

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 (41), 2021



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

Члены редколлегии:

Акулова Марина Владимировна – д-р техн. наук, профессор, Советник РААСН, заведующий кафедрой 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») Ивановской пожарно-спасательной академии 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 травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО Ивановской государственной медицинской академии Минздрава 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)

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

Румянцева Варвара Евгеньевна – д-р техн. наук, профессор, 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, заместитель начальника Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (по развитию внебюджетной деятельности) (Россия, г. Иваново)

Телличенко 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») Ивановской пожарно-спасательной академии 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 специальной подготовки ФГБОУ ДПО Воронежского института повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России (Россия, г. Воронеж)

Технический редактор: Чуприна Ольга Сергеевна

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

Подписано в печать 20.12.2021 г. Формат 60x90 1/8. Усл. печ. л. 20.38. Тираж 100 экз. Заказ №81.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-73129 от 22.06.2018

(Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Адрес редакции (издателя): 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33.

Тел.: (4932) 93-08-00, доб. 571; e-mail: journal@edufire37.ru

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

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

Боровкова Н. В., Ледяйкина И. И., Поспелов А. А., Цветков М. Ю. Совершенствование системы предупреждения чрезвычайных ситуаций (пожаров) с участием социально уязвимых групп населения на примере Ивановской области.....	5
Borovkova N. V., Ledyaykina I. I., Pospelov A. A., Tsvetkov M. Yu. Improving the emergency prevention system (fires) with the participation of socially vulnerable groups of the population on the example of the Ivanovo	5
Горина С. В., Тихановская Л. Б. Кризис коммуникаций в образовательной среде высших учебных заведений.....	12
Gorinova S. V., Tihanovskaya L. B. Crisis of communications in the educational environment of higher educational institutions.....	12
Кузнецов А. В. Модель циклического мониторинга крупных пожаров и поисково-спасательных работ .	18
Kuznetsov A. V. Model of cyclic monitoring of large fires and search and rescue operations	18
Репин С. В. О проблемах применения и путях развития программного обеспечения поддержки принятия управленческих решений в подразделениях надзорной деятельности МЧС России	24
Repin S. V. About the problems of application and ways of development of management decision support software in the supervisory departments of the Ministry of Emergency Situations of Russia.....	24
Семенов А. О., Бубнов А. Г., Костылев Д. Н., Данилов П. В. Программный комплекс поддержки принятия решений по управлению пожарно-спасательными подразделениями при ликвидации ЧС	33
Semenov A. O., Bubnov A. G., Kostylev D. N., Danilov P. V. Software package for decision-making support for the management of fire and rescue units in emergency response.....	33
Харин В. В., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А. Показатели оперативного реагирования подразделений пожарной охраны в Московской области	40
Kharin V. V., Bobrinev E. V., Udavtsova E. Yu., Kondashov A. A. Indicators of rapid response of fire protection units in the Moscow region	40

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

Бубнов В. Б., Репин Д. С., Хазова И. В. Разработка рекомендаций по обеспечению надежного функционирования противопожарных водопроводов в природно-климатических условиях Арктики в случае аварийных ситуаций	48
Bubnov V. B., Repin D. S., Khazova I. V. Development of recommendations to ensure reliable functioning of fire-fighting water pipelines in the natural-climatic conditions of the Arctic in the event of emergencies	48
Гринченко Б. Б., Захаров Д. Ю., Чистяков И. М., Тараканов Д. В. Параметры работы газодымозащитников при выполнении спасательных работ	55
Grinchenko B. B., Zakharov D. Yu., Chistyakov I. M., Tarakanov D. V. Parameters of the work of firefighters In performance of rescue works	55
Иванов В. Е., Пучков П. В., Легкова И. А., Покровский А. А. Разработка устройств для технического обслуживания пожарных рукавов	64
Ivanov V. E., Puchkov P. V., Legkova I. A., Pokrovsky A. A. Development of devices for maintenance of fire hoses	64
Калинова А. А., Гессе Ж. Ф., Лазарев А. А., Фролова Т. В. Практика органов государственного пожарного надзора по внедрению комплектов «Юный самоспасатель» в начальной школе	70
Kalinova A. A., Gesse Zh. F., Lazarev A. A., Frolova T. V. Practice of introduction by state fire supervision bodies the «Young self-rescue» set in the primary school.....	70
Краснов А. А., Караваев В. И., Фёдоров Ю. А., Петров А. Н., Снегирёв Д. Г., Хонгорова О. В., Шарнина Л. В. Об испытаниях площадок пожарных наружных стационарных маршевых лестниц	77

Krasnov A. A., Karavaev V. I., Fedorov Ju. A., Petrov A. N., Snegirev D. G., Hongorova O. V., Sharnina L. V. To the question of tests of fire outdoor stationary march ladders	77
Лебедева Н. Ш., Таратанов Н. А. Исследование физических и огнетушащих свойств пен с целевыми добавками	85
Lebedeva N. Sh., Taratanov N. A. Investigation of physical and fire extinguishing properties of foams with targeted additives.....	85
Петров А. Н. Прогнозирование количества пожаров в регионе.....	94
Petrov A. N. Forecasting the number of fires in the region	94
Покровский А. А., Зарубин В. П., Пучков П. В. Разработка конструкции устройства для проведения технического обслуживания шасси пожарных автомобилей среднего класса	103
Pokrovsky A. A., Zarubin V. P., Puchkov P. V. Development of the design of the device for carrying out maintenance of the chassis of fire vehicles middle class	103
Сараев И. В., Семенов А. Д. Разработка конструкции устройства для крепления соединительной головки к напорному пожарному рукаву.....	111
Saraev I. V., Semenov A. D. Development of the device for fixing the connecting head to the pressure fire hose	111
Скодтаев С. В. Разработка технических решений, направленных на уменьшение расчетного времени эвакуации людей, с использованием имитационной модели эвакуации пассажиров из воздушного судна .	117
Skodtaev S. V. Development of technical solutions aimed at reducing the estimated evacuation time of human beings using a simulation model for passengers evacuation from aircraft	117
Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А., Кочетова А. А. Возможности спектральных исследований копоти при выявлении причин возгорания автотранспортных средств	126
Storonkina O. E., Mochalova T. A., Kochetova A. A. Possibilities of spectral studies of kopoti in identification of causes of fire of motor vehicles	126
Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Шабунин С. А. Возможности термических методов анализа при определении пожарной опасности полимерных изоляционных материалов электрокабельных изделий	132
Ulueva S. N., Nikiforov A. L., Shabunin S. A. Possibilities of thermal analysis methods in determining the fire hazard of polymeric insulating materials for electrical cable products.	132

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND URBAN MANAGEMENT**

Ведзижев М. И. Регрессионная модель перераспределения нефтепродуктов между почвой и сопредельным слоем атмосферного воздуха при анализе чс нефтяного загрязнения	140
Vedzizhev M. I. Regression model of redistribution of petroleum products between soil and continuous layer of atmospheric air in analysis of oil pollution emergencies.....	140
Зейнетдинова О. Г., Данилов П. В. Методы оценки экологического ущерба при авариях на потенциально-опасных объектах	148
Zeynetdinova O. G., Danilov P. V. Methods for assessing environmental damage in accidents at potentially hazardous facilities.....	148
Опарина Л. А., Сёмушкина С. С. Разработка научно-обоснованных подходов к формированию цифровой экосистемы жилищно-коммунального комплекса	155
Oparina L. A., Syomushkina S. S. Developing scientific approaches formation of the digital ecosystem of the housing and utility complex.....	155

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

УДК 351.861

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ (ПОЖАРОВ)
С УЧАСТИЕМ СОЦИАЛЬНО УЯЗВИМЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ
НА ПРИМЕРЕ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Н. В. БОРОВКОВА, И. И. ЛЕДЯЙКИНА, А. А. ПОСПЕЛОВ, М. Ю. ЦВЕТКОВ

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

E-mail: bnv7777@ya.ru, ledyaykinai@mail.ru, Antoha_rus37@mail.ru, Kleopatra-lebedeva@mail.ru

Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Разработка системы мер предупреждения пожаров, инициируемых социально уязвимыми группами населения».

