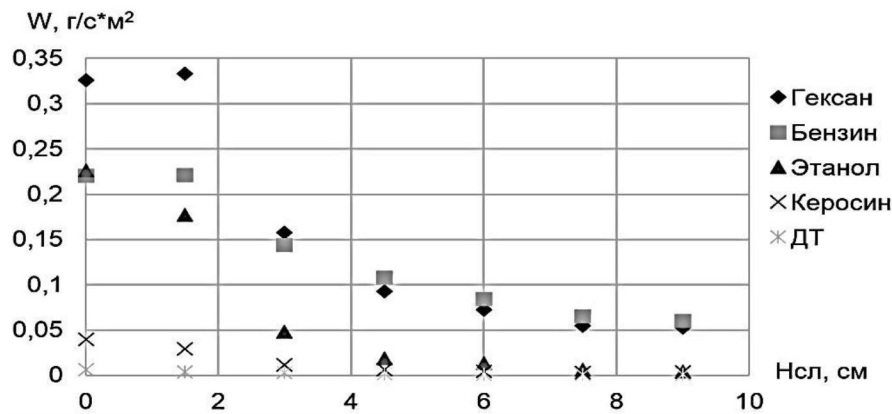


Рис. 5. Зависимость интенсивности испарения горючих жидкостей от высоты слоя ГП

Распределение интенсивности испарения горючих жидкостей с гранулированным слоем пеностекла происходит по экспоненциальной зависимости. При слое ГП равной 1,5 см величина W (кг/с·м²) не снижается у бензина АИ-92 и н-гексана, у остальных жидкостей снижается не значительно. Это объясняется действием капиллярных сил, в течение часа происходит подъем уровня смоченных жидкостью гранул. На рис. 6 представлены

результаты эксперимента интенсивности испарения горючих жидкостей от высоты слоя ГП, на котором также оценивалась динамика подъема уровня смоченных жидкостью гранул под действием капиллярных сил.

Минимальное снижение интенсивности испарения горючих жидкостей в слое ГП равным 9 см наблюдается у бензина (в 3,64 раза) и гексана (в 6,19 раз), а максимальное у этанола (49,06 раза).

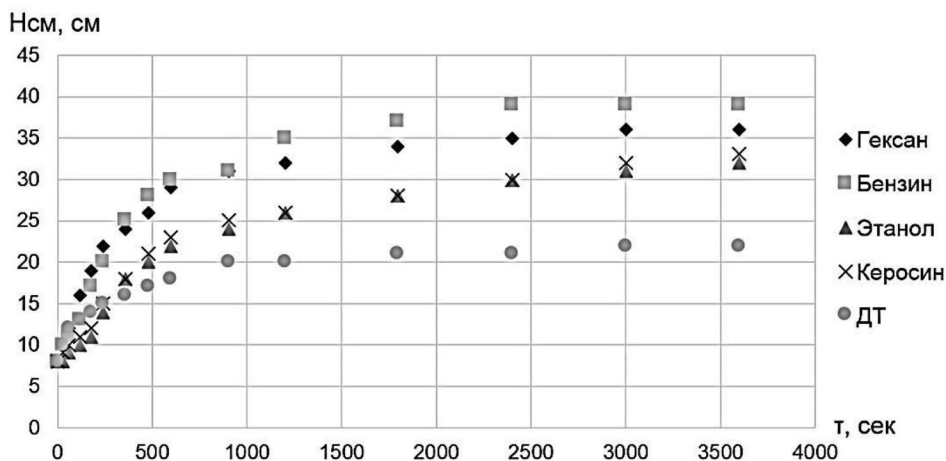


Рис. 6. Динамика подъема уровня смоченных жидкостью гранул пеностекла

По результатам проведенного исследования:

- определены фигуры, образованные в сечении каналов ГП, эквивалентные диаметры каналов в слое гранулированного пеностекла фракции Ф 5-7 (экспериментальная оценка среднего эквивалентного диаметра канала совпала с рассчитанным по методу Слихтера, 1,3 мм);

- установлено, что площадь испарения горючих жидкостей в гранулированном слое уменьшается в среднем в 5,5 раз;

- определена зависимость интенсивности испарения горючих жидкостей от высоты слоя ГП марки «Термоизол» (с увеличением толщины «сухого» слоя ГП больше 3 см происходит резкое снижение интенсивности испарения горючих жидкостей);

- определена динамика подъема уровня смоченных жидкостью гранул пеностекла (в первые 15 минут под действием капиллярных сил уровень смоченных гранул поднимается от 75 до 90 % относительно всего периода эксперимента).

Список литературы

1. Блинов В. И., Худяков Г. Н. О некоторых закономерностях диффузионного горения жидкостей: докл. АН СССР, 113:5, 1957. С. 1094–1097.

2. Takeno K., Hirano T. Flame Spread over Porous Solid Soaked with a Combustible Liquid. *Twenty-first Symposium (International) on Combustion*, The Combustion Institute, 1986, pp. 75–81.

3. Takeuchi T., Tsuruda T., Ishizuka S., Hirano T. Burning Characteristics of a Combustible Liquid Soaked in Porous Beds. *3rd Symposium on Fire Safety Science*, Edinburgh, Scotland, July 1991.

4. Hayasaka H. Unsteady Burning Rates of Small Pool Fires. *5th Symposium on Fire Safety Science*, 1997.

5. Ma T., Olenick S. M., Klassen M. S., Roby R. J., Torero J. L. Burning Rate of Liquid Fuel on Carpet (Porous Media). *Fire Technology*, 2004, vol. 40 (3), pp. 227–246.

6. Авторское свидетельство СССР №1729521; заявл. 18.03.81; опубл. 07.11.82, Кл. А 62 С 3/12, 1982.

7. Авторское свидетельство СССР №1729521, Кл. А 62 С 3/06, 1988. Бюл. №16.

8. Ширяев Е. В. Снижение термических и геометрических параметров пламени при горении нефтепродуктов на основе применения гранулированных подложек // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов I Межвузовской научно-практической конференции. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. С. 164–167.

9. Огнезащитный эффект гранулированной пеностекляной подложки при углеводородном пожаре пролива / Е. В. Ширяев [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2016. № 4. С. 33–37.

10. Блинов В. И., Худяков Г. Н. Диффузионное горение жидкостей. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. 208 с.

11. Ширяев Е. В. Оценка эффективности пламегашения пролива ЛВЖ в гранулированном слое подложки // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 3. С. 89–96.

12. Консейсао А. А., Самойлов Н. А. Исследование капиллярного подъема нефти и нефтепродуктов в сорбенте «DULROMABSORB» // Башкирский химический журнал. 2007. Т. 14. № 4. С. 66–69.

13. Разработка новых сорбентов и адгезионных нефтесборщиков для сбора аварийных разливов углеводородов: автореферат дис. ... д-ра техн. наук: 03.00.16 / Консейсао Аугусто Агостино да. Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т. Уфа, 2008. 34 с.

14. Лейбензон Л. С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. М.: Л.: Гостехиздат, 1947. 244 с.

References

1. Blinov V. I., Khudyakov G. N. O *nekotorykh zakonomernostyakh diffuzionnogo goreniya zhidkostey: dokl. AN SSSR* [On some laws of diffusion combustion of liquids: dokl. USSR Academy of Sciences], 113: 5, 1957, pp. 1094–1097.

2. Takeno K., Hirano T. Flame Spread over Porous Solid Soaked with a Combustible Liquid. *Twenty-first Symposium (International) on Combustion*, The Combustion Institute, 1986, pp. 75–81.

3. Takeuchi T., Tsuruda T., Ishizuka S., Hirano T. Burning Characteristics of a Combustible Liquid Soaked in Porous Beds. *3rd Symposium on Fire Safety Science*, Edinburgh, Scotland, July 1991.

4. Hayasaka H. Unsteady Burning Rates of Small Pool Fires. *5th Symposium on Fire Safety Science*, 1997.

5. Ma T., Olenick S. M., Klassen M. S., Roby R. J., Torero J. L. Burning Rate of Liquid Fuel on Carpet (Porous Media). *Fire Technology*, 2004, vol. 40 (3), pp. 227–246.

6. A.s. №1729521; заявл. 18.03.81; опubl. 07.11.82, КI. A 62 S 3/12, 1982 [USSR copyright certificate № 1729521; declared 03/18/81; publ. 11/07/82, Cl. A 62 C 3/12, 1982].

7. A.s. №1729521, КI. A 62 S 3/06, 1988. Byul. №16 [Copyright certificate of the USSR №. 1729521, Cl. A 62 S 3/06, 1988. Bull. №. 16].

8. Shirayev Ye. V. Snizheniye termicheskikh i geometricheskikh parametrov plameni pri gorenii nefteproduktov na osnove primene-niya granulirovannykh podlozhek [Reduction of thermal and geometric parameters of the flame during the combustion of petroleum products based on the use of granular substrates]. *Sovremennyye pozharobezopasnyye materialy i tekhnologii: sbornik materialov I Mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2015, pp. 164–167.

9. Oгнеzashchitnyy effekt granulirovannoy penostekol'noy podlozhki pri uglevodorodnom pozhare proliva [Fire-retardant effect of a granular foam-glass substrate in the event of a hydrocarbon fire in the strait] / E.V. Shiryaev [et al.]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2016, issue 4, pp. 33–37.

10. Blinov V. I., Khudyakov G. N. *Difuzionnoye gorenkiye zhidkostey* [Diffusion combustion of liquids]. M.: Izd-vo Akad. nauk SSSR, 1961, 208 p.

11. Shirayev Ye. V. Otsenka effektivnosti plamegasheniya proliva LVZH v granulirovannom sloye podlozhki [Evaluation of the efficiency of flame suppression of the LVZH strait in a granular substrate layer]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2019, issue 3, pp. 89–96.

12. Konseysao A. A., Samoylov N. A. Issledovaniye kapillyarnogo pod'yema nefi i nefteproduktov v sorbente «DULROMABSORB» [Study of the capillary rise of oil and oil products in the sorbent «DULROMABSORB»]. *Bashkirskiy khimicheskiy zhurnal*, 2007, vol. 14, issue 4, pp. 66–69.

13. *Razrabotka novykh sorbentov i adgezionnykh neftesborshchikov dlya sbora avariynykh razlivov ulevodorodov*: avtoreferat dis. ... dra tekhn. nauk: 03.00.16 / Konseysao Augusto Agostino da. [Development of new sorbents and adhesive oil skimmers for the collection of emergency hydrocarbon spills: abstract of thesis. ... Dr. tech. sci. diss. 03.00.16]. Ufim. gos. neftyanoy tekhn. un-t. Ufa, 2008. 34 p.

14. Leybenzon L. S. Dvizheniye prirodnykh zhidkostey i gazov v poristoy srede [The movement of natural liquids and gases in a porous medium]. M.; L.: Gostekhzdat, 1947. 244 p.

Ширяев Евгений Викторович

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

E-mail: shiryaeev@bk.ru

Shiryaev Evgeny Victorovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
lecturer

E-mail: shiryaeev@bk.ru

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

УДК 537.525

**ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ
НА ВЫХОДЕ ИЗ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА**

А. М. ЕФРЕМОВ^{1,2}, Д. Г. СНЕГИРЕВ¹, Н. Е. ЕГОРОВА¹

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

²ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: amefremov@yandex.ru, snegirev.1965@bk.ru, ne_egorova@mail.ru

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования возможностей твердофазного химического связывания газообразного хлора поглотителями на основе железных и медных стружек. Получены зависимости степеней связывания от температуры поглотителя и скорости потока газа. Установлено, что 1) при одинаковой температуре поглотителя в ловушке наибольшая эффективность поглощения достигается на медных стружках; 2) наличие высокочастотного разряда перед поглотительным устройством в большей степени изменяет эффективность связывания хлора на железе; и 3) наиболее действенным инструментом оптимизации степени связывания и положения точки проскока является температура поглотителя. Результаты работы представляют интерес для создания методов и оптимизации режимов обезвреживания токсичных хлорсодержащих газов.

Ключевые слова: хлор, обезвреживание, степень поглощения, высокочастотный разряд, температура.

**NEUTRALIZATION AND CONTROL OF CHLORINE-CONTAINING GASES
AT THE OUTLET OF A CHEMICAL REACTOR**

A. M. EFREMOV^{1,2}, D. G. SNEGIREV¹, N. E. EGOROVA¹

¹Federal State Educational Institution of Higher Education «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

²Federal State Educational Institution of Higher Education
«Ivanovo State University of Chemistry and Technology»,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: amefremov@yandex.ru, snegirev.1965@bk.ru, ne_egorova@mail.ru

This paper presents the results of an experimental study of the possibilities of solid-phase chemical binding of chlorine gas by absorbers based on iron and copper shavings. The dependences of the degrees of binding on the temperature of the absorber and the gas flow rate are obtained. It is established that 1) at the same temperature of the absorber in the trap, the greatest absorption efficiency is achieved on copper shavings; 2) the presence of a high-frequency discharge in front of the absorption device to a greater extent changes the efficiency of chlorine binding on iron; and 3) the most effective tool for optimizing the degree of binding and the position of the slip point is the absorber temperature. The results of the work are of interest for the creation of methods and optimization of modes of neutralization of toxic chlorine-containing gases.

Key words: chlorine, neutralization, degree of absorption, high-frequency discharge, temperature.

Газообразный хлор находит широкое применение в различных отраслях техники и технологии. Основными направлениями использования хлора являются:

1) получение широкого ряда пластических масс, синтетических волокон и каучуков с использованием реакций хлорирования ($R-H + Cl_2 \rightarrow R-Cl + HCl$) углеводородов [1, 2];

2) производство инсектицидов и синтетических моющих средств [2];

3) отбеливание сырья в бумажной и текстильной промышленности [3];

4) водоподготовка [4].

Кроме этого, широкая номенклатура хлорсодержащих газов находит применение в электронной промышленности, при проведе-

нии процессов вакуум-плазменной обработки поверхностей кремниевых пластин [5, 6]. Характерными чертами всех упомянутых процессов являются неполный переход хлора в конечные продукты синтеза, а также образование побочных хлорсодержащих соединений, обладающих, наряду с исходным газом, повышенной токсикологической опасностью (табл. 1). Поэтому создание эффективных систем улавливания и обезвреживания хлора и его соединений на выходе из химических реакторов является актуальной задачей для обеспечения безопасности химического производства и предотвращения техногенных катастроф.

Таблица 1. Токсикологические характеристики хлора и некоторых газообразных хлорсодержащих веществ [7]

Вещество	Предельно допустимая концентрация в рабочей зоне, мг/м ³	Воздействие на организм человека
Cl ₂	1	Раздражает дыхательные пути, вызывает отек легких.
CCl ₄	1	Вызывает тяжелые повреждения печени и нервной системы. Канцероген.
CHCl ₃	5	Поражает мозг.
HCl	5	Вызывает удушье, поражает слизистые оболочки (за счет соединения с водой и образования соляной кислоты), разрушает зубы.
COCl ₂	0.5	Вызывает токсический отек легких.
ClO ₂	0.1	Раздражает слизистые оболочки (за счет образования соляной кислоты при реакции с водой), приводит к нарушению психики (галлюциноген).

Методы, используемые для улавливания и обезвреживания токсичных хлорсодержащих газов можно условно разделить на две группы: физические и химические.

Физические методы основаны на переводе газа в жидкое состояние (криоконденсация) с последующим поглощением жидкости или самого газа твердыми пористыми адсорбентами (активированный уголь, цеолиты). К существенным недостаткам соответствующих устройств относятся периодичность действия за счет насыщения адсорбента и связанная с этим необходимость его регенерации или утилизации [8].

Химические методы используют процессы связывания токсичных хлорсодержащих газов в нетоксичные или менее токсичные химические соединения. При жидкостном химическом связывании используют щелочные растворы и/или карбонатные (гидрокарбонатные) суспензии, которые обладают высокой селективностью по отношению к конкретному ком-

поненту. Это позволяет достигать высоких степеней поглощения для индивидуального газа, но обуславливает необходимость разделения компонентов или использования нескольких поглотителей в случае, когда объектом обезвреживания служит смесь газов. Кроме этого, существуют определенные трудности встраивания жидкостного метода в газовый технологический цикл. При твердофазном химическом связывании используют металлы, оксиды и гидроксиды металлов при повышенных температурах в виде структур с хорошо развитой поверхностью [9]. И хотя такие устройства также отличаются периодичностью действия, они обладают рядом существенных преимуществ, а именно: 1) обладают хорошей совместимостью с газовыми технологическими процессами; 2) позволяют достигать высоких степеней поглощения для нескольких газов одновременно; и 3) представляют возможность эффективной регенерации поглотителя, в том числе – с выделением поглощаемого газа.

Целью данной работы являлось изучение твердофазного (сухого) связывания хлора в условиях пониженного давления на поглотителях металлической природы. Блок-схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

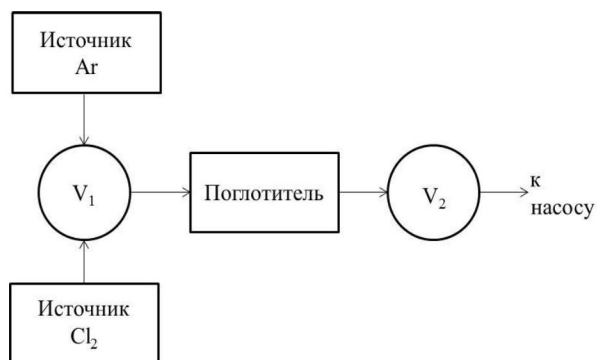


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки

В качестве модельного источника хлора использовалась стеклянная ампула с предварительно прокаленной солью CuCl_2 . Нагревание ампулы до температур более 250°C обеспечивало выделение молекулярного хлора по реакции $2\text{CuCl}_2 \rightarrow 2\text{CuCl} + \text{Cl}_2$. В качестве газа-носителя использовали аргон, при этом состав газовой смеси на входе в накопительный объем (V_1) устанавливали на уровне 50% Cl_2 + 50% Ar равными парциальными расходами газов-компонентов смеси. Давление газа (p) варьировалось в диапазоне 50–300 Па. Скорость потока газа (q) регулировали температурой выделения хлора в источнике и скоростью откачки.

Определение концентрации хлора в накопительном объеме (перед поглотителем) и контрольном объеме V_2 (после поглотителя) проводилось методом абсорбционной спектроскопии. В качестве источников внешнего излучения использовались медная шариковая лампа ($\lambda = 324.7$ нм), ртутная лампа ДРТ-230 ($\lambda = 365$ нм, 313.2 нм) и лампа с полым катодом на серебре ЛСП-1 ($\lambda = 328$ нм). Выбор источников обусловлен близостью рабочих длин волн к максимуму фотопоглощения молекул Cl_2 (330 нм [10]). Дублирующие измерения в накопительном и контрольном объемах проводили методом эмиссионной спектроскопии при возбуждении высокочастотного (13.56 МГц)-емкостного разряда от генератора УВЧ-1. Для измерений использовались линии атомарного

хлора 425.6 нм (возбуждение состояния $\text{Cl } 5p, \varepsilon_{th} \sim 11.8$ эВ) и 725.7 нм (возбуждение состояния $\text{Cl } 4p, \varepsilon_{th} \sim 10.4$ эВ). Подробное описание методики спектральных измерений приведено в наших работах [10, 11]. Степень поглощения определяли по соотношению $\beta = (n_1 - n_2) / n_1$, где n_1 и n_2 – концентрации хлора в накопительном и контрольном объемах, соответственно. Поглотительное устройство представляло собой кварцевую трубку диаметром ~ 2 см с наполнителем из медных или железных стружек одинаковой набивной плотности. Подготовка материала поглотителя включала химическое обезжиривание и прокатку в бескислородной среде (в вакууме) при 250°C для удаления адсорбированных частиц. Внешнее нагревательное устройство обеспечивало возможность регулировки и стабилизации температуры поглотителя в диапазоне до 550°C .

На рис. 2 представлены экспериментальные данные по зависимости степени связывания хлора на различных наполнителях от температуры в зоне поглощения.

Из представленных данных следует, что 1) при одинаковой температуре поглотителя в ловушке наибольшая эффективность поглощения достигается на медных стружках; и 2) максимальное значение степени связывания 100% на меди и железе достигается при температурах 400°C и 550°C , соответственно. Причина отмеченных различий заключается в большей константе скорости реакции $\text{R1: Cu} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CuCl}_2$ по сравнению с $\text{R2: 2Fe} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3$, которая обеспечивается как более высокой вероятностью адсорбции хлора на поверхности меди [12], так и меньшей величиной пороговой энергии для R1 . Последний факт однозначно следует из сравнения энергий связи атомов в системах Cu-Cl (~ 380 кДж/моль) и Fe-Cl (~ 330 кДж/моль) [13]. Из работы [12] известно, что газоразрядная плазма обладает значительно большей реакционной способностью по отношению к металлам, чем соответствующий плазмообразующий газ в нормальных (без разряда) условиях. Данный эффект связан с образованием в плазме химически активных частиц, например – атомов галогенов. Таким образом, можно полагать, что возбуждение плазмы в накопительном объеме перед поглотителем способно вызвать увеличение степеней поглощения хлора за счет диссоциации молекул в реакциях электронного удара $\text{R3: Cl}_2 + e \rightarrow \text{Cl} + \text{Cl} + e$.

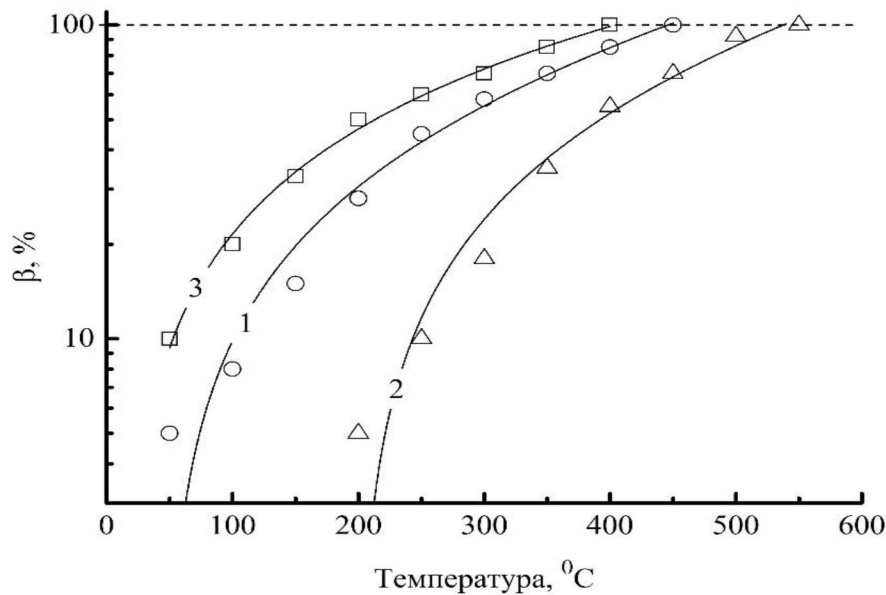


Рис. 2. Зависимость степени обезвреживания хлора от температуры поглотителя при $p = 133$ Па и $q = 100$ мл/с:
1 – медные стружки; 2 – железные стружки; 3 – медные стружки при возбуждении высокочастотного (13.56 МГц)-емкостного разряда в накопительном объеме

Действительно, из рис. 2 можно видеть, что при возбуждении высокочастотного (13.56 МГц) - емкостного разряда место увеличение степени поглощения хлора медью на величину $\sim 10\%$ при фиксированной температуре поглотителя, при этом температура достижения полного поглощения снижается от 400°C до 350°C . В то же время, абсолютная величина данного эффекта значительно ниже, чем можно было бы ожидать из характерных значений степеней диссоциации хлора в разряде в данном диапазоне условий (более 50% [10]). По нашему мнению, в качестве причин малого прироста степени превращения следует рассматривать два основных эффекта, а именно 1) эффективную гетерогенную рекомбинацию атомов хлора $R4: 2\text{Cl} \rightarrow \text{Cl}_2$ в области между накопительным объемом и зоной поглощения; и 2) близкие вероятности (константы скоростей) взаимодействия с медью для атомарного и молекулярного хлора. Последний факт нашел экспериментальное подтверждение в работах [10, 12]. Отметим также, что характерная форма кривых на рис. 2 указывает на экспоненциальную (аррениусовскую) зависимость величины n_2 от температуры поглотителя. Это свидетельствует о том, что основным механизмом связывания во всех случаях действительно является химическая реакция хлора с материалом поглотителя.

На рис. 3 представлены экспериментальные данные по зависимости степени связывания хлора на различных наполнителях от скорости потока газа.

Очевидно, что наличие высокочастотного разряда перед поглотительным устройством заметно увеличивает степень связывания хлора на железе (например, от 56% до 73% при $q = 80$ мл/с), при этом абсолютная величина эффекта возрастает с ростом потока газа. Основной причиной здесь выступает увеличение скорости переноса атомов хлора из зоны разряда в зону поглощения, что снижает вероятность их рекомбинации. Более заметный эффект высокочастотного разряда при связывании на железе при прочих равных условиях обусловлен тем, что вероятность взаимодействия атомов хлора с железом много больше чем для молекул. Отметим также, что наличие высокочастотного разряда практически не влияет на положение точки проскока газа (максимальным значением скорости потока, при котором выполняется условие $\beta = 100\%$), при этом наиболее эффективным инструментом оптимизации процесса поглощения по положению точки проскока является температура поглотителя. При одинаковой температуре поглотителя в области ниже 500°C , медная стружка обладает очевидным преимуществом по сравнению с железной как по степени поглощения, так и по положению точки проскока.

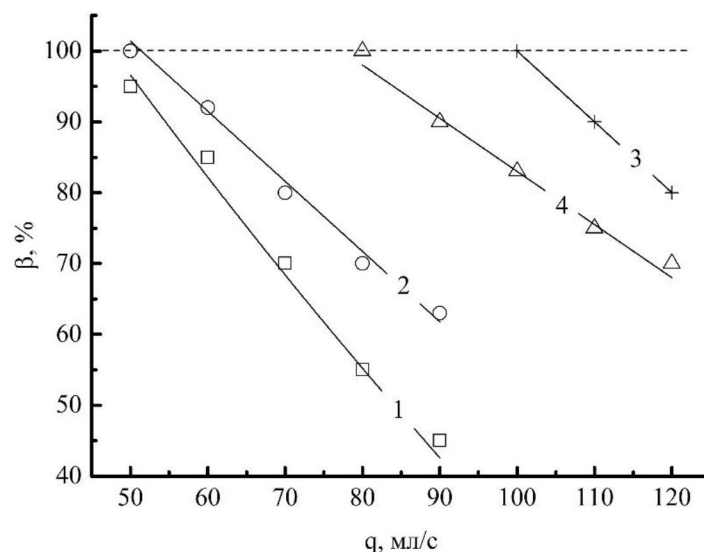


Рис. 3. Зависимость степени обезвреживания хлора от скорости потока газа: 1 – железные стружки при 350 °С; 2 – железные стружки при 350 °С и возбуждении высокочастотного (13.56 МГц)-емкостного разряда в накопительном объеме; 3 – железные стружки при 500 °С; 4 – медные стружки при 350 °С

Расчеты показали, что за время работы медной ловушки до точки проскока количество связанного хлора обеспечивает полный перевод медного наполнителя в химическое соединение со стехиометрией CuCl_2 . Данное соединение является устойчивым, при комнатной температуре находится в твердом состоянии и не относится к веществам повышенного класса опасности. Это открывает возможность легкой транспортировки и эффективной утилизации отработанного поглотителя по реакции термического разложения с выделением газообразного хлора и монохлорида меди. Кроме этого, было найдено, что увеличение объема наполнителя в поглощающем устройстве приводит к сдвигу точки проскока в область более высоких значений при неизменной температуре. Таким образом, сочетание оптимального объема поглощающей ячейки и/или использование параллельной схемы включения множества ячеек будет способствовать смещению точки проскока в область, удовлетворяющую требованиям технологии.

Проведено экспериментальное исследование возможностей твердофазного химического связывания хлора поглотителями на основе железных и медных стружек. Подтверждено, что основным механизмом связывания во всех случаях действительно является химическая реакция хлора с материалом поглотителя. Установлено, что: 1) наибольшая эффективность поглощения достигается на медных стружках, при этом полное связывание в области $q < 100$ мл/с требует температуры ~ 400 °С; 2) наличие высокочастотного разряда перед поглотительным устройством в большей степени увеличивает полноту связывания хлора на железе из-за большей вероятности гетерогенной реакции $\text{Cl} + \text{Fe}$ по сравнению с $\text{Cl} + \text{Cu}$; и 3) наиболее эффективным инструментом оптимизации выходных параметров процесса связывания (степень поглощения, точка проскока) является температура поглотителя. Результаты работы представляют интерес для создания методов оптимизации режимов обезвреживания токсичных хлорсодержащих газов.

Список литературы

1. Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Химия, 1988. 592 с.
2. Великородов А. В. Органический синтез. М.: Кнорус, 2016. 348 с.
3. Иванов С. Н. Технология бумаги. М.: Школа бумаги, 2006. 696 с.

4. Экология (под ред. Цветковой Л.И.). СПб.: Новый журнал, 2012. 451 с.
5. Handbook of semiconductor manufacturing technology. New York: CRC Press, 2008. 1717 p.
6. Lieberman M. A., Lichtenberg A. J. Principles of plasma discharges and materials processing. New York: John Wiley & Sons Inc, 2005. 757 p.

7. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.3532-18. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 13.02.2018 № 25.

8. Вальдберг А. Ю. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Защита атмосферы. М.: Дрофа, 2008. 240 с.

9. Куприяновская А. П., Светцов В. И. Обезвреживание отходящих газов при плазмохимическом травлении материалов в хлоре и тетрахлометане // Вакуумная техника и технология. 1991. Т. 1. № 5–6. С. 46–49.

10. Ефремов А. М., Светцов В. И. Неравновесная плазма хлора: свойства и применение. М.: Физматлит, 2012. 216 с.

11. Ефремов А. М., Беляев С. В., Снегирев Д. Г. Оптико-спектральная диагностика технологических газовых сред // Актуальные вопросы естествознания: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 23–28.

12. Словецкий Д. И. Гетерогенные реакции в неравновесной галогенсодержащей плазме // Химия плазмы. М.: Энергоатомиздат, 1989. Вып. 15. С. 208.

13. Lide D. R. Handbook of Chemistry and Physics. New York: CRC Press, 2009–2010. 940 p.

References

1. Lebedev N. N. *Himiya i tekhnologiya osnovnogo organicheskogo i neftekhimicheskogo sinteza* [Chemistry and technology of basic organic and petrochemical synthesis]. Moscow: Himiya, 1988. 592 p.

2. Velikorodov A. V. *Organicheskij sintez* [Organic synthesis]. Moscow: Knorus, 2016. 348 p.

3. Ivanov S. N. *Tekhnologiya bumagi* [Paper technology]. Moscow: Shkola bumagi, 2006. 696 p.

4. *Ekologiya* [Ecology] (pod red. Cvetkovej L.I.). SPb.: Novyj zhurnal, 2012. 451 p.

5. Handbook of semiconductor manufacturing technology. New York: CRC Press, 2008. 1717 p.

6. Lieberman M. A., Lichtenberg A. J. Principles of plasma discharges and materials processing. New York: John Wiley & Sons Inc, 2005. 757 p.

7. *Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) vrednyh veshchestv v vozduhe rabochej zony. Gigienicheskie normativy GN 2.2.5.3532-18. Utverzhdeny postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federacii ot 13.02.2018 vol. 25.* [Maximum allowable concentration (MPC) of harmful substances in the air of the working area. Hygienic standards GN 2.2.5.3532-18. Approved by Resolution No. 25 of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of February 13, 2018].

8. Val'dberg A. Yu. *Processy i apparaty zashchity okruzhayushchej sredy. Zashchita atmosfery.* [Environmental protection processes and devices. Atmosphere protection]. Moscow: Drofa, 2008. 240 p.

9. Kupriyanovskaya A. P., Svetcov V. I. Obезvrezhivanie othodyashchih gazov pri plazmohimicheskom travlenii materialov v hlore i tetrahlormetane [Neutralization of waste gases during plasma chemical etching of materials in chlorine and carbon tetrachloride]. *Vakuumnaya tekhnika i tekhnologiya*, 1991, vol. 1, issue 5–6, pp. 46–49.

10. Efremov A. M., Svetcov V. I. *Neravnovesnaya plazma hlora: svoystva i primeneniye* [Nonequilibrium chlorine plasma: properties and applications]. Moscow: Fizmatlit, 2012. 216 p.

11. Efremov A. M., Belyaev S. V., Snegirev D. G. *Optiko-spektral'naya diagnostika tekhnologicheskikh gazovykh sred* [Optical-spectral diagnostics of technological gas media]. *Aktual'nye voprosy estestvoznaniya: materialy IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem.* Ivanovo: IPSA GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 23–28.

12. Sloveckij D. I. *Geterogennye reakcii v neravnovesnoj galogensoderzhashchej plazme* [Heterogeneous reactions in nonequilibrium halogen-containing plasma]. *Himiya plazmy.* Moscow: Energoatomizdat, 1989, vyp. 15, p. 208.

13. Lide D. R. Handbook of Chemistry and Physics. New York: CRC Press, 2009–2010. 940 p.

Ефремов Александр Михайлович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет,

Российская Федерация, г. Иваново

профессор, доктор химических наук

E-mail: amefremov@yandex.ru

Efremov Aleksandr Mihajlovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State University of Chemistry and Technology»,

Russian Federation, Ivanovo,

professor, doctor of Chemical Sciences,

E-mail: amefremov@yandex.ru

Снегирев Дмитрий Геннадьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

заведующий кафедрой, кандидат технических наук, доцент,

E-mail: snegirev.1965@bk.ru

Snegirev Dmitry Gennadievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

Head of Department, candidate of technical Sciences, assistant professor

E-mail: snegirev.1965@bk.ru

Егорова Надежда Евгеньевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат физико-математических наук, доцент,

E-mail: ne_egorova@mail.ru

Egorova Nadezhda Evgenievna

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

candidate of physical and mathematical Sciences, associate professor,

E-mail: ne_egorova@mail.ru

**ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY (TECHNICAL)**

УДК 614.841.224

**РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ОБЩЕСТВЕННОЙ ОПАСНОСТИ
ПОЖАРОВ В ПОКАЗАТЕЛЯХ РИСКА НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

В. В. ГАРМЫШЕВ¹, С. С. ТИМОФЕЕВА¹, Т. В. ВАЩАЛОВА², Д. В. ДУБРОВИН³

¹ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Российская Федерация, г. Иркутск

²ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Российская Федерация, г. Москва

³Главное управление МЧС России по Иркутской области,
Российская Федерация, г. Иркутск

E-mail: diamant1959@mail.ru, sstimofeeva@mail.ru, VTV_53@mail.ru, dmitrijdubrovin@yandex.ru

На современном этапе социально-экономического развития общества, пожарная безопасность является одним из составляющих направлений национальной безопасности страны. Объектом исследования являются чрезвычайные ситуации, связанные с пожарами в Иркутской области. На основании мониторинга пожаров за 1980–2018 гг., и используя методы социальной и математических статистик, в работе представлены показатели последствий в Иркутской области: по количеству пожаров, уничтоженных строений, прямому материальному ущербу, гибели и травмированию людей. Ретроспективный анализ социально-экономических последствий пожаров дал материал для создания реконструкций пространственно-временной характеристики последствий пожаров. На основании существующих методик и по данным аналитических исследований пожаров впервые на региональном уровне дана ретроспективная оценка интегральных пожарных рисков: возникновения пожаров, прямого материального ущерба, уничтожения строений, риск для человека столкнуться с пожаром, погннуть, травмироваться при пожаре. Установлено, что уровень безопасности людей, проживающих на территории Иркутской области, не соответствует требованиям пожарной безопасности, значение индивидуального пожарного риска в регионе ни разу не снижалось до нормативного на протяжении 39 лет.

Ключевые слова: Иркутская область, мониторинг, последствия пожаров, интегральные пожарные риски.

**RETROSPECTIVE ANALYSIS AND EVALUATION OF PUBLIC DANGER OF FIRES
IN THE RISK INDICATORS IN THE TERRITORY OF IRKUTSK REGION**

V. V. GARMYSHEV¹, S. S. TIMOFEEVA¹, T. V. VASHCHALOVA², D. V. DUBROVIN³

¹Irkutsk national research technical University,
Russian Federation, Irkutsk

²Lomonosov Moscow State University. Geographical faculty,
Russian Federation, Moscow

³Head department of Emercom of Russia in Irkutsk region,
Russian Federation, Irkutsk

E-mail: diamant1959@mail.ru, sstimofeeva@mail.ru, VTV_53@mail.ru, dmitrijdubrovin@yandex.ru

At the present stage of socio-economic development of society, fire safety is one of the components of the national security of the country. The object of the study are emergencies associated with fires in the Irkutsk region. On the basis of fire monitoring for 1980–2018, and using the methods of social and mathematical statistics, the paper presents indicators of consequences in the Irkutsk region: the number of fires, destroyed buildings, direct material damage, death and injury. A retrospective analysis of the socio-economic consequences of fires has provided material for the reconstruction of the spatial and temporal characteristics

of the consequences of fires. On the basis of existing methods and according to analytical studies of fires for the first time at the regional level, a retrospective assessment of integral fire risks is given: the occurrence of fires, direct material damage, destruction of buildings, the risk for a person to encounter a fire, die, injured in a fire. It is established that the level of safety of people living in the Irkutsk region does not meet the requirements of fire safety, the value of individual fire risk in the region has never decreased to the standard for 39 years.

Keywords: Irkutsk region, monitoring, fire consequences, integral fire risks.

Введение. В настоящее время Иркутская область является одним из крупнейших и богатейших природными ресурсами субъектов РФ. Важно отметить, что Иркутская область в последние годы по величине промышленного потенциала принадлежит к 15 наиболее мощным в индустриальном отношении регионам России [1, 2]. К числу основных предпосылок развития региона относится наличие мощного и высокоэффективного природно-ресурсного потенциала, который обеспечивает развитие таких базовых отраслей экономики, как: цветная металлургия, нефтехимическая, химическая, топливная, энергетическая, лесная, деревообрабатывающая, целлюлозная, пищевая, горнодобывающая, строительных материалов. Это является материальной основой национальной безопасности страны, социально-экономической стабильностью общества [1, 2].

Выполненные нами исследования позволили установить, что период 1980–2018 гг. характеризовался для Иркутской области все более нарастающим количеством объектов техносферы. Так, в течение 1980–1990 гг. на территории области эксплуатировалось около 879,5 тыс. жилых, общественных, производственных и других объектов, а с 1991 по 2000 гг. – 977, 2 тыс., с 2001 по 2010 гг. – 1081,6 тыс., а за период 2011 – 2018 гг. – 1207,4 тыс. объектов различного функционального назначения.

Важно отметить, что за временной интервал с 2001 по 2018 гг. наибольший рост количества объектов наблюдался в жилом секторе: многоэтажных монолитных, малоэтажных жилых зданиях, частных домов (коттеджей), садово-дачных строений. Значительное увеличение произошло в сфере транспортных средств: легковых, грузовых автомобилей и автобусов [1–3]. Большое и разнообразное количество эксплуатируемых объектов техносферы формируют потенциальную опасность возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, а также возможных социально-экономических последствий для региона.

В настоящее время на территории Иркутской области пожары являются одним из наиболее часто реализуемых чрезвычайных

ситуаций, на долю которых приходится до 98% всех видов чрезвычайных ситуаций, являясь фактором риска для экономики, жизни и здоровья населения региона [4].

Изучение работ [5–7], позволило установить, что Иркутская область среди субъектов РФ Сибирского федерального округа имеет устойчивые и самые высокие социально-экономические показатели последствий пожаров. Так, на Иркутскую область (2013–2018 гг.) в среднем приходилось 17,2 % пожаров от общего их количества в округе, 20,1 % материального ущерба и 18,4 % гибели и травмирования людей.

Выполненные нами исследования социально-экономических последствий пожаров за 2013–2018 гг. показали, что на территории области в среднем возникало 3,1 тыс. пожаров, в дым и пепел превращались ценности, ежегодный материальный ущерб составлял более 346,1 млн. руб. (4 % бюджета области). В огне пожаров погибало более 208 и травмировалось до 213 человек. Несмотря на достигнутые в последнее десятилетие успехи по сокращению числа пожаров в 2,1 раза, гибели и травмирования людей в 2,3 раза, они продолжают наносить ущерб экономике – материальный ущерб в области вырос в 8 раз [3, 4]. В связи с этим вопрос защиты населения территорий субъектов РФ в настоящее время является актуальным, особенно в контексте Указа Президента РФ¹.

В 2008 году в РФ был принят федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»², который требует внедрение в отечественную практику научно-обоснованных методик количественной оценки пожарного риска, позволяющих установить соответствие реально суще-

¹ Основы государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года. Утверждены Указом Президента Российской Федерации от 01 января 2018 г. № 2.

² Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 г. №123-ФЗ.

ствующего риска законодательно установленному предельному значению.

На основании исследования ретроспективных статистических данных социально-экономических последствий пожаров в Иркутской области и существующих методологических подходов, целью настоящей работы является оценка общественной опасности пожаров в показателях значений основных интегральных пожарных рисков, которые позволят сделать вывод о соответствии уровня пожарной безопасности для населения региона.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являются чрезвычайные ситуации, связанные с пожарами на территории Иркутской области. Основные методы исследования – обобщение данных, опубликованных в работах [3, 5–7], а также материалов экономических и социальных последствий пожаров, представленных Главным управлением МЧС России по Иркутской области [4]. Социально-экономическая информация почерпнута из архива Иркутского областного комитета по статистике, а также ежегодников «Регионы

России», размещенных на электронных ресурсах Государственного и Иркутского областного комитетов по статистике.

Для оценки основных значений интегральных пожарных рисков использовалась методика, изложенная в работах [8–10], исходными данными для расчета являлись официальные статистические данные экономических и социальных последствий пожаров на территории Иркутской области.

Результаты исследования и их обсуждение. Всесторонний анализ исследования за 1980–2018 гг. позволил получить значения основных показателей последствий пожаров в регионе с учетом числа жителей (табл. 1).

Немалый интерес, на наш взгляд, представляет сравнительная среднестатистическая оценка последствий пожаров с учетом экономического и социального становления и развития региона. Нами выделено 4 этапа. Это: 1980–1990 гг., 1991–2000 гг., 2001–2010 гг. и 2011–2018 гг. Результаты исследования приведены в табл. 2.

Таблица 1. Количество жителей и основные показатели последствий пожаров в Иркутской области (1980–2018 гг.)

Год	Численность населения, тыс. чел.	Количество пожаров, ед.	Прямой ущерб, тыс. руб.	Погибло при пожаре, чел.	Травмировано при пожаре, чел.	Уничтожено строений, ед.
1980	2623,2	1011	3164,6	117	54	405
1981	2639,8	1003	4370,9	104	72	389
1982	2687,4	998	3373,2	103	68	350
1983	2712,3	1110	2925,1	140	74	320
1984	2741,7	2229	4596,3	186	96	487
1985	2757,2	3420	8523,5	178	89	702
1986	2765,3	4615	6271,7	139	78	810
1987	2784,0	4741	5251,6	116	72	823
1988	2802,5	1857	4795,4	99	73	567
1989	2830,6	2311	9281,3	143	98	512
1990	2794,8	6361	9998,2	157	107	895
1991	2797,0	5768	10683,1	157	162	846
1992	2793,8	6507	27228,4	235	185	937
1993	2784,0	7180	10548,7	286	227	1052
1994	2764,2	6248	4767,8	289	224	980
1995	2748,0	5952	18199,2	296	232	973
1996	2727,3	6381	35778,4	311	240	928
1997	2708,1	5921	41663,7	281	225	967
1998	2686,2	5408	33612,5	281	234	872
1999	2667,8	5953	36348,7	341	278	987
2000	2644,0	5781	33029,2	403	206	775
2001	2623,1	5941	46847,4	389	199	793
2002	2581,7	6318	89204,6	365	240	892
2003	2577,7	5920	83166,1	431	238	900
2004	2560,8	5683	78158,3	429	239	809
2005	2545,3	5380	252871,5	423	224	931
2006	2526,9	4987	128536,2	378	247	991

Год	Численность населения, тыс. чел.	Количество пожаров, ед.	Прямой ущерб, тыс. руб.	Погибло при пожаре, чел.	Травмировано при пожаре, чел.	Уничтожено строений, ед.
2007	2513,8	4828	236931,7	331	257	816
2008	2507,6	4246	239858,3	332	243	901
2009	2505,5	4068	310010,2	314	270	739
2010	2428,7	3898	498607,5	311	262	718
2011	2427,9	3730	902359,0	264	238	711
2012	2424,3	3570	268213,7	260	248	577
2013	2422,0	3352	439152,8	245	218	685
2014	2418,3	3344	256847,8	236	250	692
2015	2414,9	3171	442351,6	212	205	846
2016	2414,8	3078	180686,1	173	189	799
2017	2408,9	2971	556621,2	185	214	1242
2018	2404,1	2922	163405,7	202	202	1035

Таблица 2. Обобщенные, усредненные показатели последствия пожаров в Иркутской области с учетом этапов социально-экономического развития за 1980–2018 гг.

Временной этап исследования	Количество пожаров, ед.	Прямой ущерб, тыс. руб.	Погибло при пожаре, чел.	Травмировано при пожаре, чел.	Уничтожено строений, ед.
1980–1990 гг.	2696,0	5685,5	134,7	80,1	569,1
1991–2000 гг.	6109,9	25185,9	288,0	220,0	931,7
2001–2010 гг.	5126,9	475419,2	370,3	241,9	849,0
2011–2018 гг.	3268,6	898850,6	222,1	220,5	823,4

Анализируя данные табл. 2, можно отметить следующее, что за 2011–2018 гг. на лицо позитивный тренд снижения количества пожаров в 1,87 раза и в 1,56 по сравнению с периодами 1991–2000 гг., и 2001–2010 гг., однако по-прежнему остаются высокими показатели как по гибели и травмированию людей, количеству уничтоженных строений по сравнению с периодом 1980–1990 гг. Важно отметить, что наиболее сложным является сравнительная оценка ущерба от пожаров с учетом временных этапов, так как за это время в России произошла деноминация национальной валюты, а также значительно менялась балансовая стоимость уничтоженных, пострадавших от пожара объектов техносферы.

В течение последних 15 лет в РФ активно на основе аналитических исследований чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, дается оценка различным пожарным рискам, которые характеризуют возможность реализации пожарной опасности в виде пожара и содержат оценки его возможных последствий. Н. Н. Брушлинским и его учениками разработана и на сегодня с успехом применяется теория интегральных пожарных рисков, для таких сложных систем как муниципальные образования, регионы и страна в целом [8–10].

На основании социально-экономических последствий пожаров на терри-

тории Иркутской области за 1980–2018 гг. (табл. 1) и применяя базовую методологию в оценке интегральных пожарных рисков, нами были даны оценки следующим пожарным рискам: R_1 – риск для любого человека оказаться в зоне действия опасных факторов пожара в течение года (число пожаров, приходящихся на одного человека), пожар · чел.⁻¹ · год⁻¹; R_2 – риск для любого человека погибнуть на одном пожаре в течение года, жертва · пожар⁻¹ · год⁻¹; R_3 – риск для любого человека погибнуть на пожаре (количество погибших от числа проживающих), жертва · чел.⁻¹ · год⁻¹; $R_{ТР}$ – риск для любого человека травмироваться на пожаре (количество травмированных от числа проживающих), жертва · чел.⁻¹ · год⁻¹; $R_{В.П.}$ – риск возникновения пожара на объекте, пож. · объект⁻¹ · год⁻¹; $R_{У.С.}$ – риск уничтоженных строений (объектов) в результате пожара, объект · пожар⁻¹ · год⁻¹.

Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Принимая во внимание расчетные значения (табл. 3), нами дана оценка усредненных показателей интегральных пожарных рисков с учетом этапов экономического и социального развития региона, которые приведены в табл. 4.

Таблица 3. Значения интегральных пожарных рисков в Иркутской области (1980–2018 гг.)