В статье рассмотрены особенности уязвимых с точки зрения пожарной безопасности групп населения, формы неправильного с точки зрения пожарной безопасности поведения, предложены профилактические методы по уменьшению риска возникновения пожаров с участием данных групп населения, изучен опыт зарубежных стран по обеспечению безопасности социально-уязвимых групп населения. Представлен авторский взгляд на структуру системы предупреждения чрезвычайных ситуаций (пожаров) с участием социально уязвимых групп населения, которая помимо стандартных мероприятий пропагандистского характера была дополнена процессуальными мероприятиями и мерами социальной поддержки.

Ключевые слова: пожарная безопасность, социальные группы населения, уязвимые с точки зрения пожарной безопасности, система предупреждения чрезвычайных ситуаций

**IMPROVING THE EMERGENCY PREVENTION SYSTEM (FIRES)
WITH THE PARTICIPATION OF SOCIALLY VULNERABLE GROUPS
OF THE POPULATION ON THE EXAMPLE OF THE IVANOVO**

N. V. BOROVKOVA, I. I. LEDYAYKINA, A. A. POSPELOV, M. Yu. TSVETKOV

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

E-mail: bnv7777@ya.ru, ledyaykinai@mail.ru, Antoha_rus37@mail.ru, Kleopatra-lebedeva@mail.ru

The article was prepared as part of the research work "Development of a system of fire prevention measures initiated by socially vulnerable groups of the population". The article examines the features of vulnerable groups of the population from the point of view of fire safety, forms of incorrect behavior from the point of view of fire safety, suggests preventive methods to reduce the risk of fires involving these groups of the population, studies the experience of foreign countries in ensuring the safety of socially vulnerable groups of the population. The author's view on the structure of the emergency prevention system (fires) with the participation of socially vulnerable groups of the population is presented, which, in addition to standard promotional activities, was supplemented with procedural measures and social support measures. Key-words: fire safety, social groups of the population, vulnerable from the point of view of fire safety, emergency prevention system

Key words: fire safety, social groups of the population vulnerable from the point of view of fire safety, emergency prevention system.

Цель данной статьи – на основе анализа отечественного и зарубежного опыта в области профилактики и предупреждения пожаров разработать меры по совершенствованию системы предупреждения пожаров с участием социально уязвимых групп населения. В ходе работы были использованы следующие методы исследования: общенаучный метод, метод научной абстракции, статистический метод, системный подход.

Актуальность исследований, направленных на выявление условий и средств обеспечения безопасности людей, становится очевидной при анализе статистики пожаров: в 2020 году на территории Российской Федерации было зарегистрировано 439 394 пожара, при которых погибло 8 313 чел. и получило травмы 8 434 чел.¹, из них 7 359 человек погибло в жилом секторе, причем из общего количества погибших 3 096 человек находились в состоянии алкогольного или наркотического опьянения². Если рассматривать возрастную структуру погибших в результате пожаров, то на долю пожилых и престарелых граждан приходится 36,8 % (3 059 человек), инвалидов – 5,97 % (496 человек), детей – 4,23 % (352 человека, в том числе 243 в возрасте до 6 лет). Если рассматривать виновников пожаров, то 15 327 возгораний произошло по вине пенсионеров, 1 965 по вине детей, 1 105 по вине лиц с ограниченными возможностями. Таким образом, большая часть граждан, погибших при пожарах, относятся к социально уязвимым группам населения, что является ярким подтверждением того, что эти слои населения, с одной стороны, чаще других групп населения являются виновниками пожаров, с другой стороны, наиболее подвержены опасности при возникновении пожара. Поэтому пожарная профилактика, предотвращение пожаров и безопасность при пожаре для социально уязвимых групп населения является серьезной проблемой.

Пожилые и престарелые люди, как правило, склонны к снижению восприятия запахов, остроты зрения, им свойственны проблемы вестибулярного аппарата и ограничения подвижности. Каждое из этих заболеваний

приводит к тому, что человек становится более подвержен опасностям при пожаре. Например, люди с ослабленным слухом в случае пожара могут не услышать крики соседей о надвигающейся опасности, а в случае проблем с обонянием, невозможность почувствовать запах дыма совмещенная с дыхательными проблемами увеличивает вероятность гибели от вдыхания дыма и отравляющих веществ. С возрастом также замедляется скорость восприятия и осознания опасности. Поэтому растет вероятность того, что человек по неаккуратности станет причиной пожара, но вместе с тем уменьшается вероятность того, что ему хватит сил эвакуироваться и выжить при пожаре. При этом приблизительно около 30 % пожилых людей живут одни, и в случае возникновения пожара им никто не поможет.

Такая же ситуация обстоит с инвалидами и лицами с ограниченными возможностями. Для каждого человека, особенно для человека с ограниченными возможностями, оказавшегося в критической ситуации во время пожара, важно иметь реальную возможность обеспечения собственной безопасности. В России стремительно стареет население, а значит, растет и число людей, чья мобильность снижена по сравнению со взрослыми здоровыми людьми (на которых много лет было ориентировано противопожарное нормирование).

Отличительной особенностью поведения детей (особенно дошкольного возраста) является то, что они действуют, не задумываясь, под влиянием возникающих в данный момент чувств и желаний. Эти чувства и желания вызываются, прежде всего, тем, что непосредственно окружает ребенка, попадаете ему на глаза. Поэтому их поведение зависит от внешних обстоятельств. Особенно явно это проявляется при оценке времени начала эвакуации – без активных действий взрослых, дети игнорируют сигналы системы оповещения о пожаре. Это предопределяет особые требования к организации эвакуации детей.

Существующие нормы в области пожарной безопасности, как правило, ориентированы на обычные категории граждан и не учитывают пребывание социально уязвимых групп населения на самых различных объектах (исключение составляют требования к специализированным медицинским и социальным учреждениям с постоянным пребыванием детей, престарелых и маломобильных граждан). В таблице приведены формы проявления неправильного с точки зрения пожарной безопасности поведения, а также профилактические методы по уменьшению риска возникновения пожара.

¹ Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021, 264 с.

² Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: Статистический сборник / П. В. Полехин, М. А. Чебуханов, А. А. Козлов [и др.]. Под общей редакцией Д. М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2021. 112 с.

Таблица. Формы проявления неправильного поведения и профилактические методы по уменьшению риска возникновения пожара

Социально уязвимые группы населения	Формы проявления неправильного с точки зрения ПБ поведения	Профилактические методы по уменьшению риска возникновения пожаров
Дети и подростки	Нахождение без присмотра взрослых; Шалости с огнём; Незнание техники пожарной безопасности.	Профилактические беседы с родителями и их детьми о требованиях пожарной безопасности.
Престарелые граждане	Невнимательность при использовании газовых и электрических приборов; Невнимательность и проблемы со здоровьем (слух, зрение, память) в связи с преклонным возрастом.	Обеспечение специальными препаратами для поддержания слуха и зрения; Профилактические беседы.
Лица, склонные к употреблению алкоголя, наркотиков	Неосторожное обращение с огнём в алкогольном и наркотическом опьянении; Слабое знание требований пожарной безопасности.	Профилактические беседы о вреде алкоголя, наркотиков и их влиянии на безопасность в целом.
Маломобильные группы населения	Пониженная мобильность, либо полное отсутствие возможности самостоятельного передвижения; Различные проблемы со здоровьем.	Обеспечение всеми необходимыми препаратами и устройствами для обеспечения пожарной безопасности. Профилактические беседы.

Таким образом, данные категории людей подвергают себя опасности, и их неправильное, с точки зрения пожарной безопасности, поведение является причиной многих пожаров, так как в связи с моральными и физическими особенностями эти лица зачастую остаются беспомощными и не способными предотвратить пожар, а уж тем более, справиться с ним.

Именно для данной группы населения во всех развитых странах мира разрабатываются методики и программы по обеспечению безопасности этих самых групп. Как правило, они включают в себя основные вопросы, связанные с жизнедеятельностью каждого человека в отдельности в условиях современного общества.

Положительный опыт в области обеспечения пожарной безопасности пожилых и престарелых лиц накоплен за рубежом. Так, например, в Соединённых Штатах Америки существует комплексная программа «Social Security», которая рассчитана только на пожилых, престарелых лиц и лиц с ограниченными возможностями старше 65 лет, которые остались одни, без попечительства родных и близких. Данная программа является комплексом мероприятий, включающем установку проти-

вожарного оборудования на месте проживания данных групп населения: противопожарных извещателей, газоанализаторов, огнетушителей, сплинклерных систем и др. В 2019 году программа охватывала 17,4 миллиона человек. Подобные программы действуют в Канаде, Мексике и Норвегии[3].

Британия же стала первой страной мира, где для борьбы с одиночеством выделили министра. По данным исследований, опубликованных правительством этой страны в 2018 году, в Соединённом Королевстве насчитывается девять миллионов, то есть около 14 процентов жителей, чувствующих себя одинокими. Среди пожилых британцев на одиночество жалуется каждый пятый, а более 200 тысяч из них не общались с родственниками и друзьями больше месяца [1]. Для того, чтобы изменить ситуацию, власти страны запустили программу "Стратегия по вовлечению одиноких", курировать которую призван заместитель министра культуры, занимающийся спортом и обществом. Именно он и называется теперь "министром по проблеме одиночества", хотя своего министерства у него нет.

В Германии же используется несколько другой подход. Престарелым и лицам преклонного возраста (старше 65 лет) без попечи-

тельства родных и близких полагается пособие (250 евро/месяц) на найм сиделок для оказания помощи и различных нужд, либо вместо пособия даётся право на проживание в доме престарелых. Такие же программы приняты на вооружение к себе и Франция и Испания.

В Российской Федерации в настоящее время реализуются 46 государственных программ по 5 направлениям, первое из которых – «Новое качество жизни». В рамках данного направления принята программа «Социальная поддержка граждан», включающая такие подпрограммы (в том числе федеральные целевые программы), как: «Обеспечение мер социальной поддержки отдельных категорий граждан», «Модернизация и развитие социального обслуживания населения», «Обеспечение государственной поддержки семей, имеющих детей», «Повышение эффективности государственной поддержки социально ориентированных некоммерческих организаций», «Старшее поколение». Таким образом, будет реализовываться социальная политика по поддержке уязвимых слоев населения, что должно положительно отразиться на показателях пожарной безопасности.

Система предотвращения пожаров определяется как комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение условий возникновения пожаров. Состав и функциональные характеристики систем предотвращения пожаров на объекте защиты устанавливаются Федеральным законом РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»³.

Система предупреждения пожаров представляет собой комплекс профилактических организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение возможного возникновения пожаров, ограничения их развития в случае возникновения, создание условий для эффективного пожаротушения, уменьшение негативных последствий (травмы и гибель людей, потери имущества).

Действующая система предупреждения чрезвычайных ситуаций (пожаров) с участием социально уязвимых групп населения» включает в себя три основных элемента (рис.1):

1. Субъекты системы – участники, заинтересованные и осуществляющие деятельность в области предупреждения (профилакти-

ки) пожаров. К ним относятся органы государственной власти, органы местного самоуправления, ГУ МЧС России, добровольные пожарные дружины и волонтеры;

2. Объекты системы – социально уязвимые группы населения, в отношении которых проводятся мероприятия по профилактике пожаров. В рамках нашего исследования в качестве объектов системы нами рассматриваются несовершеннолетние дети, пожилые и престарелые граждане, лица с алкогольной и наркотической зависимостью.

3. Комплекс профилактических мероприятий (как элемент системы).

Оценка мероприятий в области пожарной безопасности, которые проводятся в рамках различных региональных законов и программ (например, «Обеспечение безопасности граждан и профилактика правонарушений в Ивановской области», «Безопасность Подмосковья», «Обеспечение безопасности населения» (Красноярский край)), позволяет выделить три блока направлений деятельности.

Первый блок предусматривает оснащение, подготовку и социальную защиту региональных противопожарных служб, добровольной пожарной охраны. Второй блок основан на оснащении средствами противопожарной защиты объектов социальной защиты, образования и других объектов. Наконец, третий блок мероприятий заключается в проведении обучения населения мерам пожарной безопасности. И лишь в одной программе указываются мероприятия по поддержке малообеспеченных граждан и семей в области пожарной безопасности [2].

Данная информация позволяет сделать вывод о том, что вопросам, связанным с обеспечением пожарной безопасности среди социально уязвимых групп населения, уделяется недостаточно внимания со стороны региональных властей. Поэтому к существующей системе предупреждения чрезвычайных ситуаций (пожаров) среди социально уязвимых групп населения, было решено предложить следующие изменения: помимо субъектов, объектов и комплекса профилактических мероприятий (пожарной пропаганды) входящих в систему, необходимо добавить комплекс с процессуальными мероприятиями и мерами социальной поддержки (рис. 2).

В эти мероприятия должны войти:

1. Процессуальные мероприятия:

- участие представителя ГУ МЧС России на заседаниях Комиссий по делам несовершеннолетних и защите их прав по вопросам предотвращения гибели и травматизма детей на пожарах;

³ Федеральный закон от 22.06.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». [Электронный документ]. Режим доступа: // <http://docs.cntd.ru/document/902111644>. (дата обращения: 27.10.2021).



Рис. 1. Действующая система предупреждения чрезвычайных ситуаций (пожаров) с участием социально уязвимых групп населения

- рассмотрение на заседаниях комиссий по профилактике правонарушений эффективность систем мер по охране здоровья населения от последствий потребления табака и алкоголя, по предупреждению аварий и ЧС, связанных с неисправностью газового оборудования, а также организацию совместной работы органов МЧС и МВД России в жилом секторе;

- заключение Соглашения о взаимодействии между Главным управлением МЧС России по Ивановской области и Советом отцов при Уполномоченном по правам ребенка в Ивановской области;

- обеспечение взаимодействия ГУ МЧС России и ГУ МВД России по предупреждению пожаров в жилом секторе.