Год	Основные пожарные риски						
	R_1 , пожар · чел. ⁻¹ · 10^{-4}	R_2 , жертва · пожар ⁻¹ · 10^{-2}	R_3 , жертва · чел. ⁻¹ · 10^{-6}	$R_{тр.}$, жертва · чел. ⁻¹ · 10^{-6}	$R_{в.п.}$, пож. · объект ⁻¹ · 10^{-3}	$R_{у.с.}$, стр. · пож ⁻¹ · 10^{-2}	R_y , тыс. руб. · пож ⁻¹
1980	3,8	11,6	44,6	20,6	1,2	40,0	3,1
1981	3,8	10,4	39,4	27,3	1,2	38,8	4,3
1982	3,7	10,3	38,3	25,3	1,2	35,1	3,4
1983	4,1	12,6	51,6	27,3	1,3	28,8	2,6
1984	8,1	8,3	67,8	35,0	2,6	21,8	2,1
1985	12,4	5,2	64,5	32,3	4,0	20,5	2,5
1986	16,7	3,0	50,3	28,3	5,1	17,5	1,3
1987	17,0	2,4	41,7	25,9	5,3	17,3	1,1
1988	6,6	5,3	35,3	26,0	2,1	30,5	2,6
1989	8,2	6,2	50,5	34,6	2,6	22,1	4,0
1990	22,8	2,5	56,2	38,3	7,0	14,1	1,6
1991	20,6	2,7	56,1	57,9	6,1	14,7	1,8
1992	23,3	3,6	84,1	66,2	6,8	14,4	4,2
1993	25,8	4,0	102,7	81,5	7,6	14,6	1,5
1994	22,6	4,6	104,5	81,0	6,6	15,7	0,8
1995	21,6	5,0	107,7	84,4	6,3	16,3	3,0
1996	23,4	4,9	114,0	88,0	6,3	14,5	5,6
1997	21,9	4,7	103,8	83,1	5,9	16,3	7,0
1998	20,1	5,2	104,6	87,1	5,4	16,1	6,2
1999	22,3	5,7	127,8	104,2	5,9	16,6	6,1
2000	21,9	7,0	152,4	77,9	5,7	13,4	5,7
2001	22,6	6,5	148,3	75,9	5,6	13,3	7,9
2002	24,5	5,8	141,4	93,0	5,9	14,1	14,1
2003	23,0	7,3	167,2	92,3	5,6	15,2	14,0
2004	22,2	7,5	167,5	93,3	5,4	14,2	13,7
2005	21,1	7,9	166,2	88,0	5,1	17,3	47,0
2006	19,7	7,6	149,6	97,7	4,5	19,9	25,8
2007	19,2	6,8	131,7	102,2	4,4	16,9	49,1
2008	16,9	7,8	132,4	96,9	3,8	21,2	56,5
2009	16,2	7,7	125,3	107,8	3,7	18,2	76,2
2010	16,0	8,0	128,0	107,9	3,5	18,4	127,9
2011	15,4	7,1	108,7	98,0	3,2	19,1	241,9
2012	14,7	7,3	107,2	102,3	3,0	16,2	75,1
2013	13,8	7,3	101,1	90,0	2,9	20,4	131,0
2014	13,8	7,0	97,6	103,4	2,8	20,7	76,8
2015	13,1	6,7	87,8	84,9	2,7	26,7	139,5
2016	12,7	5,6	71,6	78,3	2,5	25,9	58,7
2017	12,3	6,2	76,8	88,8	2,4	41,8	187,3
2018	12,2	6,8	84,0	84,0	2,3	35,3	55,7

Таблица 4. Усредненные показатели интегральных пожарных рисков с учетом этапов экономического и социального развития Иркутской области за 1980–2018 гг.

Интегральные пожарные риски						
R_1 , пож. · чел. ⁻¹ · 10^{-4}	R_2 , жертва · пож. ⁻¹ · 10^{-2}	R_3 , жертва · чел. ⁻¹ · 10^{-6}	R_{TP} , жертва · чел. ⁻¹ · 10^{-6}	$R_{в.п.}$, пож. · объект ⁻¹ · 10^{-3}	$R_{у.с.}$, стр. · пож. ⁻¹ · 10^{-2}	R_y , тыс. руб. · пож. ⁻¹
1980–1990 гг.						
9,7	7,1	49,1	29,2	3,1	29,7	2,6
1991–2000 гг.						
22,3	4,7	105,8	81,1	6,3	15,3	4,2
2001–2010 гг.						
20,1	7,3	145,8	95,5	4,8	16,9	43,2
2011–2018 гг.						
13,5	6,7	91,2	92,4	2,7	25,8	120,7
Среднее значение (1980–2018 гг.)						
16,4	6,5	97,9	74,5	4,2	21,9	42,7

Нами установлено, что на территории Иркутской области за 1980–2018 гг. в среднем на каждые 10 тыс. жителей приходилось до 16 пожаров, на каждых 100 пожарах погибало более 6 человек, на 1 млн. жителей региона приходилось 98 погибших и 74 травмированных. Пожар возникал на 4 объектах из 1000. Из каждых 100 объектов, на которых происходили пожары, 22 сгорало полностью или не подлежало восстановлению. Прямой материальный ущерб от одного пожара составлял 42,7 тыс. руб.

Выводы. Выполненный ретроспективный анализ и представленные расчетные значения интегральных пожарных рисков в пространственно-временном интервале, дают

представление о степени общественной опасности пожаров в Иркутской области. Полученные расчетные значения интегральных пожарных рисков с учетом комплексного значения позволили сделать вывод, что самым неблагоприятным (рисковым) с позиции социальных последствий являлся период с 2001 по 2010 гг., а экономических с 2011 по 2018 гг. Установлено, что фактический индивидуальный пожарный риск в долгосрочном анализе (39 лет) ни разу не снижался до нормативного. Полученные результаты исследования говорят о невысокой эффективности функционирования систем предотвращения пожара и противопожарной защиты в регионе.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2017 году». Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. 249 с.
2. Географическая энциклопедия Иркутской области. Общий очерк. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. 336 с.
3. Гармышев В. В., Дубровин Д. В. Современные проблемы пожарной безопасности на региональном уровне // XXI век. Техносферная безопасность. 2019. Т.4. № 1. С. 38–61.
4. Материалы в государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Иркутской области от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Статистические сборники. Иркутск: ГУ МЧС России по Иркутской области, 2001–2018 гг.

5. Лупанов С. А., Зуева Н. А. Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2014 г. // Пожарная безопасность. 2016. № 1. С. 174–193.

6. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Статистические сборники. М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011–2018 гг.

7. Матюшин Ю. А., Чечетина Т. А. Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2017 г. // Пожарная безопасность. 2018. № 1. С.126–144.

8. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Клепко Е. А. Управление пожарной безопасностью субъектов Российской Федерации на основе анализа пожарных рисков // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. М.: Академия МЧС России. 2010. № 3. С.104–114.

9. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Роль статистики пожаров в оценке пожарных рисков // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2012. № 1. С. 112–124.

10. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Индивидуальный пожарный риск: понятие, вычисление // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2013. № 5. С. 30–41.

References

1. *Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Irkutskoy oblasti v 2017 godu»* [State report «On the State and Environmental Protection of the Irkutsk Region in 2017»]. Irkutsk: ООО «Megaprint», 2018. 249 p.

2. *Geograficheskaya entsiklopediya Irkutskoy oblasti. Obshchiy ocherk* [The geographical encyclopedia of the Irkutsk region. General essay]. Irkutsk: Izd-vo Institut geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2017. 336 p.

3. Garmyshev V. V., Dubrovin D. V. *Sovremennyye problemy pozharnoy bezopasnosti na regional'nom urovne* [Modern problems of fire safety at the regional level]. *XXI vek. Tekhnosfer-naya bezopasnost'*, 2019, vol. 4, issue 1, pp. 38–61.

4. *Materialy v gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii zashchity naseleniya i territoriy Irkutskoy oblasti ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennogo kharaktera»*. *Statisticheskiye sborniki* [Materials in the state report «On the state of protection of the population and territories of the Irkutsk region from natural and man-made emergencies». Statistical collections]. Irkutsk: GU MCHS Rossii po Irkutskoy oblasti, 2001–2018.

5. Lupanov S. A., Zuyeva N. A. *Obstanovka s pozharami v Rossiyskoy Federatsii v 2014 g.* [The situation with fires in the Russian Federation in 2014]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2016, vol. 1, pp. 174–193.

6. *Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii zashchity naseleniya i territoriy Rossiyskoy Federatsii ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennogo kharaktera»*. *Statisticheskiye sborniki* [State report «On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from natural and man-made emergencies». Statistical collections]. M.: MCHS Rossii. FGBU VNII GOCHS (FTS), 2011–2018.

7. Matyushin Yu. A., Chechetina T. A. *Obstanovka s pozharami v Rossiyskoy Federatsii v 2017 g.* [The situation with fires in the Russian Federation in 2017]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2018, issue 1, pp. 126–144.

8. Brushlinskiy N. N., Sokolov S. V., Klepko Ye. A. *Upravleniye pozharnoy bezopasnost'yu sub'yektov Rossiyskoy Federatsii na osnove analiza pozharnykh riskov* [Fire safety management of the constituent entities of the Russian Federation based on fire risk analysis]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy*, 2010, issue 3, pp. 104–114.

9. Brushlinskiy N. N., Sokolov S. V. *Rol' statistiki pozharov v otsenke pozharnykh riskov* [The role of fire statistics in assessing fire risks]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy*, 2012, issue 1, pp. 112–124.

10. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Индивидуальный пожарный риск: понятие, вычисление [Individual fire risk: concept, calculation]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy*, 2013, issue 5, pp. 30–41.

Гармышев Владимир Викторович

ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет,

Российская Федерация, г. Иркутск

кандидат технических наук, докторант

E-mail: diamant1959@mail.ru

Garmyshev Vladimir Viktorovich

Irkutsk national research technical University,

Russian Federation, Irkutsk

candidate of technical sciences, PhD

E-mail: diamant1959@mail.ru

Тимофеева Светлана Семеновна

ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет,

Российская Федерация, г. Иркутск

доктор технических наук, профессор

E-mail: diamant1959@mail.ru

Timofeesa Svetlana Semenovna

Irkutsk national research technical University,

Russian Federation, Irkutsk

doctor of technical sciences, professor
E-mail: sstimofeeva@mail.ru

Ващалова Татьяна Владимировна
ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Российская Федерация, г. Москва
кандидат географических наук, доцент
старший научный сотрудник географического факультета
E-mail: VTV_53@mail.ru
Vashchalova Tatiana Vladimirovna
Lomonosov Moscow State University. Geographical faculty,
Russian Federation, Moscow
senior researcher at the faculty of geography
E-mail: VTV_53@mail.ru

Дубровин Дмитрий Владимирович
Главное управление МЧС России по Иркутской области,
Российская Федерация, г. Иркутск,
старший инженер
E-mail: dmitrijdubrovin@yandex.ru
Dubrovin Dmitry Vladimirovich
Head department of Emercom of Russia in Irkutsk region,
Russian Federation, Irkutsk
senior engineer
E-mail: dmitrijdubrovin@yandex.ru

УДК 614.839

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ХРАНЕНИЕМ И ПЕРЕРАБОТКОЙ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПЫЛЕВЫХ ВЗРЫВОВ

Д. А. ЕДИМИЧЕВ, А. Н. МИНКИН, С. Н. МАСАЕВ, Е. В. МУСИЯЧЕНКО
ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, институт нефти и газа
Российская Федерация, г. Красноярск
E-mail: edimichev@inbox.ru, minkin.1962@mail.ru, faberi@list.ru, elv_m@mail.ru

Работа посвящена вопросам эффективности использования техники электрической фильтрации и пылеудаления на пожаровзрывоопасных объектах, характеризующихся повышенным содержанием пыли и горючих волокон, на примере Красноярского комбикормового завода. Статья содержит общую информацию о процессах образования пыли на предприятиях по хранению и переработке зерна и основных способах, направленных на предотвращение образования условий пылевых взрывов. В статье представлены результаты опытного применения электрофильтра в системе вентиляции комбикормового завода, доказывающие возможность его безопасного применения и высокую степень очистки запылённого воздуха, что позволит значительно снизить риск возникновения первичных и вторичных пылевых взрывов. Также в статье приводится описание устройства предлагаемого электрофильтра, позволяющего обеспечить процесс пылеудаления в пожаровзрывоопасных помещениях, отличающихся повышенной концентрацией в воздухе органической, мелкодисперсной пыли.

Результаты работы могут быть использованы при проектировании электрофильтров, учитывая местные свойства улавливаемых пылей, их состав, дисперсность и производительность установленной вентиляционной системы. Полученные результаты также могут быть использованы при разработке методических рекомендаций, направленных на определение оптимальных режимов работы электрофильтров, инструкций по их безопасной эксплуатации.

Ключевые слова: Электрофильтр; пылеудаление; вентиляция; пыль; пылевые взрывы.

THE RESULTS OF THE EXPERIMENTAL USE OF ELECTRIC FILTERING DUST COLLECTORS, IN FIRE AND EXPLOSION OF ENTERPRISES ENGAGED IN THE STORAGE AND PROCESSING OF PLANT MATERIALS, TO PREVENT DUST EXPLOSIONS

D. A. EDIMICHEV, A. N. MINKIN, S. N. MASAIEV, E. V. MUSIYACHENKO
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Siberian Federal University»
Russian Federation, Krasnoyarsk
E-mail: edimichev@inbox.ru, minkin.1962@mail.ru, faberi@list.ru, elv_m@mail.ru.

The work is devoted to the issues of the efficiency of using electrical filtering and dust removal equipment at fire and explosion hazardous objects of high content of dust and combustible fibers, for example of the Krasnoyarsk feed mill. The article include general information about the processes of dust formation at the enterprises for storage and processing of grain and the main methods aimed at preventing the formation of conditions for dust explosions. The article presents the results of the pilot application of an electrostatic precipitator in the ventilation system of a feed mill, proving the possibility of its safe use and a high degree of dusty air purification, which will significantly reduce the risk of primary and secondary dust explosions. Also, the article provides a description of the device of the proposed electrostatic precipitator, which allows for the process of dust removal in fire-hazardous premises, characterized by an increased concentration of organic fine dust in the air.

The results of the work can be used in the design of electrostatic precipitators, taking into account the local properties of the captured dusts, their composition, dispersion, and performance of the installed ventilation system. Also, the results of experimental use can be used in the development of methodological recommendations aimed at determining the optimal operation modes of electrostatic precipitators, instructions for their safe operation.

Key words: Electrostatic precipitator; dust removal; ventilation; dust; dust explosions.

Цель работы: выявить оптимальные режимы работы электрофильтра при его работе в пожаровзрывоопасных зонах, характеризующихся повышенной концентрацией пыли.

В различных отраслях экономики России функционирует свыше 8 тыс. взрывоопасных и пожароопасных объектов. Несмотря на довольно пристальное внимание государственных надзорных органов, а также на хорошо организованную службу производственного контроля, на подобных объектах ежегодно фиксируются многочисленные случаи инцидентов и аварий. Зачастую аварии, сопровождаемые взрывами и пожарами, возникают на предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Однако в последнее время отмечается рост количества возникающих пожаров и загораний на объектах хранения и переработки растительного сырья, а именно на предприятиях, связанных с переработкой зерна, комбикормового сырья, на лесопромышленных комплексах. В последние годы отмечается тенденция к увеличению количества пожаров и загораний на подобных объектах [1].

Все предприятия по хранению и переработке зерна составляют одну из стратегических отраслей нашей страны, в которой отмечается значительное увеличение производимой продукции, а вместе с тем и рост нагрузки на производственные мощности. В соответствии с требованием Федерального закона N 116 от 21.07.1997 «О промышленной безопасности производственных объектов» производится, на которых хранится или перерабатывается растительное сырьё, в технологическом процессе образуются взрывоопасные пылевоздушные смеси, склонные к самовозгоранию и возгоранию от источника зажигания, а также осуществляется хранение зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья, способных к самонагреванию и самовозгоранию являющихся опасными производственными объектами, в связи с повышенной вероятностью возникновения пылевых взрывов, сопровождаемых значительными разрушениями зданий, сооружений и, конечно же, гибелью людей.

Даже самая современная технология хранения и переработки зерна неизбежно приводит к образованию на элеваторах, зернохранилищах, мукомольных и комбикормовых заводах большого количества мелкодисперсных пылей, которые при смешивании с воздухом образуют взрывоопасные пылевоздушные смеси. В свободных объёмах технологического, транспортного и аспирационного оборудо-

вания, в производственных сооружениях и помещениях постоянно возникают взрывоопасные концентрации пылевоздушных смесей, что обуславливается прежде всего такими особенностями производства как: открытое хранение сырья, негерметичность продукции и оборудования, наличие пневмотранспортеров, недостаточная эффективность системы пылеудаления и пылеулавливания [2,3].

Взрывобезопасность подобных объектов должна обеспечиваться прежде всего исключением возможности взрыва пылевоздушных смесей и предотвращением образования очагов самовозгорания зерна, продуктов его переработки, а в случае возникновения взрыва – предотвращением воздействия на персонал предприятия избыточного давления и других опасных факторов взрыва.

В соответствии с приказом Ростехнадзора N 560 (от 21 ноября 2013 г.) на предприятиях где возможно образование горючих пылей или волокон обязательно должна быть внедрена система предотвращения взрыва, которая предусматривает:

- исключение возможности возникновения источников зажигания в оборудовании и помещениях применением приборов контроля, блокировки и автоматики, исключающих работу и эксплуатацию с любыми неисправностями (обрыв цепи, ремня, транспортёра и т.д.);
- применение производственной и аварийной сигнализации;
- обеспечение заземления и зануления, с применением средств защиты от статического электричества;
- обеспечение безопасности огневых работ;
- внедрение систем газового анализа (стационарных пылемеров);
- исключение условий образования взрывоопасной среды в производственных помещениях применением герметичного оборудования, рабочей вентиляции и аспирации, технических средств пылеудаления и пылеулавливания.

Причём последнее выше названное направление обеспечения взрывобезопасности, как показали результаты технического расследования причин взрывов, является ключевым и наиболее трудно реализуемым [2].

В течение длительного времени техника пылеудаления значительно отставала от развития промышленности. Отмечалось несоответствие между оценкой важности проблемы и сложностью её решения. В дальнейшем социальная опасность загрязнения техногенной

среды получила должную оценку, что способствовало проведению многих исследований и позволило создать множество необходимой техники и способов обеспыливания воздуха [3, 4, 5].

По процессам пылеудаления на предприятиях по переработке и хранению зерна также уже проводились различные исследования, которые касались как повышения эффективности системы пылеудаления, так и разработки взрывозащиты отдельных элементов технологического цикла [6, 7, 8].

На рис. 1 представлена теоретическая модель, описывающая процесс пылеудаления и пылеулавливания в производственном помещении. Описание работы системы пылеудаления, а именно определение расхода воздуха Q ($\text{м}^3/\text{с}$), необходимого для удаления пыли, выделяемой в замкнутом помещении объемом V (м^3) в количестве A ($\text{г}/\text{ч}$), сводится к основному дифференциальному уравнению (1).

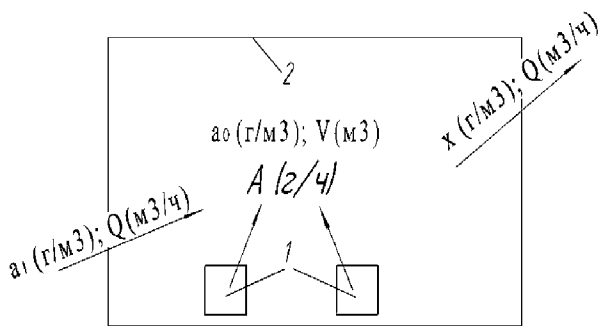


Рис. 1. Теоретическая модель пылеудаления, 1 – производственное оборудование, выделяющее пыль, 2 – замкнутый объем производственного помещения

Основное дифференциальное уравнение системы пылеудаления и пылеулавливания выводится следующим образом: если обозначить через V (м^3) объем помещения или оборудования, в котором выделяются пылевидные частицы в аэрозольном состоянии, и ввести следующие обозначения:

- a_0 – концентрация пыли ($\text{г}/\text{м}^3$) в помещении до начала работы оборудования при $t = 0$, где t – время работы оборудования, ч;
- a_1 – концентрация пыли в приточном воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$;
- x – концентрация пыли ($\text{г}/\text{м}^3$) в помещении через промежуток времени t (ч) после начала работы;
- dx – изменение концентрации пыли ($\text{г}/\text{м}^3$) за время dt ;
- Vx – концентрация пыли (г) в производственном помещении.

Уменьшение концентрации пыли в производственном помещении будет сформулировано следующим выражением:

$$Vdx = Adt + a_1 Qdt - xQdt, \quad (1)$$

где Vdx – изменение количества пыли в воздухе помещения за промежуток времени, dt , $\text{г}/\text{ч}$;

Adt – количество пыли, выделенной за время, dt , $\text{г}/\text{ч}$;

$a_1 Qdt$ – количество пыли, поступающей за время dt с приточным воздухом, $\text{г}/\text{м}^3$;

$xQdt$ – количество пыли, которое будет удалено вытяжной вентиляционной и аспирационной установками за время dt , $\text{г}/\text{м}^3$;

Q – производительность вентиляционной установки, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Концентрация пыли в приточном воздухе при работе пылеуловителя в таком случае определяется по формуле:

$$a_1 = a_x(1 - \eta), \quad (2)$$

где a_1 – концентрация пыли, поступающей с приточным воздухом в помещение (на выходе из пылеуловителя), $\text{г}/\text{м}^3$;

η – эффективность работы пылеулавливающего устройства;

a_x – концентрация пыли, поступающей с приточным воздухом в пылеуловитель, $\text{г}/\text{м}^3$.

Тогда концентрация пыли в производственном помещении будет определяться следующим выражением:

$$Vdx = Adt + a_x Qdt(1 - \eta) - xQdt. \quad (3)$$

Из выражения (3) видно, что важнейшим параметром, определяющим эффективность работы всей системы пылеудаления, является эффективность работы пылеуловителя, которая определяется по формуле:

$$\eta = \frac{a_x - a_1}{a_x} \cdot 100\%. \quad (4)$$

В настоящее время на предприятиях по хранению и переработке зерна в качестве пылеуловителей в основном широко используются центробежные пылеуловители-циклоны, принцип работы которых основан на использовании центробежных сил для выделения пыли из потока [2, 4]. Циклоны получили широкое распространение благодаря простоте конструкции, низкой стоимости и относительно высокой эффективности работы. Однако коэффициент очистки обычных циклонов в пределах 80-90 % соответствует лишь для крупнодисперсной (более 100 мкм) пыли, встречаемой как, правило на предприятиях лесоперерабатывающего и лесохимического комплексов. На предприятиях

по хранению и переработке зерна, комбикормового сырья преобладают, как правило, мелкодисперсные пыли, отличающиеся исключительной способностью образовывать взрывоопасные пылевоздушные смеси, даже при малых концентрациях [2,8]. Неспособность улавливать циклонами мелкодисперсную (менее 10 мкм) пыль обуславливается тем, что частицы средней и мелкой пыли не подчиняются закону Ньютона, осаждение пыли происходит по закону Стокса без ускорения с постоянной скоростью, вызывая вязкое сопротивление. При этом пыль, улавливаемая вместе с воздухом вытяжными зонтами из производственного помещения, пройдя через батарею циклонов, попадает обратно вместе с воздухом от приточной вентиляции, увеличивая концентрацию аэрозольной пыли до опасных значений, усугубляя и без того взрывоопасную обстановку. Особую опасность представляет режим рециркуляции воздуха, зачастую применяемый в холодный период года. Поэтому применение одних лишь циклонов в качестве пылеуловителей на пожаровзрывоопасных объектах, связанных с хранением и применением растительного сырья, не позволяет на многих производственных участках обеспечить снижение концентрации пыли до требуемых значений (менее 50 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени по пылевоздушным смесям – далее НКПРП).

На зерноперерабатывающих предприятиях в качестве пылеуловителей, кроме циклонов также находят применение и тканевые (рукавные) фильтры, работа которых основана на пропуске запылённого воздуха через пористую ткань, с нитями, имеющими ворс. Применение тканевых фильтров позволяет очищать запылённый воздух с эффективностью 85–95 %, однако опять это характерно лишь для крупнодисперсной пыли, так как при толщине самых тонких нитей в 500 мкм средняя и мелкодисперсная пыль достаточно легко проникает через пористую ткань. Кроме того, тканевые фильтры обладают повышенной пожаровзрывоопасностью из-за постоянного критичного скопления пыли в пористой ткани. И также тканевые фильтры необходимо постоянно регенерировать, что существенно усложняет непрерывный процесс обеспыливания [4,5].

Проводившиеся ранее исследования в области пылеудаления доказали перспективность применения технологии улавливания пыли, основанной на технике высоких напряжений, т.е. с использованием электрофильтров [7,8]. Электрофильтры – это уже широко известные технические устройства, применяемые в нашей стране для очистки промышленных газов на предприятиях металлургической, химической,

цементной промышленности, а также в тепловой энергетике. Возможность использования электрической фильтрации в системах вентиляции предприятий по хранению и переработке растительного сырья пока изучена слабо. К тому же сложность внедрения подобной технологии заключается в многообразии видов органических пылей, их различной дисперсностью, нестабильностью свойств.

Для снижения концентрации пыли на предприятиях, связанных с хранением и переработкой растительного сырья, была предложена и запатентована особая конструкция электрофильтров (рис. 2), позволяющая эффективно улавливать органическую мелкодисперсную пыль с учётом её особенностей и склонности к взрывам [9]. Разработанная конструкция электрофильтра может быть внедрена в уже существующую систему производственной вентиляции без демонтажа её отдельных элементов в т.ч. циклонов, что снизит риск возникновения пылевых взрывов без проведения значительной реконструкции технологического процесса.

Электрофильтр содержит коронирующие электроды 1, выполненные в виде наборов медных, дугообразных пластин, с размещёнными на них с двух противоположных сторон коронирующими иглами 2. Цилиндрические осадительные электроды 3 выполнены в форме металлической медной сетки. Осадительные электроды 3 расположены в корпусе радиально, поочередно. Коронирующие электроды 1 расположены в корпусе 4 послойно, с увеличением линейных размеров пластин по направлению к корпусу, чередующихся в направлении движения потока газа. Корпус 4 выполнен из пластиковой сетки, через которую выходит очищенный газ 5. Встряхиватель пыли 6 расположен в верхней части осадительных 3 и коронирующих 1 электродов и соединён с ними при помощи металлорукава 7. Пылесборочный бункер 8 расположен в нижней части электродов, а вводная шахта 9 расположена в верхней части электрофильтра, через которую и поступает запылённый газ 10.

Для обеспечения безопасной эксплуатации электрофильтра было предложено отказаться от работы его на постоянном токе, а использовать импульсный ток отрицательной полярности, причём частота импульсов подбиралась таким образом, чтобы исключить любое проявление дугового или искрового разряда в межэлектродном пространстве. Кроме того, безопасность электрофильтра дополнительно обеспечивается наличием в схеме питания коронирующих электродов ограничителя тока, позволяющего исключить работу электрофильтра в небезопасных режимах, т.е. за пределами коронного разряда [10].

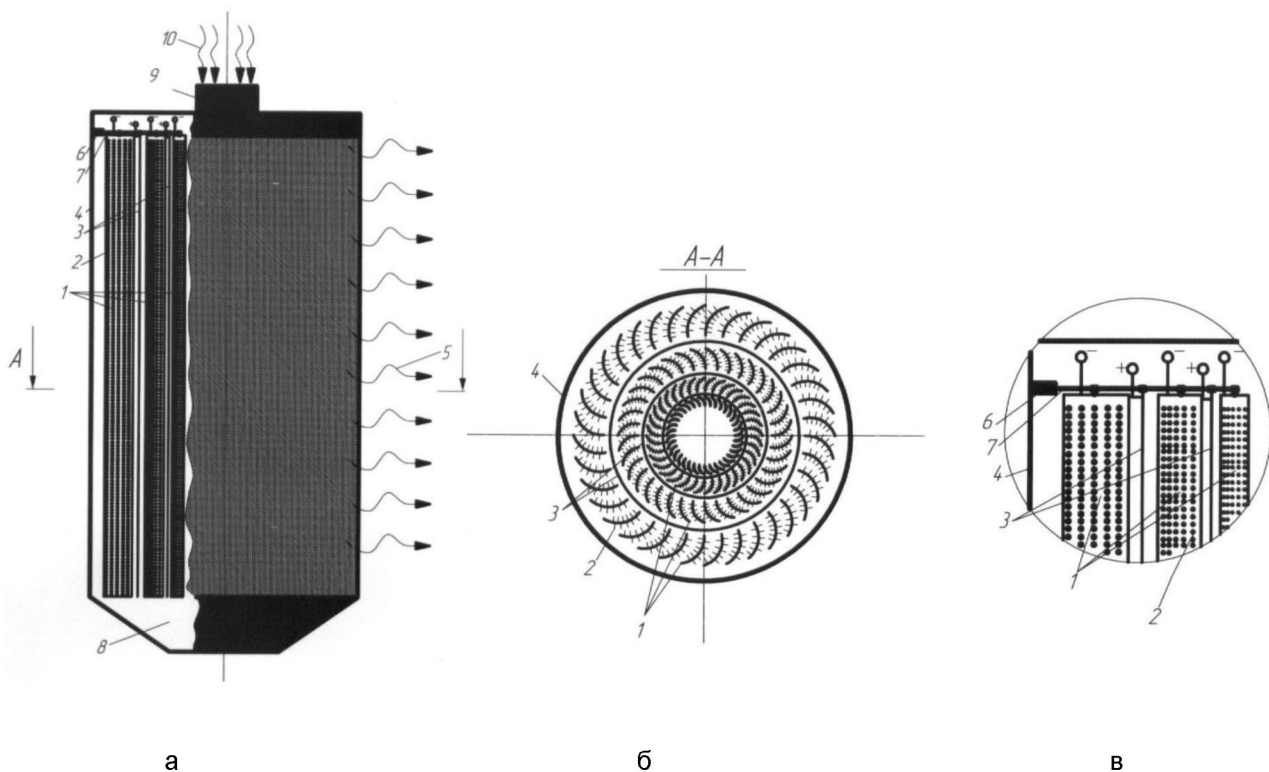


Рис. 2. Электрофильтр, а – общий вид электрофильтра, б – разрез А-А по рис. 2а, в – увеличенная область по рис. 2а

Как известно эффективность работы электрофильтра повышается с увеличением напряжения на коронирующих электродах. Однако повышение напряжения до критического значения приводит к образованию искрового, а затем и дугового разрядов, что недопустимо по соображениям пожаровзрывобезопасности. Безопасная работа электрофильтров, при которой исключается проявление искровых и дуговых разрядов обеспечивается ограничением тока в схемах питания.

Схема питания предлагаемого электрофильтра представлена на рис. 3.

Высокое напряжение с повысительного трансформатора (ТП) подается на коронирующие электроды электрофильтра (Э) через блок селеновых выпрямителей ВС, собранных по двухтактной схеме, при этом уровень напряжения на коронирующих электродах фильтра автоматически регулируется главным магнитным усилителем (ГМУ), включённого в цепь первичной обмотки повысительного трансформатора (ТП). Регулирование тока главного магнитного усилителя осуществляется с помощью сглаживающих дросселей (ДС), выпрямителя цепи управления (ВУ), согласующего трансформатора (ТС) и промежуточного магнитного пускателя (ПМУ), включенного в цепь блока

электронного регулятора (БЭР). Регулирование тока на коронирующих электродах электрофильтра осуществляется с помощью резистора РС, включённого в цепь промежуточного усилителя ПМУ.

Для регулирования тока был использован магнитный усилитель без обратной связи с совмещёнными обмотками. Напряжение распределяется между последовательно включенным магнитным усилителем и трансформатором в соответствии с величиной сопротивления нагрузки. В случае наступления искрового или дугового пробоя срабатывает автоматическая дифференциальная система, отключается подмагничивание магнитного усилителя, что вызывает значительное понижение напряжения на коронирующих электродах электрофильтра и, как следствие, гашение дуги или искры. После исчезновения дугового и искрового разрядов подмагничивание магнитного усилителя восстанавливается, однако ток на коронирующих электродах будет несколько ниже того значения, которое было перед пробоем, затем ток плавно повышается. В случае возникновения устойчивого дугового разряда в электрофильтре система защиты через 0,4 с. отключит агрегат и включит аварийную сигнализацию.

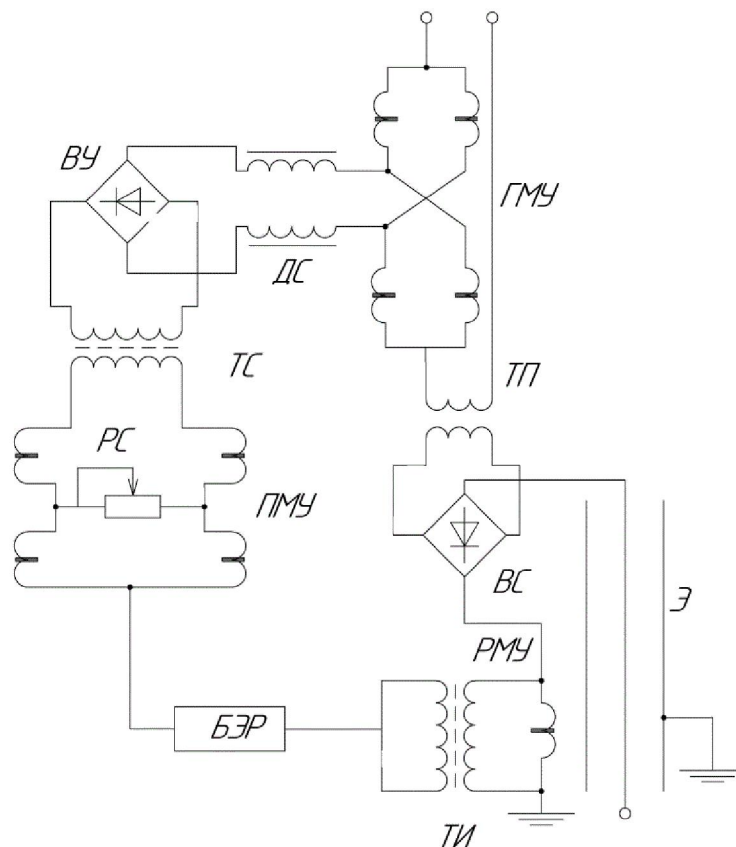


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема агрегата питания электрофильтра, ГМУ – главный магнитный усилитель, трансформатор повысительный, Э – электрофильтр, РМУ – релейный магнитный усилитель, ТИ – трансформатор импульсный, ПМУ – промежуточный магнитный усилитель, РС – резистор, ТС – трансформатор сигнальный, ВУ – выпрямитель цепи управления, ДС – дроссель

В данной статье представлены результаты исследования, полученные во время опытного применения разработанного электрофильтра на Красноярском комбикормовом заводе. Опытное внедрение проводилось в уже существующую систему производственной вентиляции завода, с работающими в ней циклонами.

Целью опытного применения являлось определение оптимальных параметров работы электрофильтра (напряжение на электродах, частота импульсов, скорость воздушного потока) при которых электрофильтр показывает наибольшую эффективность работы.

При проведении эксперимента регистрировались следующие параметры работы электрофильтра:

1. Концентрация пыли на входе воздушного потока в электрофильтр a_1 , мг/м³.
2. Концентрация пыли на выходе воздушного потока из электрофильтра a_x , мг/м³.

3. Концентрация взвешенной аэрозольной пыли в производственном помещении при работающем электрофильтре $a_{пр}$, мг/м³.

4. Амплитудное значение импульса напряжения отрицательной полярности U , кВ.

5. Частота импульсов напряжения на коронирующих электродах f , с⁻¹.

6. Скорость воздушного потока, проходящего через электрофильтр, в его активном сечении v_r , м/с.

7. Ток коронного разряда I , мА.

8. Эффективность работы электрофильтра, определяемая по формуле (4).

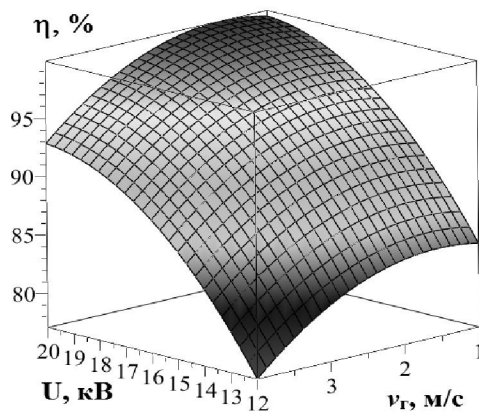
В ходе проведённого эксперимента и обработки экспериментальных данных была получена математическая модель, описывающая работу электрофильтра в условиях улавливания комбикормовой пыли мелкой дисперсии:

$$\eta = -7,5 + 9,01U + 0,35f + 2,8v_r - 0,0035Uf + 0,027Uv_r + 0,012fv_r - 0,22U^2 - 0,002f^2 - 1,3v_r^2 \quad (5)$$

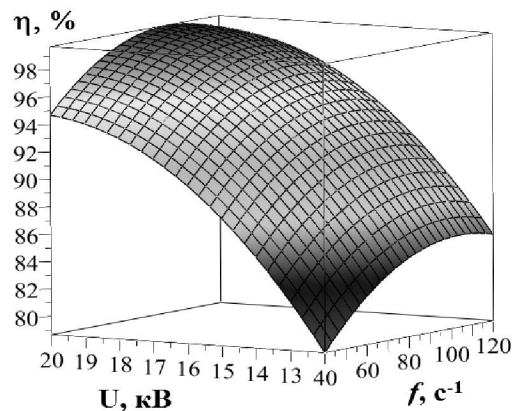
По полученной математической модели (5) были построены поверхности функции отклика (рис. 4, рис. 5).

Дифференцированием полученных функций отклика по каждой переменной была составлена система 3-х дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d\eta}{df} = 0,349 - 0,0036U - 0,00323f + 0,0119v_r = 0; \\ \frac{d\eta}{dV} = 2,82 + 0,027U + 0,012f - 2,56v_r = 0; \\ \frac{d\eta}{dU} = 9,01 - 0,44U - 0,0036f + 0,027v_r = 0; \end{cases} \quad (6)$$



а



б

Рис. 4. Эффективность работы электрофильтра,
а – при фиксированном значении частоты импульсов $f = 80 \text{ с}^{-1}$;
б – при фиксированном значении скорости воздушного потока в системе вентиляции $v_r = 2,5 \text{ м/с}$

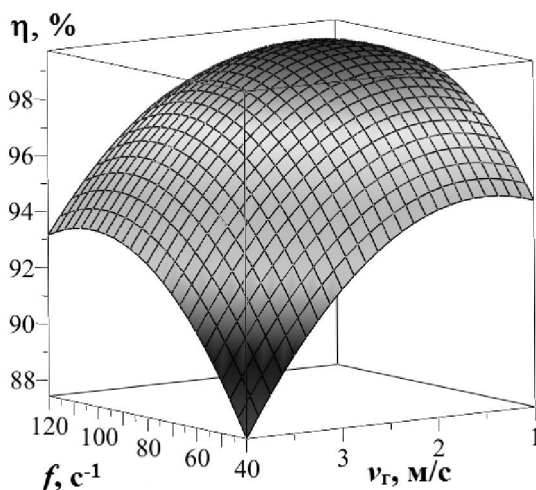


Рис. 5. Эффективность работы
Электрофильтра при фиксированном
значении напряжения на электродах $U = 20 \text{ кВ}$

При решении системы дифференциальных уравнений (6) были определены следующие оптимальные параметры работы предлагаемого электрофильтра для улавливания комбикормовой пыли:

- Напряжение на коронирующих электродах: $U = 19,8 \text{ кВ}$;
- Частота импульсов напряжения: $f = 89 \text{ с}^{-1}$;
- Скорость воздушного потока в системе вентиляции при прохождении через электрофильтр: $v_r = 1,8 \text{ м/с}$.

Как показали результаты опытного внедрения, эксплуатация электрофильтра в существующей системе производственной вентиляции Красноярского комбикормового завода, позволяет при оптимальных параметрах его работы достичь эффективности очистки запылённого воздуха значения 98,5%. При этом, за всё время опытной эксплуатации электрофильтра уровень запылённости воздуха в цехе колебался в пределах $1,4\text{-}2,1 \text{ мг/м}^3$, что не превышает значение НКПРП (для комбикормовой пыли – 40 мг/м^3). Во время исследования показания миллиамперметра (не более 0,6 мА) свидетельствовали об отсутствии дуговых и искровых пробоев в межэлектродном пространстве электрофильтра.

Результаты опытного применения доказывают, что внедрение техники электрической фильтрации на предприятиях по хранению и переработке растительного сырья позволит улучшить существующую технологию пылеудаления и впоследствии снизить риск возникновения пылевых взрывов.

Список литературы:

1. Матюшин А. В. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2016. 124 с.
2. Полетаев Н. Л. Взрывоопасность пылей: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.26.03. М., 1998. 245 с.
3. Веселов С. А. Вентиляционные и аспирационные установки предприятий хлебопродуктов. М.: КолосС, 2004. 240 с.
4. Швыдкий В. С. Очистка газов. М.: Теплоэнергетик, 2002. 640 с.
5. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. 210 с.
6. Алшихина Л. А. Улучшение условий труда операторов агропромышленного комплекса при приготовлении комбикормов путем очистки воздуха рабочей зоны от мелкодисперсной пыли: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01. Орел, 2007. 155 с.
7. Кирпичников И. В. Разработка и исследование электростатического фильтра для очистки воздуха от пыли в сельскохозяйственных малообъемных помещениях: дис. ... канд. техн. наук. 05.20.02. Челябинск: ЧГАУ, 2000. 137 с.
8. Едимичев Д. А. Улучшение условий труда операторов зерноперерабатывающего оборудования совершенствованием технологии пылеудаления: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Красноярск, 2012. 175 с.
9. Пат. 2383393 Российская Федерация, МПК В03С 3/06. Электрофильтр/ Едимичев Д.А. № 2008144413/12; заявл. 10.11.2008; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 7. 5 с.
10. Лавринович В.А. Техника высоких напряжений. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. 134 с.

References

1. Matyushin A. V. *Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2015 godu. Statisticheskij sbornik* [Fire and fire safety in 2015]. Moscow: VNIIPPO, 2016. 124 p.

2. Poletaev N. L. *Vzryvoopasnost' pylej*. Dis. ... d-ra. tekhn. nauk [Dust explosion hazard. Dr. tech. sci. diss.]. Moscow, 1998. 245 p.
3. Veselov S. A. *Ventilyacionnye i aspiracionnye ustanovki predpriyatij hleboproduktov* [Ventilation and aspiration installations of the enterprises of bread products]. Moscow: KolosS, 2004. 240 p.
4. Shvydkij V. S. *Ochistka gazov* [Gas cleaning]. Moscow: Teploehnergetik, 2002. 640 p.
5. Vetoshkin A. G. *Processy i apparaty pyleochistki* [Dust cleaning processes and devices]. Penza: Izd-vo Penz.gos.un-ta, 2005. 210 p.
6. Alshihina L. A. *Uluchshenie uslovij truda operatorov agropromyshlennogo kompleksa pri prigotovlenii kombikormov putem ochistki vozduha rabochej zony ot melkodispersnoj pyli*. Dis. ... kand. tekhn. nauk [Improvement of working conditions of operators of agro-industrial complex in the preparation of feed by cleaning the air of the working area from fine dust. Cand. tech. sci. diss.]. Orel, 2007. 155 p.
7. Kirpichnikov I. V. *Razrabotka i issledovanie ehlektrostaticheskogo fil'tra dlya ochistki vozduha ot pyli v sel'skohozyajstvennyh maloob'emnyh pomeshcheniyah*. Dis. ...kand. tekhn. nauk [Development and research of electrostatic filter for air purification from dust in agricultural low-volume premises. Cand. tech. sci. diss.]. Chelyabinsk: CHGAU, 2000. 137 p.
8. Edimichev D. A. *Uluchshenie uslovij truda operatorov zernopererabatyvayushchego oborudovaniya sovershenstvovaniem tekhnologii pyleudaleniya*. Dis. ...kand. tekhn. nauk [The improvement of working conditions of operators of grain processing equipment to improve the technology of dust extraction. Cand. tech. sci. diss.]. Krasnoyarsk, 2012. 175 p.
9. Edimichev D. A. *EHlektrofil'tr* [Electrofilter], Patent 2383393 Rossijskaya Federaciya, MPK В03С 3/06. № 2008144413/12; zayavl. 10.11.2008; opubl. 10.03.2010, Byul. № 7. 5 p.
10. Lavrinovich V. A. *Tekhnika vysokih napryazhenij* [High-voltage]. Tomsk: Izd-vo TPU, 2008. 134 p.

Едимичев Дмитрий Александрович

ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Институт Нефти и Газа

Российская Федерация, г. Красноярск

доцент, кандидат технических наук

E-mail: edimichev@inbox.ru

Edimichev Dmitry Aleksandrovich

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Siberian Federal University»

Russian Federation, Krasnoyarsk

Ph.D, assistant professor

E-mail: edimichev@inbox.ru

Минкин Андрей Николаевич

ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Институт Нефти и Газа
Российская Федерация, г. Красноярск
заведующий кафедрой, кандидат технических наук, доцент

E-mail: minkin.1962@mail.ru

Minkin Andrei Nikolaevich

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Siberian Federal University»
Russian Federation, Krasnoyarsk

Ph.D, assistant professor

E-mail: minkin.1962@mail.ru

Масаев Сергей Николаевич

ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Институт Нефти и Газа
Российская Федерация, г. Красноярск
доцент, кандидат технических наук

E-mail: faberi@list.ru

Masaev Sergey Nikolaevich

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Siberian Federal University»
Russian Federation, Krasnoyarsk

assistant professor, Ph.D

E-mail: faberi@list.ru

Мусяченко Елена Владимировна

ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Институт Нефти и Газа
Российская Федерация, г. Красноярск
доцент

E-mail: elv_m@mail.ru

Musiyachenko Elena Vladimirovna

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Siberian Federal University»
Russian Federation, Krasnoyarsk

assistant professor, Ph.D

E-mail: elv_m@mail.ru

УДК 34.096

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОВЕРОК РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ

А. А. ЛАЗАРЕВ, А. К. КОКУРИН, В. Ю. ЕМЕЛИН, Л. А. БРОСАЛОВА
ФГБУО ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: gosnadzor37@gmail.com

В статье приведены результаты анализа направлений совершенствования проверок локальных систем оповещения. К указанным направлениям авторы относят: внедрение риск-ориентированного подхода в надзорную деятельность; проведение самоаудита данных систем; аутсорсинг услуг по проверке данных систем; обучение населения действиям по соответствующему сигналу; общественный контроль. Все вышеперечисленные направления тесно взаимосвязаны, так как риск-ориентированный подход предполагает замену надзорных мероприятий профилактическими мерами. В этих условиях возрастает значение проведения профилактических мероприятий, направленных на предотвращение неработоспособности технических средств оповещения, с одной стороны, и фактов нарушения норм действующего законодательства Российской Федерации, с другой. Кроме того, внедрение риск-ориентированной модели проводится в соответствии с паспортом приоритетной программы «Реформа контрольной и надзорной деятельности». В связи с этим общественный контроль, аудит и самоаудит дополняют проверки надзорных органов. Различия этих двух форм работы заключаются в степени зависимости контролируемых лиц от администрации объекта. При этом необходимым является обучение населения, попадающего в зоны поражающих факторов чрезвычайной ситуации, действиям при получении соответствующего сигнала. Отсутствие необходимых знаний и навыков резко снижают результативность оповещения.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход, контрольно-надзорная деятельность, общественный контроль, локальная система оповещения, экспертные оценки, профилактическая работа.

DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF OPERATIONS OF LOCAL WARNING SYSTEMS

A. A. LAZAREV, V. Yu. YEMELIN, A. K. KOKURIN, L. A. BROSALOVA
Federal State Educational Institution of Higher Education «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: gosnadzor37@gmail.com

The article presents the results of the analysis of areas for improving the checks of local warning systems. The authors refer to these areas: introduction of a risk-based approach in supervisory activities; conducting self-audit of these systems; outsourcing of services to verify these systems; training of the population in actions on the corresponding signal; public control. All of the above areas are closely mutually integrated, since the risk-based approach involves the replacement of supervisory measures with preventive measures. In these conditions, the importance of carrying out preventive measures aimed at preventing the inoperability of technical warning equipment, on the one hand, and facts of violation of the norms of the current legislation of the Russian Federation, on the other, is growing. In addition, the introduction of a risk-based model is carried out in accordance with the passport of the priority program «Reform of control and supervisory activities». In this regard, public control, audit and self-audit complement the checks of supervisory authorities. The differences between these two forms of work are the degree of dependence of controlling persons on the administration of the facility. At the same time, it is necessary to train the population falling into the zones of the damaging factors of the emergency, how to receive the appropriate signal. Lack of the necessary knowledge and skills dramatically reduces the effectiveness of alerts.

Key words: risk-the focused approach, control and supervising activity, public control, the local warning system, expert estimates, scheduled maintenance.

Вопрос создания, поддержания в готовности, сопряжения локальных систем оповещения (далее – ЛСО) является весьма актуальным как при осуществлении надзора в области гражданской обороны (далее – ГО), так и в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (далее – ЗНТ от ЧС) [1, 2].

Проблематичность проверок ЛСО обусловлена сложностью квалификации правонарушений, связанных с эксплуатацией ЛСО [3, 4]. Однако важно не просто констатировать и так признаваемый факт, а определить при помощи философско-правовой методологии направления совершенствования надзорной деятельности в данной области, а также связь с конкретной методологией научного познания, которая является организационной основой юридического знания, в том числе и требований к ЛСО.

Осуществляя рефлексию правосознания требований к ЛСО, мы рассматриваем не только их содержание, но и потенции, что в свою очередь позволяет получить взгляд на эту проблему с внутренней стороны «оболочки» [5]. Данный процесс не только раздвигает границу познаваемого изнутри, но и обогащает наше понимание правовых аспектов совершенствования надзора за ЛСО.

Методологическое значение заключается в том, что позволяет реализовать познавательный интерес и достичь цели, а также способно организовывать процесс исследования надзорной деятельности в отношении ЛСО и внесению корректировки каждый раз, когда это будет необходимо. Принципы, методы, средства познания, система сложившихся знаний о ЛСО, понимание формы постижения предмета исследования, идеи (суждения) о предмете, программные предположения, концептуальные модели, парадигмы, концепты – всё это имеет методологическое значение для рационализации надзорной деятельности в рассматриваемой области. Следовательно, выделим три сегмента элементов методологии, как специфической области теоретического исследования надзора за ЛСО: сегмент логики познания, концептуальных идей и концептов теории создания, поддержания в готовности, сопряжения ЛСО [6, 7]; сегмент принципов; сегмент методов познания. В первый сегмент входят элементы, связанные с определением пределов познания. Входящие во второй сегмент элементы описывают процесс познания надзорной деятельности в отношении ЛСО. Элементы третьего сегмента раскрывают содержательную часть предмета исследования [5].

Это, в свою очередь, подчеркивает многообразие описания подходов с учетом философско-правовой методологии для определения направления совершенствования надзорной деятельности в данной области.