2. Меры социальной поддержки:

- предоставление социальной поддержки в виде обеспечения автономными пожарными извещателями мест проживания мно-

годетных и малообеспеченных семей, имеющих несовершеннолетних детей, одиноко проживающих пенсионеров и инвалидов за счет регионального и муниципального бюджетов;

- использование потенциала социальных гостиных для временного размещения семей, попавших в трудную жизненную ситуацию, детей с согласия родителей при наличии реальной угрозы для их жизни или здоровья с дальнейшим приведением жилищ в пожаробезопасное состояние;

- повышение эффективности системы обеспечения пожарной безопасности сельских поселений, за счет мероприятий, проводимых жилищными и эксплуатирующими организациями, а также старостами населенных пунктов;

- выделение в государственных программах финансового планирования раздела, посвященного детской безопасности, с оказанием безвозмездной помощи многодетным и малообеспеченным семьям для повышения

уровня противопожарной защиты домовладений в оперативном порядке с учетом сезонных рисков.

3. Кроме того, к мероприятиям пропаганды следует добавить регулярный по-

домовой обход силами добровольцев, уделяющий особое внимание лицам, относящимся к группам риска

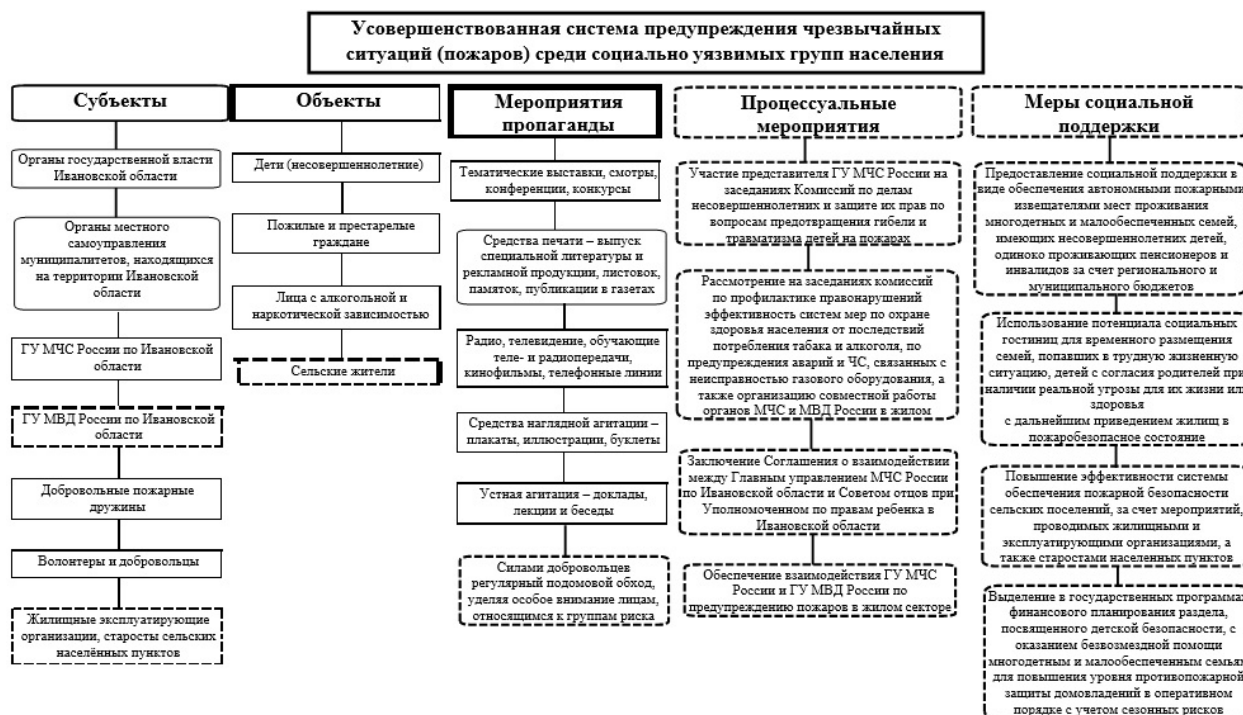


Рис. 2. Усовершенствованная система предупреждения чрезвычайных ситуаций среди социально уязвимых групп населения

В целом предложенные меры должны способствовать сокращению числа пожаров, количества погибших и получивших травмы. Практическая значимость усовершенствованной системы заключается в предложении тесного взаимодействия Главного Управления МЧС России с Главным Управлением МВД России по субъекту РФ в части процессуальных мероприятий по предупреждению пожаров среди социально уязвимых групп населения, включение в состав участников жилищных эксплуатирующих организаций, старост сельских населенных пунктов. Разработанная усовер-

шенствованная система предупреждения чрезвычайных ситуаций (пожаров) среди социально уязвимых групп населения непременно повысит уровень профилактики пожаров среди социальных групп, уязвимых с точки зрения пожарной безопасности.

Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Разработка системы мер предупреждения пожаров, инициируемых социально уязвимыми группами населения».

Список литературы

1. Защита населения в развитых странах мира [электронный ресурс] // <https://rg.ru/2019/02/12/v-velikobritanii-poiavilsia-pervyj-v-mire-ministr-po-probleme-odinochestva.html>. (дата обращения: 27.10.2021)
2. Исследование современного состояния системы предупреждения пожаров с участием социально уязвимых групп населения

(на примере Ивановской области) [электронный ресурс] // <http://pab.edufire37.ru/vypusk-2-2021/> (дата обращения: 22.10.2021)

References

1. *Zashchita naseleniya v razvityh stranah mira* [elektronnyj resurs] // <https://rg.ru/2019/02/12/v-velikobritanii-poiavilsia-pervyj-v-mire-ministr>

-po-probleme-odinochestva.html. (data obrashcheniya: 27.10.2021)

2. *Issledovanie sovremennogo sostoyaniya sistemy preduprezhdeniya pozharov s uchasti-*

em social'no uyazvimykh grupp naseleniya (na primere Ivanovskoj oblasti). [elektronnyj resurs] // <http://pab.edufire37.ru/vypusk-2-2021/> (data obrashcheniya: 22.10.2021)

Боровкова Наталия Владимировна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат экономических наук, доцент

E-mail: ledyaykinai@mail.ru

Borovkova Nataliya Vladimirovna

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of economic sciences, associate professor

E-mail: bnv7777@ya.ru

Ледяйкина Ирина Ивановна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат экономических наук, доцент

E-mail: ledyaykinai@mail.ru

Ledyajkina Irina Ivanovna

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of economic sciences, associate professor

E-mail: ledyaykinai@mail.ru

Поспелов Антон Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

магистр

E-mail: Antoha_rus37@mail.ru

Pospelov Anton Aleksandrovich

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

Russian Federation, Ivanovo

master's degree

E-mail: Antoha_rus37@mail.ru

Цветков Михаил Юрьевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат философских наук, старший преподаватель

E-mail: Kleopatra-lebedeva@mail.ru

Cvetkov Mihail YUr'evich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of philosophical sciences, senior lecturer

E-mail: Kleopatra-lebedeva@mail.ru

УДК 378.146:65.012.74

КРИЗИС КОММУНИКАЦИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

С. В. ГОРИНОВА, Л. Б. ТИХАНОВСКАЯ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: s.v.gorinova@mail.ru, ludmila.tihanovskaya@yandex.ru

В статье представлены результаты анализа влияния глобальной цифровизации и пандемических ограничений на коммуникации в образовательной среде высших учебных заведений. Отмечаются такие особенности коммуникации в образовательной среде как прагматичность конечных целей, экономико-центричность образовательной политики, формализация построения образовательных программ, индивидуализация учебных процессов, процедур и операций, вытеснение духовной составляющей коммуникации. Выделены позитивные и негативные последствия экстренного перехода на дистанционные образовательные технологии. Коммуникации представлены как системообразующий элемент образовательной среды учебного заведения и как особый стратегический ресурс, требующий постоянного развития. Предложены условия успешной адаптации образовательной среды к условиям кризиса коммуникаций. Проведенная работа ориентирована на повышение эффективности образовательных процессов в учебных заведениях МЧС России.