Как известно, ЛСО создаются для оповещения не только объектов аварийно-спасательных формирований, персонала и руководящего состава гражданской обороны и объектового звена Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) самого объекта, где произошла чрезвычайная ситуация, но и руководителей и дежурно-диспетчерских служб организаций, находящихся вблизи, а также населения, попадающего в зоны поражающих факторов чрезвычайной ситуации. Проблемам создания ЛСО посвящены исследования Гаврилова А.В., Меньшенина В.Б. [3], Филимонова А.А., Филимонова М.А. [4], Войцеховского В.Ф., Чуракова Р.А. [9], Моисеева М.А. [10], и других. Правовые аспекты создания ЛСО рассматривались Лаптевым Д.В., [1], Бабусенко М.С. [8], Филипповым А.Г. [11], и другими. Вопросы усовершенствования ЛСО изучались Романцовым И.И., Зянкиной А.С. [12], Выболдиным Ю.К. [13], Тарасовым А.С. [14], Сивковой А.В. [15], Хабибуллиным Р.З., Степущенко О.А., Николаевым Ю.М. [16], Моховым В.Н., Хворенковым В.В. [17] и другими. Сопряжению ЛСО посвящены исследования Галиной Д.Б., Комарова В.Д., Костылева В.А., Саксаганского И.А. и других [7]. Вместе с тем практически отсутствуют исследования проблем совершенствования проверки ЛСО.

На рисунке представлены структурно-логическая схема направлений совершенствования проверки ЛСО.

Указанная деятельность осуществляется при реализации следующих принципов:

- презумпции добросовестности;
- презумпции невиновности;
- верховенства закона;
- разумной достаточности.

На указанном рисунке представлены направления совершенствования проверок ЛСО:

- внедрение риск-ориентированного подхода в надзорную деятельность;
- проведение самоаудита ЛСО;
- аутсорсинг услуг по проверке ЛСО;
- обучение населения действиям по сигналу ЛСО;
- общественный контроль.

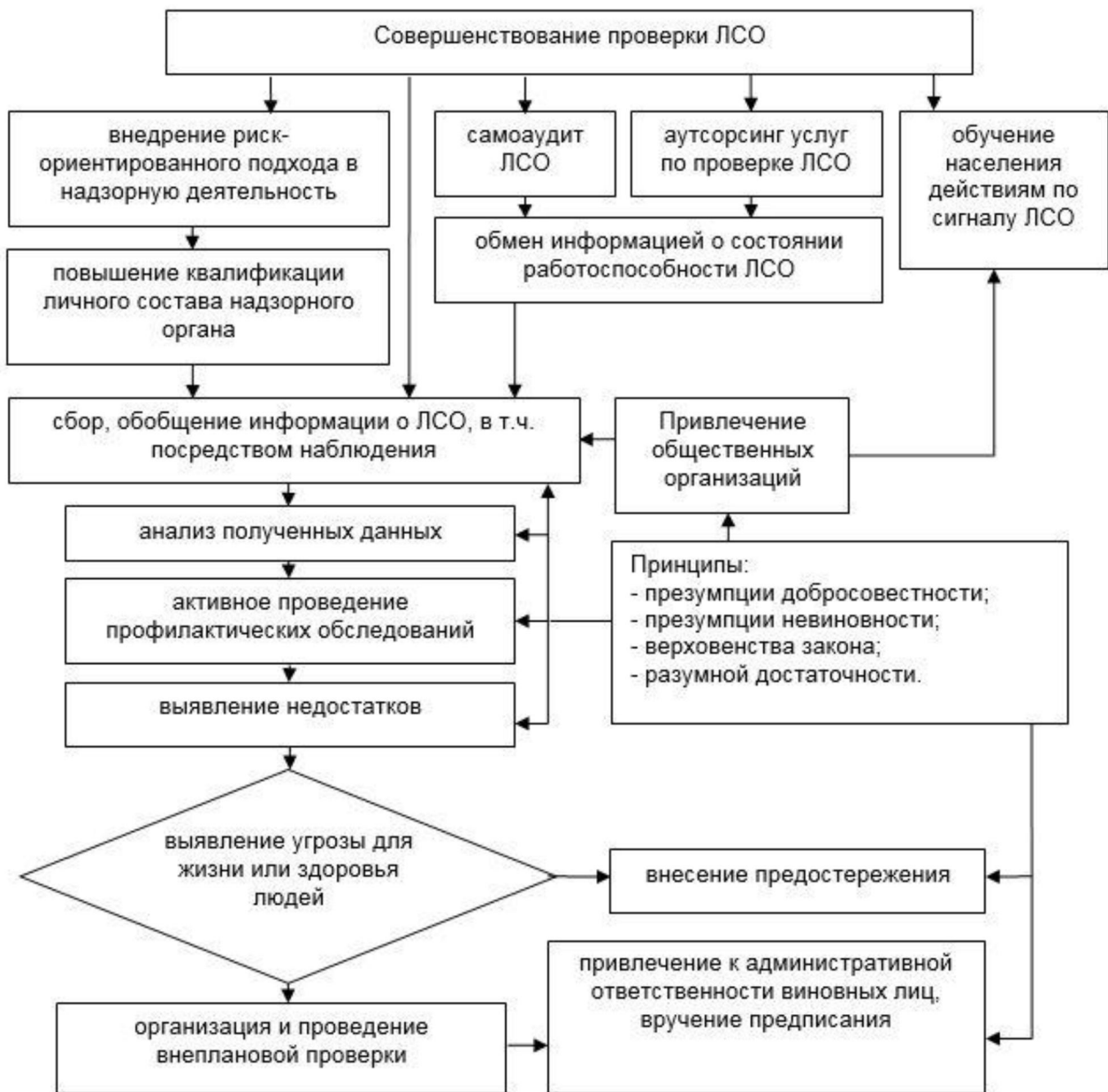


Рисунок. Направления совершенствования проверки ЛСО

Все вышеперечисленные направления тесно взаимосвязаны. Риск-ориентированный подход предполагает организацию и осуществление государственного контроля в зависимости от деятельности юридических лиц (индивидуальных предпринимателей) с периодичностью 1 раз в 2, 3 или 5 лет. В этих условиях возрастает значение проведения профилактических мероприятий, направленных на предотвращение неработоспособности технических средств оповещения, с одной стороны, и фактов нарушения норм действующего законодательства Российской Федерации, с другой. В связи с этим общественный

контроль, аудит и самоаудит дополняют проверки надзорных органов. Различия этих двух последних форм работы заключается в степени зависимости контролируемых лиц от администрации объекта. При этом важным, на наш взгляд, направлением является обучение населения, попадающего в зоны поражающих факторов чрезвычайной ситуации, действиям по сигналу ЛСО. Отсутствие соответствующих знаний и навыков резко снижают результативность применения ЛСО.

Значительным отличием профилактической работы, проводимой представителями надзорного органа, от иных видов такой рабо-

ты заключается в вероятном принятии мер административного воздействия в случае выявления недостатков. При обнаружении угрозы для жизни или здоровья людей может быть инициирована внеплановая выездная проверка опасного объекта, в том числе с целью проверки наличия на нем и работоспособности ЛСО, по итогам которой могут быть выданы предписания и назначены административные наказания. При выявлении менее значимых недостатков надзорный орган может ограничиться предостережением (как видно, здесь речь идет о нарушениях, связанных с эксплуатацией ЛСО: если будет доказано инспектором, что есть угроза для жизни и здоровья людей, то будет организована внеплановая проверка. Если это не будет доказано, то будет внесено предостережение, а это – профилактическая мера).

Невозможно переоценить значение общественного контроля ЛСО. Общественный контроль может выступить инициатором проверки опасного объекта, в части проверки наличия и работоспособности ЛСО, а также проводить пропаганду среди населения по действиям при получении сигнала оповещения об опасности или в случае угрозы ЧС. К этой работе могут быть привлечены территориальные общественные самоуправления¹, различные некоммерческие объединения предпринимателей и другие.

Посредством анкетирования 30 сотрудников надзорных органов МЧС России по 15 субъектам Российской Федерации была проведена экспертная оценка периодизации и продолжительности различных элементов проверки ЛСО. Результаты проделанной работы представлены в таблице.

Таблица. Результаты экспертной оценки периодизации и продолжительности различных элементов проверки ЛСО

Вопрос	Баллы	Вариант ответа	Ответы экспертов
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на проверку ЛСО объекта I класса опасности?	0	один рабочий день	0
	1	до 5 рабочих дней	11
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	1
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	0
	4	свыше 15	0
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на проверку ЛСО объекта II класса опасности?	0	один рабочий день	1
	1	до 5 рабочих дней	11
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	0
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	0
	4	свыше 15	0
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на проверку ЛСО особо радиационно опасного объекта?	0	один рабочий день	0
	1	до 5 рабочих дней	11
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	1
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	0
	4	свыше 15	0
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на проверку ЛСО объекта ядерно опасного производства?	0	один рабочий день	1
	1	до 5 рабочих дней	11
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	0
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	0
	4	свыше 15	0
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на проверку ЛСО гидротехнических сооружений чрезвычайно высокой опасности?	0	один рабочий день	0
	1	до 5 рабочих дней	11
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	1
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	0
	4	свыше 15	0
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на проверку ЛСО гидротехнических сооружений высокой опасности?	0	один рабочий день	1
	1	до 5 рабочих дней	11
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	0
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	0

¹ Федеральный закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 02.08.2019) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации». Ст. 27.

Вопрос	Баллы	Вариант ответа	Ответы экспертов
	4	свыше 15	0
Как Вы считаете: проверки ЛСО как часто необходимо проводить?	0	1 раз в год	12
	1	1 раз в месяц	0
	2	2 раза в месяц	0
	3	еженедельно	0
	4	ежедневно	0
Как Вы считаете: мероприятия по подготовке личного состава к проверкам ЛСО в целях повышения их качества (результативности) как часто необходимо проводить?	0	1 раз в год	11
	1	1 раз в месяц	1
	2	2 раза в месяц	0
	3	еженедельно	0
	4	ежедневно	0
Как Вы считаете: есть ли необходимость при проверке определять работоспособность каждого средства оповещения ЛСО?	0	никогда	0
	1	скорее иногда	0
	2	иногда	0
	3	скорее всегда	0
	4	всегда	12
Как Вы считаете: есть ли необходимость при проверке делать замер сопротивления изоляции электросети ЛСО?	0	никогда	11
	1	скорее иногда	1
	2	иногда	0
	3	скорее всегда	0
	4	всегда	0

Из приведенной таблицы виден довольно значительный уровень согласованности точек зрения экспертов, привлекаемых для оценки периодизации и продолжительности различных элементов проверки ЛСО. Большинство экспертов приходят к выводу, что продолжительность проверок ЛСО в основном требует временных затрат до 5 рабочих дней. При этом периодичность таких проверок, по мнению экспертов, должна быть 1 раз в год. Отметим, что в настоящее время объекты надзора высокого риска проверяются 1 раз в 2 года как в области ГО, так и в области ЗНТ от ЧС. При этом эксперты согласились с необходимостью определять работоспособность каждого средства оповещения ЛСО при проверке. А необходимость при проверке делать замер сопротивления изоляции электросети ЛСО – наоборот отвергли.

В рамках исследования также было уточнено понятие проведения профилактических обследований ЛСО. К данной деятельности следует отнести мероприятия, направленные на предупреждение неисправности ЛСО, проводимые совместно с органами местного самоуправления, надзорными органами, ответственными за готовность ЛСО должностными лицами, а также с иными лицами (представителями общественных организаций; например, Российского союза спасателей), заинтересованного в обеспечении работоспособности ЛСО.

Для организации работы и проведения профилактических мероприятий, приказом руководителя должны назначаться ответственные исполнители.

В своей деятельности лица, ответственные за работоспособность ЛСО, должны:

- осуществлять мероприятия эксплуатационно-технического обслуживания системы оповещения (техническое обслуживание, текущий ремонт) путем ежегодного детального обследования зданий и прилегающей территории, ведь ЛСО располагается именно на зданиях или территориях;
- планировать и проводить учет эксплуатации и ремонта системы оповещения;
- вести регистрацию, учет случаев отказов ЛСО и предлагать руководству опасного объекта мероприятия по улучшению условий содержания и эксплуатации ЛСО;
- давать заключения по проектам строительства, реконструкции и капитального ремонта ЛСО в части соответствия их предъявляемым требованиям комплексной безопасности;
- осуществлять надзор в ходе реконструкции и капитального ремонта ЛСО за соблюдением всех установленных требований безопасности;
- участвовать в работе приемной комиссии при сдаче ЛСО в эксплуатацию;
- организовывать систематическое обучение персонала опасного объекта по задействию ЛСО и способам поведения при

получении сигнала оповещения, а также лиц, ответственных за обслуживание этих систем;

- организовывать и вести подготовку специалистов по эксплуатационно-техническому обслуживанию и текущему ремонту ЛСО;

- составлять проекты приказов и распоряжений руководства объекта по вопросам работоспособности ЛСО.

По результатам проведения профилактических обследований лицо, ответственное за работоспособность ЛСО, должно иметь право давать рекомендации (поручения):

- научному и административно-техническому персоналу объекта о проведении необходимых мероприятий по обеспечению безопасности;

- о приостановлении работы на отдельных участках предприятия в случаях, когда ее продолжение создает опасность для жизни и здоровья работающих лиц и населения с немедленным сообщением об этом руководству объекта.

- не допускать эксплуатацию неисправного оборудования, инструмента, приспособлений;

Список литературы

1. Лаптев Д. В. Правовые аспекты создания локальных информационных систем оповещения потенциально опасных объектов // Наука и образование в XXI веке. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 17 частях. 2014. С. 91–92.

2. Бросалова Л. А., Кокурин А. К. Проблемы нормативного регулирования создания локальных систем оповещения на опасных объектах // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. 2017. С. 13–17.

3. Гаврилов А. В., Меньшенин В. Б. Построение локальных систем оповещения гидротехнических сооружений на основе современных устройств управления // Вестник Самарского отраслевого научно-исследовательского института радио. 2006. № 2. С. 27–29.

4. Филимонов А. А., Филимонов М. А. Применение информационных технологий при создании локальных систем оповещения // Производственные, инновационные и информационные проблемы развития региона 2014. С. 259–260.

- ходатайствовать перед руководством объекта о привлечении к ответственности лиц, нарушающих правила, нормы и инструкции по эксплуатации ЛСО.

Следует отметить, что персонал, осуществляющий техническое обслуживание ЛСО, в иерархии всего персонала опасного объекта находится не на первом, руководящем месте. В целях избегания искажения информации о работоспособности ЛСО соответствующее должностное лицо должно докладывать непосредственно руководителю предприятия о возникающих проблемах. В свою очередь, проверка работоспособности ЛСО может проводиться как в формате самоаудита, так и при аутсорсинге. По мнению большинства экспертов, эти проверки, как и подготовка в целях повышения их качества (результативности) должны проходить ежегодно. Эти и ряд иных обстоятельств проверки ЛСО должны стимулировать исследования практико-методологических факторов в формировании нормативной основы эксплуатации ЛСО.

5. Философия социальных и гуманитарных наук: учебное пособие для вузов / Лебедев С. А. [и др.]. М.: Академический проект, 2006. 912 с.

6. Бросалова Л. А., Кокурин А. К., Емелин В. Ю., Кокурина Г. Н. Проблемы обеспечения сопряжения систем оповещения // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. № 1 (9). С. 48–50.

7. Сопряжения систем оповещения / Галиной Д. Б. [и др.]. // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Т. 3. № 4. С. 102–106.

8. Бабусенко М. С. Порядок создания локальных систем оповещения на потенциально опасных объектах // Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации. Материалы Всероссийского совещания с руководителями федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по проблемам гражданской обороны и защиты населения и XII Научно-практической конференции «Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации». МЧС России, 2016. С. 99–104.

9. Войцеховский В. Ф., Чураков Р. А., Снегур А. В. Реализация некоторых структур локальной системы оповещения // Моделирование сложных процессов и систем. Приоритетные направления развития инфокоммуникационных технологий, систем связи и опове-

щения РСЧС и ГО: объединенный сборник трудов секций №12 и №14 XXVIII Международной научно-практической конференции. Академия гражданской защиты МЧС России, 2018. С. 80–83.

10. Моисеев М. А. Современные локальные системы оповещения // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 11. С. 66–70.

11. Филиппов А. Г. Локальные системы оповещения потенциально опасных объектов. актуальные проблемы // Актуальные проблемы пожарной безопасности. Материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России в 3 частях. 2015. С. 299–302.

12. Романцов И. И., Зянкина А. С. Действие локальных систем оповещения и их усовершенствование на объектах энергетики // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность. Материалы трудов XXI Всероссийской научно-технической конференции. В 2 томах. 2015. С. 238–239.

13. Выболдин Ю. К. Беспроводная локальная система оповещения // Инновации на транспорте и в машиностроении. Сборник трудов IV международной научно-практической конференции. 2016. С. 38–41.

14. Тарасов А. С. Исследование алгоритмов повышения эффективности систем дальнего локального оповещения // Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика. Материалы XLI Международной научно-практической конференции. 2017. С. 32–36.

15. Сивкова А. В. Дистанционное автоматизированное управление средствами локальной системы оповещения // Социальные и экономические аспекты использования инновационных технологий в условиях инновационного развития регионов России. Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 226–228.

16. Хабибуллин Р. З., Степущенко О. А., Николаев Ю. М. Локальные системы оповещения производственно опасных объектов экономики – один из сегментов создания аппаратно-программного комплекса «безопасный город» // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы. Материалы IV международной научно-практической конференции. 2016. С. 539–543.

17. Мохов В. Н., Хворенков В. В. Разработка технологических схем функционирования и взаимодействия локальной системы оповещения «Воткинской ГЭС» по интеграции ее в региональную автоматизированную систему

централизованного оповещения Удмуртской республики // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке. Сборник трудов II Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием. Ижевск, 2013. С. 548–551.

References

1. Laptev D. V. Pravovyye aspektyi sozdaniya lokalnykh informatsionnykh sistem opoveshcheniya potentsialno opasnykh obyektov [Legal aspects of creating local information systems for warning potentially dangerous objects]. *Nauka i obrazovanie v XXI veke sbornik nauchnykh trudov po materialam Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 17 chastyah*. M.: 2014, pp. 91–92.

2. Brosalova L. A., Kokurin A. K. Problemy normativnogo regulirovaniya sozdaniya lokal'nykh sistem opoveshcheniya na opasnykh ob'ektah [Problems of regulatory regulation of the creation of local warning systems at hazardous facilities]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoj bezopasnosti ob'ektov. Materialy IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu grazhdanskoj oborony*. Ivanovo: 2017, pp. 13–17.

3. Gavrilo A. V., Men'shenin V. B. Postroenie lokal'nykh sistem opoveshcheniya gidrotekhnicheskikh sooruzhenij na osnove sovremennykh ustrojstv upravleniya [Construction of local warning systems for hydraulic structures based on modern control devices]. *Vestnik Samarskogo otraslevogo nauchno-issledovatel'skogo instituta radio*. Samara: 2006, issue 2, pp. 27–29.

4. Filimonov A. A., Filimonov M. A. Primenenie informacionnykh tekhnologij pri sozdanii lokal'nykh sistem opoveshcheniya [The use of information technology in the creation of local warning systems]. *Proizvodstvennye, innovacionnye i informacionnye problemy razvitiya regiona*. Tomsk: 2014, pp. 259–260.

5. *Filosofiya social'nykh i gumanitarnykh nauk* [Philosophy of social sciences and humanities] / Lebedev S. A. [et al.]. M.: Akademicheskij proekt, M.:2006, p. 912.

6. Problemy obespecheniya sopryazheniya sistem opoveshcheniya [Problems of interfacing warning systems] / Brosalova L. A. [et al.]. *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnykh situacij*, 2018, vol. 1 (9), pp. 48–50.

7. Sopryazhenie sistem opoveshcheniya [Interfacing warning systems] / Galinei D. B. [et

al.]. *Voprosy radioelektroniki*, 2010, vol. 3, issue 4, pp. 102–106.

8. Babusenko M. S. Poryadok sozdaniya lokal'nyh sistem opoveshcheniya na potencial'no opasnyh ob'ektah. Sovershenstvovanie grazhdanskoj oborony v Rossijskoj Federacii [The procedure for creating local warning systems at potentially dangerous facilities]. *Materialy Vserossijskogo soveshchaniya s rukovoditelyami federal'nyh organov ispolnitel'noj vlasti i organov ispolnitel'noj vlasti sub'ektov Rossijskoj Federacii po problemam grazhdanskoj oborony i zashchity naseleniya i XII Nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovershenstvovanie grazhdanskoj oborony v Rossijskoj Federacii»*. Moscow, 2016, pp. 99–104.

9. Vojcekhovskij V. F., Churakov R. A., Snegur A. V. Realizatsiya nekotoryh struktur lokal'noj sistemy opoveshcheniya [The implementation of some structures of the local warning system]. *Modelirovanie slozhnyh processov i sistem. prioritetye napravleniya razvitiya infokommunikatsionnyh tekhnologij, sistem svyazi i opoveshcheniya RSCHS i GO: ob"edinennyj sbornik trudov sekcij №12 i №14 HKHVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Moscow, 2018, pp. 80–83.

10. Moiseev M. A. Sovremennye lokal'nye sistemy opoveshcheniya [Modern local warning systems]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 2015, issue 11, pp. 66–70.

11. Filippov A. G. Lokal'nye sistemy opoveshcheniya potencial'no opasnyh ob'ektov. aktual'nye problemy [Local warning systems of potentially dangerous objects. actual problems]. *Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti. Materialy XXVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 25-letiyu MCHS Rossii v 3 chastyah*. SPb., 2015, pp. 299–302.

12. Romancov I. I., Zyankina A. S. Dejstvie lokal'nyh sistem opoveshcheniya i ih usovershenstvovanie na ob'ektah energetiki [The effect of local warning systems and their improvement at energy facilities]. *Energetika: effektivnost', nadezhnost', bezopasnost'. Materialy trudov XXI Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. V 2 tomah*. Tomsk, 2015, pp. 238–239.

13. Vyboldin Yu. K. Besprovodnaya lokal'naya sistema opoveshcheniya [Wireless local

alert system]. *Innovatsii na transporte i v mashinostroenii. Sbornik trudov IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. SPb., 2016, pp. 38–41.

14. Tarasov A. S. Issledovanie algoritmov povysheniya effektivnosti sistem dal'nego lokal'nogo opoveshcheniya [The study of algorithms to improve the effectiveness of long-range local warning systems]. *Innovatsionnye tekhnologii na transporte: obrazovanie, nauka, praktika. Materialy XLI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Almaty, 2017, pp. 32–36.

15. Sivkova A. V. Distantsionnoe avtomatizirovannoe upravlenie sredstvami lokal'noj sistemy opoveshcheniya [Remote automated control of the local warning system]. *Sotsial'nye i ekonomicheskie aspekty ispol'zovaniya informatsionnyh tekhnologij v usloviyah innovatsionnogo razvitiya regionov Rossii. Sbornik nauchnyh statej po materialam Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Stavropol', 2017, pp. 226–228.

16. Habibullin R. Z., Stepushchenko O. A., Nikolaev Yu. M. Lokal'nye sistemy opoveshcheniya proizvodstvenno opasnyh ob'ektov ekonomiki - odin iz segmentov sozdaniya apparatno-programmnogo kompleksa «bezopasnyj gorod» [Local warning systems for industrial hazardous facilities of the economy are one of the segments for creating the hardware and software complex "Safe City"]. *Sovremennye problemy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: intellektual'nye transportnye sistemy. Materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Kazan', 2016, pp. 539–543.

17. Mohov V. N., Hvorenkov V. V. Razrabotka tekhnologicheskikh skhem funkcionirovaniya i vzaimodejstviya lokal'noj sistemy opoveshcheniya «Votkinskoj GES» po integratsii ee v regional'nuyu avtomatizirovannuyu sistemu centralizovannogo opoveshcheniya Udmurtskoj respubliky [Development of technological schemes for the functioning and interaction of the local warning system «Votkinskaya HPP» to integrate it into the regional automated centralized warning system of the Udmurt Republic]. *Molodye uchenye – uskorennyu nauchno-tekhnicheskogo progressa v XXI veke. Sbornik trudov II Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii aspirantov, magistrantov i molodyh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem*. Izhevsk: 2013, pp. 548–551.

Лазарев Александр Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, доцент кафедры
E-mail: kgn@edufire37.ru

Lazarev Aleksandr Aleksandrovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
candidate of pedagogic sciences, assistant professor of chair
E-mail: kgn@edufire37.ru

Емелин Владимир Юрьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
старший преподаватель
E-mail: emelin78@mail.ru

Emelin Vladimir Yurevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
senior lecturer
E-mail: emelin78@mail.ru

Кокурин Алексей Константинович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
ученый секретарь Ученого совета
кандидат исторических наук
E-mail: kokurin@mail.ru

Kokurin Alexey Konstantinovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
Scientific Secretary of the Academic Council
E-mail: kokurin@mail.ru

Бросалова Лидия Алексеевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
магистрант
E-mail: kgn@edufire37.ru

Brosalova Lidiya Alekseevna

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
undergraduate
E-mail: kgn@edufire37.ru

УДК 614.84

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ДОБАВКИ К ОГNETУШАЩИМ СРЕДСТВАМ, ПОВЫШАЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕНЫ

Н. Ш. ЛЕБЕДЕВА, Н. А. ТАРАТАНОВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: nat.lebede2011@yandex.ru, taratanov_n@mail.ru

В статье обобщены результаты исследований и изобретений в области разработки новых составов для пожаротушения, основной тренд исследований направлен на создание составов с высокой огнетушащей способностью и соответствующих ежегодно возрастающим экологическим требованиям. Рассмотрены основные достижения и перспективные разработки в области порошкового, пенного и газового пожаротушения. При получении (синтезе) комбинированного огнетушащего состава, механизм прекращения горения которого должен включает комбинацию нескольких огнетушащих эффектов, например охлаждение, разбавление и изоляция, создаваемых за счет компонентов, содержащихся в огнетушащем составе. Также в работе из многообразия наночастиц, основываясь на их свойства, подобраны наиболее подходящие в качестве добавок к поверхностно-активным веществам и приведен пример добавки на основе наноразмерного диоксида кремния с разной поверхностью к рабочим составам пенообразователей. Из проведенных исследований следует, что разработанная добавка на основе наночастиц диоксида кремния с модифицированной поверхностью имеет наибольший практический интерес, т.к. рабочий раствор пенообразователя с добавлением наноразмерного диоксида кремния на поверхности раствора наблюдалась более стабильная пена и данная добавка позволяет сократить время тушения до 50%.

Ключевые слова: наночастицы, диоксид кремния, время тушения, огнетушащие составы, пенообразователь.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ADDITIVES TO FIRE EXTINGUISHING AGENTS THAT INCREASE THE STABILITY OF THE FOAM

N. SH. LEBEDEVA, N. A. TARATANOV

Federal State Educational Institution of Higher Education «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: taratanov_n@mail.ru

The article summarizes the results of research and inventions in the development of new compositions for fire fighting, the main trend of research is aimed at creating compositions with high extinguishing capacity and corresponding to the annually increasing environmental requirements. The main achievements and promising developments in the field of powder, foam and gas fire extinguishing are considered. In obtaining (synthesis) of the combined fire-extinguishing agents, the mechanism of termination of combustion which involves the combination of several extinguishing effects, such as cooling, dilution and isolation created due to the components contained in the fire extinguishing composition. Also in the work from the variety of nanoparticles, based on their properties, the most suitable as additives to surfactants are selected and an example of an additive based on nanoscale silicon dioxide with different surfaces to the working compositions of foaming agents is given. From the conducted researches it follows that the developed additive on the basis of nanoparticles of silicon dioxide with the modified surface has the greatest practical interest since the working solution of foaming agent with addition of nanoscale silicon dioxide on a solution surface more stable foam was observed and this additive allows to reduce time of suppression to 50%.

Keywords: nanoparticles, silicon dioxide, extinguishing time, fire extinguishing compositions, foaming agent.

Пожары – это нерешенная острая проблема мировой цивилизации, они наносят колоссальный экономический, экологический ущерб. В последние годы количество пожаров постепенно увеличивается. Пожары могут приводить и к человеческим жертвам, в подавляющем большинстве случаев причиной гибели людей является удушье и отравление, вызываемое продуктами сгорания, а также токсичностью использованных огнетушащих веществ. Очевидно, что средства пожаротушения должны быть эффективны, обеспечивать высокую скорость тушения, и при этом безопасными для человека и окружающей среды. Для защиты окружающей среды мировым сообществом принимаются различного рода решения. Так, в марте 1985 года была принята Венская конвенция об охране озонового слоя. На сегодняшний день сторонами Венской конвенции и Монреальского протокола являются 197 стран, то есть практически все страны мирового сообщества. Протокол был разработан с целью защиты озонового слоя земли за счет введения запретов на производство некоторых химических веществ, которые разрушают озоновый слой, в их число попали очень эффективные в плане пожаротушения насыщенные фторуглероды или полифторуглеводороды (хладоны, галоны).

Первоначальный список запрещенных к производству средств пожаротушения включал три эффективных средства пожаротушения: Галон 2402 ((хладон 114B2, 1,1,2,2-тетрафтордибромэтан, R114B2)), Галон 1211 ((хладон 12B1, дифторхлорбромметан, R 12B1)) и Галон 1301((хладон 13B1, трифторбромметан, R13B1), значения относительного потенциала разрушения озона которых составляют 6, 3 и 10 соответственно. Введенные запреты привели к росту числа научно-исследовательских поисковых работ, направленных на поиск галогенпроизводных углеводородов со схожей огнетушащей способностью и низким значением потенциала разрушения озона.

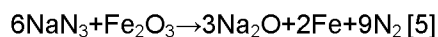
Перспективными оказались бромпроизводные галогенуглеводородов [1, 2], разработанные составы позволяют снизить разрешающее воздействие на озоновый слой атмосферы при одновременном сохранении [1] или усилении огнетушащей [1] эффективности. Следует отметить, что по некоторым данным бромированные углеводороды вызывают мутагенез [3], еще большие осложнения вызывают иодированные углеводороды. Однако ухудшающаяся экологическая обстановка на тот период обусловила введение в 1992 году полного запрета на производство бромсодержащих галонов с 1 января 1996 года. С определенной

периодичностью в Монреальский протокол вносятся поправки и корректировки, пополняются списки опасных и запрещенных веществ, разрушающих озоновый слой. В результате введенных ограничительных мер общество встало перед проблемой поиска новых экологически безопасных, низкотоксичных огнетушащих средств. Такие системы пожаротушения, как газовая система, порошковая система, система пожаротушения водного типа и т.д. являются безопасными для окружающей среды, они широко используются в качестве заменителей средства пожаротушения на основе хладона. Рассмотрим основные научные направления и готовые практические решения в области разработки огнетушащих составов.

Газовое пожаротушение – это вид пожаротушения, при котором для тушения возгораний и пожаров применяются газовые огнетушащие вещества. В первую очередь следует отметить углекислый газ, несмотря на парниковый эффект им оказываемый, углекислый газ широко используется для тушения, но его эффективность сравнительно невысока. Более эффективным средством пожаротушения являются системы с рабочим веществом – инертный газ или азот. Авторам патента [4] удалось разработать состав комбинированного средства газового пожаротушения с озоноразрушающим потенциалом равным нулю. Он предназначен для объемного пожаротушения пожаров класса А1 В, С включает газовый флегматизатор и йодсодержащий углеводород в качестве ингибитора и содержит в качестве флегматизатора смесь диоксида углерода с азотом или воздухом в соотношении от 95:5 до 70:30 и/или тетрафторметан, а в качестве ингибитора содержит смесь 5-50% раствора галогенуглеводорода в органическом растворителе и/или 2-20% раствор неорганической соли цезия в растворителе. Состав содержит галогенуглеводород-триодметан, в качестве растворителя для триодметана используется трихлорметан или перфторпентан, в качестве неорганической соли цезия используется галогенид, сульфат, фосфат или карбонат цезия, а в качестве растворителя – алкилкарбинол. Сведений о влиянии состава на человека не приводится, однако анализ состава позволяет утверждать, что его никак нельзя считать низкотоксичным.

Известны азотогенерирующие (азотобразующие) составы на основе азидов щелочных и щелочноземельных металлов, органических азидов, высокоазотистых циклических соединений, безазидных металлопроизводных тетразолов, битетразолов и триазолов. При повышенных температурах перечисленные выше соединения разлагаются с выделением

азота. Однако, кроме азота при их сгорании образуются с неприемлемо высокими уровнями токсичные газы - оксид углерода, окислы азота, аммиак. Кроме того, большинство азидов металлов взрывоопасно. Исключение составляет азид натрия, который не способен к взрывчатому превращению, поэтому он используется в основном для составов, генерирующих азот. Однако, при его использовании возникает другая проблема – при его термоокислении образуется металлический натрий - чрезвычайно химически активное вещество. Существует множество подходов к решению данной проблемы, например, внесение в состав оксидов железа, в этом случае протекает реакция:



или внесение оксида тяжелого металла, модификатора горения в виде оксида алюминия, модифицированного нитратом кобальта (II), с промотирующими добавками оксида никеля и оксида меди [6].

Использовать для тушения азот, получаемый при термоокислении азидов аммония, предложено авторами патента [7]. Порошок азидов аммония спрессован в таблетки до плотности 1,31–1,32 г/см³ и покрыт защитной пленкой полимерного лака. При горении азидов аммония, поглощается кислород, выделяется вода и азот. Недостатком данного химического средства тушения являются жесткие требования по плотности прессования, т.к. при небольшой плотности прессования азидов аммония способен детонировать.

Аналогичный подход описан в работе [8], он основан на использовании пламегасящей композиции, в которой содержится органическая кислота, поглощающая тепло, разлагающаяся при высокой температуре и высвобождающая пламегасящее вещество. Авторы полагают, что пламегасящее вещество будет выполнять, по сути, роль ловушки радикалов OH·, H·, поддерживающих горение. Состав композиции сложный, он включает кроме органической кислоты, огнезащитные составы в разных пропорциях из веществ: диаммонийфосфат, дигидрофосфат аммония, дициандиамида, меламин, тетрабромбисфенол А, тетрахлорбисфенол А, декабромдифенильный простой эфир, 9,10-дигидро-9-окса-10-фосфафенатрен-10-оксид, трис(дибромфенил)фосфат, мономеламинфосфат, гуанидинфосфат, гуанидинкарбонат, полифосфат аммония, а также вспомогательный пламегасящий материал на основе производных ферроцена и добавки: стеарат, графит и полимер, жидкое стекло, фенольная смола, шеллак и крахмал.

Состав очень сложный и дорогостоящий. Другой возможный его недостаток, при малом количестве кислорода горение органической кислоты будет неполное, и могут образовываться токсичные соединения.

Порошковое пожаротушение предусматривает ликвидацию очагов возгорания за счет распыления мелкодисперсных веществ или их смесей. Порошковое пожаротушение имеет ряд достоинств, среди которых высокая огнетушащая способность, обусловленная механизмом тушения, который включает в себя ингибирование цепных реакций горения, разбавление горючей среды, огнепреграждение и ряд других эффектов, универсальность применения - тушение всех классов пожаров, возможность эксплуатации в широком диапазоне температур - от +50 до -50°C и др [9].

Наиболее широко применяются огнетушащие порошки, представляющие собой механические смеси мелкоизмельченных минеральных солей [10] с различными добавками, препятствующими слеживанию и влагопоглощению. В качестве основы для огнетушащих порошков используют фосфорно-аммонийные соли (моно-, диаммонийфосфаты, аммофос), карбонат и бикарбонат натрия и калия, хлориды натрия и калия и др. [11-14]; в качестве добавок для улучшения эксплуатационных характеристик используются кремнийорганические соединения, аэросил, белая сажа, стеараты металлов, нефелин, тальк и др. [15].

Наряду с достоинствами, огнетушащие порошки обладают и рядом недостатков, наиболее характерными из которых является склонность к слеживанию и влагопоглощению, недостаточная текучесть, приводящие к сокращению срока эксплуатации и ограниченности использования средств пожаротушения.

Проблему слеживаемости и текучести пытаются решить различными способами. Например, в патенте [16], описан порошковый состав для тушения пожаров, обладающий низкой слеживаемостью, высокой текучестью. В его состав входят графит, высокодисперсный модифицированный диоксид кремния, карбонат кальция, фенилон, хлорид калия. Фенилон-линейный ароматический полиамид снижает слеживаемость и повышает текучесть, однако, при его термоокислении образуются окись углерода, цианистый водород и бензонитрил.

Другой подход использован авторами, разработанный порошок представляет собой многофазный дисперсноармированный композиционный материал сложного состава: $[\text{M(II)}_x\text{Al(III)}_y\text{M(IV)}_z\text{OH}]_{(2x+3y+4z)} \cdot a[\text{M(I)}\text{A}_{n1}] \cdot b[\text{M(I)}\text{A}_{n2}]$, где M(I) - катионы Li⁺, Na⁺, K⁺, Rb⁺, Cs⁺, NH⁺₄ или их смесь, M(II) - Mg²⁺, Ca²⁺, Zn²⁺ или

их смесь, $M(IV)$ - Si^{4+} , Ti^{4+} , Zr^{4+} , или их смесь, A_{n1} - F^- , Cl^- , Br^- , J^- ; A_{n2} - NO_3^- , ClO_4^{2-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} [17]. Порошок сложно получается с использованием методов растворной химии, с последующим удалением растворителя (воды). Себестоимость высокая, и состав экологически не безопасен. Однако, его слеживаемость близка к нулю, и он обладает высокой текучестью, благодаря сферической форме частиц.

Текстурные параметры и форма частиц порошка существенно влияет на его склонность к течению. Хорошей текучестью обладают порошки полых алюмосиликатных микросфер [11] Микросферы характеризуются сферической формой, наличием внутренней полости (т.е. имеют меньший вес, по сравнению с не полыми частицами), высокой прочностью, регулярной пористостью стеклокристаллической оболочки, термостабильностью и кислотостойкостью [18].

В последнее время стали появляться разработки составов с использованием нанопорошков [19] обладающих значительным ингибирующим воздействием на пламя, вероятно причиной их эффективности является высокая удельная поверхность, форма и размер, обеспечивающие текучесть порошка.

Исследования новых огнетушащих порошков продолжаются, что стало возможным благодаря развитию нано-химии, методов золь-гель синтеза, металлокаркасных структур, появлению и доступности для исследователей приборов позволяющих определять форму, пористость, удельную поверхность и другие характеристики порошков.

Система пенного пожаротушения – самая распространенная система, широко применяющаяся для тушения пожаров, она основана на подаче на поверхность очага горения жидких горючих различных воздушно-механических пен, которые образуются в пеногенераторах при введении в водные растворы пенообразователя воздуха [20]. Пенообразующая способность пенообразователей, составленных на основе одних только поверхностно-активных веществ в большинстве случаев недостаточна, эти простейшие составы обладают низкой огнетушащей эффективностью, требуют больших расходов воды и пенообразователей. Для повышения кратности и стабильности пены, а также для улучшения других эксплуатационных характеристик в состав пенообразователей вводят различные добавки. Поэтому разработка составов для тушения нацелена на создание новых пенообразователей с заданными свойствами, модификацию или подготовку имеющихся составов, введение добавок для улучшения огнетушащей способности, пенооб-

разующей способности, устойчивости к действию высоких и низких температур, экологичности и др.

В семидесятых годах прошлого века активно разрабатывались способы получения и подачи на поверхность очага возгорания различных пен, наполненных огнетушащими газами: выхлопным, углекислым газом, азотом и др. Подход не нашел широкого распространения, т.к. эффективность тушения на 90% зависела от природы используемого газа.

В настоящее время акцент при разработке пенообразователей сместился. Например, состав, разработанный ФГБУ ВНИИПО МЧС [21], включает в себя подготовку раствора пенообразователя, заключающуюся в следующем: при сжигании твердотопливных аэрозольобразующих огнетушащих составов (СБК-2-нитрат калия, дивинилстирольный каучук, фенолформальдегидная смола и технологические добавки; или ПТ-4-нитрат калия, пироксилиновый порошок и технологические добавки) получают аэрозоль, состоящий, главным образом, из смеси газов (азота и углекислого газа) и микронных размеров соединений калия (карбонат, бикарбонат калия и др.) Далее под давлением насыщают полученным аэрозолем раствор пенообразователя и подают в виде наполненной огнетушащим аэрозолем пены на поверхность очага пожара.

Значительное количество статей и патентов посвящены разработке огнетушащих составов [22, 23] для тушения пожаров горючих жидкостей, содержащий смесь первичных алкилсульфатов, а также растворы моно-, ди-, или триэтаноламина в этиленгликоле с перфторированной кислотой, натриевую или аммониевую соль полиакриловой кислоты и воду, антифриз или мочевины. Наличие соли полиакриловой кислоты снижает срок хранения состава. Для аналогичных задач предложен другой состав, обладающий схожей высокой огнетушащей эффективностью и повышенным временем защитного действия, но при этом способный к более длительному хранению.

Существуют разработки, в которых для снижения экологической нагрузки, оказываемой ПАВ предложены составы с меньшим общим содержанием ПАВ в концентрате пенообразователя и обеспечивающие снижение его кинематической вязкости [24, 25], или усиление пенообразующей способности [26].

Нельзя не отметить, исследования направленные на расширение температурного интервала использования средств пожаротушения, что особенно актуально в связи с освоением Арктики. Как правило, для понижения температуры рабочего состава в него вводятся

производные диолов или триолов, состав не замерзает до -50°C , однако, при столь низких температурах имеет низкую огнетушащую способность [27], так как, по мнению авторов, пленкообразование [28] на поверхности возгорания возможно лишь при температурах до -1°C . При более низких температурах пленка на поверхности возгорания не образуется.

Об образовании стабильной теплоизолирующей водяной пленки в условиях низких температур до -55°C сообщается в работе [29], в которой снижение температуры замерзания огнетушащего состава на основе анионного и неионогенного ПАВ включена сахароза, а для ингибирования коррозии – карбонат натрия и октадециламин.

Авторам удалось [30] разработать состав для пожаротушения на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), предназначенных для тушения пожаров классов А и В с расширенным температурным интервалом хранения огнетушащего состава от -60°C до $+60^{\circ}\text{C}$. В состав огнетушащего средства введен активатор растворения, содержащий кристаллическую сульфаминовую кислоту и бикарбонат натрия, 60–30% пенообразующей смеси, содержащей натриевые соли алкилсульфатов жирных спиртов фракции $\text{C}_8\text{--}\text{C}_{10}$ или их смеси с натриевыми солями алкилсульфатов жирных спиртов фракции $\text{C}_{12}\text{--}\text{C}_{14}$ или натриевыми солями альфа-олефинсульфонатов фракции $\text{C}_{14}\text{--}\text{C}_{16}$, но, к сожалению, об эффективности огнетушащего состава не сообщается.

Кроме многоатомных спиртов, натриевых солей алкилсульфатов жирных спиртов, понизить температуру замерзания раствора можно с использованием хлорида магния (бишофита) [31, 32], но не столь существенно (до минус $30 \pm 35^{\circ}\text{C}$). Существенным недостатком подобных составов является высокая электропроводность концентрированных солевых растворов, что может привести к поражению электрическим током пожарных во время тушения.

Экологическую нагрузку можно снизить, используя стабилизаторы пен, для этих целей еще в СССР было предложено использовать бентонитовый порошок (гидроалюмосиликат). Как указано в патенте [33] воздушно-механическая пена, стабилизирована бентонитным порошком устойчива в течение нескольких суток. Будучи нанесенной на горящую поверхность, она позволяет практически мгновенно прекращать горение, а при нанесении на негорящую поверхность слоем предохраняет ее от загорания в течение не менее 35 мин при прямом воздействии факела пламени с температурой 1200°C . Следует отметить, что бентонитный порошок склонен к набуханию при гид-

ратации в 14–16 раз, что способствует удержанию воды в составе. По разным данным при содержании в составе бентонитовой глины в количестве 4–10 вес.% стойкость пены возрастает до 40 раз и воздухопроницаемость обработанного массива сохраняется длительное время [34]. Можно выделить несколько патентов, в которых в качестве стабилизаторов для повышения термостойкости пены использовали основной хлорид алюминия в разных соотношениях и с различными высаливающими агентами [35–39] а также применительно к различным пенообразователям. Существенным недостатком данного стабилизатора является его склонность к гидролизу, что в одном из патентов купируется за счет создания кислой среды уксусной кислотой. Кроме того, недостатками являются высокая электропроводность раствора и высокая коррозионная активность.

Достаточно активно ведутся исследования в направлении разработки составов, способных формировать твердую пену или аэрозоли, обладающие изолирующим действием и позволяющие повысить эффективность тушения пожара за счет увеличения удержания пеной воды (твердые пены), или перевести в воду в пар (аэрозоли), что в конечном итоге приводит к снижению температуры поверхности в очаге пожара.

Хемоконденсационные составы, для получения аэрозоля состоят их двух частей основной (как правило, раствор аммиака или его производных с газовым пропеллентом) и кислотной (раствор ортофосфорной кислоты [40] с диоксидом углерода или исключительно диоксид углерода [41]). И в первом и во втором случае протекают экзотермические реакции между аммиаком (гидроксидом аммония) и кислотой (или CO_2), выделяющегося тепла достаточно для перевода вносимой с составом воды в пар, снижающего концентрацию кислорода в очаге пожара до критической. Следует отметить, что, хотя хемоконденсационные составы позиционируют как экологически безопасные, на самом деле таковыми не являются по причине присутствия в них аммиака и ортофосфорной кислоты или их производных.

Формирование твердой пены с химической точки зрения – процесс полимеризации, поликонденсации, формирования сшивок между полимерными, олигомерными цепями. Например, для ее получения смешивают равные объемы карба- мидоформальдегидной смолы и 25%-ного водного раствора кристаллогидратной соли с образованием твердой пены [42]. Твердение пены при ее стабилизации отходами флотации и гипсом позволит отказаться от затрат на повторную обработку вы-

работанного пространства и уменьшить расход пенообразователя. Кроме того, применение твердеющей пены приведет к резкому снижению содержания пенообразователя в сточных водах [43]. Известны работы, в которых описан способ применения оксида кремнезема для тушения [44]. Он основан на реакции золь-гель синтеза осуществляемого непосредственно во время пожара. При этом формируются стеклоподобные структуры, оказывающие изолирующее действие. Однако для иницирования реакции вносится раствор кислоты, что не является экологически безопасным. Кроме того, количества реагентов и получаемых оксидов огромны и остается открытым вопрос об утилизации полимерных соединений, что особенно актуален при образовании органических бионеразлагаемых полимеров.

В этом смысле биоразлагаемые полимерные соединения, используемые для получения пенообразователей, выглядят гораздо привлекательнее. Впервые «зеленые» средства пенного пожаротушения были разработаны и применены в 2005г [45], его основу составляли алкилпроизводные глицина. Разработан огнетушащий агент [46] на основе карбоксилатов щелочных металлов, лецитина, сапонина и казеина. Известны составы пенообразователей на основе белковых поверхностно-активных веществ, содержащих добавки неорганических солей или альгинаты щелочных металлов (высоромолекулярный полисахарид, вытяжка из морской водоросли ламинария), которые вводятся в состав белковых пенообразователей для стабилизации самого пенообразователя. Все представленные к настоящему времени разработки по получению белкового пенообразователя предусматривают щелочной гидролиз протеинсодержащего продукта, нейтрализацию гидролизата [47–49], а затем введение в него стабилизирующей добавки. Основными недостатками таких белковых пенообразователей являются малые сроки их хранения, невозможность получения пен высокой кратности. Кроме того, эти составы обладают неудовлетворительной устойчивостью пены, расслаиваются в процессе хранения, что делает их непригодными для применения в автоматических системах пожаротушения. Рабочие растворы не устойчивы во времени. Следует также отметить, очень высокую себестоимость протеиновых пенообразователей.

Все представленные к настоящему времени добавки, повышающие устойчивость пен, вносятся в существенных количествах, составляющие единицы, а в ряде случаев десятки массовых процентов, это приводит к существенному увеличению себестоимости огне-

тушащих составов. Принципиально иной подход к стабилизации пен для пожаротушения предложен и совершенствуется в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России [50]. В его основе малоизученное явление стабилизации пожарной пены за счет введения добавок неорганических оксидов в количествах не 0,01–0,05 масс.%. Мелкие твердые частицы способны адсорбироваться на границе раздела жидкость-газ и, таким образом, стабилизировать пену [51, 52]. В случае предложенных авторами [53] кремниевых частиц ключевым параметром, влияющим на адсорбцию, является угол контакта θ на границе раздела (рис. 1).

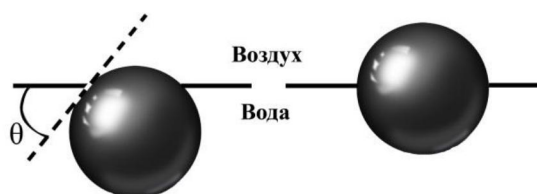


Рис. 1. Схематическое расположение частиц на поверхности [50, 54]

Этот угол увеличивается с ростом гидрофобности частицы; если частица является гидрофобной, угол θ увеличивается, и частицы имеют тенденцию оставаться в воздухе с максимальным отталкиванием от воды. Другой особенностью мелких частиц, которые могут стабилизировать пены и адсорбироваться на поверхности, является почти необратимая адсорбция; в этом случае угол θ должен быть близок к 90° . Например, согласно литературным данным [51], изменение энергии Гиббса для удаления сферической частицы с радиусом 200 нм от границы раздела воздух-вода при $\theta = 90^\circ$ на несколько порядков выше, тепловой энергии. Использование методов золь-гель синтеза и темплатных технологий позволяют получать кремнеземы различной удельной поверхности, разной степенью гидрофобности. В качестве примера приведем данные, полученные для огнетушащих составов с добавками кремнезема (0,01 масс.%), синтезированных по методу Штобера (диоксидом кремния-1) и полученных темплатным синтезом с моносахарами (диоксидом кремния-2).