Ключевые слова: образовательная среда вуза, управление учебным процессом, кризис коммуникаций, кризис образовательного процесса, информатизация, дистанционные образовательные технологии

CRISIS OF COMMUNICATIONS IN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

S. V. GORINOVA, L. B. TIHANOVSKAYA

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

The article presents the results of the analysis of the impact of global digitalization and pandemic restrictions on communication in the educational environment of higher education institutions. Such features of communication in the educational environment as the pragmatism of the final goals, the economic-centricity of educational policy, the formalization of the construction of educational programs, the individualization of educational processes, procedures and operations, the displacement of the spiritual component of communication are noted. The positive and negative consequences of the emergency transition to distance learning technologies are highlighted. Communications are presented as a system-forming element of the educational environment of an educational institution and as a special strategic resource that requires constant development. The conditions of successful adaptation of the educational environment to the conditions of the crisis of communications are proposed. The work carried out is focused on improving the efficiency of educational processes in educational institutions of the Ministry of Emergency Situations of Russia.

Key words: university educational environment, educational process management, communication crisis, educational process crisis, informatization, distance learning technologies

Развитие образовательной среды, как особого социокультурного пространства, происходит в нашей стране под воздействием системного кризиса, связанного с изменением

традиционной системы ценностей. Этот кризис трансформировал всю образовательную систему, поставив ее на коммерческую основу и изменив практически все коммуникационные процессы. Кроме того, широкое распространение цифровых технологий во всех сферах че-

ловеческой деятельности инициировало компьютеризацию образовательной среды, которая была ускорена переходом на дистанционные технологии обучения из-за пандемии COVID-19. В условиях продолжающейся реформы образования и отмеченных кризисных явлений возникает множество проблем, требующих исследования.

Научно-педагогическое сообщество отмечает, что в последние годы общий уровень подготовки выпускников снижается. Установка на быстрый успех способствует поверхностному отношению к трудоемкой учебной работе и формальному отношению к обучению. У подрастающего поколения снижается культурный кругозор, и, как результат - низкий уровень знаний в целом [1]. Отчасти это состояние усугубляется компьютеризацией отношений в образовательной среде – заметно изменился характер коммуникации в ней, появились новые формы общения, новые каналы, новые технические устройства и поддерживающие инструменты. Все больше учебных занятий проводится на основе дистанционного, сетевого обучения, что усилило процесс вытеснения из педагогики личностного воздействия преподавателя на обучаемого. Тотальный характер усиления опосредованно-дистанцирующей роли компьютерных технологий воздействует на такие коммуникативные уровни образовательного пространства как «личность – личность»; «личность – коллектив»; «личность – среда»; «личность – регламент» [2].

В качестве объекта исследования принята образовательная среда профессиональной подготовки специалистов пожарно-технического профиля. В качестве предмета – процесс организации управления коммуникацией как сложной системой обеспечения информационного единства образовательной среды учебного заведения. Анализ образовательной среды имел целью выявить суть процессов, происходящих в информационном обществе на этапе бурного развития глобальной сетевой коммуникации и оценить их воздействие на сферу профессионального образования. В связи с высокой скоростью формирования новой цифровой культуры система управления теряет свою устойчивость, а выбор упреждающей реакции на изменения и вызовы цифровизации должен быть связан с восприятием коммуникации как особого информационного стратегического ресурса для развития образовательной среды [3].

Одним из основных вызовов современного развития коммуникаций в образовательной системе в целом явился экстренный перенос обучения из традиционного в дистанционный формат. Результатом такого революцион-

ного развития, так называемого, онлайн-обучения в условиях пандемии имеет множество негативных последствий. Образовательные учреждения, вынужденные коммуницировать с обучающимися дистанционно для снижения риска распространения COVID-19 стали применять уже опробованные дистанционные образовательные технологии (ДОТ). Привлечение для образовательных целей электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) позволило преподавателям применять доступные инструменты коммуникаций для доставки электронного контента. Около 80 % высших учебных заведений России к марту 2020 года полностью перешли на дистанционный формат работы со студентами, а из ведомственных Минобрнауки вузов – все 100 %¹. Опыт такого резкого перехода вряд ли можно признать позитивным. Ни обучающиеся, ни преподаватели, ни система обеспечения учебного процесса не в состоянии практически мгновенно переключиться на новые коммуникации. Обеспечить полную готовность к этой вынужденной мере можно было бы при условии высокой развитости инфраструктуры коммуникаций, обеспеченности электронной образовательной среды всеми ресурсами и готовности цифровых платформ к использованию преподавателями и обучающимися из мест самоизоляции. Следуя методическим рекомендация Министерства науки и высшего образования РФ, вузы использовали приемлемые на их уровне развития IT-инфраструктуры, на доступных внешних ресурсах, существующих сценариях реализации дистанционного обучения, на форматах учебного процесса. Поэтому у каждого учебного заведения применяется свой набор методик и инструментов организации учебы в онлайн-среде².

Отметим, что внедрение современных информационных технологий в образовательную среду позволяет повысить эффективность объяснительно-иллюстративной работы преподавателя за счет систем Мультимедиа и представлять на экране любую аудиовизуальную информацию (видеофильм, графика, анимация, музыка и т.д.), обеспечивая интерактивный диалог [4]. При этом появляется возможность выбора действий по результатам анализа, определения нужной линии развития ситуации, что разгружают труд преподавателя от рутинности.

¹ По материалам Брифинга министра науки и высшего образования Валерия Фалькова от 25.03.2020

² Дистанционное обучение в экстремальных условиях <https://academia.interfax.ru/ru/analytics/research/4491/>

Развитие коммуникаций качественно меняет сам характер образовательных отношений, перестраивает его содержание, технологию, режим, ритм и философию. Открывается перспектива передачи части обучающих функций к информационным технологиям. Высвобождающийся при этом человеческий ресурс должен быть направлен на усиление воспитательной роли преподавателя. Развитие образовательных коммуникаций с применением новейших информационных технологий должен обеспечить переход к индивидуальной траектории обучения.

Однако в сложившейся ситуации экстренного перехода на онлайн-обучение, когда все происходит в сжатые сроки, адаптация невозможна без предварительного созданных условий перехода на организационном уровне управления. Если цифровые платформы и сервисы активно применяются в образовательном процессе, то коммуникационный кризис переживается образовательными учреждениями легче. Так в Ивановской пожарно-спасательной академии вынужденные меры по переходу на тотальное дистанционное обучение при высоком уровне обеспеченности дисциплин электронными версиями учебного материала и наличии платформы удаленного контроля знаний Firetest позволили осуществить перестройку учебного процесса с незначительными потерями. Немаловажную роль при этом сыграло освоение преподавателями информационных технологий на многочисленных курсах повышения квалификации и опыт их участия в конференциях и вебинарах удаленного доступа. А вот коммуникационные проблемы стали проявляться острее.

Опасливое отношение родителей обучающихся и профессорско-преподавательского состава к онлайн-обучению и другим дистанционным образовательным технологиям связано с наличием неопределенностей на таких коммуникативных уровнях образовательного пространства как «личность – личность», «личность – коллектив», «личность – среда» и «личность – регламент». Если индивидуальные коммуникации уровня «личность – личность» в малых группах с применением новых возможностей информационных технологий осуществляются более эффективно, то в традиционных группах численностью 20–30 человек или на потоке численностью 60–90 человек коммуникация становится односторонней.

Уровень «личность – регламент» страдает более всего. Именно на этом уровне осуществляется передача умений и навыков практической деятельности. Несмотря на наличие в Ивановской пожарно-спасательной академии

развитой системы приращения практической составляющей профессиональной компетентности, использование тренажерных комплексов, полигона и практическая работа в учебной пожарно-спасательной части в удаленном режиме невозможны, поэтому были отложены до окончания дистанцирования. При реструктуризации учебного процесса произошел вынужденный временной отрыв этого вида учебной деятельности от основной части. Для устранения возможных последствий некоторые занятия были продублированы в очном режиме после выхода обучающихся из самоизоляции. Наибольшие проблемы ощущались на выпускных курсах, у которых не было возможности в полной мере отработать практические навыки. Понятно, что сейчас невозможно оценить удаленные результаты завершения 2020–2021 учебного года, но некоторые выводы будут полезны для дальнейшего развития адаптивной системы подготовки специалистов пожарно-технического профиля.

Сложившаяся кризисная ситуация, связанная с экстренным переходом обучающихся на дистанционное обучение в середине весеннего семестра 2020 года без предварительной реорганизации учебного процесса и должного сопровождения, не только выявила коммуникационные проблемы компьютеризации образовательной среды, но и показала наличие множества перспектив применения новых каналов, средств и инструментов коммуникации для приобретения образовательным учреждением преимуществ на рынке образовательных услуг.

Ранее нами анализировались интересы таких участников процесса накопления профессиональных компетенций как личность, общественные институты (семья, общественные организации/движения, религиозные организации, клубы по интересам и др.), образовательная среда учреждений профессионального образования, виртуальная образовательная среда (сетевые образовательные ресурсы) [5]. С позиции участия перечисленных субъектов можно дополнить предложенную классификацию, выделив следующих заинтересованных: учредителей, администрацию учебного заведения, преподавателей, обучающихся. Учредители (соответствующие юридические лица, министерства и ведомства) акцентируют внимание на качестве образования, обеспеченности кадровыми ресурсами, на надежности коммуникационной инфраструктуры, на высокой конкурентоспособности Российского образования, на достижении высоких показателей образовательных проектов. Для администрации вуза важными являются «аккредитационные показатели», удовлетворенность работодателей качеством профессиональной подготовки в соответствии с образова-

тельными и профессиональными стандартами. Преподаватель заинтересован в действительных результатах освоения знаний, навыков и умений в соответствии с программой преподаваемой дисциплины. Интерес обучаемого связан с приобретением необходимых для дальнейшей трудовой деятельности компетенций, получение преимущества в трудоустройстве. Как видим, несмотря на различие интересов, антагонистических противоречий между ними нет. Объединяющий интерес состоит в образовании квалифицированного специалиста для выполнения профессиональных задач. Заметим, что интересы участников процесса в кризисной ситуации практически не изменились, но при этом взаимодействия стали технически и организационно сложнее и перешли на иной уровень.

Понимая под коммуникацией сложную систему обеспечения информационного единства и прагматичности образовательной среды организации, отметим, что в последнее время изменился характер и структура коммуникативных отношений. Это связано как с компьютеризацией образовательных процессов, так и с инновационными технологиями взаимодействия всех его участников. Кроме того, профессионально ориентированный подход, предъявляющий компетентностные требования к овладению обучающимися набором качеств для профессиональной деятельности, предполагает оценивание и самооценивание приращения деятельности навыков, что повышает роль различных методов развития потенциала личности. Но замеченные изменения коммуникативного уровня взаимодействия преподавателей и обучающихся нивелируют личностную составляющую этих взаимоотношений.

Для более подробного анализа отмеченных изменений рассмотрим основные характеристики коммуникаций: информационные потоки, каналы, формы, средства и инструменты передачи информации.

Информационные потоки, в зависимости от направления перемещения, как известно, бывают вертикальными, горизонтальными и латеральными. Вертикальные потоки определяются регламентами и подчиненностью, установленными в процессе формирования и развития системы управления. Коммуникации по нисходящей и восходящей реализуют функцию координации всех видов деятельности вуза. Скорость продвижения информации в этих потоках определяется характеристиками документооборота. В настоящее время происходит переход от бумажного к электронному документообороту. Переходный процесс несколько замедляет перемещение информационных потоков в системе электронного документооборота

(СЭД), но при этом уже отмечаются его преимущества в части мгновенной передачи данных и снижения потребления бумаги и расходных материалов для офисной техники. Горизонтальные информационные потоки выстраивают связи как между подразделениями высшего учебного заведения, так и между отдельными сотрудниками, которые на данный момент имеют общий уровень подготовки, принятия и реализации управленческих решений. Предназначение латеральных (или диагональных) информационных потоков состоит в обеспечении информационного обмена между сотрудниками разных подразделений (кафедр, факультетов, отделов, центров), находящихся на разных уровнях управления. Латеральные коммуникационные потоки реализуют и связи между обучающимися и преподавателями, между функциональными руководителями и не подчиненными им сотрудниками иных подразделений, задействованных в решении актуальной задачи. Отметим, что в кризисных условиях количество латеральных информационных потоков значительно возросло в связи с ростом неопределенности и попытками найти лучшее решение поставленной задачи.

Каналы передачи информации изменяются с введением новой формы документооборота – электронной. Переходный период внедрения СЭД создает определенные трудности, обусловленные задержкой процесса обучения разработчиков и подписантов документов к новой форме и условиям создания, переработки и передачи информации, но имеет существенное значение в совершенствовании информационного пространства в целом. В электронной образовательной среде вуза тоже формируются каналы передачи массива внутренней информации. Немаловажную роль в образовательной среде занимает электронная библиотечная система. Среди информационных каналов можно отметить возможности социальных сетей, по которым, зачастую, происходит перемещение горизонтальных и латеральных потоков. Помимо этого продолжают развиваться и традиционные контактные (регулярные собрания, совещания, заседания членов различных органов управления и контроля) и бесконтактные (внутренняя email-рассылка по ресурсам вуза на активные электронные ящики сотрудников; корпоративная пресса, неперiodические печатные издания, информационные стенды, расположенные в холлах или рекреациях; которые могут быть расположены в холлах, а также рекреативных помещениях вуза) каналы передачи информации.

На основе наблюдения были отмечены такие особенности коммуникации в образовательной среде как прагматичность конечных це-

лей профессионального образования, экономическая ориентированность образовательной политики на всех уровнях, формализация построения основных профессиональных образовательных программ и контрольных процедур, индивидуализация процессов, процедур и операций по передаче и освоению знаний, постепенное вытеснение духовной составляющей коммуникации.