Ранее авторами [55] было осуществлено практическое исследование различных характеристик, а именно: кратность пены, интенсивность разрушения пены и эффективность тушения легковоспламеняющейся жидкости, полученные результаты приведены в табл. 1–3.

Таблица 1. Данные исследования кратности пены

№ п/п	Концентрация водного раствора пенообразователя, об %	V, дм ³	m, кг	K _п
1.	6% раствор ПО-6ТС	36,75	1,096	33,53
2.	6% раствор ПО-6ТС с диоксидом кремния-1	36,75	1,164	31,57
3.	6% раствор ПО-6ТС с добавлением диоксидом кремния-2	36,75	1,153	31,87

Таблица 2. Данные исследования интенсивности разрушения пены при полном и неполном покрытиях горючей жидкости

№ п/п	Концентрация водного раствора пенообразователя, об %	Высота слоя пены, см	m ₀ , кг	m ₁ , кг	τ _{раз-ния} , с	I _{раз-ния} полное покрытие	I _{раз-ния} (не полное покрытие)
1.	6% раствор ПО-6ТС	2	0,345	0,320	12,3	0,647	5,17
2.	6% раствор ПО-6ТС с диоксидом кремния-1	2	0,340	0,317	20,1	0,364	3,17
3.	6% раствор ПО-6ТС с добавлением диоксидом кремния-2	2	0,350	0,324	22,3	0,371	2,88

Таблица 3. Данные исследования эффективности тушения

№ п/п	Концентрация водного раствора пенообразователя, об %	m ₀ , кг	m ₁ , кг	τ _т , с	I _п , л/(м ² ·с)	q _{уд} , л/м ²	P _{э.т}
1.	6% раствор ПО-6ТС	4,260	3,861	6	0,739	4,43	0,038
2.	6% раствор ПО-6ТС с кремнеземом	4,282	4,031	3,8	0,733	2,79	0,094
3.	6% раствор ПО-6ТС с кремнеземом по темплатной технологии	4,275	4,086	2,86	0,734	2,09	0,167

При определении эффективности тушения наименьшее время, затраченное на тушение модельного очага (рис. 2) составило 2,86 с (6% раствор ПО-6ТС с добавлением

кремнезема полученного по темплатной технологии). Это существенно меньше, чем тушение ПАВ (6% раствора ПО-6ТС) без добавления частиц кремнезема (табл. 3).

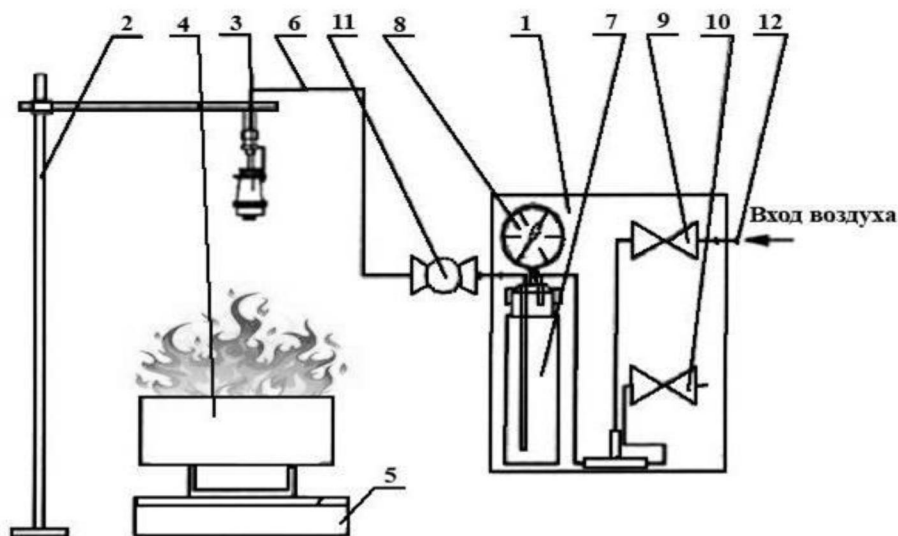


Рис. 2. Схема установки определения эффективности тушения:

- 1 – панель управления; 2 – стойка со штангой; 3 – лабораторный генератор пены средней кратности;
- 4 – емкость для модельного очага и сбора пены; 5 – электронные весы; 6 – трубка соединительная;
- 7 – емкость для раствора пенообразователя; 8 – манометр; 9 – клапан подачи воздуха;
- 10 – клапан сбора воздуха; 11 – шаровой кран; 12 – штуцер подвода воздуха

При расчете значения интенсивности подачи пены J_p , удельного расхода $q_{уд}$ и параметра эффективности тушения $P_{э.т.}$. Получены результаты которые представлены в табл. 3.

Как видно из представленных при введении добавок кремнеземов в количествах 0,01–0,05 масс.% позволяет в разы увеличить устойчивость пожарной пены к термовоздействию, уменьшив тем самым ее количество и снизив время затрачиваемое тушение от 30 до 50%.

Проведенное исследование показало, что большинство результатов исследований и изобретений в области разработки новых составов для пожаротушения направлены на со-

здание составов с высокой огнетушащей способностью и соответствующими экологическими требованиями. Хотелось бы отметить, что все комбинированные огнетушащие составы включают комбинацию нескольких огнетушащих эффектов (охлаждение, разбавление и изоляция), создаваемых за счет компонентов входящих в огнетушащий состав. А использование нано- и микроразмерных добавок на основе неорганических оксидов, стабилизирующих пену на границе раздела фаз газ-жидкость, представляет несомненный интерес и демонстрирует новые пути повышения огнетушащей способности пен для пожаротушения.

Список литературы

1. Патент 1755822 Союз Советских Социалистических Республик SU 1755822 A1. Огнетушащий состав / Е. Г. Белевцев, Г. Я. Дрикер, И. Е. Митина, А. М. Рывкин, В. А. Сараев, С. А. Сухов; опубл. 23.08.1992, Бюл. No31.

2. Патент 1761163 Союз Советских Социалистических Республик SU 1761163 A1. Огнетушащий состав / Е. Г. Белевцев, Г. Я. Дрикер, И. Е. Митина, А. М. Рывкин, В. А. Сараев, С. А. Сухов; опубл. 15.09.1992, Бюл. No34.

3. Безопасность жизнедеятельности человека: экология и энергосбережение: метод. рекомендации. Витебск, 2018. 48 с.

4. Патент 2485989 Российская Федерация RU 2485989 C2. Газовый состав для объемного пожаротушения / А. Н. Баратов, В. Л. Бахарев, В. В. Барешкин и др.; опубл. 27.06.2013, Бюл. No18.

5. Патент 2484075 Российская Федерация RU 2484075 C2. Способ изготовления пиротехнических зарядов / И. В. Тартынов, Н. М. Вареных, С. Н. Вагонов, В. И. Романов, П. А. Пороховников, С. М. Тимчук; опубл. 10.06.2013, Бюл. No16.

6. Патент 2694773 Российская Федерация RU 2694773 C1. Азотогенирующий состав для пожаротушения и способ его получения / В. А. Соловьёв, А. С. Сокольников; опубл. 16.07.2019, Бюл. No20.

7. Патент 2069064 Российская Федерация RU 2069064 C1. Химическое средство пожаротушения для замкнутых объемов / В. Н. Маршаков, Г. В. Мелик-Гайказов; опубл. 20.11.1996.

8. Патент № 2580915 Китайская Народная Республика CN 2580915. Пламегасящая композиция, содержащая органическую кислоту / ЯО Цзюньна, ЛЮ Йи; опубл. 18.03.2016.

9. Баратов А. Н., Вогман Л. П. Огнетушащие порошковые составы. М.: Стройиздат, 1982. 72 с.

10. Сабинин О. Ю., Агаларова С. М. Огнетушащие порошки. Проблемы. Состояние вопроса // Пожаровзрывобезопасность. 2007. № 6. С. 63–68.

11. Патент 2465938 Российская Федерация RU 2465938 C1. Огнетушащий порошок и способ его получения / А. Г. Аншиц, Е. В. Фоменко, О. А. Михайлова, С. В. Лихтенвальд; опубл. 10.11.2012, Бюл. No31.

12. Басуров В. А. Основы пожаровзрывобезопасности: Учебно-методическое пособие. Н-Н.: Издательство Нижегородского государственного университета, 2006. 62 с.

13. Патент 2232612 Российская Федерация RU 2232612 C1. Огнетушащий порошок многоцелевого назначения / М. Н. Бонокина, Л. Н. Гусарова, В. А. Чумаевский; опубл. 20.07.2004.

14. Патент 2236880 Российская Федерация RU 2236880 C1. Состав для тушения пожаров / А. С. Смирнов; опубл. 27.09.2004.

15. Патент 2370295 Российская Федерация RU 2370295 C2. Способ получения огнетушащего порошка / Л. Н. Гусарова, В. А. Чумаевский; опубл. 20.10.2009, Бюл. No29.

16. Патент 2088290 Российская Федерация RU 2088290 C1. Способ получения огнетушащего порошка / Товарищество с ограниченной ответственностью "Экохиммаш"; опубл. 27.08.1997.

17. Патент 2095103 Российская Федерация RU 2095103 C1. Порошок для тушения пожаров / О. П. Криворучко, А. В. Федотов, О. П. Талалайченко; опубл. 10.11.1997.

18. Anshits N. N., Mikhailova O. A., Salanov A. N. et al. Chemical composition and structure of the shell of fly ash non-perforated cenospheres produced from the combustion of the

Kuznetsk coal (Russia). *Fuel*, 2010, vol. 89, no. 8, pp. 1849-1862.

19. Патент 2610814 Российская Федерация RU 2610814 С1. Способ тушения пожара нанопорошком, способ зарядки средств порошкового пожаротушения, огнетушитель порошковый и микрокапсулированный огнегасящий агент / В. И. Забегаев; опубл. 15.02.2017, Бюл. №5.
20. Баратов А. Н., Иванов Е. Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. М.: Химия, 1979. 368 с.
21. Патент 2620705 Российская Федерация RU 2620705 С2. Способ тушения горючих жидкостей / Н. П. Копылов, С. Н. Копылов, В. И. Забегаев и др.; опубл. 29.05.2017, Бюл. №16.
22. Патент 2262368 Российская Федерация RU 2262368 С1. Состав для тушения пожаров горючих жидкостей / Е. Е. Архипов, В. Ф. Денисенков, А. Н. Ильин, В. И. Коротков, А. Н. Лабутин, Е. Н. Новожилов, В. В. Пешков, А. Н. Рябинин, Н. А. Рябинин; опубл. 20.10.2005, Бюл. №6.
23. Патент 2206354 Российская Федерация RU 2206354 С1. Состав для тушения пожаров горючих жидкостей / Н. А. Рябинин, А. Н. Рябинин, Е. Н. Новожилов, Г. И. Паркова; опубл. 20.06.2003.
24. Патент 2582708 Российская Федерация RU 2582708 С1. Пенообразующий состав / В. Ю. Гаравин, А. В. Третьяков; опубл. 27.04.2016, Бюл. №12.
25. Патент 2510725 Российская Федерация RU 2510725 С1. Пенообразующий состав / В. Ю. Гаравин, А. В. Третьяков; опубл. 10.04.2014, Бюл. №10.
26. Патент 2203707 Российская Федерация RU 2203707 С2. Пенообразователь для тушения пожаров "Снежок-1" / Антонов А. В., Светлов Е. Я., Белошицкий Н. В. и др.; опубл. 10.05.2003.
27. Patents 2001047604 United States of America WO 2001047604 A1. A novel aqueous foaming fire extinguishing composition / S. W. Hansen; filing date. 28.12.2000.
28. Патент 2508147 Российская Федерация RU 2508147 С2. Состав пенообразователя для тушения пожаров нефти и нефтепродуктов / В. И. Федота, Д. А. Корольченко, М. Ю. Кулабнев и др.; опубл. 27.02.2014, Бюл. №6.
29. Патент 2688749 Российская Федерация RU 2688749 С1. Огнетушащий состав / И. Н. Мельников, Л. Н. Ольшанская, М. Ю. Захарченко, И. Г. Остроумов, С. Я. Пичхидзе, Ю. А. Вишнякова; опубл. 22.05.2019, Бюл. №15.
30. Патент 2418611 Российская Федерация RU 2418611 С1. Огнетушащий состав для пожаротушения / В. Ю. Гаравин, А. В. Третьяков; опубл. 20.05.2011, Бюл. №14.
31. Патент 2290240 Российская Федерация RU 2290240 С1. Огнетушащий состав / А. Л. Душкин, А. В. Карпышев, Н. Н. Рязанцев; опубл. 27.12.2006, Бюл. №36.
32. Патент 2403935 Российская Федерация RU 2403935 С1. Пенообразующий состав термостойкой пены для тушения пожаров при минусовых температурах / Х. А. Тайсумов; опубл. 20.11.2010, Бюл. №32.
33. Патент 327724 Союз Советских Социалистических Республик SU 327724 А1. Способ тушения пожаров воздушно-механической пеной / В. В. Ермаков, Л. Г. Козулина, Д. А. Куликов; опубл. 15.05.1972, Бюл. №16.
34. Патент 2230907 Российская Федерация RU 2230907 С2. Состав для профилактики и тушения эндогенных пожаров / В. Б. Попов, В. А. Скрицкий, А. П. Федорович, А. Ф. Син, Б. В. Чубаров, В. В. Мячин; опубл. 20.06.2004.
35. Патент 2328325 Российская Федерация RU 2328325 С2. Концентрированный стабилизатор термостойкой пены для тушения пожаров / Х. А. Тайсумов; опубл. 10.07.2008, Бюл. №19.
36. Patents 3554912 United States of America US 3554912 A. Basic aluminum salt fire extinguishing compositions / E. P. Moor Jr; filing date. 04.02.1969.
37. Патент 1604384 Союз Советских Социалистических Республик SU 1604384 А1. Пенообразующий состав для тушения пожаров с использованием морской воды / Х. А. Тайсумов, А. Н. Астапов, Г. М. Пучкова, Л. М. Сурова, В. Н. Арапова, Л. Д. Статкевич, Б. И. Гроссман; опубл. 07.11.1990, Бюл. №41.
38. Патент 1128963 Союз Советских Социалистических Республик SU 1128963 А. Пенообразующий состав для тушения пожаров / Х. А. Тайсумов, Х. И. Тайсумова; опубл. 15.12.1984, Бюл. №46.
39. Патент 2022588 Российская Федерация RU 2022588 С1. Стабилизатор пены для тушения пожаров / Х. А. Тайсумов, Х. И. Тайсумова, В. И. Магомадов, Л. М. Сурова, Э. М. Мохнаткин; опубл. 15.11.1994.
40. Патент 2393901 Российская Федерация RU 2393901 С1. Способ тушения пожара, состав и устройство для его осуществления / П. Г. Веретинский, А. С. Гильфанова, Н. А. Кусков, Д. Д. Осьмаков, Л. В. Ржавский, В. И. Селиверстов, В. И. Стенковой, Г. В. Трубникова; опубл. 10.07.2010, Бюл. №19.

41. Патент 2475287 Российская Федерация RU 2475287 C1. Огнетушащий бинарный хемоконденсационный состав / В. Л. Бахарев, В. М. Минашкин, В. И. Селиверстов, В. И. Стенковой; опубл. 20.02.2013. Бюл. No5.

42. Патент 1659014 Союз Советских Социалистических Республик SU 1659014 A1 Способ тушения пожара / В. К. Костенко, К. М. Деменкова, И. А. Шамардина; опубл. 30.06.1991, Бюл. No24.

43. Патент 901570 Союз Советских Социалистических Республик SU 901570 A1 Пенообразующая суспензия для предупреждения и тушения эндогенных пожаров / В. Г. Игишев, В. А. Портола; опубл. 30.01.1982, Бюл. No4.

44. Патент 2590379 Российская Федерация RU 2590379 C1. Вспененный гель кремнезема, применение вспененного геля кремнезема в качестве огнетушащего средства и золь-гель способ его получения / И. М. Абдурагимов, А. В. Виноградов, В. В. Виноградов, Г. Н. Куприн, Д. С. Куприн, Е. А. Серебряков; опубл. 10.07.2016, Бюл. No19.

45. Patents 1589125 China CN1589125A. Foam extinguishing agent without fluorocarbon surfactant / H. Zhi; filing date. 02.03.2005.

46. Patents 2009148039 United States of America WO2009148039A1. Fire extinguishing agent / A. Ohya; filing date. 10.12.2009.

47. Патент 882531 Союз Советских Социалистических Республик SU 882531 A1 Состав пенообразователя для тушения пожаров / Г. А. Кураков, Н. Н. Абрамовская, О. П. Истомин, А. М. Зубец, Ю. Е. Казанцев, А. С. Чеголя; опубл. 23.11.1981, Бюл. No43.

48. Патент 850094 Союз Советских Социалистических Республик SU 850094 A1 Состав пенообразователя для тушения пожаров / Н. Н. Абрамовская, Г. А. Кураков, О. П. Истомин, А. М. Зубец, Ю. Е. Казанцев, А. С. Чеголя; опубл. 30.07.1981, Бюл. No28.

49. Патент 833750 Союз Советских Социалистических Республик SU 833750 A1 Способ приготовления белкового пенообразователя / Г. А. Кураков, Н. Н. Абрамовская, А. М. Зубец, Ю. Е. Казанцев, И. Л. Орлова, А. С. Чеголя; опубл. 30.05.1981, Бюл. No20.

50. Lebedeva N. Sh., Taratanov N. A., Barinova E. V., Potemkina O. V. Effect of Supplementation Different Hydrophobic Silicas on the Stability of Foams // *Inorganic Materials: Applied Research*, 2017, vol. 8, no. 5, pp. 727–733.

51. Binks B. P. Particles as surfactants-similarities and differences, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.*, 2002, vol. 7, no. 1–2, pp. 21–41.

52. Vignati E., Piazza R., Lockhart T. P., Pickering emulsions: Interfacial tension, colloidal

layer morphol-ogy, and trapped-particle motion, *Langmuir*, 2003, vol. 19, pp. 6650–6656.

53. Лебедева Н. Ш., Таратанов Н. А., Баринова Е. В., Потемкина О. В., Влияние добавок кремнеземов различной гидрофобности на устойчивость пен для пожаротушения // *Перспективные материалы*, 2017, №5, с. 45-55.

54. Binks B. P., Horozov T. S. Aqueous Foams Stabilized Solely by Silica Nanoparticles // *Angew. Chem*, 2005, vol. 117. pp. 3788–3791.

55. Богданов И. А., Таратанов Н. А., Лебедева Н. Ш. Диоксид кремния как добавка к ПАВ // Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы естествознания», Иваново (5 апреля 2018 года). – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 22–26.

References

1. Belevcev E. G., Driker G. Ja., Mitina I. E., Ryvkin A. M., Saraev V. A., Suhov S. A. *Ognetushashhij sostav* [Fire extinguishing agent], Patent 1755822 Sojuz Sovetskih Socialisticheskikh Respublik SU 1755822 A1; opubl. 23.08.1992, Bjul. № 31.

2. Belevcev E. G., Driker G. Ja., Mitina I. E., Ryvkin A. M., Saraev V. A., Suhov S. A. *Ognetushashhij sostav* [Fire extinguishing agent], Patent 1761163 Sojuz Sovetskih Socialisticheskikh Respublik SU 1761163 A1; opubl. 15.09.1992, Bjul. № 34.

3. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti cheloveka: jekologija i jenergosberezhenie* [Human life safety: ecology and energy saving]. Vitebsk, 2018. 48 p.

4. Baratov A. N., Baharev V. L., Bareshkin V. V. *Gazovyy sostav dlja ob#emnogo pozharotushenija* [Gas composition for volumetric fire extinguishing], Patent 2485989 Rossijskaja Federacija RU 2485989 C2; opubl. 27.06.2013, Bjul. No18.

5. Tartynov I. V., Varenyh N. M., Vagonov S. N., Romanov V. I., Porohovnikov P. A., Timchuk S. M. *Sposob izgotovlenija pirotehnickih zarjadov* [A method of manufacturing of pyrotechnic charges], Patent 2484075 Rossijskaja Federacija RU 2484075 C2; opubl. 10.06.2013, Bjul. No16.

6. Solov'jov V. A., Sokol'nikov A. S. *Azotogenerirujushhij sostav dlja pozharotushenija i sposob ego poluchenija* [Gas-generating composition for fire extinguishing and method of its production], Patent 2694773 Rossijskaja Federacija RU 2694773 C1. opubl. 16.07.2019, Bjul. No20.

7. Marshakov V. N., Melik-Gajkazov G. V. *Himicheskoe sredstvo pozharotushenija dlja*

zamknutyh ob'emov [Chemical fire extinguishing agent for closed volumes], Patent 2069064 Rossijskaja Federacija RU 2069064 C1. opubl. 20.11.1996.

8. Czjun'na JaO, Ji LJJu *Plamegasjashhaja kompozicija, sodержashhaja organicheskuju kislotu* [Flame-extinguishing composition containing organic acid], Patent № 2580915 Kitajskaja Narodnaja Respublika CN 2580915. opubl. 18.03.2016.

9. Baratov A. N., Vogman L. P. *Ognetushashhie poroshkovye sostavy* [Fire extinguishing powder formulations]. Moscow, 1982. 72 p.

10. Sabinin O. Ju., Agalarova S. M. *Ognetushashhie poroshki. Problemy. Sostojanie voprosa* [Fire extinguishing powders. Problems. Question Status]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2007, issue 6, pp. 63–68.

11. Anshic A. G., Fomenko E. V., Mihajlova O. A., Lihtenval'd S. V. *Ognetushashhij poroshok i sposob ego poluchenija* [Fire extinguishing powder and method of its preparation], Patent 2465938 Rossijskaja Federacija RU 2465938 C1. opubl. 10.11.2012, Bjul.No31.

12. Basurov V. A. *Osnovy pozharovzryvobezopasnosti: Uchebno-metodicheskoe posobie*. N–N.: Izdatel'stvo Nizhegorodskogo gosuniversiteta, 2006. 62 p.

13. Bonokina M. N., Gusarova L. N., Chumaevskij V. A. *Ognetushashhij poroshok mnogocelevogo naznachenija* [Multi-purpose fire extinguishing powder], Patent 2232612 Rossijskaja Federacija RU 2232612 C1; opubl. 20.07.2004.

14. Smirnov A. S. *Sostav dlja tushenija pozharov* [Composition for extinguishing fires], Patent 2236880 Rossijskaja Federacija RU 2236880 C1; opubl. 27.09.2004.

15. Gusarova L. N., Chumaevskij V. A. *Sposob poluchenija ognetushashhego poroshka* [Method for producing fire extinguishing powder], Patent 2370295 Rossijskaja Federacija RU 2370295 C2; opubl. 20.10.2009, Bjul.No29.

16. *Tovarishhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju «Jekohimmash» Sposob poluchenija ognetushashhego poroshka* [Method for producing fire extinguishing powder], Patent 2088290 Rossijskaja Federacija RU 2088290 C1; opubl. 27.08.1997.

17. Krivoruchko O. P., Fedotov A. V., Talajchenko O. P. *Poroshok dlja tushenija pozharov* [Fire extinguishing powder]. Patent 2095103 Rossijskaja Federacija RU 2095103 C1; opubl. 10.11.1997.

18. Anshits N. N., Mikhailova O. A., Salanov A.N. et al. Chemical composition and structure of the shell of fly ash non-perforated cenospheres produced from the combustion of the

Kuznetsk coal (Russia). *Fuel*, 2010, vol. 89, no. 8, pp. 1849-1862.

19. Zabegaev V. I. *Sposob tushenija pozhara nanoporoshkom, sposob zarjadki sredstv poroshkovogo pozharotushenija, ognetushitel' poroshkovyj i mikrokapsulirovannyj ognegasjashhij agent* [The method of extinguishing a nanopowder, the method of charging means powder fire extinguishing powder fire extinguisher and microencapsulated extinguishing agent], Patent 2610814 Rossijskaja Federacija RU 2610814 C1; opubl. 15.02.2017, Bjul. No5.

20. Baratov A. N., Ivanov E. N. *Pozharotushenie na predpriyatijah himicheskoj i neftepererabatyvajushhej promyshlennosti* [Fire fighting at the enterprises of chemical and oil refining industry]. M.: Himija, 1979. 368 p.

21. Kopylov N. P., Kopylov S. N., Zabegaev V. I. *Sposob tushenija gorjuchih zhidkostej* [Method of extinguishing flammable liquids], Patent 2620705 Rossijskaja Federacija RU 2620705 C2; opubl. 29.05.2017, Bjul. No16.

22. Arhipov E. E., Denisenkov V. F., Il'in A. N., Korotkov V. I., Labutin A. N., Novozhilov E. N., Peshkov V. V., Rjabinin A. N., Rjabinin N. A. *Sostav dlja tushenija pozharov gorjuchih zhidkostej* [Composition for extinguishing fires flammable liquids], Patent 2262368 Rossijskaja Federacija RU 2262368 C1. opubl. 20.10.2005, Bjul. No6.

23. Rjabinin N. A., Rjabinin A. N., Novozhilov E. N., Parkova G. I. *Sostav dlja tushenija pozharov gorjuchih zhidkostej* [Composition for extinguishing fires flammable liquids], Patent 2206354 Rossijskaja Federacija RU 2206354 C1; opubl. 20.06.2003.

24. Garavin V. Ju., Tret'jakov A. V. *Penobrazujushhij sostav* [Foam-forming composition], Patent 2582708 Rossijskaja Federacija RU 2582708 C1; opubl. 27.04.2016, Bjul. No12.

25. Garavin V. Ju., Tret'jakov A. V. *Penobrazujushhij sostav* [Foam-forming composition], Patent 2510725 Rossijskaja Federacija RU 2510725 C1; opubl. 10.04.2014, Bjul. No10.

26. Antonov A. V., Svetlov E. Ja., Beloshickij N. V. *Penobrazovatel' dlja tushenija pozharov «Snezhok-1»* [Foaming agent for extinguishing fires «Snowball-1»], Patent 2203707 Rossijskaja Federacija RU 2203707 C2. i dr.; opubl. 10.05.2003.

27. Steven W. A novel aqueous foaming fire extinguishing composition. Hansen Patents 2001047604 United States of America WO 2001047604 A1.; filing date. 28.12.2000.

28. Fedota V. I., Korol'chenko D. A., Kulabnev M. Ju. *Sostav penobrazovatelja dlja tushenija pozharov nefti i nefteproduktov* [Composition of foaming agent for extinguishing fires of oil and oil products]. Patent 2508147 Rossijskaja

Federacija RU 2508147 C2.; opubl. 27.02.2014, Bjul. No6.

29. Mel'nikov I. N., Ol'shanskaja L. N., Zaharchenko M. Ju., Ostroumov I. G., Pichhidze S. Ja., Vishnjakova Ju. A. *Ognetushashhij sostav* [Fire extinguishing agent], Patent 2688749 Rossijskaja Federacija RU 2688749 C1; opubl. 22.05.2019, Bjul. No15.

30. Garavin V. Ju., Tret'jakov A. V. *Ognetushashhij sostav dlja pozharotushenija* [Extinguishing agent for fire fighting]. Patent 2418611 Rossijskaja Federacija RU 2418611 C1; opubl. 20.05.2011, Bjul. No14.

31. Dushkin A. L., Karpyshev A. V., Rjazancev N. N. *Ognetushashhij sostav* [Fire extinguishing agent]. Patent 2290240 Rossijskaja Federacija RU 2290240 C1. opubl. 27.12.2006, Bjul. No36.

32. Tajsomov H. A. *Penoobrazujushhij sostav termostojkoj peny dlja tushenija pozharov pri minusovyh temperaturah* [Foaming composition of heat-resistant foam for extinguishing fires at sub-zero temperatures]. Patent 2403935 Rossijskaja Federacija RU 2403935 C1. opubl. 20.11.2010, Bjul. No32.

33. Ermakov V. V., Kozulina L. G., Kulikov D. A. *Sposob tushenija pozharov vozdušno-mehaničeskoj penoj* [Method of extinguishing fires with air-mechanical foam]. Patent 327724 Sojuz Sovetskikh Socialističeskikh Respublik SU 327724 A1; opubl. 15.05.1972, Bjul. No16.

34. Popov V. B., Skrickij V. A., Fedorovich A. P., Sin A. F., Chubarov B. V., Mjachin V. V. *Sostav dlja profilaktiki i tushenija jendogennyh pozharov* [Composition for prevention and suppression of endogenous fires], Patent 2230907 Rossijskaja Federacija RU 2230907 C2.; opubl. 20.06.2004.

35. Tajsomov H. A. *Koncentrirovannyj stabilizator termostojkoj peny dlja tushenija pozharov* [A concentrated-stabilizer heat-resistant foam to extinguish fires], Patent 2328325 Rossijskaja Federacija RU 2328325 C2.; opubl. 10.07.2008, Bjul. No19.

36. Earl P Moor Jr. Basic aluminum salt fire extinguishing compositions. Patents 3554912 United States of America US 3554912 A.; filing date. 04.02.1969.

37. Tajsomov H. A., Astapov A. N., Puchkova G. M., Surova L. M., Arapova V. N., Statkevich L. D., Grossman B. I. *Penoobrazujushhij sostav dlja tushenija pozharov s ispol'zovaniem morskoy vody* [Foaming composition for extinguishing fires using seawater], Patent 1604384 Sojuz Sovetskikh Socialističeskikh Respublik SU 1604384 A1; opubl. 07.11.1990, Bjul. No41.

38. Tajsomov H. A., Tajsomova H. I. *Penoobrazujushhij sostav dlja tushenija pozharov* [Foaming composition for extinguishing fires]. Pa-

tent 1128963 Sojuz Sovetskikh Socialističeskikh Respublik SU 1128963 A; opubl. 15.12.1984, Bjul. No46.

39. Tajsomov H. A., Tajsomova H. I., Magomadov V. I., Surova L. M., Mohnatkin Je. M. *Stabilizator peny dlja tushenija pozharov* [Foam stabilizer for fire fighting], Patent 2022588 Rossijskaja Federacija RU 2022588 C1.; opubl. 15.11.1994.

40. Veretinskij P. G., Gil'fanova A. S., Kuskov N. A., Os'makov D. D., Rzhavskij L. V., Seliverstov V. I., Stenkovej V. I., Trubnikova G. V. *Sposob tushenija pozhara, sostav i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija* [Method of fire extinguishing, composition and device for its implementation], Patent 2393901 Rossijskaja Federacija RU 2393901 C1; opubl. 10.07.2010, Bjul. No19.

41. Baharev V. L., Minashkin V. M., Seliverstov V. I., Stenkovej V. I. *Ognetushashhij binarnyj hemokondencionnyj sostav* [Fire-extinguishing binary hemoconcentration composition], Patent 2475287 Rossijskaja Federacija RU 2475287 C1; opubl. 20.02.2013, Bjul. No5.

42. Kostenko V. K., Demenkova K. M., Shamardin I. A. *Sposob tushenija pozhara* [Fire extinguishing method], Patent 1659014 Sojuz Sovetskikh Socialističeskikh Respublik SU 1659014 A1; opubl. 30.06.1991, Bjul. No24.

43. Igishev V. G., Portola V. A. *Penoobrazujushhaja suspenzija dlja preduprezhdenija i tushenija jendogennyh pozharov* [Foaming suspension for prevention and suppression of endogenous fires], Patent 901570 Sojuz Sovetskikh Socialističeskikh Respublik SU 901570 A1; opubl. 30.01.1982, Bjul. No4.

44. Abduragimov I. M., Vinogradov A. V., Vinogradov V. V., Kuprin G. N., Kuprin D. S., Serebrjakov E. A. *Vspenennyj gel' kremnezema, primenenie vspennogo gelja kremnezema v kachestve ognetushashhego sredstva i zol'-gel' sposob ego poluchenija* [Foamed silica gel, the use of foamed silica gel as a fire extinguishing agent and Sol-gel method of obtaining it], Patent 2590379 Rossijskaja Federacija RU 2590379 C1.; opubl. 10.07.2016, Bjul.No19.

45. Zhi H. Foam extinguishing agent without fluorocarbon surfactant, Patents 1589125 China CN1589125A; filing date. 02.03.2005.

46. Ohya A. Fire extinguishing agent, Patents 2009148039 United States of America WO2009148039A1; filing date. 10.12.2009.

47. Kurakov G. A., Abramovskaja N. N., Istomin O. P., Zubec A. M., Kazancev Ju. E., Chegolja A. S. *Sostav penoobrazovatelja dlja tushenija pozharov* [The composition of the foaming agent to extinguish fires], Patent 882531 Sojuz Sovetskikh Socialističeskikh Respublik SU 882531 A1; opubl. 23.11.1981, Bjul. No43.

48. Abramovskaja N. N., Kurakov G. A., Istomin O. P., Zubec A. M., Kazancev Ju. E., Chegolja A. S. *Sostav penoobrazovatelja dlja tushenija pozharov* [The composition of the foaming agent to extinguish fires]. Patent 850094 Sojuz Sovetskikh Socialisticheskikh Respublik SU 850094 A1; opubl. 30.07.1981, Bjul. No28.

49. Kurakov G. A., Abramovskaja N. N., Zubec A. M., Kazancev Ju. E., Orlova I. L., Chegolja A. S. *Sposob prigotovlenija belkovogo penoobrazovatelja* [Method of preparation of protein foaming agent], Patent 833750 Sojuz Sovetskikh Socialisticheskikh Respublik SU 833750 A1; opubl. 30.05.1981, Bjul. No20.

50. Lebedeva N. Sh., Taratanov N. A., Barinova E. V., Potemkina O. V. Effect of Supplementation Different Hydrophobic Silicas on the Stability of Foams. *Inorganic Materials: Applied Research*, 2017, vol. 8, no. 5, pp. 727–733.

51. Binks B. P. Particles as surfactants-similarities and differences, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.*, 2002, vol. 7, nos. 1–2, pp. 21–41.

52. Vignati E., Piazza R., Lockhart T. P., Pickering emulsions: Interfacial tension, colloidal

layer morphol-ogy, and trapped-particle motion, *Langmuir*, 2003, vol. 19, pp. 6650–6656.

53. Lebedeva N. Sh., Taratanov N. A., Barinova E. V., Potemkina O. V. Vlijanie dobavok kremnezemov razlichnoj gidrofobnosti na ustojchivost' pen dlja pozharotushenija [Effect of silica additives of different hydrophobicity on the stability of fire fighting foams], *Perspektivnye materialy*, 2017, no 5, pp. 45–55.

54. Binks B. P., Horozov T. S. Aqueous Foams Stabilized Solely by Silica Nanoparticles. *Angew. Chem*, 2005, vol. 117, pp. 3788-3791.

55. Bogdanov I. A., Taratanov N. A., Lebedeva N. Sh. Dioksid kremniya kak dobavka k PAV [Silicon dioxide as an additive to surfactants]. *Cbornik materialov III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Aktual'nye voprosy estestvoznanija»*, Ivanovo (5 aprelja 2018 goda). Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2018, pp. 22–26.

Лебедева Наталья Шамильевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
профессор кафедры
E-mail: nat.lebede2011@yandex.ru

Lebedeva Natalia Shamilevna

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
Professor head of Department
E-mail: nat.lebede2011@yandex.ru

Таратанов Николай Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, старший преподаватель
E-mail: taratanov_n@mail.ru

Taratanov Nikolay Alexandrovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
candidate of chemical sciences, senior lecturer
E-mail: taratanov_n@mail.ru

УДК 676.026.521.2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

А. А. ПОКРОВСКИЙ, В. В. КИСЕЛЕВ, А. В. ТОПОРОВ

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

E-mail: aapokrovsky@mail.ru, slavakis76@mail.ru, ironaxe@mail.ru

В работе представлена математическая модель конвективной сушки напорных пожарных рукавов, которая разработана на основе физической модели данного процесса. В соответствии с физической моделью процесс сушки материала пожарного рукава представлен в виде двух периодов: периода постоянной скорости испарения воды из материала и периода падающей скорости испарения воды. Описание первого периода процесса сушки основывается на равенстве температур поверхности высушиваемого материала и теплоносителя. На стадии данного периода происходит испарение свободной влаги с поверхности материала и его прогрев, а окончанием данного периода считается момент достижения критического влагосодержания воды в материале. Этап падающей скорости сушки основывается на том, что при конвективном обдуве поверхности рукава горячим воздухом граница испарения воды отступает вглубь материала, при этом его слои прогреваются, а на движущуюся границу тепло поступает за счёт теплопроводности. Численным методом рассчитаны коэффициенты тепло- и массоотдачи. Полученные уравнения позволяют рассчитать эффективность процесса сушки при любых параметрах сушильного агента.

Ключевые слова: напорный пожарный рукав, горячий воздух, математическая модель, испарение, температура.

MATHEMATICAL MODELING OF THE DRYING PROCESS OF PRESSURE FIRE HOSES

A. A. POKROVSKY, V. V. KISELEV, A. V. TOPOROV

Federal State Educational Institution of Higher Education «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: aapokrovsky@mail.ru, slavakis76@mail.ru, ironaxe@mail.ru

The paper presents a mathematical model of convective drying of pressure fire hoses, which was developed on the basis of the physical model of this process. In accordance with the physical model, the process of drying the material of the fire hose is presented in the form of two periods: the period of a constant rate of evaporation of water from the material and the period of the dropping rate of evaporation of water. The description of the first period of the drying process is based on the equality of the temperatures of the surface of the material being dried and that of the coolant. At the stage of this period, evaporation of free moisture from the surface of the material and its heating takes place, and the end of this period is considered to be the moment of reaching the critical moisture content of water in the material. The stage of the falling drying speed is based on the fact that during convective blowing of the sleeve surface with hot air, the water evaporation boundary retreats deep into the material, while its layers warm up, and the heat is transferred to the moving boundary due to thermal conductivity. The heat and mass coefficients are calculated by a numerical method. The obtained equations allow us to calculate the efficiency of the drying process for any parameters of the drying agent.

Key words: pressure fire hose, hot air, mathematical model, evaporation, temperature.

В настоящее время сушка напорных пожарных рукавов требует создания экономичных и высокоэффективных сушильных устройств. Это позволит значительно снизить время и энергоёмкость сушки. В свою очередь, интенсификация данного процесса позволит сократить время приведения рукавов в готовность к применению. Но, в то же время, интенсификация процесса сушки не должна нарушать технологических свойств высушиваемого материала.

На сегодняшний день выпущено большое количество сушильного оборудования различного конструктивного исполнения, в котором сушка рукавов производится при различных температурах и скоростях теплоносителя. При этом в научной литературе имеется небольшой объем информации о пожарных рукавах как об объектах сушки, а также о механизмах протекания процессов тепло- и массообмена. Все это говорит о том, что технологические и технические детали данного процесса требуют дополнительного изучения.

Одним из результативных методов поиска путей повышения эффективности процесса сушки рукавов является математическое моделирование. Данный метод позволяет учесть наибольшее количество факторов, которые влияют на реальное протекание процесса сушки. Моделирование данного процесса с учетом этих факторов позволит найти технологические параметры теплоносителя, которые позволят сократить время сушки рукавов и приведения их в готовность.

Напорный пожарный рукав – это один из основных видов пожарного оборудования при помощи которого выполняется транспортировка огнетушащего вещества, то есть осуществляется тушение пожаров. Как известно, пожарный рукав представляет собой тканый или ткановязанный каркас, обрамляющий внутреннее гидроизоляционное покрытие. Материалом для изготовления каркасов пожарных рукавов служат нити, состоящие из химических или натуральных волокон. Что касается внутреннего гидроизоляционного покрытия, то оно может быть изготовлено из резин, латекса или каких-либо других полимерных материалов. Причем, если речь идет о пожарных рукавах с каркасом из натуральных волокон, то такие рукава часто не содержат внутреннего гидроизоляционного покрытия. Для продления срока службы рукавов на них наносят защитное покрытие или осуществляют пропитку каркасов. Таким образом, для нужд пожаротушения могут быть использованы напорные рукава из натуральных или синтетических волокон.

В нашем случае объектами исследования являются напорные пожарные рукава с

армирующим каркасом из натуральных волокон. Данные каркасы ткут из льняных или хлопковых нитей. Конструкции рукавов с нитями из натуральных волокон имеют ряд преимуществ, к которым можем отнести меньшую массу, меньшие габариты скатки и лучшую стойкость к повышенным температурам. Основными их недостатками являются высокая склонность к гниению и сложность эксплуатации при отрицательных температурах [1]. Данные рукава имеют различные варианты конструктивного исполнения. В данной работе рассмотрена конструкция рукава, представленная на рис. 1.

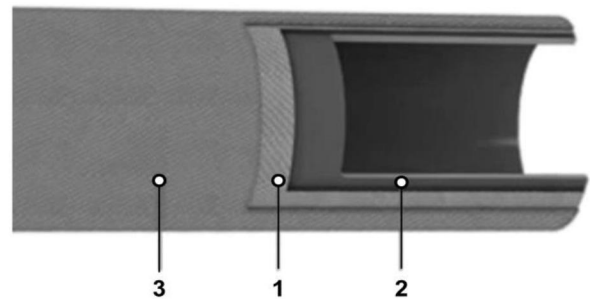


Рис. 1. Конструкция напорного рукава с армирующим каркасом из нитей натуральных волокон. 1 – наружный защитный слой; 2 – внутренний гидроизоляционный слой; 3 – армирующий каркас

Рукав состоит из наружного защитного слоя (1) внутри которого располагается гидроизоляционный слой (2), который обеспечивает практически полное отсутствие гидравлических потерь при прохождении через рукав огнетушащего вещества. Наружная поверхность рукава выполнена в виде армирующего каркаса из льняных волокон.

Для продления срока службы пожарных рукавов и поддержания их в рабочем состоянии необходимо регулярное проведение технического обслуживания, к которому относится сушка. В настоящее время в пожарно-спасательных частях сушка пожарных рукавов производится либо естественным способом, например в башенных сушилках, либо принудительным при помощи различных сушильных установок.

При сушке пожарных рукавов естественным способом рекомендуется учитывать температуру воздуха и относительную влажность. Температура должна составлять не менее 20°C, а относительная влажность влажности не более 80 %. Следует избегать прямого воздействия на рукава как солнечных лучей, так и осадков. Время сушки рукавов таким спо-

собом различно в зависимости от внешних условий и превышает время сушки принудительной. Такой способ сушки применяется для ускорения процесса удаления воды из материала рукава. В используемых в пожарно-спасательных частях сушильных устройствах температура теплоносителя варьируется от 50 °С до 70 °С. Обдув пожарных рукавов может производиться как с внешней, так и с внутренней стороны. Основными достоинствами принудительного способа сушки пожарных рукавов являются высокая скорость сушки и компактность сушильных устройств, а к недостаткам можем отнести высокую энергоемкость.

На практике наиболее часто сушка пожарных рукавов производится в камерных и башенных сушилках. Такие сушилки должны быть оснащены устройствами для подогрева воздуха.

Для проведения сушки рукава в башенной сушилке располагаются по всей площади поперечного сечения шахты, количество рукавов не должно превышать 45 шт., скорость воздуха составляет порядка 4 м/с. Основными проблемами связанными с эксплуатацией башенных сушилок является неравномерная циркуляция теплоносителя в шахте, низкий КПД, значительные габариты.

Меньшими габаритами отличаются камерные сушилки в которые рукава помещаются собранными в свободные скатки с расстоянием 20–25 мм между витками.

Перспективным методом сушки напорных пожарных рукавов является вакуумно-температурный, при котором интенсификация удаления жидкости из материала рукава достигается за счет пониженного давления воздуха в камере и повышенной температуры. Для данного метода проведена оптимизация временно-температурных характеристик процесса [3].

Сушить рукава на солнце, на батареях центрального отопления, газовых, угольных, электрических котлах запрещено.

Важным параметром, который необходимо рассматривать при изучении процесса сушки является характер связи влаги с материалом. В работе [4] приводится классификация материалов на три основные группы: коллоидные, капиллярно-пористые и коллоидные капиллярно-пористые исходя из коллоидно-физических свойств и изменению размеров при удалении влаги.

Другая классификация приводится в работе [5]. Представленная классификация основывается на кинетических особенностях массопереноса в определенных группах материалов и позволяет создать математическую

модель процесса сушки и учитывает кинетические свойства материала в твердой фазе, адсорбцию и экстрагирование.

Согласно классификации академика П. А. Ребиндера [6] формы связи подразделяются на три основных группы: химическую (основанную на ионной и молекулярной связи); физико-химическую, (адсорбционная и осмотическая связь); физико-механическую.

В работе [7] материалы, как объекты сушки классифицируются по внутренней структуре и тепловым характеристикам. В соответствии с предложенной в [7] классификацией полимерные материалы в зависимости от размера пор подразделяются на четыре основных группы:

- непористые (макропористые) материалы - диаметр пор свыше 100нм;
- однородно- и неоднородно-пористые материалы - диаметр пор до 6нм;
- материалы с диаметром пор от 6 до 2 нм;
- ультрамикропористые материалы, размер пор которых сопоставим с размером молекул жидкости.

Таким образом, несмотря на существование целого ряда классификаций материалов как объектов сушки всеобщая универсальная классификация влажных материалов отсутствует. Поэтому для создания математической модели процесса сушки напорных пожарных рукавов необходимо при выборе классификации опираться на свойства и структуру материалов, из которых данные изделия изготовлены. Среди рассмотренных классификаций по этому параметру наиболее подходящей является предложенная Б. С. Сажиним [7], где в качестве определяющих характеристик рассмотрена внутренняя структура и тепловые характеристики материалов.

Сушка влажных материалов обуславливается одновременным протеканием двух основных процессов [7, 8, 9, 10]: испарением влаги с поверхности тела (массоотдачей) и перемещением влаги внутри материала (массоперенос).

Что бы определить наиболее рациональные параметры технологического процесса сушки пожарных рукавов исходя из критериев минимального времени и минимальных энергетических затрат необходимо знание законов тепло- и массопереноса происходящий в рассматриваемом материале.

Для создания математической модели конвективной сушки напорных пожарных рукавов, учитывая, что они изготавливаются из капиллярно-пористых материалов необходимо описать кинетику процесса влагоудаления. Как правило, выделяют три задачи сушки:

1) внутреннюю задачу рассматривают при сушке материалов до низкого остаточного содержания влаги, когда диффузионное сопротивление переносу влаги внутри материала значительно превышает диффузионное сопротивление пограничного слоя при удалении влаги с поверхности материала в окружающую среду;

2) внешнюю задачу, которая решается при удалении свободной и слабосвязанной влаги, при сопротивлении пограничного слоя переносу влаги намного больше внутридиффузионного сопротивления материала;

3) смешанную задачу, возникающую при равенстве внутридиффузионного сопротивления и сопротивления пограничного слоя с учетом влияния внешних факторов.

При рассмотрении внешней задачи процесс испарения жидкости с поверхности влажного тела определяется переносом тепла и влаги через пограничный слой и диффузионно-конвективным переносом тепла и влаги в сушильном агенте. Основное сопротивление тепломассопереносу оказывает пограничный слой. Перенос тепла в пограничном слое обусловлен молекулярной теплопроводностью. На внешней границе слоя перенос вещества осуществляется преимущественно турбулентной диффузией, на внутренней – молекулярной диффузией, в промежуточной области механизм переноса – молекулярно-диффузионный. Плотность потока массы вещества может быть рассчитана по уравнению [11]:

$$j_m = -D \frac{\partial C}{\partial x} = \beta(C_{II} - C_c), \quad (1)$$

где β – коэффициент массоотдачи; $C_{II}; C_c$ – концентрация вещества на границе раздела фаз и ядра потока.

Интенсивность внешнего тепломассообмена зависит от разности концентраций паров влаги в пределах пограничного слоя и температуры сушильного агента. Разность температур между основной массой сушильного агента и поверхностью влажного материала обеспечивает передачу тепла, а разность концентраций поперёк пограничного слоя создаёт поток паров влаги от поверхности влажного тела [9].

Тепло- и массоперенос в капиллярно-пористых материалах при решении внутренней задачи может происходить вследствие различных механизмов переноса тепла и массы. Невозможность раздельного учета всех элементарных видов переноса во влажных материалах привела к тому, что в настоящее время в теории внутреннего тепло- и массопереноса

существует понятие единого потенциала переноса влаги, объединяющего в себе потенциалы элементарных переносов влаги. Поток влаги внутри капиллярно-пористого тела может быть записан в виде:

$$j_m = -\lambda_m \text{grad} \mathcal{G} = -\lambda_m \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial n} = -\lambda_m \nabla \mathcal{G}, \quad (2)$$

λ_m – коэффициент влагопроводности материала; \mathcal{G} – потенциал переноса влаги.

Потенциал \mathcal{G} зависит от температуры и влагосодержания материала, при этом поток влаги внутри материала является функцией локальных значений градиентов влагосодержания и температуры:

$$j_m = -a_m \rho_0 (\nabla U + \delta \nabla \mathcal{G}), \quad (3)$$

где a_m – коэффициент потенциалопроводности капиллярно-пористого материала; c_m – массовый коэффициент материала; U – влагосодержание материала.

Комплексную задачу тепло- и массопереноса решают, моделируя движение тепла и влаги внутри тела от его поверхности. Задачу часто упрощают, путем введения коэффициентов тепло- и массообмена α и β , которые в отличие от коэффициентов, рассматриваемых при решении внешней задачи, в процессе сушки могут изменяться. Различные виды переноса внутренней влаги аппроксимируют эффективным уравнением диффузии:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \nabla^2 C, \quad (4)$$

где C – концентрация влаги внутри тела; D – эффективный коэффициент диффузии, определяемый экспериментально. Решение уравнения (4) зависит от граничных и начальных условий, а также от формы тела.