С позиции взаимодействия основных субъектов образовательного процесса, следует отметить три уровня реализации коммуникативного пространства вуза: организационный, дисциплинарный и образовательный. Организационное коммуникативное пространство – это система деловых и межличностных, социальных и профессиональных коммуникаций, обеспечивающих взаимоотношения между тремя главными субъектами образовательного процесса – обучающимися, преподавателями и администрацией. Это строго регламентированные взаимодействия, обусловленные порядком отношений в рамках выполняемых социальных ролей («студент», «курсант», «преподаватель», «начальник курса», «начальник кафедры», «начальник факультета» и т.д.). Дисциплинарное коммуникативное пространство назначает психологическую дистанцию отношений между субъектами в соответствии с целями коммуникации. В образовательной среде происходит информационный обмен между представителями разных поколений – старшего (преподаватель) и младшего (курсант, студент). Целью дисциплинарной коммуникации является передача знания и опыта предыдущих поколений настоящему поколению. Сущностью такой коммуникации поколений является согласование новых знаний с собственным опытом, но не навязывание существующего мировоззрения как абсолюта.

Сущность коммуникативных технологий в образовательной среде состоит в превентивном проектировании такого процесса учебного взаимодействия, который обеспечит воспроизведение его в изменяющихся условиях реализации образовательных целей. Постановка целей коммуникации должна предусматривать возможность объективного контроля как самого процесса, так и качества образовательных результатов. Структурная и содержа-

тельная целостность коммуникации в образовательной среде вуза должна основываться на оптимальных методах и средствах создания и поддержания педагогически целесообразных взаимоотношений. Как и любой другой коммуникативный процесс, он должен оперативно обеспечивать обратные связи, позволяющие своевременно корректировать процедуры и итоги взаимодействия.

В экстремальных условиях реорганизации учебного процесса, когда внутренние и внешние ресурсы ограничены, совершенно по-другому оценивается результативность адаптации образовательной среды. Условиями успешной адаптации следует считать: совершенствование механизма управления всей системой профессионального образования с использованием автоматизированных банков данных научно-педагогической информации, методических материалов, коммуникационных сетей; совершенствование стратегии выбора методов и организационных форм обучения в условиях информатизации общества; создание особых методических систем, ориентированных на реализацию потенциала обучаемого, на мотивирование самостоятельного приобретения знания, координировать самостоятельную деятельность по поиску и обработке информации; создание и развитие компьютерных диагностирующих и контролирующих систем.

В целях преодоления кризиса коммуникаций в образовательной среде учебного заведения, на основании анализа практики реализации информационных технологий, сущности коммуникационных процессов могут быть предложены следующие действия: развитие сетевых информационных сообществ в образовательных целях, применение коллективных форм работы с информацией, размещенной в образовательной среде, реструктуризация учебного процесса в период удаленного доступа на основе научно-обоснованных норм управляемости, организация межличностных коммуникаций с использованием виртуального пространства, обеспечение устойчивой связи с разработчиками информационно-коммуникационных технологий, создание имитационной образовательной среды для виртуальной отработки профессиональных навыков.

Список литературы

1. Маркова О. Ю. Коммуникативное пространство вуза: субъекты, роли, отношения // Коммуникация и образование. Сборник статей. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское философское общество, 2004. С.345–364.

2. Педагогика: педагогические теории, системы, технологии / С. А. Смирнов, И. Б. Котова, Е. Н. Шиянов [и др.]; под ред. С. А. Смирнова. М.: Изд. центр «Академия», 2001. 512 с.

3. Самойлов И. П., Чеботарева А. М. Управление внутренней коммуникативной средой и коммуникационными потоками вуза: тео-

ретические аспекты // Молодой ученый. 2020. № 17 (307). С. 394–397. URL: <https://moluch.ru/archive/307/69106/> (дата обращения: 22.11.2021).

4. Маркарян Э. С. О реформировании научно-образовательной системы в контексте кризиса мировой культуры и необходимости создания идеологии гуманизма XXI века // Образование и культура. 2018. № 9. С. 51–57.

5. Горинова С. В. Управление приращением профессиональных компетенций специалистов пожарно-технического профиля // Пожарная и аварийная безопасность. 2020. № 4. С. 35.

References

1. Markova O. Yu. Kommunikativnoye prostranstvo vuza: sub"yekty, roli, otnosheniya // [The communicative space of the university: subjects, roles, relationships]. *Kommunikatsiya i obrazovaniye. Sbornik statey*. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskoye filosofskoye obshchestvo, 2004, pp. 345–364.

2. *Pedagogika: pedagogicheskiye teorii, sistemy, tekhnologii* [Pedagogy: pedagogical theories, systems, technologies]. S. A. Smirnov, I. B. Kotova, E. N. Shiyarov [et al.]; Edited by

S. A. Smirnov. M.: Izd. tsentr «Akademiya», 2001. 512 p.

3. Samoilov I. P., Chebotareva A. M. Upravleniye vnutrenney kommunikativnoy sredoy i kommunikatsionnymi potokami vuza: teoreticheskiye aspekty [Management of the internal communicative environment and communication flows of the university: theoretical aspects] *Molodoy uchenyy*, 2020, vol. 17 (307), pp. 394–397. URL: <https://moluch.ru/archive/307/69106/> (accessed: 11/22/2021).

4. Markarian E. S. O reformirovani nauchno-obrazovatel'noy sistemy v kontekste krizisa mirovoy kul'tury i neobkhodimosti sozdaniya ideologii gumanizma XXI veka [On reforming the scientific and educational system in the context of the crisis of world culture and the need to create an ideology of humanism of the XXI century]. *Obrazovaniye i kul'tura*, 2018, issue 9, pp. 51–57.

5. Gorinova S. V. Upravleniye prirashcheniyem professional'nykh kompetentsiy spetsialistov pozharno-tekhnicheskogo profilya [Management of the increment of professional competencies of specialists in the fire-technical profile]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'*, issue 4, 2020, p. 35.

Горинова Светлана Владимировна

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

доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры основ экономики функционирования РСЧС
E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

Gorinova Svetlana Vladimirovna

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

doctor of economic sciences, Professor, professor at the department of fundamentals of economics of functioning prevention and response system

E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

Тихановская Людмила Борисовна

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

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры основ экономики функционирования РСЧС
E-mail: ludmila.tihanovskaya@yandex.ru

Tihanovskaya Lyudmila Borisovna

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

candidate of technics sciences, assistant professor, associate professor at the department of fundamentals of economics of functioning prevention and response system.

E-mail: ludmila.tihanovskaya@yandex.ru

УДК 004.023

МОДЕЛЬ ЦИКЛИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КРУПНЫХ ПОЖАРОВ И ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

А. В. КУЗНЕЦОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: a.kuznetsov9@yandex.ru

В настоящее время одним из основополагающих элементов успешного управления силами и средствами, как на пожаре, так и при проведении поисково-спасательных работ, является высокий уровень информационного обеспечения должностных лиц. Качественный уровень необходимой информации, как для руководителя тушения пожара, так и для руководителя поисково-спасательной операции на современном этапе обеспечивается за счет применения мобильных средств мониторинга. Область применения мобильных средств воздушного мониторинга постоянно растет, тем самым увеличивается число задач, которые необходимо решать при реализации мониторинга крупного пожара и воздушного поиска в природной среде с их применением. Тем самым возрастает нагрузка на мобильные средства мониторинга как на техническое устройство в вопросах обеспечения безотказной работы. Решение данной проблемы возможно благодаря моделированию и применению резервных средств мониторинга. При увеличении временных параметров мониторинга и количестве мобильных средств в группе, увеличивается функциональная нагрузка на всю систему мониторинга, следовательно, вероятность возникновения отказов у средств мониторинга увеличивается, что влечет за собой снижение качества информационного обеспечения.