Лыковым А. В. и Михайловым Ю. А. были рассмотрены теоретические вопросы высокотемпературной сушки [4, 12, 13]. Отмечено, что теплообмен при высокотемпературной сушке отличается от теплообмена между теплоносителем и влажным материалом при обычных температурах. Установлено, что при температуре материала ниже 50 °C явления переноса носят диффузионный характер. Повышение температуры приводит к интенсификации фазовых превращений. При сушке толстых материалов с температурой

100 °С при атмосферном давлении скорость превращения потока влаги в пар превышает скорость отвода вещества. Под действием гидродинамического молярного потока пара в материале возникает градиент общего давления. При достаточном подводе к телу тепла молярный массоперенос может быть доминирующим. Молярный массоперенос является характерным для всех видов высокотемпературной сушки. Уравнения тепло- и массопереноса для высокотемпературной сушки записываются следующим образом:

$$j = -\lambda \nabla T + i j_m; \quad (5)$$

$$j_m = -\lambda_m \nabla \vartheta - \lambda_m \delta \nabla T - b \nabla p, \quad (6)$$

где i – энтальпия; λ – коэффициент теплопроводности; b – коэффициент молярного переноса.

Потенциал массопереноса ϑ описывает капиллярное и диффузионно-осмотическое движение жидкости и диффузионный перенос пара. Плотность молярного потока связанного вещества описывается выражением:

$$j_m = -b \nabla p. \quad (7)$$

Участие в процессе сушки отдельных слагаемых различно в зависимости от интенсивности сушки. При температурах материала ниже 100 °С главную роль в массопереносе играет первое слагаемое уравнения (6). Второе слагаемое уравнения (6) представляет собой термоградиентный поток. При достижении материалом температуры 100 °С доминирующим может стать молярный массоперенос, т.е. третье слагаемое.

Из рассмотренных выше примеров математических описаний процессов конвективной сушки капиллярно-пористых материалов можно сделать вывод, что в данном вопросе основными базовыми моделями процесса являются модели, предложенные Лыковым А. В. и Михайловым Ю. А. Большое число математических описаний различных процессов сушки является лишь частным случаем представленной ими системы уравнений. Для различных видов материалов и объектов сушки тепло- и влагоперенос имеют свои особенности, поэтому математическое описание должно строиться на возможно более полных теоретических и экспериментальных исследованиях.

В нашем случае процесс сушки напорных пожарных рукавов представляет собой удаление свободной влаги и влаги, связанной

капиллярными силами. Основные физические явления процесса конвективной сушки заключаются в следующем:

- 1) передача тепла от воздушного потока к поверхности высушиваемого материала посредством конвекции;
- 2) перемещение тепла во внутренние слои материала вследствие теплопроводности;
- 3) перемещение влаги из внутренних слоёв материала к его поверхности, т.е. массоперенос;
- 4) испарение воды с поверхности высушиваемого материала.

В соответствии с приведенной физической моделью процесс сушки материала напорного пожарного рукава можно разделить на два периода: период постоянной скорости испарения воды из материала и период падающей скорости испарения воды. Представим материал пожарного рукава в виде пластины.

На рис. 2 показана схема периода постоянной скорости испарения воды из материала. Тепло к поверхности пластины поступает конвективно от горячего воздуха q_a . При этом температура поверхности материала ($x = R$) достигает 60 °С. В это время продолжается испарение свободной влаги с поверхности материала. Поле температур пластины имеет вид $\phi(x, \tau) = \phi_1(x)$.

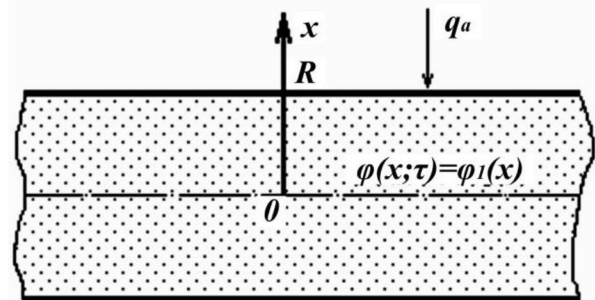


Рис. 2. Схема периода постоянной скорости испарения воды

В соответствии с физической моделью процесса имеем:

$$y(\tau) = 0; \quad (8)$$

$$\phi(x, \tau) = \phi_1(x); \quad (9)$$

$$\phi_1(R) = 333 \text{ (60°С)}. \quad (10)$$

Продолжаем расчет концентрации воды на поверхности пластины $x = R$:

$$U_B(\tau) = U_B - \frac{1}{R \cdot \rho \cdot r_B^*} \cdot \alpha_1 [\theta - \varphi(R, \tau)] \cdot \tau. \quad (11)$$

Расчет продолжается до тех пор, пока влагосодержание не достигнет критического значения U_B^* . С этого момента времени ($\tau = \tau_2$) происходит углубление локализованного фронта испарения воды. На поверхность пластины тепло поступает конвективно от горячего воздуха q_a . Граница испарения воды $x = z(\tau)$ отступает вглубь пластины. «Просушенный» слой прогревается. На движущуюся границу $x = z(\tau)$ тепло поступает за счёт теплопроводности q_λ . Поле температур внутренних слоёв материала постоянно $\phi(x, \tau) = \phi_1(x)$.

Схема периода падающей скорости испарения воды показана на рис. 3.

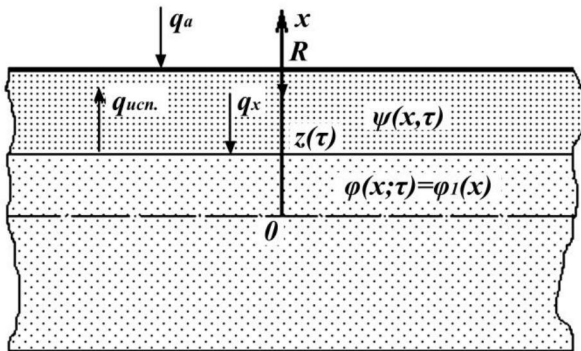


Рис. 3. Схема периода падающей скорости испарения воды

В соответствии с физической моделью данного процесса запишем математическую постановку задачи:

$$\frac{\partial \psi(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \psi(x, \tau)}{\partial x^2}; \quad (12)$$

$$z(\tau) < x < R; \quad \tau > 0; \quad z(0) = R; \quad (13)$$

$$\psi(x, 0) = \psi_1(0); \quad (14)$$

$$\lambda_\psi \frac{\partial \psi(x, \tau)}{\partial x} \Big|_{x=R} = \alpha_2 [\theta - \psi(R, \tau)]; \quad (15)$$

$$\lambda_\psi \frac{\partial \psi(x, \tau)}{\partial x} \Big|_{x=z(\tau)} = -\rho \cdot r_B^* \frac{dz}{d\tau}; \quad (16)$$

$$\phi(x, \tau) = \phi_1(x); \quad 0 \leq x \leq z(\tau); \quad (17)$$

$$\phi(z(\tau); \tau) = \psi(z(\tau); \tau) = 333 \text{ (60°C)}; \quad (18)$$

$$-\rho \frac{dz(\tau)}{d\tau} = \beta_2 \left[\exp \left(N_1 - \frac{N_2}{\phi(z(\tau); \tau)} \right) - P_B(\tau) \right]. \quad (19)$$

Здесь $\psi(x, \tau)$ – поле температур «подсушенного» от воды слоя; N_1, N_2 – постоянные коэффициенты в уравнении $\ln P_B^* = N_2 + N_1 \cdot \frac{1}{T}$, задающие зависимость логарифма давления насыщенных паров воды от обратной температуры; $P_B(\tau)$ – давление насыщенных паров воды.

Для решения данной задачи применяли метод дифференциальных рядов [6]. Решение находим в форме ряда: для $x \neq 0$

$$\psi(x, \tau) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^{2n}}{(2n)!} \cdot \frac{1}{a^n} \cdot \frac{d^n}{d\tau^n} \cdot B(\tau); \quad (20)$$

$$\text{для } x = 0 \quad \phi(0, \tau) = B(\tau); \quad (21)$$

где $B(\tau)$ – произвольная функция, вид которой должен обеспечить сходимость ряда.

Метод последовательных приближений (метод малого параметра) позволяет решить задачу с любой степенью точности. Нами получено решение задачи в нулевом приближении.

$$z_0(\tau) = \frac{\beta_2}{\rho} \left[P_B^* \tau - \int_0^\tau P_B(t) dt \right], \quad (22)$$

где

$$P_B^* = \exp \left(N_1 - \frac{N_2}{\phi(x(\tau); \tau)} \right) = \exp \left(N_1 - \frac{N_2}{373} \right);$$

$$\psi_0(x, \tau) = B_0(\tau) + \frac{x^2}{2!} B_0'(\tau), \quad (23)$$

где

$$B_0(\tau^*) = \left\{ -\frac{N_1 \frac{R}{a} g_H}{Bi} - D_0 - R^2 D_1 \right\} \cdot \left[1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n \exp(-\pi^2 (n+1/2)^2 \tau^*)}{(n+1/2)\pi} \right] +$$

$$+ D_0 + 2! R^2 D_1 \tau + N_1 \frac{R}{a} \frac{\beta_2}{\rho} \int_0^{\tau^*} f_3(\tau^* - t) P_B(t) dt + \int_0^{\tau^*} f_3(\tau^* - t) \cdot \theta(t) dt -$$

$$- 2! R^2 D_1 \left(\tau^* - \frac{1}{2} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n \exp(-\pi^2 (n+1/2)^2 \tau^*)}{(n+1/2)^3 \pi^3} \right),$$

где

$$f_3(\tau) = \pi \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot (2n+1) \cdot \exp(-\pi^2 (n+1/2)^2 \tau),$$

$$l_1 = \frac{\beta_2}{\rho} \exp N_1;$$

$$g_H = l_1 \exp\left(-\frac{N_2}{\phi_1(R)}\right).$$

Расчёт производим до тех пор, пока $z(\tau_2) = 0$ не достигнет нуля. В конце второго периода поле температур просушенного слоя $\psi(x; \tau_2) = \psi_1(x)$. При этом температура материала может достигать температуры теплоносителя.

Расчёт коэффициентов тепло- и массоотдачи производился при допущении, что при малых температурах теплоносителя скорость процесса лимитировалась преимущественно внешнедиффузионным сопротивлением.

Численным методом рассчитаны коэффициенты тепло- и массоотдачи для нескольких исследованных режимов обработки материала напорного пожарного рукава горячим воздухом. Оказалось, что как температурные зависимости, так и зависимости коэффициентов тепло- и массоотдачи от воздуха удовлетворительно (во всех случаях коэффициент корреляции не хуже 0,992) описываются линейными соотношениями:

Список литературы

1. Пожарная техника: учебник / Под ред. М. Д. Безбородько. М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. 550 с.
2. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов / В. И. Логинов [и др.]. М.: ВНИИПО, 2008. 55 с.

$$\alpha_1(\theta) = 679,4 - 4,02 \cdot \theta,$$

$$\alpha_2(\theta) = 29,1 + 0,25 \cdot \theta,$$

$$\beta_1(\theta) = 0,23 \cdot 10^{-6} + 0,24 \cdot 10^{-8} \cdot \theta, \quad (24)$$

$$\beta_2(\theta) = 0,31 \cdot 10^{-7} + 0,30 \cdot 10^{-9} \cdot \theta.$$

$$\alpha_1(w) = 73,5 + 0,11 \cdot 10^6 w,$$

$$\alpha_2(w) = 42,5 + 0,33 \cdot 10^5 w,$$

$$\beta_1(w) = 0,29 \cdot 10^{-6} + 0,44 \cdot 10^{-3} w, \quad (25)$$

$$\beta_2(w) = 0,41 \cdot 10^{-8} + 0,11 \cdot 10^{-4} w.$$

Уравнения (24, 25) позволяют рассчитать эффективность процесса сушки при любых параметрах сушильного агента. Разработанная математическая модель может служить теоретической базой при инженерных расчетах устройств для сушки напорных пожарных рукавов. Также на ее основе могут быть сформулированы научно-обоснованные предложения по выбору технологических параметров теплоносителя для сушки напорных пожарных рукавов в пожарно-спасательных подразделениях.

3. Елфимова М. В., Архипов Г. Ф. Вакуумно-температурная сушка пожарных рукавов // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2010. Т. 8. № 4. С. 8–13.
4. Лыков А. В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 470 с.
5. Рудобашта С. П. Массоперенос в системах с твердой фазой. М.: Химия, 1980. 248 с.
6. Всесоюзное научно-техническое со-

вещание по интенсификации процессов сушки. М.: Профиздат, 1958. 14 с.

7. Сажин Б. С. Основы техники сушки. М.: Химия, 1984. 320 с.

8. Лыков М. В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия, 1970. 432 с.

9. Фролов В. Ф. Моделирование сушки дисперсных материалов. Л.: Химия, 1987. 208 с.

10. Романков П. Г., Фролов В. Ф. Массообменные процессы химической технологии. Л.: Химия, 1990. 384 с.

11. Чесунов В. М., Захарова А. А. Оптимизация процессов сушки в лёгкой промышленности. М.: Легпромбытиздат, 1985. 112 с.

12. Михайлов Ю. А. Сушка перегретым паром. М.: Энергия, 1967. 200 с.

13. Лыков А. В., Михайлов Ю. А. Теория тепло- и массопереноса. М.Л.: Госэнергоиздат, 1963. 536 с.

References

1. *Pozharnaya tekhnika* [Firefighting equipment/ Ed. M.D. Bezborodko Moscow: Akademiya GPS MChS Rossii, 2004. 550 p.

2. *Metodicheskoe rukovodstvo po organizatsii i poryadku ekspluatsii pozharnykh rukavov* [Methodological guidance on the organization and operation of fire hoses] / V. I. Loginov [et al.]. Moscow: VNIPO, 2008. 55 p.

3. Elfimova M. V., Arhipov G. F. Vakuumno-temperaturnaya sushka pozharnykh rukavov [Vacuum-temperature drying of fire hoses]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS Rossii*, 2010, vol. 8, issue 4, pp. 8–13.

4. Lykov A. V. *Teoriya sushki* [Theory of drying]. Moscow: Energy, 1968. 470 p.

5. Rudobashta S. P. *Massoperenos v sistemah s tvyordoy fazoj* [Mass transfer in solid phase systems]. Moscow: Chemistry, 1980. 248 p.

6. *Vsesoyuznoe nauchno-tekhnicheskoe soveshchanie po intensifikatsii processov sushki* [All-Union scientific and technical meeting on the intensification of drying processes]. Moscow: Profizdat, 1958, p. 14.

7. Sazhin B. S. *Osnovy tekhniki sushki* [Basics of drying technology]. Moscow: Chemistry, 1984. 320 p.

8. Lykov M. V. *Sushka v himicheskoy promyshlennosti* [Drying in the chemical industry]. Moscow: Chemistry, 1970. 432 p.

9. Frolov V. F. *Modelirovanie sushki dispersnykh materialov* [Modeling the drying of dispersed materials]. Leningrad: Chemistry, 1987. 208 p.

10. Romankov P. G., Frolov V. F. *Massoobmennyye processy himicheskoy tekhnologii* [Mass transfer processes of chemical technology]. Leningrad: Chemistry, 1990. 384 p.

11. Chesunov V. M., Zakharova A. A. *Optimizatsiya processov sushki v lyogkoj promyshlennosti* [Optimization of drying processes in the light industry]. Moscow: Legprombytizdat, 1985. 112 p.

12. Mikhailov Yu. A. *Sushka peregretym parom* [Drying with superheated steam]. Moscow: Energy, 1967. 200 p.

13. Lykov A. V., Mikhailov Yu. A. *Teoriya teplo- i massoperenosa* [Theory of heat and mass transfer]. Moscow, Leningrad: Gosenergoizdat, 1963. 536 p.

Покровский Аркадий Алексеевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: aapokrovsky@mail.ru

Pokrovsky Arkady Alekseseevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

candidate of tech. sciences, assistant professor

E-mail: aapokrovsky@mail.ru

Киселев Вячеслав Валериевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: aapokrovsky@mail.ru

Kiselev Vyacheslav Valerievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
candidate of tech. sciences, assistant professor
E-mail: slavakis76@mail.ru

Топоров Алексей Валериевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: aarokrovsky@mail.ru

Toporov Alexey Valerievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
candidate of tech. sciences, assistant professor
E-mail: ironaxe@mail.ru

УДК 614.841

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПО ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

В. И. ПОПОВ, А. Н. ПЕСИКИН, М. В. ПУГАНОВ, В. Н. МИХАЛИН
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: Popovwi 49@mail.ru, mvpuganov@yandex.ru

Классификация объектов, зданий, помещений, наружных установок по промышленной и пожарной опасности предусмотрена для установления требований по обеспечению безопасности, в том числе по пожарной безопасности. Для определения категории наружных установок, помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, класса зон, класса функциональной пожарной опасности и др. в нормативных документах и методиках установлены определенные параметры и методики. Неоднозначные понимания требований нормативов приводит к проблемам в области обеспечения пожарной безопасности объектов.

Ключевые слова: пожарная опасность; пожарная безопасность; класс функциональной пожарной опасности; класс зон; категория помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

CLASSIFICATION OF OBJECTS BY HAZARD

V. I. POPOV, A. N. PESIKIN, M. V. PUGANOV, V. N. MIKHALIN
Federal State Educational Institution of Higher Education «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: Popovwi 49@mail.ru, mvpuganov@yandex.ru

Classification of objects, buildings, premises, outdoor installations for industrial and fire danger is provided for the establishment of safety requirements, including fire safety. To determine the category of outdoor installations, premises and buildings for explosion and fire hazard, zone class, functional fire hazard class, etc. in normative documents and methods, certain parameters and methods are established. Ambiguous understanding of the requirements of standards leads to problems in the field of fire safety facilities.

Key words: fire hazard; fire safety; functional fire hazard class; zone class; category of premises and outdoor installations for explosion and fire hazard.

Законодательством Российской Федерации предусмотрена классификация по промышленной и пожарной опасности производственных объектов, зданий и сооружений техносферы. Схема классификации объектов техносферы по промышленной и пожарной опасности приведена на рис. 1.

Гражданские здания и сооружения в соответствии со ст. 32 закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»¹ классифицируются по классу функциональной пожарной опасности (Ф1, Ф2, Ф3, Ф4 и Ф5). К классу Ф5 относятся производствен-

ные здания, но в составе гражданских объектов имеются производственные здания, например, стоянки автомобилей, склады и др. Здания (сооружения, пожарные отсеки и части зданий, сооружений – помещения или группы помещений, функционально связанные между собой) по классу функциональной пожарной опасности классифицируются в зависимости от их назначения, а также от возраста, физического состояния и количества людей, находящихся в здании, сооружении, возможности пребывания их в состоянии сна.

Промышленные объекты в соответствии с законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» разделяются на промышленные объекты повышенной опасности и промышленные объекты,

¹ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Собр. Законодательства РФ. 2012. № 29. Ст. 3997.

не относящиеся к объектам повышенной опасности.

Промышленные объекты повышенной опасности в соответствии с приложением 2 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» подразделяются на классы опасности

(I, II, III, IV). Классы опасности устанавливаются исходя из количества опасного вещества или опасных веществ, которые одновременно находятся или могут находиться на опасном производственном объекте, в соответствии с таблицами 1 и 2 приложения 2 ФЗ 116.

ТЕХНОСФЕРА

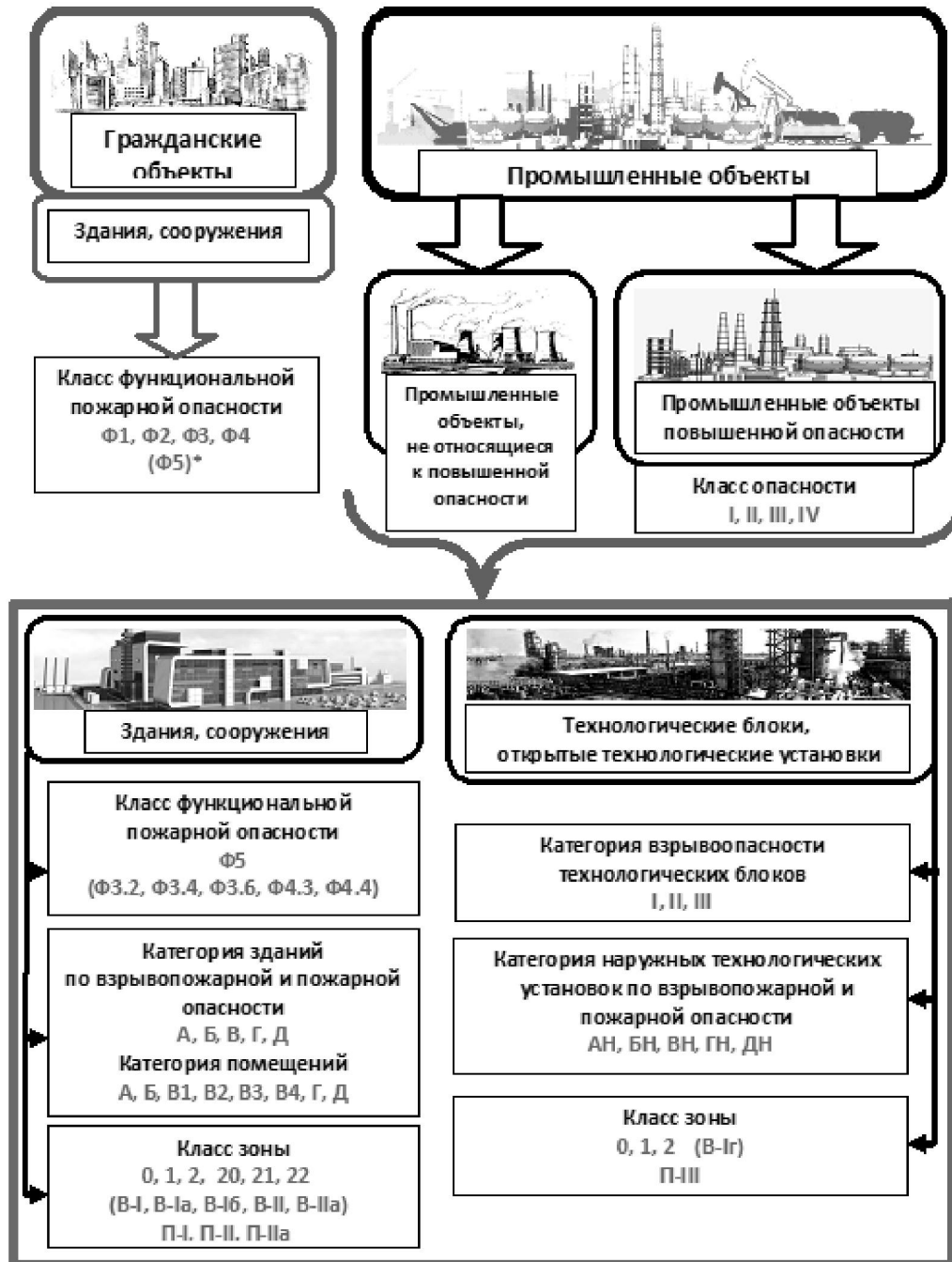


Рис. 1. Схема классификации объектов техносферы по промышленной и пожарной опасности

Здания, сооружения, технологические блоки и открытые технологические установки промышленных объектов по опасности классифицируются по:

- классу функциональной пожарной опасности зданий Ф5 (в состав производственных объектов входят здания класса функциональной пожарной опасности Ф3.2, Ф3.4, Ф3.6, Ф4.3, Ф4.4) Ф3 -123;

- категориям зданий по взрывопожарной и пожарной опасности А, Б, В, Г и категориям помещений по взрывопожарной и пожарной опасности А, Б, В1, В2, В3, В4, Г [1]. Категория помещений устанавливается по пожароопасным свойствам и количеству обращающихся веществ и материалов, а категория здания по категориям помещений, размещаемых в здании;

- классам зон в помещениях и зданиях – взрывоопасные зоны 0, 1, 2, 20, 21, 22 ПУЭ (В-I, В-Ia, В-Iб, В-II, В-IIa Ф3-123), пожароопасные зоны П-I, П-II, П-IIa ПУЭ, класс зоны определяется по пожароопасным свойствам и количеству обращающихся веществ;

- категориям взрывоопасности технологических блоков I, II, III ПУЭ, категории взрывоопасности технологических блоков устанавливаются по значениям относительных энергетических потенциалов и приведённой массе парогазовой среды;

- классам зон на открытых производственных площадках – взрывоопасные зоны 1, 1, 2 В3-123 (В-Iг ПУЭ), пожароопасные зоны П-III Ф3-123 и ПУЭ;

- категориям наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности АН, БН, ВН, ГН Ф3-123.

Безопасность людей и материальных ценностей при пожарах и авариях на промышленных и гражданских объектах во многом зависит от объективности оценки пожарной опасности и соответствующей классификации. Классификация объектов, зданий, помещений, наружных установок по промышленной и пожарной опасности предусмотрена для установления требований по обеспечению безопасности, в том числе по пожарной безопасности. Для определения категории наружных установок, помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, класса зон, класса функциональной пожарной опасности и др. в нормативных документах и методиках установлены определенные параметры и методики.

От правильной оценки пожарной опасности зависит безопасность людей и стоимость системы обеспечения пожарной безопасности. Системы обеспечения пожарной безопасности должны обеспечивать безопас-

ность людей и материальных ценностей и в тоже время не должны быть излишними, так как при этом могут быть необоснованные экономические затраты.

В современной системе нормативных документов и методиках, в некоторых случаях, приведены неоднозначные понятия и параметры которые вызывают сложности в оценке пожарной опасности и классификации объектов. О неоднозначности понятий в федеральном законе «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» отмечается в публикациях [1-3].

Например, класс функциональной пожарной опасности зданий определяется в соответствии со ст. 32 Ф3-123. В пункте 1 ст. 32 Ф3-123 указано, подразделяются «Здания (сооружения, пожарные отсеки и части зданий, сооружений - помещения или группы помещений, функционально связанные между собой) по классу функциональной пожарной опасности в зависимости от их назначения, а также от возраста, физического состояния и количества людей, находящихся в здании, сооружении, возможности пребывания их в состоянии сна». Из этого следует, что по классу функциональной пожарной опасности подразделяются здания, помещения и группы помещений и т.п. Но, в подпунктах 1-5 п. 1 ст. 32 только в некоторых подпунктах указано в качестве квалифицируемых объектов – помещения. В подпунктах 2б указано о классификации помещений (танцевальные залы), 3д (помещения для посетителей организаций бытового и коммунального обслуживания с нерасчетным числом посадочных мест для посетителей), 3е (бытовые помещения), 5а (производственные и лабораторные помещения, мастерские;), 5б (складские помещения). При такой формулировке возникают проблемы классификации. Некоторые специалисты надзорных органов пожарной безопасности убеждены, что если в подпунктах ст. 32 не указано о классификации помещений, то такой классификации не производится, а классифицируются по функциональной пожарной опасности только здания. Другие специалисты уверены – следует классифицировать и отдельные помещения во всех зданиях, если имеются помещения разных классов функциональной пожарной опасности, как указано в п. 1 ст. 32. Нет однозначного понятия и у специалистов проектных организаций. При этом возникают непреодолимые проблемы при оценке пожарной опасности, например, в столовых и кафе варочный цех и раздача относится к производственным помещениям или нет? Аналогично, лаборатории учебных организаций - следует считать производственными помещениями, как указано в подпункте 5а ст. 32 (про-

изводственные и лабораторные помещения), или не следует разделять в зданиях учебных организаций административные помещения, помещения учебных классов и кабинетов, лабораторий по классу функциональной пожарной опасности.

Класс функциональной пожарной опасности зданий (группы помещений, помещений) влияет на определение требуемой степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности. По разделению здания на помещения или группы помещений различных по классу функциональной пожарной опасности устанавливается необходимость устройства противопожарных преград и планировочные решения путей эвакуации.

Разделения помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности вызывают некоторые проблемы при определении категорий. Так для проведения расчетов по определению избыточного давления взрыва и определению удельной пожарной нагрузки не возможно установить необходимые пожароопасные параметры. В современных справочниках, для большинства включенных в справочники веществ, не приведены данные необходимые для расчета. Кроме того, по нашему мнению, разделение помещений по категориям взрывопожарной и пожарной опасности В1, В2, В3, В4 не обоснованное, так как помещения категории В4 во всех нормативах, устанавливающих требования пожарной безопасности, приравниваются к категории Д, а требования пожарной безопасности к помещениям категорий В1, В2, В3, практически не отличаются.

Не обеспечены справочными данными методы определения категорий по взрывопожарной и пожарной опасности наружных установок. Кроме того, в документе «Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных

установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (пример 33,34) категорию наружной установки авторы предлагают (нарушая требования закона) определять по значению избыточного давления взрыва (5 кПа) на расстоянии 30 м от наружной установки, хотя по федеральному закону «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» категория устанавливается по значению - «величина пожарного риска при возможном сгорании пыле- и (или) паровоздушных смесей с образованием волн давления превышает одну миллионную в год на расстоянии 30 метров от наружной установки» (категория «Б»), подобные критерии и для категории «А» и «В» ФЗ-123.

Требования нормативов современной системы технического регулирования в области пожарной безопасности содержат некоторые недостатки, которые негативно сказываются на вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов. Об этом указывают авторы научных публикаций Мешалкин Е.А., Коробко В.Б., Глуховенко Ю.М., Зернов С.И. и др. [4-10]. Самый важный недостаток нормативных документов – это неоднозначное понимание сущности требований.

Целесообразно внести изменения в нормативы системы технического регулирования в области пожарной безопасности с учетом замечаний в опубликованных статье специалистов. В первую очередь необходимы изменения закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Расчетные методы должны быть обеспечены справочными данными, не следует в нормативы включать методики, не обеспеченные необходимыми для расчета официальными исходными параметрами. Пожарная безопасность объектов в стране не может быть полигоном для экспериментов.

Список литературы

1. Попов В. И., Песикин А. Н., Пуганов М. В. Проблемы практического применения нормируемого параметра «пожарная безопасность» для строительных конструкций зданий и сооружений // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов I межвузовской научно-практической конференции (09 апреля 2015 года). Иваново, 2015. С. 119–122.

2. Попов В. И., Михалин В. Н., Песикин А. Н., Цеценевская О. И. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: опыт применения / [В. И. Попов и др.] //

Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной году пожарной охраны России (24–25 ноября 2016 года). Иваново, 2016. С. 105–110.

3. Попов В. И., Садков С. С. О некоторых парадоксах в нормативных документах по пожарной безопасности // Гуманитарные аспекты подготовки специалистов в области обеспечения безопасности жизнедеятельности: сборник материалов Межвузовской студенческой научно-практической конференции, посвященной 50-летию ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России и Году пожарной охраны России (21

апреля 2016 года). Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2016. С. 55–60.

4. Красавин А. В. Антикоррупционная экспертиза Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // *Пожаровзрывобезопасность*. 2009. № 9. С. 10–21.

5. Красавин А. В. Предложения по внесению изменений в «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» по результатам правоприменительной практики // *Пожаровзрывобезопасность*. 2010. № 1. С. 2–6.

6. Федорец А. Г. Основные направления совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности на основе методологии управления пожарными рисками // *Пожаровзрывобезопасность*. 2009. № 9. С. 22–30.

7. Кожушко Т. Г. Предложения по совершенствованию «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» // *Пожаровзрывобезопасность*. 2009. № 9. С. 31–34.

8. Коробко В. Б., Глуховенко Ю. М. Пожарная безопасность зданий и сооружений в контексте действий двух федеральных законов: «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» и «Технического регламента о безопасности зданий и сооружений» // *Пожаровзрывобезопасность*. 2010. № 4. С. 43–57.

9. Красавин А. В. Нормы пожарной безопасности. Системная проблема // *Пожаровзрывобезопасность*. 2010. № 4. С. 8–11.

10. Зернов С. И. Правовые и организационные проблемы реализации Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // *Пожарная безопасность в строительстве*. 2010. № 12. С. 8–11.

References

1. Popov V. I., Pesikin A. N., Puganov M. V. Problemy prakticheskogo primeneniya normiruемого параметра «pozharnaya bezopasnost'» dlya stroitel'nyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij [Problems of practical application of the standardized parameter «fire safety» for building structures of buildings and structures]. *Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii: sbornik materialov I mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (09 aprelya 2015 goda)*. Ivanovo, 2015, pp. 119–122.

2. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: opyt primeneniya [Technical regulation on fire safety requirements: application experience] / V. I. Popov [et al.]. *Sbornik materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj godu*

pozharnoj ohrany Rossii (24–25 noyabrya 2016 goda). Ivanovo, 2016, pp. 105–110.

3. Popov V. I., Sadkov S. S. O nekotoryh paradokсах v normativnyh dokumentah po pozharnoj bezopasnosti [About some paradoxes in fire safety regulations]. *Gumanitarnye aspekty podgotovki specialistov v oblasti obespecheniya bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: sbornik materialov Mezhvuzovskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 50-letiyu FGBOU VO Ivanovskoj pozharnospasatel'noj akademii GПС MCHS Rossii i Godu pozharnoj ohrany Rossii (Ivanovo, 21 aprelya 2016 goda)*. Ivanovo: FGBOU VO IPСА GПС MCHS Rossii, 2016, pp. 55–60.

4. Krasavin A. V. Antikorruptsionnaya ekspertiza Federal'nogo zakona «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti» [Anti-corruption expertise of the Federal Law «Technical Regulation on Fire Safety Requirements»]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2009, issue 9, pp. 10–21.

5. Krasavin A. V. Predlozheniya po vneseniyu izmenenij v «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti» po rezul'tatam pravoprimeritel'noj praktiki [Proposals for amendments to the «Technical Regulation on Fire Safety Requirements» based on the results of law enforcement practice]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2010, issue 1, pp. 2–6.

6. Fedorec A. G. Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya sistemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti na osnove metodologii upravleniya pozharnymi riskami [The main directions of improving the fire safety system based on the fire risk management methodology]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2009, issue 9, pp. 22–30.

7. Kozhushko T. G. Predlozheniya po sovershenstvovaniyu «Tekhnicheskogo reglamenta o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti» [Proposals for improving the «Technical Regulation on Fire Safety Requirements»]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2009, issue 9, pp. 31–34.

8. Korobko V. B., Gluhovenko YU. M. Pozharnaya bezopasnost' zdaniy i sooruzhenij v kontekste dejstvij dvuh federal'nyh zakonov: «Tekhnicheskogo reglamenta o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti» i «Tekhnicheskogo reglamenta o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij» [Fire safety of buildings and structures in the context of the actions of two federal laws: «Technical regulation on fire safety requirements» and «Technical regulation on safety of buildings and structures»]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2010, issue 4, pp. 43–57.

9. Krasavin A. V. Normy pozharnoj bezopasnosti. Sistemnaya problema [Fire safety standards. System problem]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2010, issue 4, pp. 8–11.

10.Zernov S. I. Pravovye i organizacionnyye problemy realizacii Federal'nogo zakona № 123-FZ «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti [Legal and

organizational problems of the implementation of Federal Law «Technical Regulation on Fire Safety Requirements»]. *Pozharnaya bezopasnost' v stroitel'stve*, 2010, issue 12, pp. 8–11.

Попов Владимир Иванович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: Popovwi 49@mail.ru

Popov Vladimir Ivanovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
Candidate of technical sciences, docent
E-mail: Popovwi 49@mail.ru

Песикин Александр Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Старший преподаватель
E-mail: pesikin58@mail.ru

Pesikin Aleksandr Nikolaevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
Senior lecturer
E-mail: pesikin58@mail.ru

Пуганов Михаил Владимирович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Кандидат педагогических наук, старший преподаватель
E-mail: mvpuganov@yandex.ru

Puganov Mihail Vladimirovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
Candidate of pedagogical sciences, senior lecturer
E-mail: mvpuganov@yandex.ru

Михалин Владимир Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Старший преподаватель
E-mail: mihalin_v_n@mail.ru

Mikhalin Vladimir Nikolaevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
Senior lecturer
E-mail: mihalin_v_n@mail.ru

УДК 64.841

ОЦЕНКА РИСКА ВОЗГОРАНИЯ ОБОЛОЧКИ ВОЗДУХООПОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ

В. И. ПРИСАДКОВ, С. В. МУСЛАКОВА, С. Ю. ХАТУНЦЕВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России),
Российская Федерация, г. Балашиха
E-mail: k708@yandex.ru

Введение. При использовании помещений в воздухоопорных сооружениях (ВОС) для ремонта и хранения мобильной техники, занятий спортом, складирования материалов необходимо знать пожарную опасность сооружений. Пожарная опасность ВОС заключается в риске загорания материала оболочек от очагов пожара, которые, в принципе, могут быть потушены первичными средствами пожаротушения до наступления момента загорания материала оболочки. **Методы.** В статье рассмотрен случай воспламенения оболочки при ее контакте с факелом пламени над очагом пожара, температура которого заведомо выше температуры воспламенения материала оболочки. Рассмотрены два варианта очагов пожара: горение пролива легковоспламеняющейся жидкости и горение штабеля брусков (мебели) на полу ВОС. Используя работу Gunnar Yeskestad, получены аналитические выражения для высоты факела относительно уровня размещения пожарной нагрузки на уровне пола. Высота факела зависит от ряда изменяющихся входных параметров: эквивалентного диаметра площади горения, коэффициента полноты сгорания, скорости выгорания, низшей теплоты сгорания продуктов пиролиза (испарения жидкости), стехиометрического соотношения по воздуху газообразных продуктов пиролиза, низшей теплоты сгорания. **Результаты.** Высота факела приведена к виду, в котором входным аргументом (фактором) является объем пролитой горючей легковоспламеняющейся жидкости или площадь складированной на уровне пола мебели (брусков из древесины), участвующих в пожаре. В статье приведены значения высоты факела пламени над двумя видами очагов пожара: для объема пролитого бензина, изменяющегося в диапазоне от 0,5 л до 10 л, и для площади горения мебели в диапазоне от 0,5 до 10 м². **Обсуждение.** В статье получены в координатах («объем-высота» и «площадь-высота») границы зон безопасности объема пролитого бензина V и площади горения мебели S при заданной высоте оболочки H над местом возникновения очага пожара. **Практическая значимость.** Предложенный инженерный метод позволяет количественно оценивать пожарную опасность, возникающую в условиях эксплуатации воздухоопорных сооружений и разработать соответствующие организационно-технические мероприятия.

Ключевые слова: факельное горение, пожарная опасность, профилактика обрушения, условия воспламенения.

ASSESSMENT OF RISK OF IGNITION OF THE COMPRESSED AIR SUPPORT CONSTRUCTIONS COVER IN CASE OF FIRE

V. I. PRISADKOV, S. V. MUSLAKOVA, S. YU. KHATUNTSEVA

Federal state budgetary institution «All-Russian order»
badge of Honor research Institute of fire defense of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Balashikha
E-mail: k708@yandex.ru

Introduction. It is necessary to know the fire danger of constructions for using the premises in the compressed- air constructions (VOS) for the repair and storage of mobile equipment, sports, warehousing of materials. The fire danger of VOS is in the risk of inflammation of the material of the covers from the fire sources, which, in principle, can be extinguished by primary means of fire extinguishing means before the

moment of ignition of the cover material. **Methods.** The article reviews the case of inflammation of the cover in contact with the flame torch above the fire source, the temperature of which is obviously higher than the inflammation temperature of the cover material. Two variants of fire source are considered: the burning of a spill of flammable liquid or the burning of a stack of bars (furniture) on the VOS floor. Using the work of Gunnar Yeskestad, analytical expressions for the height of the torch relative to the level of placement of the fire load at the floor level are obtained. The height of the torch depends on a number of changing input parameters: the equivalent diameter of the combustion area, the burnout rate, burnout rate, the lowest heat of combustion of pyrolysis products (liquid evaporation), the stoichiometric air ratio of gaseous pyrolysis products, the lowest heat of combustion. **Results.** The height of the torch is given to the form in which the input argument (factor) is the volume of spilled flammable liquid or the area of furniture stored at the floor level (bars of wood) involved in the fire. The article presents the height values of the torch above two types of fire sources for the volume of spilled petrol, varying in the range from 0.5 l to 10 l, and for the burning area of furniture in the range from 0.5 to 10 m². **Discussion.** The article obtained in the coordinates ("volume-height" and "area height") of the border security zone of the volume V of spilled gasoline and burning area furniture S at a given shell height H above the center of the fire. **Practical significance.** The proposed engineering method allows to quantify the fire danger arising in the conditions of operation of compressed-air constructions and to develop appropriate organizational and technical actions.

Key words: flare burning, fire danger, prevention of collapse, the conditions of ignition.

ВВЕДЕНИЕ

Воздухоопорные конструкции с избыточным внутренним давлением, тентовые каркасные сооружения (далее объекты) находят широкое применение в различных областях. Априори их относят к зданиям (сооружениям) V-ой степени огнестойкости.

Объекты используются для спортивных и оздоровительных целей, включая массовые мероприятия, для укрытия техники от атмосферных воздействий. В ряде случаев они квалифицируются как временные сооружения.

Воздухоопорные сооружения в силу используемых горючих материалов в оболочках объектов обладают высокой пожарной опасностью. При этом важным практическим вопросом является изучение условий защиты оболочек от локальных очагов пожаров, расположенных на полу оболочек (мебели, оборудования, проливов жидкостей).

Следует отметить, что данная информация отсутствует в пожарно-технической литературе.

Таким образом, целью настоящей статьи является снижение пожарных рисков воздухоопорных сооружений, связанных с их применением. Для ее достижения решалась следующая задача:

определение высоты факела при горении пролива горючих жидкостей в зависимости от объема пролитой жидкости;

определение высоты факела при горении твердых материалов в зависимости от площади горения.

Количественные оценки высоты факела, при контакте которого с оболочкой возникает разрушение оболочки, позволяет разра-

ботать профилактические мероприятия по предотвращению подобных ситуаций.

Модель оценки риска воспламенения оболочек, изготовленных из полимерных материалов, например, полиэфирной ткани с покрытием из поливинилхлорида (ПВХ), армированной полиэфирной (полиэстироловой) сеткой. ПВХ ткани оболочек имеют толщину 0,5÷0,8 мм [1].

По литературным данным температура воспламенения ПВХ пленки может составлять 350-420 °С [2].

В силу отсутствия достоверных данных примем, что пленка оболочки воспламеняется, если факел пламени коснется пленки оболочки (достаточное условие воспламенения).

Рассмотрим два случая пожара в объеме ВОС при следующих предположениях.

1. Пожарная нагрузка – сосредоточена на полу ВОС в виде пролива ЛВЖ или мебели из древесины.

2. Очаг пожара расположен достаточно далеко от боковых поверхностей ВОС и пристеночными эффектами пламени, радиационным потоком от пламени на боковые поверхности оболочки пренебрегаем.

3. Циркуляционные потоки воздуха от конвективной колонки пожара, нарушающие устойчивость факела, не учитываем.

4. Температура окружающей среды для факела в ВОС принимается равной $T_{\infty} = 293$ К.

Согласно [3], высота факела над уровнем размещения пожарной нагрузки, в данном случае уровнем пола, равна, м,

$$L = -1,02 D + A \dot{Q}^{\frac{2}{5}}, \quad (1)$$

где D — эквивалентный диаметр площади горения, м; \dot{Q} — мощность тепловыделения при горении пожарной нагрузки, кВт, рассчитываемая как

$$\dot{Q} = \eta \cdot \psi \cdot S \cdot H_c, \quad (2)$$

где η — коэффициент полноты сгорания; ψ — скорость выгорания, кг/м²·с; S — площадь горения, м²; H_c — низшая теплота сгорания, кДж/кг и коэффициент

$$A = 15,6 \cdot \left[\frac{C_p T_\infty}{g \rho_\infty^2 (H_c / r)^3} \right]^{1/5}, \quad (3)$$

где C_p — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/кг·К; T_∞ — температура и плотность воздуха ρ_∞ окружающей среды, К; кг/м³ соответственно, g — ускорение свободного падения, м/с²; r — стехиометрическое соотношение по воздуху газообразных продуктов пиролиза (испарения жидкостей).

Рассмотрим пожар на уровне пола ВОС, вызванный горением паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей с объемом пролива V , л, например, бензина, где V измеряется в литрах, 10^{-3} м³. Площадь пролива бензина $S = VS_0$, где S_0 — площадь разлива 1 л бензина на полу, м².

$$L = -1,02 \cdot 2 \sqrt{\frac{V \cdot S_0}{\pi}} + 0,231 \cdot (0,85 \cdot 0,049 \cdot VS_0 \cdot 44094)^{2/5} = -1,15 \cdot (V \cdot S_0)^{1/2} + 4,67 \cdot (V \cdot S_0)^{2/5}. \quad (6)$$

Примем, что площадь пролива 1 л бензина на горизонтальном полу, не пропускающем жидкость, равна $S_0 = 1$ м². Поэтому высота пламени при горении пролива бензина

$$L = -1,5V^{1/2} + 4,67 \cdot (V)^{2/5}. \quad (7)$$

Рассмотрим пожар в ВОС в месте складирования мебели из древесины, расположенной на уровне пола. Площадь горения S , влажность древесины 20 %.

Приведенный диаметр очага пожара

$$D = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

Стехиометрический коэффициент продуктов пиролиза для древесины при $\mathcal{G}_0 = 3,74$ м³/кг равен [4]:

Эквивалентный диаметр площади пожара

$$D = 2 \sqrt{\frac{V \cdot S_0}{\pi}}. \quad (4)$$

На основе данных [4] рассчитаем стехиометрическое соотношение r при горении паров бензина в воздухе

$$r = \mathcal{G} \cdot \rho_\infty,$$

где \mathcal{G} — объем воздуха, требующийся на сгорание 1 кг газообразного горючего. Для бензина $\mathcal{G} = 11,6$ м³/кг при $\rho_\infty = 1,24$ кг/м³ [4]. Поэтому ($T = 273$ °К) принимается $r = 14,37$.

При $H_c = 44094$ кДж/кг найдем $\frac{H_c}{r} = \frac{44094}{14,37} = 3068$ кДж/кг; $C_p = 1,00$ кДж/кг·К, $T_\infty = 293$ К, $g = 9,81$ м/с², $\Psi = 0,049$ кг/м²·с, $\rho_\infty = 1,20$ кг/м³ [3] и по формуле (3)

$$A = 15,6 \cdot \left[\frac{1,0 \cdot 293}{9,81 \cdot 1,2^2 \cdot 3068^3} \right]^{1/5} = 0,231 \text{ м} \cdot \text{кВт}^{-2/5}. \quad (5)$$

Подставляя формулы (2), (4) и (5) и численные значения входных параметров в формулу (1), получим: (при $\eta = 0,85$)

$$r = \mathcal{G}_0 \cdot \rho_0 = 3,74 \cdot 1,29 = 4,84.$$

Скорость выгорания древесины примем по [4]

$$\Psi_{др} = 0,019 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

и при низшей теплоте сгорания древесины $H_c = 13800$ кДж/кг

$$\frac{H_c}{r} = \frac{13800}{4,84} = 2851 \text{ кДж}/\text{кг}$$

$$\text{и } Q = 0,85 \cdot 0,019 \cdot 13800 \cdot S = 222,9 \cdot S \text{ кВт},$$

где $[S]$ м².

Поэтому по формуле (3):

$$A = 15,6 \cdot \left[\frac{1,0 \cdot 293}{9,8 \cdot 1,2^2 (2851)^3} \right]^{1/5} = 0,242 \text{ м} \cdot \text{кВт}^{-2/5}.$$

Следовательно,

$$L = -1,02D + 0,242 \cdot (222,9 \cdot S)^{\frac{2}{5}} =$$

$$= -1,15 \cdot S^{\frac{1}{2}} + 2,10 \cdot S^{\frac{2}{5}}. \quad (8)$$

Если высота помещения в месте возможного очага пожара равна H м, то критический объем пролива бензина, $V_{кр}$, л, при которой с высокой вероятностью возникает воспламенение оболочки, определяется из уравнения (7) при $L=H$

$$4,67V_{кр}^{\frac{2}{5}} - 1,5V_{кр}^{\frac{1}{2}} - H = 0. \quad (9)$$

Аналогично, предельную площадь размещения мебели (штабеля из брусков древесины), $S_{кр}$, при известной высоте помещения H м, можно установить из уравнения (8), положив $L=H$ и $S=S_{кр}$.

$$2,1S_{кр}^{\frac{2}{5}} - 1,5S_{кр}^{\frac{1}{2}} - H = 0. \quad (10)$$

Значения V и S , соответствующих областям безопасности в координатах (V, H) или (S, H) можно легко определить из выражений (9) или (11), соответственно, путем замены знака «неравенства» на знак «меньше» в формулах (9) и (10).

Далее необходимо остановиться на вероятностном аспекте задачи.

Как известно, диффузные пламена за счет архимедовых сил всплывают и постоянно изменяются в пространстве, пульсируют вдоль вертикальной оси. Согласно определению высоты по Е.Е. Zukoski [5] за высоту пламени принимается высота, при которой верхняя точка факела находится в пламени 50 % времени от времени пожара. То есть, языки пламени могут отрываться и подниматься на большую высоту с меньшим временем пребывания. Вопрос заключается в том, могут ли отдельные проскоки пламени зажечь оболочку ВОС. В настоящее время ответа на этот вопрос нет.

Анализ результатов расчетов.

Из формулы (7) для пролива $V = 1$ л бензина $L = -1,5 + 4,67 = 3,17$ м.

В табл. 1 представлена зависимость высоты пламени от объема пролитого ЛВЖ (бензина).

Аналогично из формулы (8) находим высоту пламени при горении древесины в очаге. Например, при $S=4$ м² получим

$$L = -1,15 \cdot \sqrt{4} + 2,10 \cdot (4)^{\frac{2}{5}} = -2,3 + 3,66 = 1,33 \text{ м.}$$

В табл. 2 приведена зависимость высоты пламени от площади горения мебели.

Таблица 1. Зависимость высоты факела от объема пролива бензина

Объем пролива бензина, $V, 10^{-3} \text{ м}^3$	Высота пламени, $H, \text{ м}$
0,5	2,4
1	3,2
2	4,0
4	5,0
6	6,0
10	6,9

Таблица 2. Зависимость высоты пламени от площади горения мебели

Площадь горения мебели (брусков), $S, \text{ м}^2$	Высота пламени, $H, \text{ м}$
0,5	0,80
1	0,95
2	1,10
4	1,30
6	1,45
10	1,60

Приведенные результаты позволяют, во-первых, количественно оценить потенциальный риск размещения пожарной нагрузки в объекте воздухоопорного сооружения с точностью до места размещения с учетом высоты оболочки, во-вторых, выделить наиболее опасные места размещения пожарной нагрузки, включая ЛВЖ и ГЖ.

ВЫВОДЫ

На примерах горючей жидкости – бензина и древесины – получены аналитические формулы для оценки безопасной высоты помещения под воздухоопорной оболочкой в зависимости от площади твердой пожарной нагрузки или площади пролива горючих жидкостей на полу помещения под оболочкой.

Для заданной высоты помещений и параметров пожарной нагрузки установлены границы безопасных площадей пролива жидкостей или размещения материалов из древесины безопасные в части риска воспламенения оболочек при пожаре.

Разработан инженерный метод оценки риска воспламенения оболочек с учетом их применения, предназначенный для практической работы инспекторам пожарной охраны и специалистам по профилактике пожаров.

Список литературы

1. Википедия. Материалы оболочек. Стр. архив. <http://strog-archiv.ru/vozdhuoopornezdaniya/340-materialy-obolochek.htm>
2. Корольченко А. Я. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средств их тушения. Справочник. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2000. Ч. II.
3. Handbook of fire Protection Engineering. Third Edition CHAPTE 2-1/ Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment. Gunnar Heskestad.
4. Иванников В. П., Ключ П. П. Справочник руководителя тушения пожара. М.: Стройиздат, 1987. 288 с.
5. Zukoski E. E., Getegen B. M. And Kubota, 20th Symposium on Combustion. Combustion Institute. Pittsburgh. PA (1985).

Присадков Владимир Иванович

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

E-mail: k708@yandex.ru

Prisadkov Vladimir Ivanovich

Federal state budgetary institution «All-Russian order» badge of Honor research Institute of fire defense of EMERCOM of Russia,

Russian Federation, Balashikha

Doctor of Technical Sciences, Professor, Main researcher

E-mail: k708@yandex.ru

Мушлакова Светлана Витальевна

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: k708@yandex.ru

Muslakova Svetlana Vital'yevna

Federal state budgetary institution «All-Russian order» badge of Honor research Institute of fire defense of EMERCOM of Russia,

Russian Federation, Balashikha

Candidate of Technical Sciences, Leading researcher

E-mail: k708@yandex.ru

Хатунцева Светлана Юрьевна

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

старший научный сотрудник.

E-mail: k708@yandex.ru

Khatuntseva Svetlana Yur'yevna

Federal state budgetary institution «All-Russian order» badge of Honor research Institute of fire defense of EMERCOM of Russia,

Russian Federation, Balashikha

Senior Researcher

E-mail: k708@yandex.ru

References

1. Wikipedia. The materials of shells. Build archive. <http://strog-archiv.ru/vozdhuoopornezdaniya/340-materialy-obolochek.htm>
2. Korolchenko A. Ya. *Pozharovzryvobezopasnost' veshchestv i materialov i sredstv ikh tusheniya. Spravochnik* [Fire and explosion safety of substances and materials and means of their extinguishing. Handbook]. Moscow, 2000, part II.
3. Handbook of fire Protection Engineering. Third Edition CHAPTE 2-1/ Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment. Gunnar Heskestad
4. Ivannikov V. P., Klyus P. P. *Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara* [Directory of the head of fire extinguishing]. Moscow: Stroizdat, 1987, 288 p.
5. Zukoski E. E., Getegen B. M. And Kubota, 20th Symposium on Combustion. Combustion Institute. Pittsburgh. PA (1985).

УДК 614.847.79

ОЦЕНКА БЕЗОТКАЗНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

А. Д. СЕМЕНОВ, Ю. Н. МОИСЕЕВ, М. А. КОЛБАШОВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
sad8_3@mail.ru, fireman13@mail.ru, kolbashow@mail.ru

В работе показано, что безотказность пожарной техники и оборудования в подразделениях ГПС МЧС России при эксплуатации поддерживается комплексом профилактических мероприятий при техническом обслуживании.

Установлено, что по соотношению величины давления, создаваемого при перекусывании прутка комплектом инструмента после периода эксплуатации, к величине давления, создаваемого новым комплектом, можно оценить вероятность безотказной работы на текущий момент времени. Полученные математические зависимости времени от создаваемого давления при перекусывании комплектами гидравлического аварийно-спасательного инструмента с разным периодом эксплуатации можно использовать для прогнозирования изменения основного параметра (давления), что позволяет при накопившихся данных об эксплуатации инструмента оценить его безотказность при испытании или ежемесячной проверке.

Ключевые слова: гидравлический аварийно-спасательный инструмент, отказ, эксплуатация.

EVALUATION OF RELIABILITY OF HYDRAULIC RESCUE TOOLS IN OPERATION BY THE RESULTS OF HYDRAULIC TESTS

A. D. SEMENOV, YU. N. MOISEYEV, M. A. KOLBASHOV

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
sad8_3@mail.ru, fireman13@mail.ru, kolbashow@mail.ru

The paper shows that the reliability of fire equipment and equipment in the units of the Ministry of emergency situations of Russia during operation is supported by a set of preventive measures during maintenance.

It is established that the ratio of the pressure created when snapping the bar, a set of tools after the period of operation, to the pressure created by the new set can estimate the probability of trouble-free operation at the current time. The obtained mathematical dependences of time on the created pressure when snacking sets of hydraulic rescue tools, with different periods of operation, can be used to predict changes in the main parameter (pressure), which allows the accumulated data on the operation of the tool to assess its reliability during testing or monthly inspection.

Key words: hydraulic rescue tool, failure, exploitation.

В [1] показано, что от своевременного прибытия, эффективного разбора завалов и деблокирования пострадавшего из поврежденного транспортного средства, оказания первой помощи на месте происшествия зависит спасение жизни еще 12–15% пострадавшим.

Успешность ликвидации последствий чрезвычайной ситуации зависит от технического оснащения и эксплуатационных характеристик пожарной техники и оборудования пожарно-спасательных подразделений. Техника, применяемая при тушении пожара и проведения аварийно-спасательных работ, характеризуется безотказностью. Безотказность в процессе эксплуатации технических систем под-

держивается комплексом профилактических мероприятий при техническом обслуживании [2, 3].

Основным инструментом при проведении аварийно-спасательных работ [1] является гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ), от исправного состояния которого зависят временные показатели выполнения спасательных операций. Однако неясно, как оценить безотказность инструмента в процессе эксплуатации. Для решения поставленной задачи требуется разработка диагностических мероприятий, направленных на определение изменений технического состояния ГАСИ.

Анализ литературы^{1,2,3} показал, что проверка технического состояния элементов, входящих в комплект ГАСИ, проводится при вводе в эксплуатацию, после ремонта и во время эксплуатации, но не реже одного раза в месяц. В свою очередь, ГОСТ 50982-2009 устанавливает общее требование к создаваемому усилию на рабочих органах как к отдель-

ным элементам инструмента, входящим в комплект ГАСИ, так и в целом к комплекту.

Таким образом, по изменению параметра создаваемого усилия при проведении проверок и испытании ГАСИ можно осуществлять прогноз надежностных свойств инструмента в процессе эксплуатации.

В работах [4, 5] предложено проводить определение показателей рабочей жидкости (время создания требуемого усилия, развиваемое давление, определение утечки и т.д.) при изменении усилия на рабочем органе, что позволяет оценить техническое состояние исследуемого ГАСИ. Имея данные по изменению параметров работы инструмента за несколько последних испытаний, можно сделать заключение об изменении технического состояния за определенный период времени.

С целью измерения создаваемого усилия элементов комплекта ГАСИ всех существующих марок оборудования как отечественного, так и зарубежного производства, предлагается использование установки [4], представленной на рис. 1.

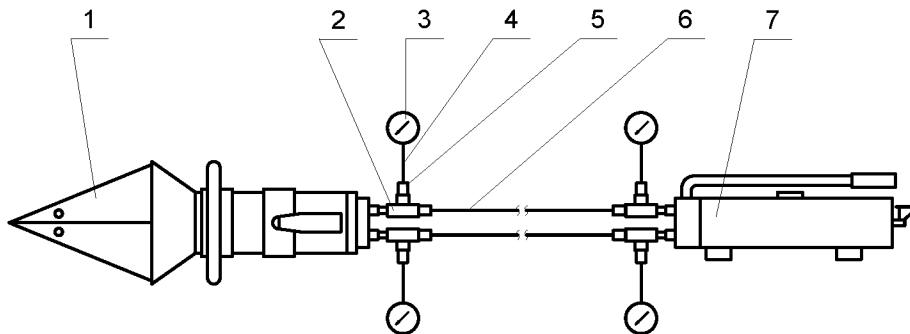


Рис. 1. Схема установки для испытания комплекта ГАСИ

1 – гидравлический инструмент, 2 – тройник, 3 – манометр высокого давления,
4 – рукав высокого давления, 5 – быстроразъемное соединение,
6 – штатные магистрали высокого давления, 7 – ручной насос из комплекта инструмента

Установка для испытания комплекта ГАСИ (рис. 1) [5] состоит из: ручного насоса 7

и инструмента 1, из которого выворачиваются стандартные штуцеры, на их место устанавливаются специально изготовленные тройники 2, к которым с помощью быстроразъемных соединений 5 крепятся манометры 3. В оставшееся отверстие тройника 2 вворачиваются изъятые ранее стандартные штуцеры, что обеспечивает возможность присоединения штатных магистралей высокого давления 6. Манометры 3 присоединяются к быстроразъемному соединению 5 с помощью гибких рукавов высокого давления, что позволяет располагать их в удобном положении при проведении испытаний. Составляющие элементы установки подобраны с учетом предельного рабочего давле-

¹ ГОСТ 50982-2009 Инструмент для проведения специальных работ на пожарах. Введ. 2010-01-01. М.: Стандартинформ, 2009. 23 с.

² ГОСТ Р 22.9.18-2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Инструмент аварийно-спасательный гидравлический. Общие технические требования. Введ. 2015-04-01. М.: Стандартинформ, 2014. 20 с.

³ ГОСТ Р 22.9.28-2015 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Инструмент аварийно-спасательный. Классификация. Введ. 2016-04-01. М.: Стандартинформ, 2015. 6 с.

ния 80 МПа и согласно техническим характеристикам ГАСИ. Принцип работы установки заключается в передаче механической энергии при помощи ручного гидравлического насоса 7 на питатели инструмента 1 посредством гидравлической жидкости через штатные магистрали высокого давления, по показаниям манометров фиксируется создаваемое давление в системе.

Состав лабораторного оборудования входящего в комплектацию установки:

1. Установка для испытания комплекта ГАСИ (рис.1);
2. Гидравлический аварийно-спасательный инструмент различных марок;
3. Манометр (пределы измерения от 1 до 100 МПа класса точности не ниже 2,5) – 4 шт.;
4. Комплект металлических прутков Ст3 диаметром $d = 5, 10, 12, 14, 16, 18, 25$ мм;
5. Секундомер.

Порядок проведения испытания комплектов инструмента на установке испытания:

- установить пруток для резки на стойке;
- развести рабочие органы инструмента в крайнее положение и установить металлический пруток в первой зоне резания (рис. 2);
- свести рабочие органы до касания с прутком, осуществить перекусывание прутка соответствующего диаметра;

- зафиксировать время резания прутка t (от момента касания режущей кромки рабочих органов прутка) и максимальное давление разрезания p ;

- контролировать соответствие времени раскрытия рабочих органов нормативному значению – время открывания ножей в режиме холостого хода – не более 7 с.

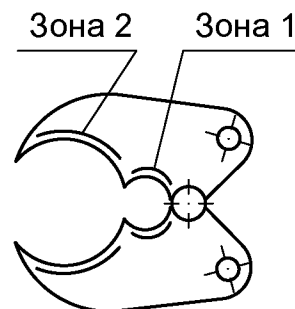


Рис. 2. Зоны резания прутка рабочими органами ГАСИ

По результатам испытаний гидравлического аварийно-спасательного инструмента получены экспериментальные данные по времени разрезания t (от момента касания режущей кромки рабочих органов прутка) и максимальному давлению разрезания p по перерезанию прутка различными марками ГАСИ (таблица).

Таблица. Экспериментальные данные по перерезанию прутка различными марками ГАСИ

Диаметр прутка, мм	Новый ГАСИ		ГАСИ через год эксплуатации	
	Давление p , атм.	Время t , с	Давление p , атм.	Время t , с
«Простор»				
5	98	0,5	93,1	0,5
10	196	1,3	186,2	1,3
12	235,2	1,8	223,4	1,9
14	274,4	2,2	260,7	2,3
16	313,6	2,6	297,9	2,7
18	352,8	3,6	335,2	3,8
25	490,1	7,5	465,6	9
«Спрут»				
5	118,2	0,5	112,3	0,5
10	236,4	1,6	224,6	1,7
12	283,7	1,9	269,5	2
14	331	2,3	314,4	2,4
16	378,3	2,6	359,4	2,7
18	425,6	3,4	404,3	3,6
25	591,1	8,6	561,6	9,1
«Holmatro»				
5	77,7	0,38	73,8	0,4
10	155,5	1,3	147,7	1,4
12	186,6	1,6	177,2	1,7
14	217,7	2,1	206,8	2,2

Диаметр прутка, мм	Новый ГАСИ		ГАСИ через год эксплуатации	
	Давление p, атм.	Время t, с	Давление p, атм.	Время t, с
16	248,8	2,4	236,3	2,5
18	279,9	3,3	265,9	3,4
25	388,7	8	369,3	8,4

Анализ литературных источников^{4,5,6} показал, что при испытании комплектов ГАСИ максимальное режущее усилие должно составлять не менее 50 кН. Таким образом, по уменьшению режущего усилия инструмента при перекусывании металлического прутка можно оценить эксплуатационные технические показатели: время перекусывания и создаваемое давление при работе инструмента.

Определим давление, создаваемое гидравлическим насосом при максимальном режущем усилии по перекусыванию (формула 1). Замер диаметров поршней насосов ГАСИ проводили штангенциркулем для марок: «Holmatro» - 32 мм, «Простор»- 28мм, «Спрут»- 28 мм.

$$P = \frac{F}{S} \quad (1),$$

где F – режущее усилие, Н; S – площадь поршня гидравлического насоса комплекта инструмента, см².

В результате расчета получили значения давлений при создании максимального режущего усилия для комплектов ГАСИ марок: «Holmatro» – 625 атм., «Простор» – 793 атм., «Спрут» – 793 атм.

Таким образом, отклонение от полученных значений давления при испытаниях и в процессе эксплуатации ГАСИ будет свидетельствовать о нарушении работоспособности инструмента.

В работе [6] проводится изучение надежности гидравлических систем при эксплуатации. Анализ литературных данных показывает, что в процессе эксплуатации гидравлических систем с незагрязненной гидравлической жидкостью не происходит снижения технических характеристик системы. Однако накопление в рабочей жидкости механических примесей приводит к увеличению интенсивности изнашивания внутренних поверхностей гидравлической системы, что снижает работку и технические характеристики (давление, время создания требуемого давления).

По экспериментальным данным (таблица) построили зависимости давления при перекусывании от диаметра прутка (рис. 3). Анализ полученных данных показывает, что наибольшее давление при перекусывании металлической арматуры создается ГАСИ марки «Спрут», что связано с диаметром поршня насоса инструмента. Однако способность к перекусыванию определяется конструкцией лезвий ножниц или разжим кусачек.

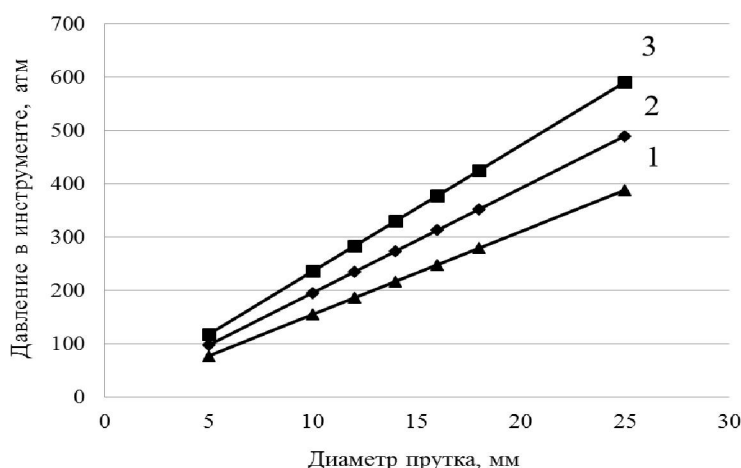


Рис. 3. Зависимость давления создаваемого ГАСИ для перекусывания от диаметра стального прутка: 1 – комплект «Holmatro»; 2 – комплект «Простор»; 3 – комплект «Спрут»

⁴ ГОСТ 50982-2009 Инструмент для проведения специальных работ на пожарах. Введ. 2010-01-01. М.: Стандартинформ, 2009. 23 с.

⁵ ГОСТ Р 22.9.18-2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Инструмент аварийно-спасательный гидравлический. Общие технические требования. Введ. 2015-04-01. М.: Стандартинформ, 2014. 20 с.

⁶ ГОСТ Р 22.9.28-2015 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Инструмент аварийно-спасательный. Классификация. Введ. 2016-04-01. М.: Стандартинформ, 2015. 6 с.

Создаваемое давление при работе ГАСИ определяет время резания металлического прутка и характеризует техническое состояние инструмента. Падение давления в гидравлической системе инструмента связано с износом пружин клапанов и засорением внутренних каналов транспортировки гидравлической жидкости. Вследствие этого по показаниям изменения гидравлического давления и времени пе-

рекусывания металлического прутка различного диаметра можно осуществлять диагностику работоспособности ГАСИ в подразделении.

В работе проведено определение значений времен перекусывания от величины создаваемого давления при использовании комплекта ГАСИ марки «Простор», «Спрут», «Holmatro» (рис. 4–6).

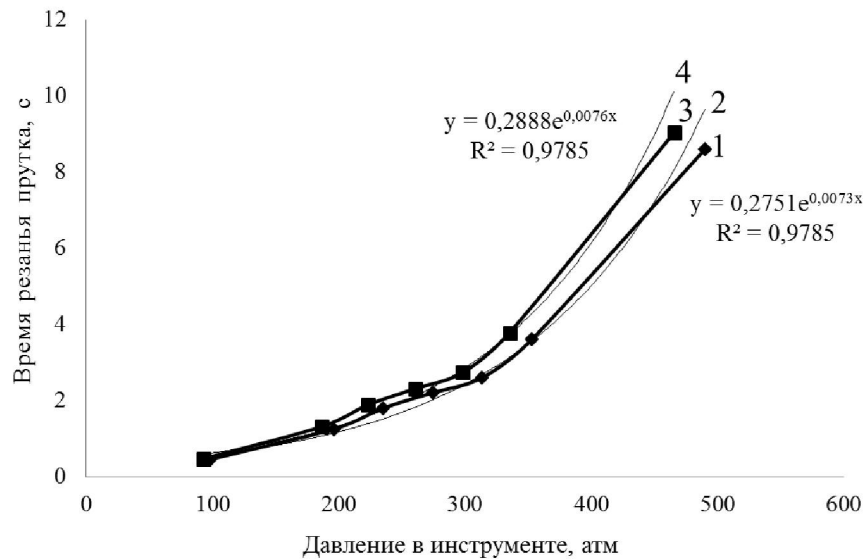


Рис. 4. Зависимость времени от создаваемого давления при перекусывании комплектом «Простор»
1 – экспериментальные значения нового комплекта ГАСИ; 2 – линия тренда нового комплекта ГАСИ;
3 – экспериментальные значения комплекта ГАСИ после 1 года эксплуатации;
4 – линия тренда комплекта ГАСИ после 1 года эксплуатации

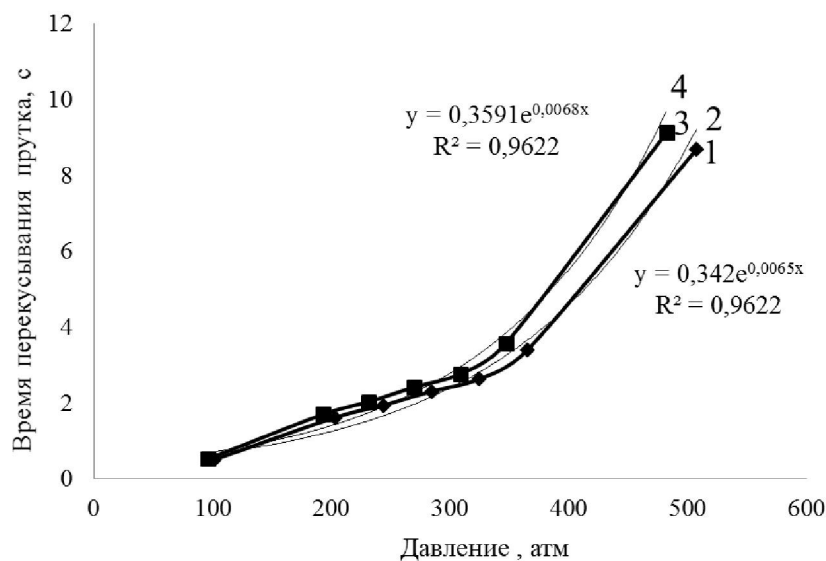


Рис. 5. Зависимость времени от создаваемого давления при перекусывании комплектом «Спрут»
1 – экспериментальные значения нового комплекта ГАСИ; 2 – линия тренда нового комплекта ГАСИ;
3 – экспериментальные значения комплекта ГАСИ после 1 года эксплуатации;
4 – линия тренда комплекта ГАСИ после 1 года эксплуатации

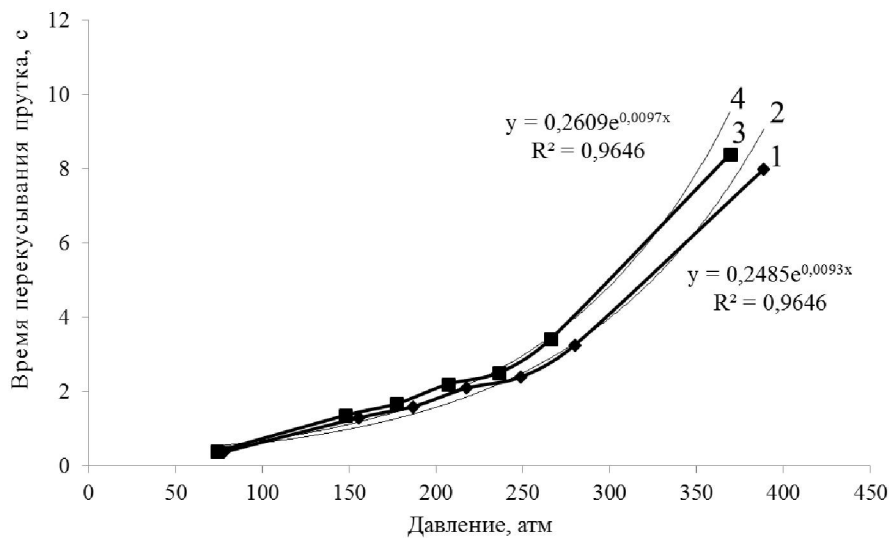


Рис. 6. Зависимость времени от создаваемого давления при перекусывании комплектом «Holmatro»
1 – экспериментальные значения нового комплекта ГАСИ; 2 – линия тренда нового комплекта ГАСИ;
3 – экспериментальные значения комплекта ГАСИ после 1 года эксплуатации;
4 – линия тренда комплекта ГАСИ после 1 года эксплуатации

Анализ полученных зависимостей времени перекусывания от величины создаваемого давления и используемого комплекта ГАСИ показывает, что изменение значений подчиняется экспоненциальному закону распределения. Величина достоверности аппроксимации $R^2=0,96$ полученных зависимостей, подтверждает подчинение величины времени перекусывания от величины создаваемого давления экспоненциальному закону.

На сегодняшний день готовность ГАСИ к использованию [4] определяется внешним осмотром, что позволяет обнаружить только внешние признаки неисправностей оборудования (подтекание масла, неисправности байонетных соединений, рукавов высокого давления и др.). Однако нарушение работы внутренних конструктивных элементов инструмента на этапе эксплуатации определить не представляется возможным, поскольку не учитывается изменение технического состояния инструмента в процессе эксплуатации.

Авторами [6] установлена связь снижения коэффициента полезного действия (КПД) от размера примесей в процессе эксплуатации. Определена интенсивность снижения КПД от продолжительности эксплуатации. Используя в качестве определяющего технического параметра значение давления, полученного при испытании или проверке комплекта ГАСИ, можно оценить безотказность в процессе эксплуатации.

Таким образом, по соотношению величины давления, создаваемого при перекусывании

прутка комплектом инструмента после года эксплуатации, к величине давления, создаваемого новым комплектом, можно оценить вероятность безотказной работы на текущий момент времени. Полученные математические зависимости времени от создаваемого давления при перекусывании комплектами ГАСИ с разным периодом эксплуатации можно использовать для прогнозирования изменения основного параметра (давления), что позволяет при накопившихся данных об эксплуатации инструмента оценить его безотказность при испытании или ежемесячной проверке.

Выводы

В работе показано, что безотказность в процессе эксплуатации технических систем поддерживается комплексом профилактических мероприятий при техническом обслуживании, а определение технического состояния элементов пожарной техники и оборудования при эксплуатации является приоритетной задачей.

Предложено проводить определение технических показателей (время создания требуемого усилия, развиваемое давление, определение утечки и т.д.) гидравлической системы при изменении усилия на рабочем органе, что позволяет оценить техническое состояние исследуемого инструмента. Имея данные по изменению параметров работы инструмента за несколько последних испытаний, можно сделать заключение об изменении технического состояния за определенный период времени.

Получены значения давлений гидравлической системы инструмента при создании максимального режущего усилия - 50 кН для комплектов ГАСИ марок «Holmatro» - 625 атм., «Простор» - 793 атм., «Спрут» - 793 атм.

Получены характеристики, указывающие на способность к перекусыванию металлического прутка в зависимости от его диаметра новыми комплектами ГАСИ марки «Простор», «Спрут», «Holmatro». Установлено, что величина времени перекусывания от диаметра прутка подчиняется экспоненциальному закону, позволяя связать его с показателями надёжности.

Список литературы

1. Семенов А. Д., Моисеев Ю. Н. О работе спасателей с гидравлическими аварийно-спасательными инструментами // Технологии техносферной безопасности. 2011. № 5 (39). С. 5. <http://academygps.ru/ttb>.
2. Малкин В. С. Надежность технических систем и техногенный риск. Ростов н/Д.: Феникс, 2010. 432 с.
3. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход. М: Радио и связь, 1988. 392 с.
4. Семенов А. Д., Бубнов А. Г., Бочкарев А. Н. Повышение технической готовности гидравлического аварийно-спасательного инструмента при эксплуатации // Технологии техносферной безопасности. 2019. № 2 (31). С. 75–83. <http://ntp.edufire37.ru>.
5. Крудышев В. В., Тукташев А. В., Филиппов А. В. Снижение эффективности работы и надежности гидравлического аварийно-спасательного инструмента в процессе его эксплуатации // Проблемы пожарной безопасности: пути их решения и совершенствование противопожарной защиты: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», 2012. С. 82–87. <http://elar.urfu.ru/handle/1234.56789/4053>.
6. Комаров А. А. Надежность гидравлических систем. М.: Машиностроение, 1969. 237 с.

References

1. Semenov A. D., Moiseev Yu. N. O rabotespasatelej s gidravlicheskimiavarijno-

Установлено, что по соотношению величины давления, создаваемого при перекусывании прутка комплектом инструмента после года эксплуатации, к величине давления, создаваемого новым комплектом, можно оценить вероятность безотказной работы на текущий момент времени. Полученные математические зависимости времени от создаваемого давления при перекусывании комплектами ГАСИ с разным периодом эксплуатации можно использовать для прогнозирования изменения основного параметра (давления), что позволяет при накопившихся данных об эксплуатации инструмента оценить его безотказность при испытании или ежемесячной проверке.

spasatel'nymi instrumentami [About the work of rescuers with a hydraulic rescue emergency tools]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2011, vol. 5 (39), p. 5. <http://academygps.ru/ttb>.

2. Malkin V. S. *Nadezhnost' tekhnicheskixsistemitekhnogennyj risk* [Reliability of technical systems and man-made risk]. Rostov n/D.: Feniks, 2010. 432 p.

3. Bajhel't F., Franken P. *Nadezhnost' i tekhnicheskoe obsluzhivanie. Matematicheskij podhod* [Reliability and maintenance. Mathematical approach]. Moscow: Radio isvyaz', 1988. 392 p.

4. Semenov A. D., Bubnov A. G., Bochkarev A. N. *Povysheniye tekhnicheskoy gotovnosti gidravlicheskogo avariynospasatel'nogo instrumenta pri ekspluatatsii* [Increase of technical readiness of hydraulic rescue tools during operation]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2019, vol. 2 (31), pp. 75–83. <http://ntp.edufire37.ru>.

5. Krudyshev V. V., Tuktashev A. V., Filippov A. V. *Snizheniye effektivnosti raboty i nadezhnosti gidravlicheskogo avariynospasatel'nogo instrumenta v protsesse yego ekspluatatsii* [Reducing the efficiency and reliability of the hydraulic rescue tool during its operation]. *Problemy pozhamoy bezopasnosti: puti ikh resheniya i sovershenstvovaniye protivopozharnoy zashchity: materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem*. Ekaterinburg, 2012, pp. 82–87. <http://elar.urfu.ru/handle/1234.56789/4053>.

6. Komarov A. A. *Nadezhnost' gidravlicheskix sistem* [Reliability of hydraulic systems]. М.: Mashinostroenie, 1969. 237 p.

Семенов Андрей Дмитриевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: sad8_3@mail.ru

Semenov Andrey Dmitriyevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
candidate of technical Sciences, senior lecturer
E-mail: sad8_3@mail.ru

Моисеев Юрий Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
начальник кафедры,
E-mail: fireman13@mail.ru

Moiseyev Yuriy Nikolayevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
head of chair
E-mail: fireman13@mail.ru

Колбашов Михаил Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры
E-mail: kolbashow@mail.ru

Kolbashov Mikhail Aleksandrovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
deputy chief of chair
E-mail: kolbashow@mail.ru

УДК 614.847.9

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО НА ЕГО ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Д. В. СОРОКИН, А. Л. НИКИФОРОВ, О. Г. ЦИРКИНА, С. Н. УЛЬЕВА, И. Ю. ШАРАБАНОВА
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: element_37@mail.ru, anikiforoff@list.ru,
ogtsirkina@mail.ru, jivotyagina@mail.ru, sharabanova@bk.ru

Работа посвящена оценке влияния эксплуатационных факторов на теплозащитные показатели боевой одежды пожарного (БОП). Отмечается, что влияющими на изменение теплозащитных показателей пакета материалов БОП факторами является наличие воздушных прослоек между слоями пакета материалов, высокий уровень влажности материалов, наличие механических воздействий, таких как сжатие и деформация пакета материалов.

В работе приведены результаты экспериментального исследования по оценке влияния влажности пакета материалов боевой одежды пожарного на его теплозащитные показатели. Установлено, что увлажнение пакета материалов БОП, возникающее в результате потовыделения пожарного при выполнении интенсивной работы в условиях воздействия высоких температур, приводит к заполнению воздушных пор жидкостью, слипанию слоев пакета материалов и естественной ликвидации воздушных прослоек между слоями. Это приводит к изменению теплофизических свойств пакета материалов одежды, что снижает время защитного действия комплекта одежды более чем в 2 раза.

Ключевые слова: боевая одежда пожарного; пакет материалов и тканей, теплозащитные показатели, влажность материала, теплозащита.

INFLUENCE OF HUMIDITY OF A PACKAGE OF MATERIALS OF FIGHTING CLOTHES OF THE FIREFIGHTER ON ITS HEAT-PROTECTIVE INDICATORS

D. V. SOROKIN, A. L. NIKIFOROV, O. G. TSIRKINA, S. N. ULEVA, I. YU. SHARABANOVA
Federal State Educational Institution of Higher Education «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: element_37@mail.ru, anikiforoff@list.ru,
ogtsirkina@mail.ru, jivotyagina@mail.ru, sharabanova@bk.ru

The work is devoted to the assessment of the impact of operational factors on the thermal performance of combat clothing firefighter (BOP). It is noted that the impact on the thermal protective performance of materials BOP factors is the presence of air layers between the layers of package material, a high level of material moisture, mechanical influences, such as compression and deformation of the material package.

The paper presents the results of an experimental study to assess the impact of moisture package materials combat clothing firefighter on its thermal performance. It is established that the wetting of the package of BOP materials, resulting from the sweat of a firefighter when performing intensive work under high temperatures, leads to the filling of air pores with liquid, the adhesion of the layers of the package of materials and the natural elimination of air layers between the layers. This leads to a change in the thermo-physical properties of the package of clothing materials, which reduces the time of protective action of the clothing set by more than 2 times.

Key words: firefighter's combat clothing; package of materials and fabrics, heat-protective indicators, material humidity, thermal protection.

Пакет материалов и тканей боевой одежды пожарного (БОП) представляет собой набор слоев разнородных материалов различного функционального назначения с наличием между ними воздушных прослоек. Конструкция пакета материалов БОП была разработана еще в начале XX века и применяется в настоящее время. Влияние эксплуатационных факторов на теплозащитные показатели пакета материалов одежды, а также уровень физико-механического воздействия слоев пакета друг на друга являются малоизученными. По этой причине значения защитных показателей пакета материалов при испытаниях и эксплуатации могут значительно отличаться [1].

Влияющими факторами на изменение теплозащитных показателей материалов БОП является наличие воздушных прослоек между слоями пакета материалов, наличие механических воздействий, например, сжатие пакета материалов, высокий уровень влажности материалов и др. Воздействие данных факторов приводит к снижению теплозащитных показателей на отдельных участках одежды, что может приводить к получению ожогов пожарными.

Основную теплозащитную функцию в пакете материалов БОП выполняет теплоизоляционная подкладка, изготавливаемая из объемно-пористых текстильных материалов, обладающих низкой теплопроводностью. Теплопроводность таких материалов напрямую зависит от количества воздуха, содержащегося в порах материала. Содержание воздуха в материале может изменяться в результате сжатия материала или его увлажнения (заполнения пор жидкостью). С внешней стороны теплоизоляционная подкладка защищена от попадания влаги, а ее намокание может происходить только в случае механического дефекта водонепроницаемого слоя. Однако влага в теплоизоляционный слой может попадать с внутренней поверхности пакета материалов в результате потоотделения пожарного.

Работа по тушению пожара, связанная с воздействием высоких температур и высоким уровнем физической активности пожарного, выполняемой в БОП, сопровождается значительным потоотделением. В зависимости от степени тяжести выполняемых работ допустимые влагопотери пожарного лежат в диапазоне от 500 до 1000 г/час^{1,2}. Выделение по-

та на разных участках тела человека происходит по-разному. Количество выделяемой влаги человеком на участках, подверженных наибольшему нагреву в процессе выполнения работ по тушению пожара, составляет от 0,1 до 0,2 г/см² [2]. Исследований по изменению теплозащитных показателей в зависимости от влажности пакета материалов БОП в современных литературных источниках найти не удалось. Необходимо отметить, что влияние влажности на теплозащитные показатели БОП не рассматриваются при сертификационных испытаниях защитной одежды. Именно поэтому целью исследования является оценка влияния влаги, возникающей в результате потоотделения пожарного, на теплозащитные показатели пакета материалов БОП.

В качестве сравнительного теплозащитного показателя был выбран параметр времени достижения предельно допустимого значения температуры на внутренней поверхности пакета материалов (50 °С).

Для проведения исследования были подготовлены образцы пакета материалов БОП (производитель ЗАО «Элиот»³) размером 160x160 мм:

1. Контрольные воздушно-сухие образцы (контрольные);
2. Образцы с введенной жидкостью 0,1 г/см² (Обр. W (0,1 г/см²));
3. Образцов с введенной жидкостью 0,2 г/см² (Обр. W (0,2 г/см²)).

Увлажнение образцов осуществлялось путем равномерного нанесения расчетного количества влаги на всю внутреннюю поверхность пакета материалов. После чего образцы помещались в эксикатор на 30 мин, для равномерного распределения влаги внутри пакета материалов, а также предотвращения потери влаги в результате испарения.

В ходе исследования, подготовленные образцы пакета материалов БОП подвергались тепловому воздействию при значении теплового потока 5 кВт/м² в течение 300 с.

Зависимости изменения температуры на внутренней поверхности образцов пакета

¹ ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2009. 37 с.

² ГОСТ 12.4.176-89 Одежда специальная для защиты от теплового излучения. Требования к защитным свойствам и метод определения теплового состояния человека. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Межгосударственный стандарт. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 8 с.

³ Руководство по эксплуатации и паспорт «Боевая одежда пожарного для различных климатических районов» РЭ 8572-003-49984806-2004. ЗАО «Элиот». С.-Петербург. 18 с.

материалов БОП с различной влажностью представлены на рис. 1, 2.

Скорость нагрева внутренней поверхности образцов с повышенной влажностью значительно выше, чем у воздушно-сухих (рис. 2). Время достижения предельно допустимого значения температуры внутренней поверхности влажных образцов снижается более чем в 2 раза по сравнению с воздушно-

сухими, что существенно ниже нормативного значения⁴ и является недопустимым.

Кроме того, максимальная температура нагрева внутренней поверхности влажных образцов $W (0,2 \text{ г/см}^2)$ имеет критические значения, при которых возникает риск получения ожоговой травмы при контакте материала с телом.

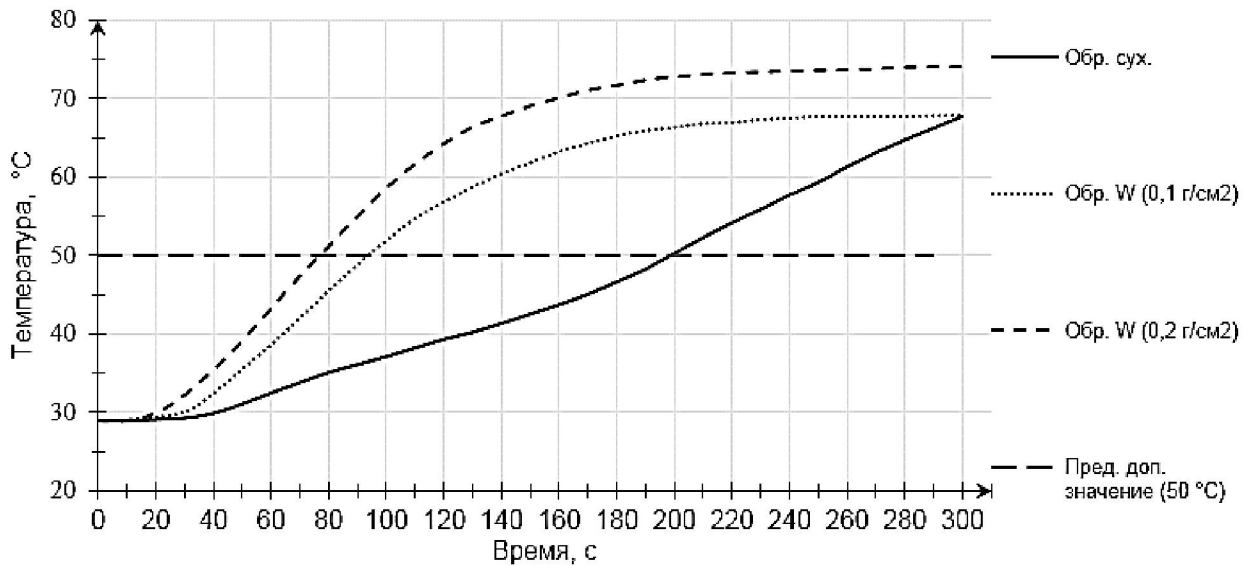


Рис. 1. Изменение температуры на внутренней поверхности образцов с различной влажностью

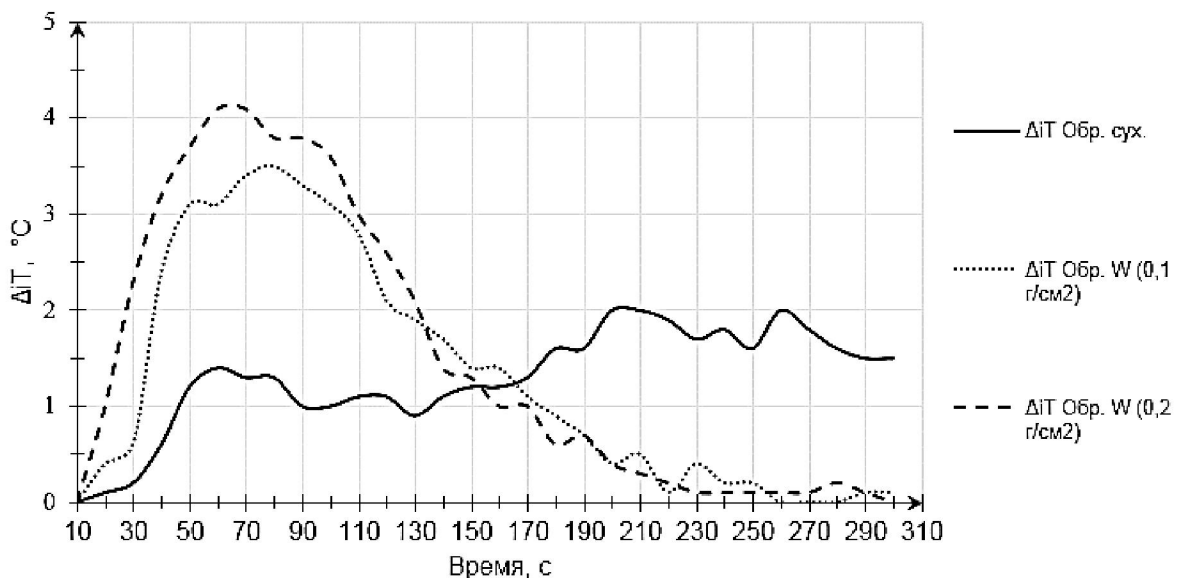


Рис. 2. Прирост температуры ΔtT на внутренней поверхности образцов с различной влажностью относительно предыдущего значения

⁴ ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. М: Стандартинформ, 2009. 37 с.

Изменение температуры на внутренней поверхности сухого материала (рис. 1) происходит линейно за счет практически полного отсутствия массообменных процессов, в частности, испарения влаги.

Изменение температуры на внутренней поверхности влажных образцов имеет иной характер. На графиках зависимости изменения температуры от времени для влажных образцов (рис. 1) можно выделить три участка:

– 0–30 с – участок с незначительным приростом температуры, наличие которого обуславливается прогревом слоев пакета материала;

– 30–170 с – участок быстрого роста температуры, обусловленный увеличением теплопроводности теплоизолирующего материала за счет заполнения пор материала водой, имеющей значительно больший коэффициент теплопроводности ($\lambda_{\text{воды}} = 0,6$ Вт/м·К, $\lambda_{\text{воздуха}} = 0,022$ Вт/м·К [3]), и отсутствием воздушных прослоек за счет слипания слоев пакета материалов.

– 170–300 с – участок теплового равновесия, при котором количество подводимого тепла равно количеству отводимого тепла, что обусловлено началом процесса испарения влаги из пакета материалов.

Количество влаги в пакете материалов оказывает значительное влияние на скорость возрастания и максимальное значение температуры на внутренней поверхности образцов. Чем более влажным является материал, тем шире временной диапазон, в котором скорость возрастания температуры является максимальной. С увеличением влажности пакета материалов также возрастает скорость нагрева и максимальное значение температуры, следовательно, уменьшается время защитного действия БОП.

Максимальное изменение скорости возрастания температур влажных образцов (рис. 2) лежит в следующих диапазонах:

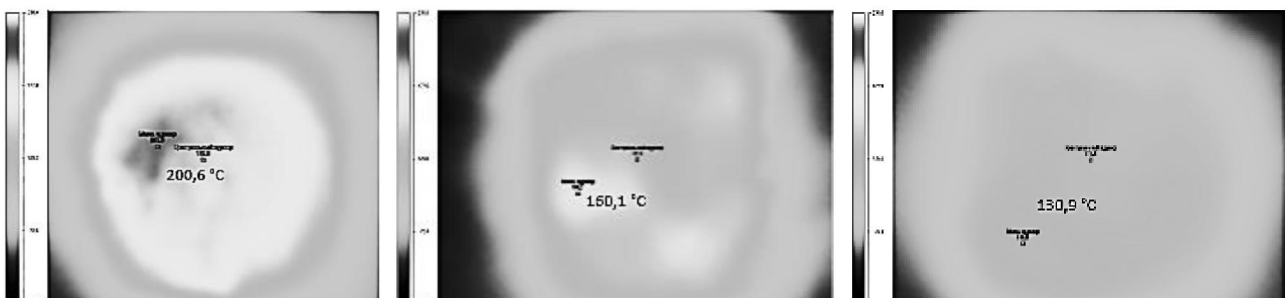
– для образцов с $W=0,1$ г/см² – 45–140 с. пик достигается при 90 с;

– для образцов с $W=0,2$ г/см² – 35–140 с. пик достигается при 80 с.

На рис. 3 представлены термограммы внешней поверхности образцов после нагрева в течение 300 с. Можно отметить, что температура внешней обогреваемой поверхности влажных образцов значительно ниже аналогичного показателя для воздушно-сухих. Исходя из представленных данных, можно утверждать, что высокая влажность пакета материалов одежды существенно снижает значение градиента температур между внутренней и внешней поверхностью образцов за счет увеличения теплопроводности и коэффициента теплоотдачи.

На рис. 4 представлена диаграмма времени достижения предельно допустимого значения температуры (50 С) на внутренней поверхности исследуемых образцов.

Из результатов проведенного исследования можно сделать вывод, что увлажнение пакета материалов БОП, возникающее в результате потовыделения пожарного при выполнении интенсивной работы в условиях воздействия высоких температур, приводит к заполнению воздушных пор жидкостью, слипанию слоев пакета материалов и естественной ликвидации воздушных прослоек между слоями. Таким образом, изменение теплофизических характеристик всего пакета материалов, в частности, увеличение его теплопроводности, влияет на характер нагрева в целом. Увлажнение внутреннего слоя – теплоизоляционной подкладки пакета материалов БОП, снижает время защитного действия более чем в 2 раза.



Обр. сух.

Обр. $W (0,1 \text{ г/см}^2)$

Обр. $W (0,2 \text{ г/см}^2)$

Рис. 3. Термограммы внешней поверхности образцов с различной влажностью

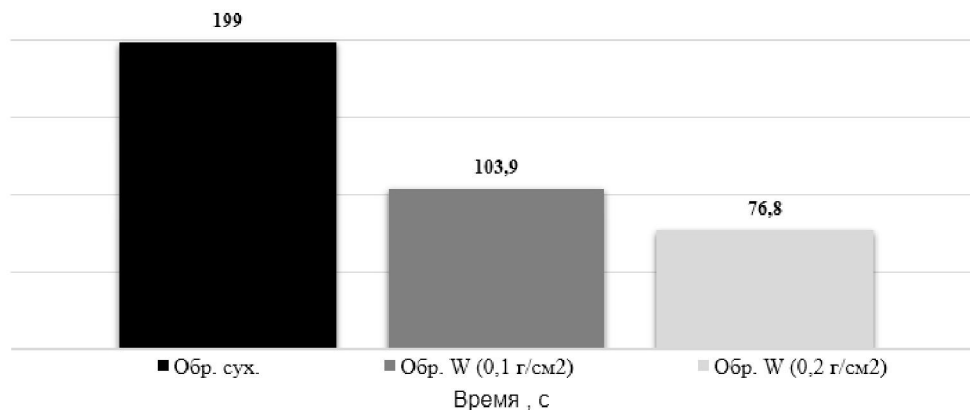


Рис. 4. Время достижения предельно допустимого значения температуры (50 C)

Результаты данного исследования свидетельствуют о необходимости детального изучения влияния эксплуатационных нагрузок на теплозащитные показатели БОП и разра-

ботки технических решений по совершенствованию состава материалов и конструктивного исполнения защитной одежды.

Список литературы

1. Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., Шарabanova И. Ю., Циркина О. Г. Влияние температурно-влажностного режима подкостюмного пространства на защитные свойства боевой одежды пожарного // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты). 2018. № 2(27). С. 44–48.
2. Михайлов Е. С., Логинов В. И. Влияние температурно-влажностного режима внутреннего пространства термоагрессивостойких костюмов на их теплозащитные свойства // Пожарная безопасность. 2014. №1. С. 56–62.
3. Луканин В. Н. Теплотехника. М.: Высш. шк., 2003. 671 с.

References

1. Sorokin D. V., Nikiforov A. L., Sharabanova I. Yu., Tsirkina O. G. Vliyaniye temperaturno-vlazhnostnogo rezhima podkostyumnogo prostranstva na zashchitnyye svoystva boyevoy odezhdy pozharnogo [Influence of temperature and humidity conditions of the undersuit space on the protective properties of fire fighting clothing]. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii (Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity)*, 2018, vol. 2(27), pp. 12–16.
2. Mikhaylov Ye. S., Loginov V. I. Vliyaniye temperaturno-vlazhnostnogo rezhima vnutrennego prostranstva termoagressivostoykikh kostyumov na ikh teplozashchitnyye svoystva [The influence of the temperature and humidity regime of the inner space of thermally aggressive suits on their heat-shielding properties]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2014, issue 1, pp. 56–62.
3. Lukanin V. N. *Teplotekhnika* [Heat engineering]. Moscow, Vyssh. shk., 2003. 671 p.

Сорокин Дмитрий Вячеславович

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

E-mail: element_37@mail.ru

Sorokin Dmitriy Vyacheslavovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

lecturer
E-mail: element_37@mail.ru

Никифоров Александр Леонидович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, профессор
E-mail: anikiforoff@list.ru

Nikiforov Aleksandr Leonidovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
doctor of technical Sciences, professor
E-mail: anikiforoff@list.ru

Циркина Ольга Германовна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, профессор
E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Tsirkina Olga Germanovna

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
doctor of technical Sciences, professor
E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Ульева Светлана Николаевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, доцент
E-mail: jivotyagina@mail.ru

Ulieva Svetlana Nikolaevna

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
candidate of chemical sciences, docent
E-mail: jivotyagina@mail.ru

Шарабанова Ирина Юрьевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат медицинских наук, заместитель начальника академии по научной работе, доцент
E-mail: sharabanova@bk.ru

Sharabanova Irina Yurievna

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
candidate of medical sciences, deputy chief of academy on scientific work, docent
E-mail: sharabanova@bk.ru

УДК 614.849

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИМИ ДЕЙСТВИЯМИ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

С. В. ФРОЛЕНКОВ¹, В. В. ТЕРЕБНЕВ²

¹Главное управление МЧС России по г. Москве

²ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

E-mail: fsv83@mail.ru, terebnev_v@mail.ru

В настоящей работе на основе анализа действующих законов и иных нормативно-правовых актов дается авторское определение понятия «оперативно-тактические действия пожарных подразделений», рассмотрены основные показатели эффективности их выполнения, приведена гипотеза по возможному направлению их совершенствования.

Так же авторами приводится классификация факторов, влияющих на оперативно-тактические действия пожарных подразделений, на ее основе сделан вывод о путях достижения новых уровней эффективности в деятельности подразделений пожарной охраны.

Проведен анализ существующих подходов по нормированию и обоснованию нормативов оперативно-тактических действий пожарных подразделений, сделан вывод об отсутствии единой методики их оценки, а так же подходов к разработке нормативов, адекватных реалиям в условиях современного состояния подразделений пожарной охраны.

Приведены возможные направления исследований для решения задач рационализации и нормирования оперативно-тактических действий пожарных подразделений путем применения математического аппарата теории графов с целью разработки системы информационно-аналитической поддержки управления оперативно-тактическими действиями пожарных подразделений.

Ключевые слова: пожарные подразделения; оперативно-тактические действия; нормирование; рационализация; информационно-аналитическая поддержка; теория графов.

CURRENT STATE OF THE QUESTION OF MANAGEMENT OF THE OPERATIONAL AND TACTICAL ACTIONS OF FIRE DIVISIONS AND POSSIBLE WAYS OF ITS IMPROVEMENT

S. V. FROLENKOV¹, V. V. TEREBNEV²

¹Main department of the Ministry of Emergencies of Russia in Moscow

²Federal State Educational Institution of Higher Education Academy of the State Fire Service
of the Ministry of Emergencies of Russia

E-mail: fsv83@mail.ru, terebnev_v@mail.ru

In the present work, on the basis of the analysis of existing laws and other regulatory legal acts, the author defines the concept of “operational and tactical actions of fire departments”, considers the main indicators of the effectiveness of their implementation, provides a hypothesis on the possible direction of their improvement.

The authors also provide a classification of factors affecting the operational and tactical actions of fire departments, on its basis it is concluded that there are ways to achieve new levels of efficiency in the activities of fire departments.

The analysis of the existing approaches to standardize and substantiate the standards for operational and tactical actions of fire departments, concluded that there is no single methodology for their assessment, as well as approaches to the development of standards that are adequate to the realities in the current state of the fire departments.

Possible directions of research for solving the problems of rationalizing and rationing the operational and tactical actions of fire departments by applying the mathematical apparatus of graph theory to develop a system of information and analytical support for the management of operational and tactical actions of fire departments are given.

Key words: fire departments; operational and tactical actions; rationing; rationalization; information and analytical support; graph theory.

Введение.

Организация тушения пожаров является одной из основных составляющих совокупности факторов, влияющих на уровень защищенности личности и общества от угроз пожаров и их последствий.

Действующая редакция Федерального закона от 21.12.1994 №69-ФЗ определяет понятие «организация тушения пожаров» как сочетание оперативно-тактических и инженерно-технических мероприятий, нацеленное на спасение людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара, их ликвидации, а так же проведение аварийно-спасательных работ. Иначе говоря, организация тушения пожаров предполагает исполнение двух категорий мероприятий: инженерно-технических и оперативно-тактических.

Под первой категорией понимаются действия прикладного характера, направленные на прекращение горения, либо создающие для этого необходимые условия¹.

Термин «оперативно-тактические действия пожарных подразделений» [1] раскрывает как организованное применение сил и средств пожарной охраны для выполнения задач по тушению пожара и аварийно-спасательным работам.

Порядок тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ определяет Боевой устав пожарной охраны, утвержденный Приказом МЧС России от 16.10.2017 года №444. Согласно данного нормативно-правового документа, тушение пожаров в формулировке части 1 статьи 22 действующей редакции Федерального закона от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности», а именно «действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожара», равнозначно термину «боевые действия по тушению пожаров».

Таким образом, термин «оперативно-тактические действия пожарных подразделений» не тождественен термину «боевые действия по тушению пожара».

Тушение пожара (а равно и боевые действия по тушению пожара) можно представить как систему, состоящую из решений руководителя и непосредственно оперативно-

тактических действий подразделений пожарной охраны. То есть, термин «оперативно-тактические действия пожарных подразделений» можно рассматривать как совокупность двух основных составляющих – *управления и последовательности совместных действия*.

Под оперативно тактическими действиями пожарных подразделений (далее ОТД ПП) в дальнейшем будем понимать *организованное применение совокупности наиболее эффективных приемов работ с пожарно-техническим вооружением и пожарной техникой для реализации основных задач, поставленных перед пожарным подразделением*.

При ведении ОТД ПП одним из главных показателей эффективности является время их выполнения. Оно непосредственно зависит от схемы расстановки исполнителей и распределения между ними выполняемых действий с учетом квалификации каждого участника.

Авторский опыт наблюдения за ОТД ПП в условиях тушения пожаров, проведения пожарно-тактических учений и занятий, дает основания выдвинуть гипотезу, что реализация отдельных элементов таких действий, иначе говоря, технологических элементов, а так же умелое управление ими, создает условия для повышения их эффективности.

Получение минимального времени выполнения отдельных элементов ОТД ПП с минимально возможными трудозатратами исполнителей при использовании минимального набора средств является оптимизацией.

Факторы, влияющие на управление ОТД ПП.

Эффективность и качество ОТД ПП зависят от множества различных факторов: как субъективных, так и объективных.

К объективным факторам относятся: временной, сезонный (время суток и года), численный состав дежурного караула, погодные условия, рельеф и тип покрытия участка местности на котором ведутся ОТД ПП, количество и вид пожарно-технического вооружения, наличие и тип средств, защищающих органы дыхания, опасные факторы пожара (такие, как температура, тепловое излучение, концентрация токсичных продуктов горения, ограничение видимости в задымлённой среде, воздействие шума и т.д.).

К субъективным факторам относятся: слаженные действия коллектива пожарного подразделения, возраст пожарных, их антропометрические характеристики, равномерность и интенсивность физической нагрузки на лич-

¹ Сальников И. В. Комментарий к Федеральному закону от 21 декабря 1994 г. №69-ФЗ «О пожарной безопасности» (постатейный). Подготовлен для системы Консультант Плюс, 2008.

ный состав, выполняющий отдельные элементы ОТД ПП, длительность их ведения, уровень индивидуальной подготовки пожарных, их функциональные и психологические особенности, фактор риска при исполнении обязанностей.

Изложенное приводит к выводу о том, что повышение эффективности деятельности сотрудников противопожарной службы требует решения практических задач, направленных на достижение высокого уровня работоспособности.

Анализ существующих подходов по ОТД ПП.

На современном этапе существуют два подхода к определению неизвестного времени выполнения элементов [2, 3], однако они рассматривают каждое оперативно-тактическое действие, как отдельный элемент, независимый от предыдущего, либо последующего.

В настоящее время отсутствует методика оценки ОТД ПП в комплексе. Отсутствие общего подхода негативно влияет на показатели эффективности управления силами и средствами современной пожарной охраны.

Базовые временные нормативы выполнения отдельных элементов оперативно-тактических действий были разработаны и внедрены в 1986 году. При этом стоит заметить, что они разрабатывались для военнослужащих срочной службы. Кроме того, они учитывали иной, отличный от современного, численный состав дежурных караулов на основных пожарных автомобилях.

На рисунке приведена динамика изменения количества личного состава караула на основных пожарных автомобилях в типичной пожарно-спасательной части Московского гарнизона пожарной охраны.

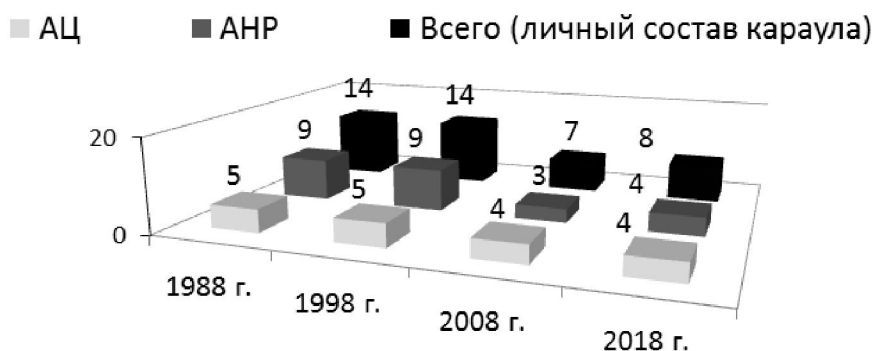


Рисунок. Динамика изменения количества личного состава караула на основных пожарных автомобилях в типичной пожарно-спасательной части Московского гарнизона пожарной охраны (АЦ – автоцистерна, АНР – автомобиль насосно-рукавный)

Так же необходимо иметь учитывать изменение качественного состава парка основных пожарных автомобилей.

В связи с этим, необходимо производить корректировку временных нормативов для подразделений пожарной охраны, так как время является одним из главных факторов, позволяющих оценить степень подготовки пожарных в выполнении отдельных элементов из совокупности действий по выполнению задач тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, иначе говоря, их способность выполнять ОТД.

Возможные пути совершенствования.

Решение задачи рационализации и нормирования ОТД ПП возможно путем совершенствования форм и методов поддержки

управления пожарными подразделениями с использованием современных моделей исследования операций.

На данный момент отсутствуют готовые решения для своевременной поддержки руководителя, принимающего решения по управлению ОТД ПП в условиях неопределенности информации.

Так же анализ наиболее распространенных подходов, используемых в качестве средств снижения неопределенности при выборе вариантов решений [4], выявил преимущество-применения теории графов для реализации поставленных задач, что позволяет определить необходимость пересмотра существующих подходов по нормированию ОТД ПП.

Выводы.

1. Время является главным условием эффективности управления ОТД ПП. Одним из факторов, дающих возможность оценить степень подготовки пожарных подразделений, являются временные нормативы. Базовые временные нормативы, разработанные и внедрённые в 1986 году, не отвечают современным условиям.

2. Одним из возможных способов достижения цели оптимизации ОТД ПП является повышение их эффективности путем разработки системы информационно-аналитической поддержки для определения времени выполнения совокупности элементов указанных действий в современных условиях.

3. Недостаточная изученность теоретических механизмов, составляющих основу исследования ОТД ПП, характеризующихся присутствием множества разно уровневых качественных и количественных факторов, непостоянством результатов наблюдений, обусловленных действием неуправляемых переменных, нарушением предпосылок стандартных методов статистического анализа, относительно высокой стоимостью опытов и ограниченностью ресурсов обуславливает актуальность дальнейших исследований в данном направлении.

Список литературы

1. Теребнев В. В. Пожарная тактика. Книга 1. Основы. Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2014. 268 с.

2. Теребнев В. В. Обоснование параметров для разработки нормативов по боевому развёртыванию пожарных подразделений на автоцистернах и автонасосах: дис. ... канд. техн. наук. М., 1989. 201 с.

3. Теребнев А. В. Совершенствование нормирования боевых действий пожарных подразделений на основе проектирования трудовых процессов с использованием микроэлементных нормативов: дис. ... канд. техн. наук. М., 2000. 199 с.

4. Фроленков С. В. Управление оперативно-тактическими действиями подразделений на этапе следования на пожар с помощью теории графов // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: материалы VI Международной научно-практической конференции. М.: АГПС МЧС России, 2018.

Ekaterinburg: ООО «Izdatel'stvo «Kalan», 2014. 268 p.

2. Terebnev V. V. *Obosnovanie parametrov dlya razrabotki normativov po boevomu razvyortyvaniyu pozharnyh podrazdelenij na avtocisternah i avtonasosah: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Justification of the parameters for the development of standards for the combat deployment of fire departments on tank trucks and motor pumps. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 1989. 201 p.

3. Terebnev A. V. *Sovershenstvovanie normirovaniya boevyh dejstvij pozharnyh podrazdelenij na osnove proektirovaniya trudovyh processov s ispol'zovaniem mikroelementnyh normativov* [Improving the regulation of hostilities of fire departments based on the design of labor processes using microelement standards. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2000. 199 p.

4. Frolenkov S. V. *Upravlenie operativno-takticheskimi dejstviyami podrazdelenij na etape sledovaniya na pozhar s pomoshch'yu teorii grafov* [Upravleniye operativno-takticheskimi deystviyami podrazdeleniy na etape sledovaniya na pozhar s pomoshch'yu teorii grafov]. *Pozharotushenie: problemy, tekhnologii, innovacii: materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. M.: AGPS MCHS Rossii, 2018.

References

1. Terebnev V. V. *Pozharnaya taktika. Kniga 1. Osnovy* [Fire tactics. Book 1. Basics.].

Фроленков Сергей Викторович

Главное управление МЧС России по г. Москве,

Российская Федерация, г. Москва

главный специалист

E-mail: fsv83@mail.ru

Frolenkov Sergey Viktorovich

The main department of the Ministry of Emergencies of Russia in Moscow,

Russian Federation, Moscow

chief specialist

E-mail: fsv83@mail.ru

Теребнев Владимир Васильевич

ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,

Российская Федерация, Москва

кандидат технических наук, доцент

E-mail: terebnev_v@mail.ru

Terebnev Vladimir Vasilievich

Federal State Educational Institution of Higher Education Academy of the State Fire Service of the Ministry
of Emergencies of Russia,

Russian Federation, Moscow

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

E-mail: terebnev_v@mail.ru

УДК 614.84

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОГО РЕЖИМА НА ОБЪЕКТАХ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

М. В. ЧУМАКОВ¹, И. Н. ПУСТОВАЛОВА^{1,2}

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

²Ивановский филиал ЧОУ ВО «Международный юридический институт»,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: o-spartak@mail.ru, pustovalovai@mail.ru

В статье проводится анализ ряда законодательных положений, регламентирующих правила противопожарного режима на объектах социально-культурного назначения, подчеркивается актуальность их законодательного установления, указывается на распространенность пожаров по причине не соблюдения требований пожарной безопасности, возникновение риска причинения вреда значительному количеству людей. Обращается внимание на многочисленность нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности, их противоречивость, неточности в дефинициях терминов, что приводит к расширительному толкованию правил, проблемам правоприменения, способствует нарушениям требований пожарной безопасности. Выделяются отдельные специфические требования, касающиеся установления противопожарного режима на объектах социально-культурного назначения, причины, приводящие к пожарам и их последствиям. Приведенные примеры из практики и статистические данные подтверждают сформулированные авторами выводы о негативном влиянии несовершенства законодательства на эффективность системы пожарной безопасности, соблюдение требований законодательства. Делается вывод о необходимости систематизации, унификации, гармонизации законодательства, повышения требовательности к исполнению правил противопожарного режима, формирования культуры безопасности.

Ключевые слова: противопожарный режим; требования пожарной безопасности; первичные меры пожарной безопасности; объект защиты; объекты социально-культурного назначения; регулирование общественных отношений; законодательные противоречия.

FIRE-PREVENTION REGIME OF SOCIAL AND CULTURAL OBJECTS

M. V. CHUMAKOV¹, I. N. PUSTOVALOVA^{1,2}

¹Federal State Educational Institution of Higher Education «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

²Ivanovo branch of the private law institution «International Law Institute»
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: o-spartak@mail.ru, pustovalovai@mail.ru

The article analyzes a number of legislative provisions that regulate the rules of the fire regime at social and cultural facilities, emphasizes the relevance of their legislative establishment, indicates the prevalence of fires due to non-compliance with fire safety requirements, and the risk of harm to a significant number of people. Attention is drawn to the multitude of normative legal acts and normative documents on fire safety, their inconsistency, inaccuracies in the definitions of terms, which leads to an extensive interpretation of the rules, enforcement problems, and contributes to violations of fire safety requirements. Separate specific requirements are identified regarding the establishment of a fire regime at social and cultural facilities, the causes leading to fires and their consequences. The given examples from practice and statistical data confirm the conclusions formulated by the authors about the negative impact of legislative imperfections on the effectiveness of the fire safety system, and compliance with the requirements of the law. The conclusion is drawn about the need to systematize, unify, harmonize legislation, increase the exactingness to comply with the rules of the fire regime, and create a safety culture.

Key words: fire protection mode; fire safety requirements; primary fire safety measures; object of protection; objects of socio-cultural; regulation of public relations; legislative contradictions.

Одним из наиболее вредоносных и распространенных явлений, посягающих на безопасность личности, общества, государства является пожар, последствия от которого достаточно ощутимы для российской экономики. Несмотря на снижение зарегистрированных фактов пожаров, количество их остается достаточно высоким. Особую опасность представляют пожары в местах скопления большого количества людей, в том числе, торгово-развлекательных центрах, кинотеатрах, в социально-значимых учреждениях – школах и больницах.

Так, только за 2018 год в целом, на территории России зарегистрировано 132 074 пожаров. Материальный ущерб от пожаров, связанных с нарушениями требований пожарной безопасности за 2018 г. составил 153 342 тыс. рублей. За этот же период погибло 7 913 человек, а за январь-сентябрь 2019 г. количество погибших достигло 6 041¹. В Ивановской области в первом полугодии 2019 года зарегистрировано 2981 пожаров, (в сравнение с 2018 г. произошло увеличение на 447%), по результатам проведения плановых проверок выявлено 3289 нарушений требований пожарной безопасности против 1064 случаев за аналогичный период 2018 года².

Большая часть пожаров обусловлена несоблюдением правил противопожарного режима, недостаточно сформированной культурой безопасности. Гибель и травмирование людей, в немалой степени, связаны с проблемами организационного характера при эвакуации из зоны пожара.

Необходимость создания эффективного механизма защиты граждан, общества, государства, принадлежащего им имущества от пожаров обозначено в качестве основной цели государственной политики в области пожарной безопасности. Среди основных направлений деятельности по обеспечению пожарной безопасности в

программных документах указывается обновление законодательной базы в сфере пожарной безопасности адекватно отвечающей современному состоянию общественного развития, гармонизация и актуализация требований пожарной безопасности; обучение населения мерам пожарной безопасности и действиям при пожаре, формирование новых, в том числе риск-ориентированных подходов к организации и осуществлению надзорной деятельности, развитие системы профилактики пожаров, организация мониторинга в сфере профилактики пожаров и другие³.

Ряд предусмотренных правительством мероприятий уже реализован. Однако реалии свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования механизмов выявления и предупреждения рисков возникновения пожаров.

Целью настоящей работы ставится анализ правового регулирования и отдельных проблем правоприменительной практики в обеспечении противопожарного режима на объектах социально-культурного назначения в целях дальнейшего совершенствования правовых и организационных аспектов минимизации пожарных рисков и их последствий.

Механизм обеспечения пожарной безопасности включает в себя разнонаправленные меры организационного, правового, социально-экономического, научно-технического характера, совокупность материально-технических средств и кадровый потенциал. Многообразие объектов и субъектов защиты пожарной безопасности не позволяет унифицировать требования пожарной безопасности, тем не менее существует ряд законодательных положений, распространяющих свое действие на всю сферу общественных отношений, возникающих из обеспечения пожарной безопасности.

Прежде всего, это Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 № 69-ФЗ, устанавливающий общие правовые, социально-экономические основы обеспечения

¹ Официальная статистика. Базы данных ЕМИСС// Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/41368>.

² Доклад по правоприменительной практике органов надзорной деятельности Главного управления МЧС России по Ивановской области (II квартал 2019 года) // ГУМЧС России по Ивановской области. URL: <http://37.mchs.gov.ru/folder/8270424>.

³ Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года: Указ Президента РФ от 01.01.2018 N 2 // Собрание законодательства РФ, 08.01.2018, № 2, ст. 411.

пожарной безопасности; Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ, содержащий нормы, направленные на регулирование отношений между юридическими и физическими лицами, государственными органами относительно обязательных технических норм и правил в области пожарной безопасности; Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ, закрепляющий основные положения технического регулирования, унифицированный подход к организации и обеспечению пожарной безопасности.

Во исполнение Федерального закона «О пожарной безопасности» приняты «Правила противопожарного режима в Российской Федерации» (далее по тексту «Правила») ⁴. Законодательное определение дефиниции «противопожарный режим» приводится в ст. 1 Федерального закона «О пожарной безопасности» и означает «совокупность установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации, субъектов РФ и муниципальными правовыми актами требований пожарной безопасности, определяющих правила поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий, земельных участков, зданий, сооружений, помещений организаций и других объектов защиты в целях обеспечения пожарной безопасности» (ст.1) ⁵. Следует обратить внимание на несовершенство принятых в 2012 г. Правил, о чем свидетельствуют многочисленные изменения и дополнения (более 150), внесенные в Правила с момента вступления их в действие.

Как следует из определения, Правила содержат три группы требований, касающихся: правил поведения людей, порядка организации производства и содержания объектов защиты.

Обозначая в качестве предмета правового регулирования «поведение людей», Правила детализируют только обязанности руководителей и иных уполномоченных хозяйствующих субъектов, являющихся титульными владельцами, пользователями

объектов, подпадающих под действие противопожарного режима, обеспечение которого вменяется им в обязанности. Относительно работников, занятых на работах в соответствующих объектах защиты, их обслуживании, руководители должны составить, утвердить и обеспечить наличие инструкций (п.п. 9,12,64, пп. «к» п. 461), содержащих правила безопасного поведения, согласующихся с алгоритмом действий, установленных п. 71 Правил.

Что же касается иных лиц, к ним применимы положения ст. 34 «Права и обязанности граждан в области пожарной безопасности» ФЗ «О пожарной безопасности», равно как и п. 71 «Правил противопожарного режима в Российской Федерации».

Правилам противопожарного режима на объектах социально-культурного назначения отведены самостоятельные разделы (V–VIII), отражающие специфику требований пожарной безопасности, предъявляемых к конкретному виду объекта защиты. К общим требованиям, предъявляемым к обеспечению противопожарного режима на объектах социально-культурного назначения, относятся:

- наличие ответственного за пожарную безопасность лица, назначаемого руководителем организации (п. 4);

- обязательность проведения практических тренировок действий при возникновении пожара для задействованных на объекте защиты лиц. Частота их проведения – не менее одного раза в полугодие) (п. 12);

- для объектов, на которых одновременно находится 50 человек и более, равно как и для объектов с рабочими местами на этаже для 10 и более человек, п. 7 Правил предусматривает в обязательном порядке размещение планов эвакуации людей на случай пожара, информации о местах расположения путей и выходов для эвакуации, инструктивные указания об очередности действий обслуживающего персонала, а также обозначение мест, где находятся первичные средства пожаротушения. К первичным средствам, согласно п. 19 ст. 2 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», относятся переносные или передвижные средства пожаротушения, используемые для борьбы с пожаром в начальной стадии его развития (огнетушитель, пожарный инвентарь, покрывала для изоляции очага возгорания и т.д.).

⁴ Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утв. Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 (ред. от 20.09.2019) «О противопожарном режиме» // Собрание законодательства РФ, 07.05.2012, № 19, ст. 2415.

⁵ О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 26.07.2019) // Российская газета, № 3, 05.01.1995.

В качестве обязательного для объектов защиты закреплено требование по обеспечению соблюдения положений, предусмотренных ст. 12 ФЗ «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака», содержащей императив на курение в помещениях социальных служб; на автозаправочных станциях; магазинах и торговых центрах, в нестационарных торговых объектах; в местах общественного питания (в барах, кафе, ресторанах), на территориях и в помещениях учреждений здравоохранения; организаций культуры и т.д. В целях предупреждения о существующих запретах, на руководителя организации возложена обязанность разместить на подведомственной территории знаки пожарной безопасности «Курение табака и пользование открытым огнем запрещено». Если на территории соответствующей организации допускается курение, то должны быть обозначены конкретные места, специально предназначенные для этих целей, с размещением на них знаков «Место для курения».

Правилами исключается возможность расположения на лестничных клетках внешних блоков кондиционеров; а в лифтовых холлах - таких помещений как кладовые, киоски и т.д. Запрет установлен и на хранение горючих материалов в указанных объектах. Не допускается закрытие, либо загромождение пути к местам расположения спасательных устройств, первичным средствам пожаротушения, пожарным кранам внутреннего противопожарного водопровода, эвакуационным выходам. Межбалконные лестницы не могут быть демонтированы (п. 23).

Законодательно закреплено требование о проведении осмотра помещений, где предполагается проводить мероприятия (дискоотеки, торжества и др.) с массовым пребыванием людей. Целью указанных проверок ставится оценка их готовности к проведению мероприятия с точки зрения соответствия противопожарному режиму. Безопасность обеспечивается также и введением дежурства компетентных лиц (как на сцене, так и в зале, других помещениях).

Соблюдение требований противопожарного режима обязательно для любого объекта защиты. Что же касается особенностей требований соблюдения противопожарного режима, то последние обусловлены спецификой функционального назначения объектов защиты и предусматривают дополнительные требования

пожарной безопасности, отражающие эту специфику. Так, для организаций, осуществляющих торговлю установлены ограничения в плане возможности проведения огневых работ если в здании находятся покупатели; размещение торговых, игровых аппаратов и осуществление торговли на площадках лестничных клеток, в тамбурах и на иных путях, предусмотренных для эвакуации; хранение горючих материалов, отходов, упаковок и контейнеров непосредственно в торговых залах и на путях эвакуации.

Для медицинских заведений не разрешено: устанавливать кровати в коридорах, холлах и на других путях эвакуации; размещать в зданиях медицинских организаций V степени огнестойкости, оказывающих медицинскую помощь в стационарных условиях, с печным отоплением, более 25 больных (п. 139 Правил). Для расположенных в сельской местности медицинских организаций, обязательно наличие приставных лестниц (из расчета 1 лестница на здание) (п. 140).

Законодательные правила предусматривают, что кресла и стулья, расположенные в помещениях культурно-просветительных и зрелищных учреждений (их залах) должны соединяться между собой в ряды и надежно крепиться к полу, в целях исключения возникновения барьеров (опрокидывания стульев, их смещение) при экстренной, как правило, спонтанной, неупорядоченной эвакуации присутствующих, особенно в большом количестве. Исключение предусмотрено для театральных и иных лож с количеством мест, не превышающих 12, но только при наличии обособленного выхода из ложи к путям эвакуации.

Двери помещений в культурно-досуговых заведениях должны открываться наружу и пороги на путях эвакуации (исключение сделано для порогов в дверных проемах) должны отсутствовать. Запирать двери видеозала во время показа видеопрограмм разрешается только запорами, устанавливаемыми со стороны видеозала, которые легко открываются. Выход из видеозала должен быть снабжен световым табло зеленого цвета с надписью «выход». Указанные знаки эвакуации играют важную роль для перемещения в безопасную зону при пожаре даже при повышенной задымленности и отсутствии освещения, способствуют снижению паники и повышают эффективность эвакуации. Постановлением Правительства РФ от 20.09.2019 № 1216 в Правила внесены отдельные изменения, непосредственно

касающиеся объектов социально-культурного назначения⁶.

Так, руководитель культурно-просветительного, зрелищного учреждения должен обеспечить доведение до зрителей (перед началом киносеансов) информации о противопожарных требованиях безопасности посредством трансляции речевого сообщения либо показа видеосюжетов о порядке их действий на случай пожара. Информация должна отражать алгоритм действий при срабатывании системы оповещения, сведения о расположении эвакуационных путей и выходов, первичных средств пожаротушения, а также действиях персонала по управлению эвакуацией людей. Данное законодательное положение является достаточно эффективным средством, которое, безусловно, будет способствовать выбору правильного варианта поведения в случаях возникновения пожара. Информационные ролики, на наш взгляд, в обязательном порядке должны содержать информацию о том, какие действия недопустимы при пожарах, с демонстрацией последствий неправильных, ошибочных действий, например, при открытии окон в помещениях, где начался пожар.

Нельзя не отметить, что отдельные изменения, внесенные вышеназванным Постановлением, снижают жесткость ранее действующих положений. Так, например, запрет на размещение в подвалах и цокольных этажах лечебниц мастерских, помещений для хранения документов, товаров, продуктов сменился на возможность расположения перечисленных помещений, если это предусмотрено проектной документацией. Если в предыдущей редакции абз. 2 п.135 Правил содержал требование о размещении палат для пациентов с тяжелыми проявлениями заболевания, а также детей на первых этажах зданий, то новая редакция указывает на преимущественный характер такого размещения, исходя из проектной документации. На наш взгляд, учитывая сложность эвакуации данной категории больных, такое законодательное нововведение не совсем оправдано и может отрицательно сказаться на обеспечении их безопасности.

Как свидетельствует практика, установленные законодательно требования в

целях обеспечения пожарной безопасности соблюдаются не всегда как со стороны персонала, так и со стороны посетителей. Не единичны случаи нарушения требований и руководителями организаций, на которых возложена обязанность обеспечения противопожарного режима на вверенных объектах. Так, число погибших при пожаре в торгово-развлекательном комплексе «Зимняя вишня» было бы меньше, если бы требования пожарной безопасности соблюдались администрацией и персоналом кинотеатра с одноименным названием. Как следует из публикаций в СМИ, «многие двери и запасные выходы в ТЦ были заперты»⁷, в практике кинотеатра двери в кинозалы закрывались на ключ, что исключило возможность свободного выхода зрителей из зала при возникновении пожара. Нарушения требований пожарной безопасности (загромождение эвакуационного выхода, не соответствие количества и ширины эвакуационных выходов, нарушение норм пожарной безопасности в части внутренней отделки помещений) привели к гибели более 150 человек и в клубе «Хромая лошадь»⁸. Наиболее распространенной причиной пожаров в торговых центрах, по информации МЧС России, является неисправность в работе электрооборудования⁹.

Одной из проблем обеспечения пожарной безопасности остается «отсутствие систематизации и кодификации правовых актов о пожарной безопасности» [1, 253].

Анализ законодательства, правоприменительной практики и специальной литературы в области пожарной безопасности свидетельствует о нестыковках законодательства, в том числе ввиду многочисленности норм и правил противопожарного режима, что значительно снижает степень защищенности объектов и субъектов защиты. Так, в результате мониторинга, проведенного ФГБУ ВНИИПО

⁷ О внесении изменений в Правила противопожарного режима в Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 20.09.2019 № 1216 // Собрание законодательства РФ, 30.09.2019, № 39, ст. 5420.

⁸ Техническая комиссия обнародовала выводы о причинах трагедии в ночном клубе «Хромая лошадь» // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2010/03/05/reg-permkray/prichiny-anons.html>.

⁹ МЧС назвало главную причину пожаров в торговых центрах. Газета.RU URL: <https://news.rambler.ru/disasters/41208654>

⁶ О внесении изменений в Правила противопожарного режима в Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 20.09.2019 № 1216 // Собрание законодательства РФ, 30.09.2019, № 39, ст. 5420.

МЧС России 24 сводов правил МЧС и 93 СП Минстроя России, содержащих требования пожарной безопасности, зафиксировано 59 дублирующих и свыше 80 противоречащих требований [2], в том числе, связанных с областями применения сводов правил для общественных зданий и сооружений, объектов медицинского и социального назначения. Такое положение приводит к различным подходам в толковании и применении правовых норм.

Не всем терминам, употребляемым в Сводах правил по пожарной безопасности, разработчиками дается определение. Например, п. 5.42 Свода правил (118.13330.2012) содержит требование к размещению детских игровых зон. Само понятие «детская игровая зона» не раскрывается. ГОСТ 33602–2015 «Оборудование и покрытия детских игровых площадок» содержит определения понятий «детская игровая площадка», «зона безопасности оборудования детской игровой площадки», «детский городок» (игровой комплекс). В судебной практике п. 5.42 СП применяется к таким объектам как «детское игровое поле – лабиринт» (Апелляционное определение Санкт-Петербургского городского суда от 21.05.2019 № 33-11300/2019), «торгово-развлекательная зона» (Постановление Семнадцатого арбитражного апелляционного суда от 24.01.2019 № 17АП-18744/2018-АК), «центр досуга и отдыха молодежи, представляющий собой набор игровых аппаратов и аттракционов различных направлений», «детский развлекательный центр» (Решение Октябрьского района Приморского края от 07.05.2018 по делу № 2-220/2018), то есть термин «детская игровая зона» применяется как родовое, обобщающее понятие. Однако стандарты устанавливают для каждого понятия один стандартизованный термин и подмена терминов не должна допускаться.

Большинство нормативных технических документов в области проектирования и строительства зданий и сооружений не распространяются на этап их эксплуатации, требования пожарной безопасности в них содержащиеся не являются требованиями обязательного применения. Так, СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения» включен в перечень документов в области стандартизации (утв. Приказом Росстандарта от 17.04.2019 № 831), в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ № 384-ФЗ. Вместе с тем, национальные стандарты и своды

правил (либо их части) согласно ч.1 ст.6 вышеназванного закона, являются обязательными, если они включены в перечень документов (Постановление Правительства РФ от 26.12.2014 № 1521 (ред. от 07.12.2016)), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Часть СП 118.13330.2012 (например, раздел, 1,2, п.4.1-4.7 раздела 4) включена в указанный перечень, соответственно подлежит обязательному соблюдению. В целом, по смыслу действующего законодательства «добровольность» применения сводов правил должна иметь место в случае, если пожарный риск на объекте не превышает допустимых значений, установленных Техническим регламентом.

В судебной практике не мало споров возникает относительно применения п. 5.42 СП к зданиям и сооружениям, введенным в эксплуатацию до принятия Постановления Правительства РФ № 1521. Так, ООО «Хлоп Топ» в апелляционной жалобе аргументирует тем, что СП 118.13330.2012 распространяется только на проектирование новых, реконструируемых и капитально ремонтируемых общественных зданий начиная с 1 января 2013 года, тогда как здание ТРК "Капитолий" было введено в эксплуатацию еще в 2006 г. и при проектировании здания не могли быть учтены требования п. 5.42 СП (Апелляционное определение Санкт-Петербургского городского суда от 21.05.2019 № 33-11300/2019). Однако правила п. 5.42 должны соблюдаться не только при строительстве здания, но и при определении функционального назначения его части, то есть встраиваемой в ТРК «Капитолий» детской игровой площадки. Общество с ограниченной ответственностью «Сити-Инвест» в обоснование своих требований о неправомерности примененных санкций за несоблюдение требований противопожарного режима при организации детской игровой зоны, указывает, что абз. 3 п. 5.42 Свода правил (118.13330.2012) не имеет правового значения для разрешения спора, так как применяется на добровольной основе. Требованиям пожарной безопасности, предъявляемым к зданиям и сооружениям Федеральным законом от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (ст. 8) деятельность ООО «Сити-Инвест» отвечает (Решение Верховного Суда РФ от 08.08.2019 № АКПИ19-486). ООО «Сити-Инвест» занимает неверную

позицию, так как не учитывает обязательность выполнения СП, если они включены Постановлением Правительства РФ от 26.12.2014 № 1521 в вышеназванный перечень документов.

Имеют место противоречия норм правовых актов, согласно которым производится экспертиза, принимается и вводится в эксплуатацию, равно как и осуществляется сама эксплуатация объекта.

В. А. Перов указывает на имеющуюся проблему с обеспечением безопасности в торгово-развлекательных и деловых комплексах, ввиду наличия в одном здании множества организаций, занимающихся разнонаправленной деятельностью (кинотеатры, спортивные центры, предприятия бытового обслуживания, организации осуществляющие реализацию различных товаров, в том числе требующих специально-оборудованных помещений для их хранения и т.д.). Обязанность обеспечения противопожарного режима руководителя таких организаций ограничена территорией, которую занимает организация «без учета к составу и функциональным характеристикам системы обеспечения пожарной безопасности» здания в целом. Обеспечение безопасности при таком многообразии хозяйствующих субъектов и «разно видовой эксплуатации здания, без внесения в типовой проект конструктивных изменений», указывает автор, не представляется возможным. [3, 63, 64].

В подтверждение обозначенной проблемы в многофункциональных зданиях и сооружениях, можно привести пример из судебной практики, где имела место несогласованность действий по обеспечению противопожарного режима между арендодателем и арендатором. При заключении договора, вопросы закрепления обязанностей по содержанию в надлежащем состоянии АПС и СОУЭ, проверки работоспособности источников внутреннего противопожарного водоснабжения и т.д., не были оговорены, что привело к судебному спору об определении субъекта ответственности за состояние противопожарного режима (Решение Заречного районного суда Свердловской области № 12-42/2019 от 24 апреля 2019 г. по делу № 12-42/2019).

В настоящее время нормативные требования пожарной безопасности к многофункциональным зданиям не разработаны. Проблема с обеспечением пожарной безопасности в комплексах, должна решаться на этапе их проектирования в соответствии с разработанными

«специальными техническими условиями, отражающими специфику обеспечения их пожарной безопасности и содержащими комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий¹⁰, либо посредством осуществления архитектурно-строительных мероприятий при принятии решения о размещении организаций, учреждений разноплановой функциональной предназначенности в уже эксплуатируемом здании. Однако и здесь могут возникнуть проблемы ввиду правовых коллизий. Так, например, в случае размещения банковских учреждений в торгово-досуговых центрах (что достаточно распространено в современный период), возникает проблема с выбором строительных конструкций с нормированными пределами огнестойкости для отделения банковских учреждений от помещений иного функционального предназначения. Например, Московские городские строительные нормы (МГСН) 4.10-97 «Здания банковских учреждений» и ВВП 001-01/Банк России «Здания территориальных главных управлений, национальных банков Центрального банка Российской Федерации» закрепляют различные показатели пределов огнестойкости конструкций. В первом случае отделение помещений банков от иных помещений предусматривает применение глухих противопожарных стен и перекрытий 1-го типа (СНиП 2.01.02-85), во втором случае – глухие противопожарные стены 2-го типа и перекрытиями 3-го типа (СНиП 21-01-97). Такое несоответствие приводит к сложностям при разработке проектной документации.

Имеют место неопределенности с трактовкой мест «массового пребывания людей». В нормативных документах по пожарной безопасности встречаются разные подходы к определению указанного термина. Исходя из п.7 Правил, к таковым относятся здания или сооружения, кроме жилых домов, в котором может одновременно находиться 50 и более человек. В данном определении за основу определения мест «массового пребывания людей» берется определенное количество человек. Площадь, равно как и функциональное предназначение объекта не учитывается. Однако, как отмечает А. С. Харламенков [4], если исходить из п.3.71СП 5.13130.2009 к помещениям с массовым пребыванием людей относятся

¹⁰ Письмо МЧС России от 27.08.2018 №1941-1-29-13-4 «О разъяснении требований нормативных документов». URL: <https://morozofkk.ru/pisma-mchs/id2694/>.

залы, фойе театров, кинотеатров, залы заседаний, лекционные аудитории, рестораны, вестибюли, производственные и другие помещения площадью 50 м² и более с постоянным или временным пребыванием людей (исключение – аварийные ситуации) из расчета более 1 чел. на 1 кв. м¹¹. Данное определение в качестве критерия спорной дефиниции указывает плотность нахождения людей (пребывание (временно или постоянно) на 1 кв.м помещения). Указанные различия в формулировках вызывает сложности при отнесении объектов к местам «массового пребывания людей», что в свою очередь «препятствует проведению оценки соответствия проектной документации требованиям технических регламентов»¹², а также правилам противопожарного режима.

Думается, что многие нюансы найдут свое разрешение после принятия очередных изменений в законодательство о пожарной безопасности, так как проектом № 518816-7 закона предусматривается осуществление строительного надзора при участии представителей ГПС. Как указывается в тексте проекта «Порядок расчета количества человек, одновременно находящихся на объекте с массовым пребыванием людей, будет утверждаться совместно МЧС России и Минстроем России». Значимым шагом в развитии действующего законодательства и совершенствовании системы обеспечения пожарной безопасности является предложение об обязательном участии органов ГПН в проведении государственной экспертизы проектной документации, согласовании вопроса относительно соблюдения требований ПБ в градостроительной и проектно-сметной документации на строительство, капремонт, реконструкцию зданий, сооружений и иных объектов защиты¹³. С точки зрения повышения

эффективности механизмов обеспечения пожарной безопасности и совершенствования законодательства позитивным является введение классификации объектов по категориям риска, в том числе объектов социально-культурного назначения (Постановление правительства РФ от 09.10.2019 г. №1303 «О внесении изменений в некоторые акты правительства РФ»). Торгово-развлекательные центры отнесены к объектам «чрезвычайно высокого риска» и будут проверяться ежегодно, что должно положительно сказаться на минимизации пожарных рисков.

Таким образом, несмотря на предпринимаемые меры по минимизации пожароопасных ситуаций, количество пожаров и рисков возникновения пожароопасных ситуаций достаточно велико, механизм обеспечения пожарной безопасности, в том числе посредством установления противопожарного режима на социально – культурных объектах защиты, еще далек от совершенства. Одним из направлений государственной политики в обеспечении пожарной безопасности указывается актуализация и гармонизация законодательства. Право, как средство урегулирования общественных отношений выступает достаточно мощным средством, способствующим стабилизации общества, но только в том случае, когда правовые нормы понятны, реально исполнимы, не противоречивы. Для повышения уровня пожарной безопасности необходимо дальнейшее совершенствование правового регулирования отношений в области обеспечения пожарной безопасности, в том числе путем:

- систематизации и унификации правовых норм;
- исключения дублирующих, противоречащих положений законодательства;
- замены устаревших норм, регламентирующих вопросы пожарной безопасности;

- разработки национального стандарта «Обеспечение безопасности multifunctional центров, включающих объекты социально-культурного назначения».

Не менее важным считаем и воспитание культуры безопасности, так как именно от отношения к требованиям пожарной безопасности, их неукоснительного соблюдения зависит безопасность субъектов и объектов защиты, минимизация возможных пожарных рисков. В целом для эффективного предупреждения пожарных ситуаций, снижения имущественных потерь, исключения

¹¹ СП 5.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 № 175) (ред. от 01.06.2011) // Пожарная безопасность, № 3, 2010.

¹² МЧС уточнит, что можно считать объектом с массовым пребыванием людей // МКРУ. URL: <https://www.mk.ru/social/2019/04/10/mchs-utochnit-cto-mozhno-schitat-obektom-s->

¹³ О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам совершенствования деятельности федерального государственного пожарного надзора: Проект Федерального закона № 518816-7. URL: <http://sozd.parlament.gov.ru/>.

травмирования и гибели людей необходимо системно подходить к решению обеспечения пожарной безопасности и задействовать все

возможные и предусмотренные нормативными правовыми актами, программными документами средства и формы.

Список литературы

1. Топилкин П. С. Применение и реализация законодательства о пожарной безопасности в Российской Федерации // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. № 1(6). С. 253–256.

2. Анализ применения и актуализация нормативных документов в области пожарной безопасности / А. С. Етумян [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2017. Т. 1. С. 629–635.

3. Перов В. А. Об устранении причин и условий нарушения требований пожарной безопасности при эксплуатации торговых развлекательных и деловых комплексов // Расследование преступлений: проблемы и пути их решения. 2018. № 4 (22). С. 61–64.

4. Харламенков А. С. Здания и помещения с массовым пребыванием людей // Пожаровзрывобезопасность. 2018. № 27(9). С. 66–68.

References

1. Topilkin P. S. *Primeneniye i realizatsiya zakonodatel'stva o pozharnoy bezopasnosti v Rossiyskoy Federatsii* [Application and implemen-

tation of fire safety legislation in the Russian Federation]. *Sovremennyye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoy oborony i likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy*, 2015, vol. 1(6), pp. 253–256.

2. *Analiz primeneniya i aktualizatsiya normativnykh dokumentov v oblasti pozharnoy bezopasnosti* [Analysis of the application and updating of regulatory documents in the field of fire safety] / A. S. Etumyan [et al.]. *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy*, 2017, issue 1, pp. 629–635.

3. Perov V.A. *Ob ustraneniі prichin i usloviy narusheniya trebovaniy pozharnoy bezopasnosti pri ekspluatatsii torgovo-razvlekatel'nykh i delovykh kompleksov* [On eliminating the causes and conditions of violation of fire safety requirements during the operation of shopping, entertainment and business complexes]. *Rassledovaniye prestupleniy: problemy i puti ikh resheniya*, 2018, vol. 4 (22), pp. 61–64.

4. Kharlamenkov A. S. *Zdaniya i pomeshcheniya s massovym prebyvaniyem lyudey* [Buildings and premises with a large stay of people]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2018, vol. 27(9), pp. 66–68.

Чумаков Михаил Вячеславович

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

кандидат технических наук, заведующий кафедрой основ экономики функционирования РСЧС
E-mail: o-spartak@mail.ru

Chumakov Mikhail Vyacheslavovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

candidate of technical sciences, head of the Department of economic basics of functioning of

the Russian Emergency System
E-mail: o-spartak@mail.ru

Пустовалова Ирина Николаевна

Ивановский филиал ЧОУ ВО «Международный юридический институт»,
Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат юридических наук, заведующий кафедрой гражданского права и процесса

E-mail: pustovalovai@mail.ru

Pustovalova Irina Nikolaevna

Ivanovo branch of the private law institution «International Law Institute»,
Russian Federation, Ivanovo

PhD in Law, Head of the Department of Civil Law and Procedure

E-mail: pustovalovai@mail.ru

УДК 614.847.12

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ТРЕНАЖЁРОВ К РАБОТЕ С РУЧНЫМ МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Р. М. ШИПИЛОВ, С. Г. КАЗАНЦЕВ, Е. Е. МАРИНИЧ, Д. Ю. ЗАХАРОВ
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Современное развитие организации учебного процесса зависит от эффективности использования новых средств и методов в процессе обучения. Одним из средств обучения является разработка перспективных тренажеров, которые обеспечивают качественную подготовку личного состава пожарно-спасательных подразделений к непосредственной работе в зоне чрезвычайной ситуации. Исходя из этого, в статье обсуждаются вопросы обеспечения подготовки пожарных-спасателей к применению ручного механизированного аварийно-спасательного инструмента на специализированных тренажерах. На сегодняшний день можно с уверенностью говорить о недостаточной разработанности технических условий и характеристик подобного тренажёрного оборудования. В большинстве случаев при подготовке на тренажерах у обучающихся развивается стереотипность мышления и шаблонность действий. Однако, в реальных условиях ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций данный алгоритм последовательности действий не работает. Это вынуждает разрабатывать новые концепции и методы работы. В статье сформулированы требования по использованию многокоординатной степени подвижности тренажёров и тренажёрных устройств, которая достигается путём использования механизмов или элементов конструкции тренажёров, обеспечивающих колебательную неустойчивость и нестабильность, когда отдельные элементы тренажера могут неконтролируемо смещаться, соскальзывать, складываться, накладываться один на другой.

Ключевые слова: аварийно-спасательные работы; ручной механизированный инструмент; гидравлический аварийно-спасательный инструмент, дорожно-транспортное происшествие; методика обучения; пожарная безопасность; охрана труда.

THE CONCEPTUAL APPROACH OF THE CONSTRUCTIVE EXECUTION OF SIMULATORS TO WORK WITH HAND MECHANIZED TOOLS WHEN CARRYING OUT EMERGENCY AND RESCUE WORKS

R. M. SHIPILOV, S. G. KAZANTSEV, E. E. MARINICH, D. YU. ZAKHAROV
Federal State Educational Institution of Higher Education «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: rim-sgpu@rambler.ru

The modern development of the organization of the educational process depends on the effectiveness of using new tools and methods in the learning process. One of the means of training is the development of promising simulators that provide high-quality training for the personnel of fire-rescue units for direct work in an extremely dangerous area. Based on this, the article discusses the issues of training firefighter-rescuers for the use of manual mechanized rescue tools on specialized simulators. Today, we can confidently talk about the lack of development of technical conditions and characteristics of such training equipment. In most cases, when training on simulators, students develop stereotypical thinking and stereotyped actions. However, in real conditions of emergency response, this sequence of actions algorithm does not work. This forces the development of new concepts and working methods. The article formulates the requirements for using the multi-coordinate degree of mobility of simulators and simulator devices, which is achieved by using mechanisms or simulator design elements that provide oscillatory instability and instability, when individual elements of the simulator can uncontrolledly displace, slip, fold, overlap one another.

Key words: emergency rescue operations; manual power tool; hydraulic emergency rescue tool, traffic accident; teaching methodology; Fire safety; occupational Safety and Health.

На сегодняшний момент предметом обсуждения системы подготовки сотрудников ФПС ГПС являются особенности её изменения в процессе готовности пожарных и спасателей к выполнению поставленных задач по ведению аварийно-спасательных работ (АСР) в зонах чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера. За последние годы увеличилось количество и интенсивность ЧС техногенного характера: дорожно-транспортные происшествия (ДТП), пожары и взрывы в промышленных зданиях и на объектах, обрушения жилых зданий и сооружений, а также ЧС природного характера: наводнения, лесные пожары, оползни, землетрясения. В тоже время особую категорию опасностей представляет нарастающая проблема, связанная с террористической угрозой. Всё это приводит не только к значительному материальному ущербу, но и человеческим жертвам, как мирного населения, так и самих пожарных. Таким образом, перечисленные факторы являются следствием нерешённости ряда концептуальных вопросов, в том числе и связанных с повышенной готовностью пожарных и спасателей.

В проведённых исследованиях Севериным Н. Н.; Ткачевым В. И. (2007); Алдошиной Е. А. (2010); Шкитроновым М. Е. (2010); Кондыковым А. В. (2012); Фадеевым А. С. (2013) в области профессиональной подготовки пожарных-спасателей, уделяется внимание проблеме низкого уровня подготовленности личного состава при работе в зонах ЧС [1–6]. Авторы отмечают на необходимость применения инновационных подходов и процессов в сфере профессиональной подготовки, увеличение тренировочных занятий по отработке практических действий, где возможна интеграция научной, образовательной и профессиональной деятельности [4]. Эти вопросы на сегодняшний момент являются актуальными, так как современные условия профессиональной подготовки по решению возникающих проблем в действиях пожарных-спасателей при ликвидации последствий ЧС выдвигают все новые требования к образовательным организациям МЧС России в области теоретических знаний и практических умений.

На современном этапе особую роль образовательные организации МЧС России отводят практической подготовке личного состава. Учебно-тренировочные занятия являют-

ся базовым видом профессиональной подготовки пожарных и спасателей к выполнению служебных задач на пожарах и авариях [7]. Именно практика позволяет формировать компетенции в аналитическом мышлении, сравнении и сопоставлении результатов деятельности, определении оптимальных вариантов выполнения задач, минимум времени для оценки обстановки и принятия правильного решения, а также предвидеть последствия принятия того или иного решения [7, 8]. На практических занятиях будущие пожарные и спасатели отрабатывают действия, максимально приближенные к реальным: работа в ограниченном пространстве, прокладка рукавной линии, демонтаж конструкций, транспортировка пострадавших и т.д. Все это личный состав должен выполнять в средствах индивидуальной защиты и уметь работать с различного рода механизированным инструментом, так как именно этот инструмент находится на вооружении в пожарно-спасательных подразделениях Главных управлений МЧС России (ГУ МЧС России) и активно применяется при проведении аварийно-спасательных работ.

Согласно сведениям, представленным ГУ МЧС России по Ивановской области на сегодняшний день в пожарно-спасательных подразделениях имеется и активно используется 46 единиц гидравлического аварийно-спасательного инструмента (ГАСИ), это гидравлический инструмент «ПРОСТОР», «Медведь», «СПРУТ», «АГРЕГАТ» (рисунок).

Проведенный анализ представленных сведений ГУ МЧС России по Ивановской области по использованию ГАСИ позволил прийти к выводу, что данный инструмент применяется достаточно активно на пожарах и при ДТП. В среднем за пять лет эксплуатации ГАСИ, время, затраченное на выполнение работ по ликвидации ЧС составило более 230 часов, что несомненно говорит не только о его востребованности, но и важности обладания пожарными необходимыми компетенциями по работе с ГАСИ.

Статистика применения пожарно-спасательными подразделениями ГУ МЧС России по Ивановской области ГАСИ на пожарах и ДТП представлена в таблице. Данные сведения собраны за период с 2014 года по 2018 год. Цифровые значения таблицы приведены в часах.

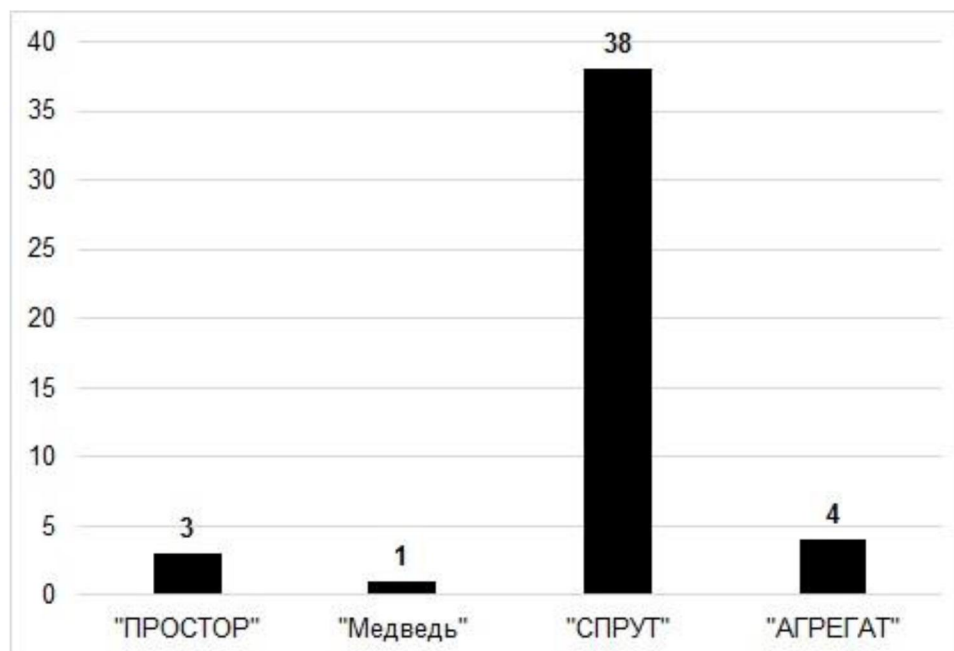


Рисунок. Оснащённость пожарно-спасательных подразделений ГУ МЧС России по Ивановской области ГАСИ

Таблица 1. Статистика применения пожарно-спасательными подразделениями ГУ МЧС России по Ивановской области ГАСИ на пожарах и ДТП

Наименование ГАСИ в наличии	Год									
	2014		2015		2016		2017		2018	
	Пожар	ДТП	Пожар	ДТП	Пожар	ДТП	Пожар	ДТП	Пожар	ДТП
«ПРОСТОР»	14	7	16	8	12	6	17	4	11	3
«Медведь»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
«СПРУТ»	5,5	28,6	2,6	21,4	6,8	15,2	4,0	13,0	5,6	12,8
«АГРЕГАТ»	0,8	2,2	0,8	2,6	1,2	2,4	1,4	2,6	1,8	3,0

Отработка действий по работе с аварийно-спасательным инструментом осуществляется на специально оборудованных учебно-тренажёрных комплексах (УТК), включающих в себя различные тренажёры, модули, позволяющие создавать условия ЧС приближенные к реальным [6]. К таким УТК можно отнести: УТК «Спрут», который включает в себя: тренировочный модуль «Плиты», тренировочный модуль «Здание» [7], тренажер ПТС «Штурм», тренажер «Горящий вагон», тренажер ПТС «Т-Мобиль» [9], тренажер «Лабиринт» [10], тренажер «Альфа-Спас», тренажер «Деблокатор», тренажер «Плита»¹ и т.д. Необходимость использования перечисленных комплексов на практических занятиях обусловлена профес-

сиональными задачами, поставленными перед образовательными организациями МЧС России в процессе подготовки личного состава. Также хотелось бы выделить особую категорию тренажёрных устройств, созданных самими пожарными с целью отработки определённых тактических действий. К ним относятся: УТК «Диггер» [11], тренажер «Имитация пола одноэтажного здания»², тренажер «Подъём плиты под отрицательным уклоном»³, трена-

¹ Спасательные работы [Электронный ресурс] // ОГАПОУ «Технологический колледж» [сайт]. URL: <https://vnovtk.ru/cpasatelnye-raboty/> (дата обращения 28.05.2019).

² Учебный центр. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fdcbomberos.com/centro/> (дата обращения 08.11.2018).

³ Бранд Мастер. Аварийно-спасательное и противопожарное оборудование. [Электронный ресурс]. – URL: https://brmaster.ru/catalog/trenirovochnie_kompleksi_v_sisteme_mchs/spetsializirovannye_trenirovochnie_kompleksi/trenazher-podjem-pliti-pod-otritsatelnim-uklonom/ (дата обращения 12.10.2018).

жёр «Наклонная плита»⁴ и др. Разработка и создание перечисленных выше тренажёров и тренажёрных комплексов базируется на моделировании их функциональных узлов и механизмов, а также работы с ними с использованием оборудования на гидро- и электроприводах.

При теоретико-практическом анализе данных УТК (изучение характеристик и практической направленности имеющихся тренажёрных устройств) были выявлены недостатки их конструктивных элементов. Существующие тренажёры и тренажёрные устройства имеют специфику ограниченности в степени свободы движения, что приводит их к значительной статичности или работе в одной плоскости. С одной стороны, исходя из концепции систематичности и последовательности отработки упражнений, у личного состава развивается стереотипность мышления и шаблонность действий. Это положительным образом влияет на запоминание алгоритма последовательности работы. Таким образом, формируется навык выполнения упражнения. С другой стороны, хотелось бы обратить внимание на тот факт, что в реальных условиях ликвидации последствий ЧС данный алгоритм последовательности действий не работает, так как ситуации, при которых приходится действовать пожарному и спасателю, нестандартны и, возможно, конструктивные элементы будут не стабильны [12, 13]. Это может привести к замешательству и потере времени, что повлечёт за собой гибель людей.

Исследуя современные средства обучения, можно сделать вывод о существовании некоторых требующих решения противоречий: между требованиями к формированию компетенций при работе с ГАСИ на УТК и развитием стереотипности (шаблонности) мышления к действиям. Это определяется недостаточной разработанностью технических условий и характеристик тренажёрного оборудования.

Таким образом, имеющиеся УТК и тренажёрные модули по профессиональной подготовке пожарных-спасателей свидетельствуют о том, что проблема формирования у них профессиональных компетенций остаётся открытой в сфере практической подготовки. Процесс обучения работе с ГАСИ должен строиться не за счёт повторяющихся движений и действий, а за счёт создания различных ситуационных задач, которые заставляют думать и

действовать нестандартно с максимальным эффектом. Также, действия личного состава при работе с ГАСИ должны осуществляться не в одной плоскости, а в нескольких плоскостях с проведением работ по стабилизации тренажёра, тем самым отрабатывая точность движений и слаженность действий. В качестве примера можно привести тренажёры «Лабиринт»⁵ и «JENGA»⁶. В результате работы на данных тренажёрах формируется чувство баланса, стабилизации, воспитывается точность движений и расчёт последствий выполняемых действий.

Разработка и создание тренажёров и тренажёрных устройств с использованием многокоординатной степени подвижности конструктивных элементов, позволит создавать различные ситуационные условия при ведении АСР, что является важной и актуальной задачей. В качестве примера по созданию многокоординатной тренажёрной системы можно обратиться к исследованиям в области подготовки космонавтов и авиационных тренажёров (Л. В. Львов 2002; Е. А. Супрунов 2012; О. А. Кравченко, Д. Ю. Богданов, Д. В. Барыльник 2014) [8, 14, 15]. Однако следует обратить особое внимание на тот факт, что данные исследования в большей степени акцентированы на особенностях акселерационных воздействий на человека или его обезвешивания, т.е. направлены на создание условий, имитирующих невесомость. В нашем случае специфика работы тренажёров во многом отличается статическим положением, где непосредственно сам пожарный воздействует на них.

Следовательно, назрела необходимость в разработке инновационных тренажёров и тренажёрных устройств, имеющих многокоординатную степень подвижности. Это достигается путём использования механизмов или элементов конструкции тренажёров, обеспечивающих колебательную неустойчивость, нестабильность при балансировке конструкции. Данные тренажёры должны иметь такие конструктивные особенности, которые позволяют создать различные режимы нестандартных ситуаций, не зависимо от поставленной

⁴ Тверские спасатели с манекеном Гошей тренируются доставать людей из-под завалов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://tvernews.ru/news/206272/> (дата обращения 10.11.2018).

⁵ Absolute Rescue. Another Great Stabilization Maze Drill: Defreestville, NY [Video, Pics] [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.absoluterescue.com/vehicle/another-great-stabilization-maze-drill-defreestville-ny-video-pics/> (дата обращения 11.10.2018).

⁶ WEST MEAD 1 Volunteer fire company. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.westmead1.com/pre-plans-hydraulic-rescue-tools-drill/> (дата обращения 06.10.2018).

задачи, заставляя пожарного и спасателя принимать решения, исходя из ситуации, и находить оптимальные решения не только по стабилизации объекта, но и по фиксации его при помощи стабилизирующих спасательных устройств [12]. Алгоритм работы данных тренажёрных устройств должен заключаться в том, чтобы его элементы могли неконтролируемо смещаться, соскальзывать, складываться, накладываться один на другой. Использование ручного, механического, гидравлического ин-

Список литературы

1. Северин Н. Н. Управление физической подготовкой личного состава подразделений государственной противопожарной службы МЧС России с учетом особенностей профессиональной деятельности: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. С.-Петербург, 2005. 28 с.

2. Ткачев В. И. Физическая подготовка сотрудников ГПС МЧС России с использованием упражнений в составе пожарного расчета: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Белгород, 2007. 21 с.

3. Алдошина Е. А. Педагогическая технология применения тренировочных комплексов в процессе профессиональной подготовки членов добровольных пожарных дружин сельскохозяйственных объектов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2010. № 2 (60). С. 3–6.

4. Шкитронов М. Е. Педагогические условия совершенствования подготовки инженеров пожарной безопасности в процессе изучения общепрофессиональных дисциплин в вузах ГПС МЧС России: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. С.-Петербург, 2010. 208 с.

5. Кондыков А. В. Профессиональная подготовка нештатных аварийно-спасательных формирований: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. С.-Петербург, 2012. 23 с.

6. Фадеев А. С. Профессиональная подготовка пожарных расчетов военно-учебных заведений: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. С.-Петербург, 2013. 24 с.

7. Учебно-тренажерный комплекс «Спрут» / Ш. Ш. Дагиров [и др.]. Вытегра, 2011. 103 с.

8. Львов Л. В. Дидактические условия формирования умений профессиональной деятельности курсантов военного авиационного института в процессе тренажерной подготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. Челябинск, 2002. 188 с.

9. Практическое использование учебно-тренировочных комплексов для подготовки пожарных и спасателей / М. Ю. Легошин [и др.]

струмента, а также применение стабилизирующих конструкций будет направлено на придание тренажеру устойчивости и стабилизации со всех сторон. Таким образом, мы получаем тренажер или тренажерный комплекс, как инструмент подготовки пожарных-спасателей к реальным действиям в условиях ЧС, перекрывая, тем самым профессиональные компетенции по работе с механизированным инструментом.

// Международный научно-исследовательский журнал. INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL. Екатеринбург. 2017. № 11(65). Часть 4. С. 44–51.

10. Применение тренажерных комплексов в учебно-тренировочных занятиях по отработке способов самоспасания и спасения пострадавших в условиях ограниченного пространства / Р. М. Шипилов [и др.] // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты). 2018. № 3(28). С. 48–56.

11. Ниткин А. Н., Краснов И. А., Костяев А. А. Разработка многофункционального модульного тренажерного комплекса подготовки пожарных и спасателей к работе в ограниченном пространстве // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 29-30 ноября 2018 г. Часть I. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 448–450.

12. Шаерман А. В. Проведение спасательных работ при дорожно-транспортных происшествиях. Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2013. 264 с.

13. Разработка проекта тренажера по работе с ГАСИ / Р. М. Шипилов [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность. 2019. № 2(13). С. 31–38.

14. Сапрунов Е. А. Система компьютерно-имитационного моделирования шестистепенных динамических стендов авиационных тренажеров: дис. канд. тех. наук: 05.13.18. Пенза, 2012. 168 с.

15. Кравченко О. А., Богданов Д. Ю., Барыльник Д. В. Математическая модель электромеханической многокоординатной силокомпенсирующей системы // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2014. С. 71–77.

References

1. Severin N. N. *Upravleniye fizicheskoy podgotovkoy lichnogo sostava podrazdeleniy*

gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS Rossii s uchetom osobennostey professional'noy deyatel'nosti. Author. diss. cand. ped. nauk [Management of physical training of personnel of units of the state fire service of the Ministry of Emergencies of Russia, taking into account the characteristics of professional activity. Cand. ped. sci. author. diss.]. St. Petersburg, 2005. 28 p.

2. Tkachev V. I. *Fizicheskaya podgotovka sotrudnikov GPS MCHS Rossii s ispol'zovaniyem uprazhneniy v sostave pozharnogo rascheta*. Author. diss. cand. ped. nauk [Physical training of employees of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia using exercises as part of the fire brigade. Cand. ped. sci. author. diss.]. Belgorod, 2007. 21 p.

3. Aldoshina E. A. *Pedagogicheskaya texnologiya primeneniya trenirovochnyx kompleksov v processe professionalnoj podgotovki chlenov dobrovolnyx pozharnyx družin selskoxozyajstvennyx obektov* [Pedagogical technology for the use of training complexes in the process of training members of voluntary fire brigades of agricultural facilities]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 2010, vol. 2(60), pp. 3–6.

4. Shkitronov M. E. *Pedagogicheskiye usloviya sovershenstvovaniya podgotovki inzhenerov pozharnoy bezopasnosti v protsesse izucheniya obshcheprofessional'nykh distsiplin v vuzakh GPS MCHS Rossii*. Diss. cand. ped. nauk [Pedagogical conditions for improving the training of fire safety engineers in the process of studying general professional disciplines at universities of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia. Cand. ped. sci. diss.]. St. Petersburg, 2010. 208 p.

5. Kondykov A. V. *Professional'naya podgotovka neshchatnykh avariyno-spasatel'nykh formirovaniy*. Author. diss. cand. ped. nauk [Professional training of emergency contingent and rescue units. Cand. ped. sci. author. diss.]. St. Petersburg, 2012. 23 p.

6. Fadeev A. S. *Professional'naya podgotovka pozharnykh raschetov voyenno-uchebnykh zavedeniy*. Author. diss. cand. ped. nauk [Vocational training of fire brigades of military schools. Cand. ped. nauk. author. diss.]. St. Petersburg, 2013. 24 p.

7. *Uchebno-trenazhernyy kompleks «Sprut»* [Training simulator complex «Octopus»] / Sh. Sh. Dagiroy [et al.]. Vytegra, 2011. 103 p.

8. Lvov L. V. *Didakticheskiye usloviya formirovaniya umeniy professional'noy deyatel'nosti kursantov voyennogo aviatsionnogo instituta v protsesse trenazhnoy podgotovki*. Diss. cand. ped. nauk [Didactic conditions for the formation of skills of professional activity of cadets of the military aviation institute in the process of sim-

ulator training. Cand. ped. sci. diss.]. Chelyabinsk, 2002. 188 p.

9. Prakticheskoe ispolzovanie uchebno-trenirovochnyx kompleksov dlya podgotovki pozharnyx i spasatelej [The practical use of educational complexes for the training of firefighters and rescuers] / M. Yu. Legoshin [et al.]. *International Scientific Journal. INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL*, 2017, vol. 11(65), part 4, pp. 44–51.

10. *Primeneniye trenazhyornyx kompleksov v uchebno-trenirovochnyx zanyatiyax po otrabotke sposobov samospasaniya i spaseniya postradavshix v usloviyax ogranichennogo prostranstva* [The use of simulator complexes in training sessions for practicing self-rescue and rescue methods in a limited space] / R. M. Shipilov [et al.]. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii (Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity)*, 2018, vol. 3(28), pp. 48–56.

11. Nitkin A. N., Krasnov I. A., Kostyaev A. A. *Razrabotka mnogofunktionalnogo modulnogo trenazhyornogo kompleksa podgotovki pozharnyx i spasatelej k rabote v ogranichenom prostranstve* [Development of a multifunctional modular training complex for preparing firefighters and rescuers for work in a confined space]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost: sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhennoj Godu kultury bezopasnosti, Ivanovo, 29-30 noyabrya 2018 g. Chast I*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MChS Rossii, 2018, pp. 448–450.

12. Shaerman A. V. *Provedeniye spasatel'nykh rabot pri dorozhno-transportnykh proisshestviyakh* [Conducting rescue operations in road traffic accidents]. Ekaterinburg: OOO "Izdatelstvo «Kalan»", 2013. 264 p.

13. *Razrabotka proekta trenazhyora po rabote s GASI* [Development of a simulator project for working with the Hydraulic Rescue Tool] / R. M. Shipilov [et al.]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost*, 2019, vol. 2(13), pp. 31–38.

14. Saprunov E. A. *Sistema komp'yuterno-imitatsionnogo modelirovaniya shestistepennykh dinamicheskikh stendov aviatsionnykh trenazhrov*. Diss. cand. ped. nauk [The system of computer simulation of six-step dynamic stands of flight simulators. Cand. ped. sci. diss.]. Penza, 2012. 168 p.

15. Kravchenko O. A., Bogdanov D. Yu., Barylnik D. V. *Matematicheskaya model elektromexanicheskoy mnogokoordinatnoj silokompensiruyushhej sistemy* [Mathematical model of an electromechanical multi-coordinate force compensating system]. *Vestnik Vuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Energetika*, 2014, pp 71–77.

Шипилов Роман Михайлович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук, доцент

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru,

Shipilov Roman Mikhailovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

candidate of pedagogical Sciences, associate Professor

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Казанцев Семен Григорьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

старший преподаватель кафедры

E-mail: skorpsem@yandex.ru

Kazantsev Semen Grigorievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

senior lecturer

E-mail: skorpsem@yandex.ru

Маринич Евгений Евгеньевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук, преподаватель

E-mail: dragon-37@mail.ru

Marinich Evgeny Evgenievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

candidate of pedagogical Sciences, teacher

E-mail: dragon-37@mail.ru

Захаров Дмитрий Юрьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: mr.dmitriyazkharov@mail.ru

Zakharov Dmitry Yuryevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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

teacher

E-mail: mr.dmitriyazkharov@mail.ru

УДК 378.14

ФОРМИРОВАНИЕ ПСИХОФИЗИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МЧС РОССИИ В РАМКАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

Р. М. ШИПИЛОВ, В. Н. МАТВЕИЧЕВ, Е. Е. МАРИНИЧ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru, v.matveichev@mail.ru, dragon-37@mail.ru

Повышенные требования, которые предъявляются к обучающимся образовательных организаций высшего образования МЧС России, в частности к психофизической подготовленности, свидетельствуют о необходимости включения в учебно-тренировочный процесс инновационных тренировочных систем или систем упражнений. Данные тренировочные системы позволят расширить спектр возможностей общей физической и психической подготовки и создадут серьезные предпосылки для совершенствования системы специальной психофизической подготовки. Таким образом, существует необходимость поиска новых, эффективных путей совершенствования системы психофизической подготовки на базе образовательных организаций высшего образования МЧС России. Одной из таких систем упражнений может являться система «CrossFit», как одно из инновационных спортивных направлений, сконцентрировавшее в себе упражнения из различных видов спорта и направленное на развитие всех психофизических качеств в комплексе. Основная цель системы «CrossFit» – максимально адаптировать организм к различным видам нагрузки.

Пожарные должны быть готовы к разным заданиям – переносить снаряжение или пострадавшего, выбивать двери, окна, если требуется ползти, спускаться, бежать, оказывать помощь пострадавшим, преодолевать различные препятствия, а также возможна любая комбинация перечисленных движений. Все эти задачи выполняются в боевой одежде пожарного, и последовательность их выполнения в зависимости от ситуации может меняться, поэтому пожарные должны быть подготовлены разносторонне. Проведены исследования по оценке психофизической подготовленности обучающихся Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России при выполнении испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне». В ходе исследования определена достоверность полученных результатов.

Ключевые слова: Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне», система «CrossFit», психофизическая подготовленность, обучающиеся образовательных организаций высшего образования МЧС России.

FORMATION OF PSYCHOPHYSICAL READINESS OF TRAINING EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF THE EMERCOM OF RUSSIA IN THE FRAMEWORK OF IMPROVING A TRAINING AND TRAINING PROCESS

R. M. SHIPILOV, V. N. MATVEICHEV, E. E. MARINICH

Federal State Educational Institution of Higher Education «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: rim-sgpu@rambler.ru, v.matveichev@mail.ru, dragon-37@mail.ru

The increased requirements for students of educational institutions of higher education of the Ministry of Emergencies of Russia, in particular for psychophysical preparedness, indicate the need for innovative training systems or exercise systems to be included in the educational process. These training systems will expand the range of opportunities for general physical and mental preparation and will create serious prerequisites for improving the system of special psychophysical training. Thus, there is a need to find new, effective ways to improve the system of psychophysical training on the basis of educational institutions of higher education of the Ministry of Emergencies of Russia. One of such exercise systems may be the CrossFit system, as one of the innovative sports areas that has concentrated exercises from various sports and

aimed at developing all psychophysical qualities in a complex. The main goal of the CrossFit system is to adapt the body to various types of load as much as possible.

Firefighters must be ready for various tasks - to carry equipment or the victim, knock out doors, windows, if you need to crawl, get down, run, help the injured, overcome various obstacles, and any combination of these movements is possible. All these tasks are carried out in the combat clothing of a firefighter, and the sequence of their implementation, depending on the situation, may vary, so firefighters must be prepared diversely. Studies were conducted to assess the psychophysical preparedness of students of the Iva-novo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia when performing tests (tests) of the All-Russian Physical Culture and Sports Complex «Ready for Labor and Defense». The study determined the reliability of the results.

Keywords: tests (tests) of the All-Russian physical-sports complex «Ready for work and defense», the CrossFit system, psychophysical readiness, students of higher education institutions of the Russian Emergencies Ministry.

Актуальность.

В настоящее время в образовательных организациях используются различные системы и методы физической подготовки и оценка физической подготовленности. Зачастую они обусловлены специализацией учебных заведений. Особый интерес вызывают образовательные организации, чья деятельность непосредственным образом связана с предотвращением чрезвычайных ситуаций и спасением человеческой жизни. К таким организациям относятся образовательные организации высшего образования МЧС России.

Процесс обучения в образовательных организациях высшего образования МЧС России связан в первую очередь с формированием профессионально важных физических качеств. К данным качествам следует отнести скоростную выносливость, силовую выносливость, быстроту, силу, ловкость и координацию движений, которые необходимы в будущей профессиональной деятельности пожарного [1, 2]. Система физической подготовки обучающихся этих образовательных учреждений включает в себя ряд программ по дисциплинам: «Физическая культура и спорт», «Элективные курсы по физической культуре и спорту», «Пожарно-спасательная подготовка». Данные программы разработаны на основании требований, предъявляемых Приказом МЧС РФ от 30.03.2011 г. № 153 «Об утверждении Наставления по физической подготовке личного состава федеральной противопожарной службы» и Приказом МЧС России от 26.07.2016 г. № 402 «О внесении изменений в приказ МЧС России от 30.03.2011 г. № 153».

Залогом успешного выполнения служебных задач, будущих пожарных является разработка инновационных систем физических упражнений, одной из которых может являться система «CrossFit» [3], вобравшая в себя физические упражнения из различных видов

спорта и направленная на адаптацию организма человека к различным нагрузкам¹.

Исследуя наметившуюся проблему системы физической подготовки обучающихся, следует обратить также особое внимание на мониторинг уровня физической подготовленности. Немаловажной проблемой является недостаточность изучения вопроса создания единой системы оценки физической подготовленности. Исходя из этого, назрела необходимость формирования наиболее эффективной системы оценивания физической подготовленности молодёжи с целью возможности проведения общего мониторинга готовности к выполнению своих социальных и в тоже время профессиональных обязанностей [4]. Одной из таких систем может стать Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне» (далее – ВФСК «ГТО»), возобновлённый и введённый в действие указом президента Российской Федерации Путина В.В. 01.09.2014 года и выступающий, как программная и нормативная основа системы физического воспитания различных групп населения Российской Федерации².

¹ Стереотипы о кроссфите [Электронный ресурс] URL: <http://vcrossfite.com/stereotypes-crossfit/> (дата обращения: 19.09.2016).

² Положение о Всероссийском физкультурно-спортивном комплексе «Готов к труду и обороне» (ГТО), утвержденное Постановлением Правительства РФ от 11.06.2014 г. № 540; ГТО в СССР: с чего началась история комплекса в России [Электронный ресурс]. URL: <https://gtonorm.ru/kak-poyavilis-normy-gto-istoriya-sozdaniya/> (дата обращения: 25.07.2019); История ГТО [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gto.ru/history> (дата обращения: 25.07.2019); Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 17 января 1972 года № 61.

Таким образом, исходя из целевого назначения, система «CrossFit» и ВФСК «ГТО» имеют все предпосылки к интеграции в процесс подготовки обучающихся образовательных организаций высшего образования МЧС России, так как позволяют формировать личность обучающегося через физическую культуру [5].

Цель исследования: обоснование эффективности использования системы «CrossFit» в учебно-тренировочном процессе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, как системы повышения физической подготовленности обучающихся и обоснование необходимости внедрения ВФСК «ГТО» в образовательный процесс академии, как единой Всероссийской системы мониторинга физической подготовленности обучающихся.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи исследования:**

- организовать для обучающихся академии на регулярной основе сдачу норм ВФСК «ГТО»;
- провести сравнительный анализ по развитию физических качеств в нормативных упражнениях ВФСК «ГТО» и нормативных упражнениях по изучаемым дисциплинам;
- разработать методическую программу «CrossFit»-комплекс и внедрить ее в учебно-тренировочный процесс академии;
- провести мониторинг уровня физической подготовленности обучающихся с помощью испытаний (тестов) ВФСК «ГТО».

Методика проведения исследования:

Исследование проводилось в период с 2015 по 2018 год. На констатирующем этапе исследования в качестве респондентов выступили 40 курсантов факультета пожарной безопасности (далее – ФПБ) и 40 курсантов факультета техносферная безопасность (далее – ФТБ) 1-го года обучения Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. В ходе исследования применялся комплекс испытаний (тестов) ВФСК «ГТО». С помощью таких упражнений как бег 3000 м, бег 100 м, подтягивание из виса на высокой перекладине (далее – подтягивание на перекладине), наклон вперед из положения стоя на гимнастической скамье (далее – наклон вперед), прыжок в длину с места толчком двумя ногами (далее – прыжок с места) определялся уровень физической подготовленности обучающихся. В исследовании не принимали участие девушки по причине недостаточной выборки испытуемых.

Исследование проводилось в 3 этапа:

– 1 этап: проведен теоретический анализ нормативной, научно-практической литературы по данной проблематике;

– 2 этап: проведено исследование эффективности применения спортивной системы «CrossFit» [3] в подготовке курсантов к сдаче нормативов ВФСК «ГТО» на базе ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России;

– 3 этап: проведен анализ результатов. Для оценки эффективности внедрения в учебно-тренировочный процесс адаптированной методической программы «CrossFit» (далее – «CrossFit»-комплекс) в качестве статистической обработки данных применялся *t*-критерий Стьюдента – метод оценки значимости различий средних величин двух срезов. Так же на данном этапе были подведены итоги и сделаны соответствующие выводы по проделанной работе.

На основе анализа полученных данных первичного исследования по выявлению уровня физической подготовленности курсантов разработана методическая программа «CrossFit»-комплекс WOD. В данную программу были включены упражнения, способствующие развитию физических и функциональных возможностей организма курсантов, необходимых для успешной сдачи нормативов ВФСК «ГТО».

Математическая обработка полученных данных исследования осуществлялась с применением прикладной компьютерной программы Microsoft Excel 2010. При этом для определения достоверности различий средних значений показателей использовался *t*-критерий Стьюдента.

Результаты исследования:

В ходе исследования был проведен достаточно глубокий анализ результатов внедрения системы «CrossFit» в учебно-тренировочный процесс академии. В тестировании приняли участие 869 курсантов: 333 курсанта ФТБ и 536 курсантов ФПБ. По итогам выполнения тестов ВФСК «ГТО» VI ступени (18-29 лет) были получены следующие результаты. Из общего количества испытуемых только 54,4% респондентов справились со всеми предложенными тестами ВФСК «ГТО», однако 45,6% респондентов не смогли выполнить все задания (рис. 1).

Анализ полученных данных по курсам показал, что большинство респондентов, не справившихся с нормами ВФСК «ГТО», являются обучающиеся выпускных курсов: 4-го курса (34%) и 5-го курса (22%) (рис. 2). Определение причин низкой подготовленности курсантов выявил ряд недостатков, отсутствие желания

самостоятельно заниматься физическими упражнениями, большая загруженность в учебных дисциплинах теоретических курсов. Ключевым недостатком стало то, что дисци-

плина «Физическая культура и спорт» на выпускных курсах заканчивается на ФТБ сдачей экзамена в 8 семестре и на ФПБ в 9 семестре.



Рис. 1. Общая численность курсантов, принявших участие в тестировании ВФСК «ГТО»

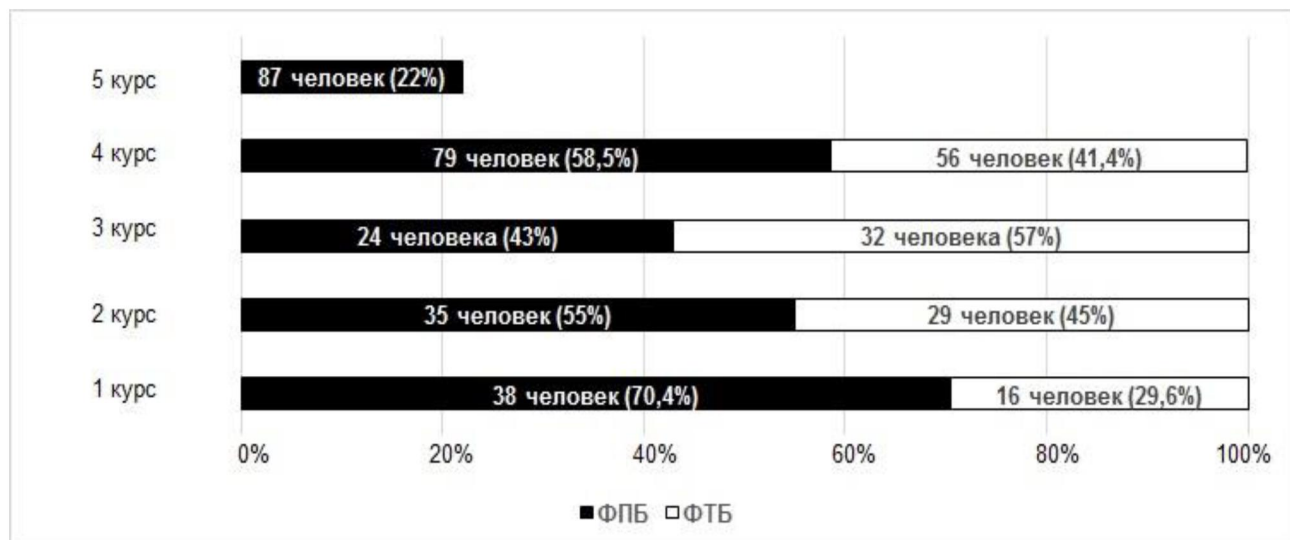


Рис. 2. Общая численность курсантов, не выполнивших требования ВФСК «ГТО»

Таким образом, результаты тестирования позволили нам получить объективную оценку о выполнении испытаний (тестов) VI ступени ВФСК «ГТО» и уровня физической подготовленности курсантов академии.

Из табл. 1 следует, что средние значения в группах ФТБ и ФПБ схожи. Обучающиеся тестируемых групп имеют один уровень физической подготовленности, и существенных межгрупповых различий ($P \leq 0,05$) в группах не наблюдается.

На втором этапе исследования курсантами экспериментальной группы ФПБ выполнялись упражнения методической программы «CrossFit»-комплекс по 1 академическому часу в неделю. Занятия были направлены на совершенствование следующих физических качеств: быстрота, сила, выносливость, которые необходимы для успешной сдачи испытаний ВФСК «ГТО». Контрольная группа – курсанты ФТБ, занимались по программе учебной дисциплины «Физическая культура и спорт».

Таблица 1. Результаты тестирования обучающихся ФТБ и ФПБ (констатирующий этап)

Тесты	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Значение t-критерия Стьюдента	
	M±m	M±m	t – экс.	P≤0,05
Бег 100 м	13,59±0,52	13,61±0,66	- 0,10	<
Бег 3000 м	12,61±0,85	12,64±0,97	- 0,12	<
Подтягивание на перекладине	11,25±1,90	10,90±2,06	- 0,59	<
Наклон вперед	10,43±2,51	10,70±2,24	- 0,39	<
Прыжок в длину с места	220,50±10,37	221,25±10,42	- 0,24	<
Поднимание туловища из положения лежа на спине	39,03±5,44	39,20±4,46	- 0,11	<

Программа «CrossFit»-комплекса предполагала использование в микроцикле (неделя) четырех тренировочных занятий (табл. 2). Представленная экспериментальная методика заключалась в интеграции «CrossFit» тренировки и специальной подготовки.

Таблица 2. Учебно-тренировочная программа в микроцикле

Микроцикл	
Понедельник	Специальная подготовка
Вторник	Отдых
Среда	«CrossFit»-комплекс
Четверг	Отдых
Пятница	Специальная подготовка
Суббота	Отдых
Воскресение	Общефизическая подготовка

В ходе эксперимента проводились занятия с применением адаптированной методической программы «CrossFit»-комплекс. Занятия проводились один раз в неделю по 1,5 часа, при этом были использованы специализированные комплексы упражнений с собственным весом тела, как для индивидуальной работы, так и для работы в парах. В завершении второго этапа проведено повторное исследование уровня физической подготовленности

курсантов при выполнении испытаний (тестов) ВФСК «ГТО». В контрольное тестирование были включены четыре обязательных теста и два теста по выбору: бег 100 м, бег 3000 м, подтягивание на перекладине, наклон вперед, прыжок в длину с места и поднимание туловища из положения лежа на спине³.

На констатирующем этапе исследования с целью определения уровня физической подготовленности были протестированы курсанты 1-го года обучения ФТБ и ФПБ. Полученные результаты тестирования обучающихся приведены в табл. 1.

На завершающем этапе исследования была проведена оценка физической подготовленности курсантов с целью проверки эффективности предложенной адаптированной методической программы «CrossFit»-комплекс для успешной сдачи нормативов ВФСК «ГТО».

В качестве контрольного тестирования были предложены нормативы (тесты), которые применялись на констатирующем этапе исследования: бег 100 м, бег 3000 м, подтягивание на перекладине, наклон вперед, прыжок в длину с места и поднимание туловища из положения лежа на спине. Полученные результаты тестирования обучающихся ФТБ и ФПБ приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты итогового тестирования обучающихся ФТБ и ФПБ (контрольный этап)

Тесты	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Значение t-критерия Стьюдента	
	M±m	M±m	T – экс.	P≤0,05
Бег 100 м	13,82±0,48	13,17±0,29	5,57	>
Бег 3000 м	12,66±0,94	11,7±0,44	4,37	>
Подтягивание на перекладине	12,55±1,89	16,38±2,07	6,53	>
Наклон вперед	15,27±2,11	10,50±2,54	6,86	>
Прыжок в длину с места	216,38±11,27	232,25±9,87	5,08	>
Поднимание туловища из положения лежа на спине	43,28±5,47	48,28±5,81	3,00	>

³ Положение о Всероссийском физкультурно-спортивном комплексе «Готов к труду и обороне» (ГТО), утвержденное Постановлением Правительства РФ от 11.06.2014 г. № 540.

Выводы:

Из таблицы 3 следует, что средние значения в группах ФТБ и ФПБ различны, а значит можно говорить о значительных изменениях в результате внедрения экспериментальной методической программы «CrossFit»-комплекса в учебно-тренировочный процесс. Результаты имеют значимые различия между группами ($P > 0,05$). Этот факт говорит в пользу эффективности предложенной адаптированной методической программы «CrossFit»-комплекса. В частности, мы имеем заметный рост физической подготовленности курсантов по проявлению скоростно-силовых способностей (бег 100 м, подтягивание на перекладине), по проявлению выносливости (бег 3000 м) и по проявлению взрывной силы (прыжок в длину с места). Вместе с тем наблюдается незначительное снижение уровня развития гибкости (наклон вперед), что не противоречит теоретическим основам физического воспитания. Так при совершенствовании силовых способностей и выносливости, ухудшается гибкость и ловкость. В пользу применения представленной методики говорит улучшение профессионально важных для пожарного физических качеств.

Средний показатель в беге 3000 м в ходе исследования имеет положительную динамику, что составило 13,2 %, средний показатель в подтягивании на перекладине имеет более выраженную положительную динамику и составил 33,8 %. Повысился средний показатель в беге 100 м, он составил 21,3 %. Менее значительный рост имеет средний показатель выносливости в поднимании туловища из положения лежа на спине, он составил 10,4 %.

Представленные результаты исследования наглядно подтверждают эффективность применения адаптированной методической программы «CrossFit»-комплекса в процессе подготовки курсантов к выполнению тестов ВФСК «ГТО». По окончании исследования респонденты экспериментальной группы во всех нормативных заданиях, кроме теста на гибкость (наклон вперед), показали результат выше в сравнении с контрольной группой. В частности, полученные результаты в экспериментальной группе в подтягивании на перекладине и в беге 100 м оказались значительно выше аналогичных результатов контрольной группы, об этом свидетельствуют показали достоверных различий при $p < 0,05$.

Список литературы

1. Аганов С. С. Концепция и технология развития физической культуры обучающихся в вузе ГПС МЧС России: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08. С.-Петербург, 2008. 387 с.
2. Динаев Б. М. Совершенствование профессионально-прикладной физической подготовки курсантов в вузах пожарно-технического профиля: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Шуя, 2009. 157 с.
3. Kulagin A. V., Vedjaskin Yu. A., Shipilov R. M., Marinich E. E. The history of the development training «crossfit» // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12-4 (54). С. 54–56.
4. Шипилов Р. М., Матвеичев В. Н., Шалыгин Д. Н. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне» в системе ГПС МЧС России // Сборник материалов международной научной конференции «Наука современности – 2015». М., 2015. С. 425–431.
5. Шипилов Р. М., Ишухина Е. В., Матвеичев В. Н., Шипилова О. В. Включение Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» в систему профессиональной подготовки пожарных и

спасателей // Вестник Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. 2015. № 1(24). С. 106–111.

References

1. Aganov S. S. *Koncepciya i tehnologiya razvitiya fizicheskoi kulturi obuchayuschihся v vuzе GPS MChS Rossii*. Diss. d-ra. ped. nauk [The concept and technology for the development of physical education of students at the university of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia. Dr. ped. sci. diss.]. S.-Peterburg, 2008. 387 p.
2. Dinaev B. M. *Sovershenstvovanie professionalno_prikladnoi fizicheskoi podgotovki kursantov v vuzah pojarno_tehnicheskogo profilya*. Diss. d-ra. ped. nauk [Improvement of professionally-applied physical training of cadets in universities of the fire-technical profile. Dr. ped. sci. diss.]. Shuya, 2009. 157 p.
3. Kulagin A. V., Vedjaskin Yu. A., Shipilov R. M., Marinich E. E. The history of the development training «crossfit». *Mejdunarodnii nauchno_issledovatel'skii jurnal*, 2016, vol. 12-4(54), pp. 54–56.
4. Shipilov R. M., Matveichev V. N., Shalyavin D. N. *Vserossiiskii fizkulturно_sportivnii*

kompleks «Gotov k trudu i oborone» v sisteme GPS MChS Rossii [All-Russian sports complex «Ready for work and defense» in the system of the Ministry of Emergencies of Russia]. *Sbornik materialov mejdunarodnoi nauchnoi konferencii «Nauka sovremennosti – 2015»*. Moscow, 2015, pp. 425–431.

5. Shipilov R. M., Ishuhina E. V., Matveichev V. N., Shipilova O. V. Vključenje Vse-

rossiiskogo fizkulturno-sportivnogo kompleksa «Gotov k trudu i oborone» v sistemu professionalnoi podgotovki pojamih i spasatelei [Inclusion of the All-Russian physical culture and sports complex «Ready for work and defense» in the training system for firefighters and rescuers]. *Vestnik Ivanovskoi pojarno_spasatelnoi akademii GPS MChS Rossii*, 2015, vol. № 1(24), pp. 106–111.

Шипилов Роман Михайлович

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

доцент кафедры

кандидат педагогических наук, доцент

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Shipilov Roman Mikhailovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
associate Professor

candidate of pedagogical Sciences, associate Professor

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Матвеевич Виталий Николаевич

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

старший преподаватель кафедры

E-mail: v.matveichev@mail.ru

Matveichev Vitaliy Nikolaevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
senior lecturer

E-mail: v.matveichev@mail.ru

Маринич Евгений Евгеньевич

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

преподватель кафедры

кандидат педагогических наук

E-mail: dragon-37@mail.ru

Marinich Evgeny Evgenievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «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
lecturer of the department

candidate of pedagogical Sciences

E-mail: dragon-37@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 специальности журнала.

Обязательно указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

В статье указывается шифр основной специальности, по которой выполнена работа.

При направлении материалов в редакцию по электронной почте в одном письме направляются:

- файл статьи в формате MS Word;
- внешняя рецензия, заверенная в установленном в организации порядке (рецензенты и авторы статей не должны находиться в должностных отношениях);
- сканированная копия сопроводительного письма.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ СТАТЕЙ

Обязательные элементы рукописи:

УДК, аннотация, ключевые слова, текст статьи.

Аннотация должна иметь объем 150–200 слов, а её содержание – отражать структуру статьи.

Минимальный объем ключевых слов – 5. Ключевые слова отделяются друг от друга точкой с запятой.

В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

Структура размещения статьи в журнале:

- Блок 1 – на русском языке: УДК; название статьи; автор(ы); адресные данные авторов (полное юридическое название организации, адрес организации, адрес электронной почты всех или одного автора); аннотация; ключевые слова;
- Блок 2 – транслитерация и перевод на английский язык соответствующих данных Блока 1 в той же последовательности: название статьи – на английском языке; авторы – на латинице (транслитерация); название организации, адрес организации, аннотация, ключевые слова – на английском языке;
- Блок 3 – полный текст статьи на языке оригинала (русском), оформленный в соответствии с действующими требованиями Журнала;
- Блок 4 – список литературы на русском языке (название «Список литературы»);
- Блок 5 – список литературы в романском алфавите (название References). Если список литературы состоит только из англоязычных источников, то Блок 5 может отсутствовать.
- Блок 6 – сведения об авторах на русском и английском языках.

Технические требования к оформлению

Рукописи представляются в формате А4. Объем представляемых рукописей (с учетом пробелов):

- статьи – до 20 тысяч знаков;
- обзора – до 60 тысяч знаков;
- краткого сообщения – до 10 тысяч знаков.

Оформление текста статьи:

- для набора используется шрифт Arial, размер шрифта – 10;
- отступ первой строки абзаца 1,25 см;
- все поля 2 см;
- все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом использовании;
- недопустимо использование расставленных вручную переносов.

Оформление формул, рисунков и таблиц:

• формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 или Math Type 5.0-6.0 Equation (шрифт Arial), размер шрифта – 10. Пояснения к формулам (экспликации) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Формулы нумеруют в круглых скобках по правому краю страницы;

- в тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на таблицы, рисунки, графики;
- графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них.

Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Рисунки обяза-

тельно должны быть сгруппированы (т.е. не должны «разваливаться» при перемещении и форматировании);

- подрисуночные подписи размещаются по центру;
- названия рисунков даются под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Слово «Рис.» с порядковым номером пишется полужирно, название рисунка – с прописной буквы, обычным шрифтом: **Рис. 1.** Отдельные элементы дымопроницаемой мембраны в сложенном состоянии;
- если рисунок в тексте один, номер не ставится: **Рисунок.** Статистика пожаров, произошедших на различных объектах;
- подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см;
- ссылки в тексте на таблицы пишутся: «табл.», «табл. 1»;
- слово «Таблица» с порядковым номером и названием размещается по центру. Слово «Таблица» набирается курсивом, название таблицы выделяется полужирно: **Таблица 1. Экспериментальные данные по допустимым срокам непрерывной продолжительности работы в изолирующих термоагрессивостойких костюмах для пожарных;**
- единственная в статье таблица не нумеруется: *Таблица. Анализ оборудования для 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 литературы:

- список на русском языке;
- список в романском алфавите (References).

Для изданий на русском языке:

- для книжных изданий на русском языке обязательная транслитерация оригинального названия и перевод названия на английский язык (в квадратных скобках);
- для журнальных статей на русском языке допускается 2 варианта описания – полный и сокращенный. В полном варианте обязательная транслитерация оригинального названия статьи и её перевод на английский язык (в квадратных скобках). В сокращенном варианте транслитерация и перевод статьи опускаются.

Для изданий на английском языке:

- для книжных изданий на английском языке транслитерация не производится;
- для журнальных статей на английском языке транслитерация не производится;
- тире, а также символ // в описании на английском языке не используются.

Для изданий в переводной версии российского журнала:

- приводится только англоязычное название статьи;
- перечисляются все авторы материала через запятую. Фамилия и инициалы транслитерируются. Инициалы от фамилии запятой не отделяются.

В References при переводе статьи на английский названия изданий и журналов не переводятся, используется транслитерация.

Если есть, обязательно указывается DOI.

Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Современные проблемы гражданской защиты»,
тел.: (4932) 34-38-18; e-mail: journal@edufire37.ru