Целью работы является получение аналитических зависимостей для описания вероятности состояния системы мониторинга в работе и при восстановлении для решения комплекса задач планирования и организации тушения крупных пожаров, а также сокращение временных параметров для местонахождения объекта поиска. В статье рассмотрен вероятностный подход к оценке качества информации, получаемой при реализации постоянного наблюдения за параметрами пожаров в ходе тушения затяжных пожаров и воздушном мониторинге больших площадей при поисково-спасательных работах. Разработаны аналитические зависимости по оценке предельных вероятностей состояния системы при ее дискретном функционировании для решения комплекса задач планирования и организации тушения крупных пожаров и проведении поисково-спасательных работ.

Ключевые слова: мобильные средства мониторинга, пожары затяжного характера, поисково-спасательные работы.

MODEL OF CYCLIC MONITORING OF LARGE FIRES AND SEARCH AND RESCUE OPERATIONS

A. V. KUZNETSOV

Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: a.kuznetsov9@yandex.ru

Currently, one of the fundamental elements of successful management of forces and means, both in a fire and during search and rescue operations, is a high level of information support for officials. The qualitative level of the necessary information for the fire extinguishing manager, for the head of the search and rescue operation at the present stage is provided through the use of mobile monitoring tools. The scope of application of mobile aerial monitoring tools is constantly growing, thereby increasing the number of tasks that need to be solved when monitoring a large fire and aerial search in the natural environment with their use. This increases the load on mobile monitoring tools as a technical device in ensuring trouble-free operation. The solution to this problem is possible thanks to modeling and the use of backup monitoring tools. With an increase in the time parameters of monitoring and the number of mobile devices in the group, the functional

load on the entire monitoring system increases, therefore, the probability of failures of monitoring tools increases, which entails a decrease in the quality of information support.

The aim of the work is to obtain analytical dependencies to describe the probability of the state of the monitoring system in operation and during recovery to solve a set of tasks for planning and organizing the extinguishing of large fires, as well as reducing the time parameters for the location of the search object. The article considers a probabilistic approach to assessing the quality of information obtained during the implementation of constant monitoring of fire parameters during the extinguishing of protracted fires and aerial monitoring of large areas during search and rescue operations. Analytical dependences have been developed to assess the limiting probabilities of the state of the system during its discrete operation to solve a set of tasks for planning and organizing the extinguishing of large fires and conducting search and rescue operations.

Key words: mobile monitoring tools, protracted fires, search and rescue operations.

На сегодняшний день профилактика и борьба с пожарами как в техногенной среде, так и в природной полагает применение превентивного мониторинга показателей пожарной безопасности. Технические системы, применяемые для решения данных задач, различны по функциям, алгоритмическому наполнению и структуре [1,2,3]. Стоит отметить, что при возникновении деструктивных событий, связанных с затяжными пожарами, одних превентивных мероприятий мониторинга недостаточно, на этот случай, мониторинг в режиме реального времени с использованием мобильных средств мониторинга будет являться наиболее оптимальным методом контроля пожара.

При организации работ, связанных с поиском пострадавших в природной среде, первоочередной проблемой является обширная территория поиска. Руководителю поисково-спасательных работ (ПСР) необходимо рассредоточить имеющиеся силы и средства в правильном направлении для прочесывания обширной территории и скорейшего обнаружения объекта поиска. В качестве сил и средств, необходимых для поиска пострадавших в природной среде, чаще всего выступают: подготовленные поисково-спасательные отряды, группы волонтеров, кинологовические группы и мобильные средства мониторинга (МСМ).

В связи с этим, для оценки качества мониторинга крупных пожаров и воздушного мониторинга при проведении поисково-спасательных работ, совершаемого мобильными средствами мониторинга, необходимо решить две практические задачи: во-первых, оценить необходимое количество МСМ для реализации качественного мониторинга; во-вторых, при установленном количестве МСМ определить характеристики системы мониторинга в целом. Критерием качества мониторинга, совершаемый мобильными средствами, выступает обратная величина отказов средств мониторинга, а именно интегральная функция

распределения случайной величины числа отказов МСМ [4,5,6,7].

Однако стоит учитывать, что технология проведения мониторинга крупных пожаров и проведения поисково-спасательных работ разнообразна [8,9,10], при этом данный процесс возможно формально описать с использованием систем уравнений, идентичных моделям Эрланга, Гаусса и Колмогорова. Формальный инструмент моделирования мониторинга — это система отказов без восстановления, подразумевающий под собой, что МСМ все время находится в работе, то есть производит непрерывный мониторинг. Однако стоит понимать, что особенность крупных пожаров и проведение поисково-спасательных работ подразумевает под собой применение циклического дискретного мониторинга, для которого необходимо использовать систему уравнений с восстановлением. Для постановки задач моделирования примем два состояния системы: во-первых, процесс мониторинга, во-вторых, процесс восстановления МСМ – процедура приведения мобильного средства мониторинга в рабочее состояние после его отказа.

Исходя из этого, чтобы решить комплекс задач планирования и организации мониторинга крупных пожаров и проведения поисково-спасательных работ следует получить аналитические зависимости для описания состояния системы мониторинга в работе и в процессе восстановления.

Примем, что время работы МСМ, то есть время, когда мобильное средство совершает мониторинг, будет величиной T_p (мин), соответственно время восстановления МСМ T_s (мин) величина определяющая наличие мобильных средств мониторинга в работе и на этапе восстановления. Рассмотрим вероятность, когда МСМ находится в работе. Для моделирования состояний мониторинга предлагается система уравнений аналогичных урав-

нениям Эрланга с восстановлением, которая представляет собой следующую совокупность:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(T)}{dT} = -\frac{1}{T_p}P_0(T) + \frac{1}{T_B}P_1(T) \\ \frac{dP_k(T)}{dT} = -\frac{1}{T_p}P_k(T) - \frac{1}{T_B}P_k(T) + \frac{1}{T_p}P_{k-1}(T) + \frac{1}{T_B}P_{k+1}(T) \\ \frac{dP_m(T)}{dT} = -\frac{1}{T_B}P_m(T) + \frac{1}{T_p}P_{m-1}(T) \end{cases}, \quad (1)$$

где T_p – время работы – время нахождения МСМ в воздухе;

T_B – время восстановления: время - время нахождения МСМ на земле;

k – количество МСМ, которые находятся в воздухе;

P_k – вероятность состояния системы, при котором k из m средств мониторинга находится в воздухе.

Примем для модели следующее допущение: система мониторинга состоит из одинаковых по характеристикам мобильных средств мониторинга, позволяющее предположить, что время непосредственного мониторинга (время работы) и время восстановления имеют одинаковые значения для всех средств мониторинга и, следовательно, ситуация обоснования предельных характеристик системы мониторинга (таблица 1) сводится к определению предельных состояний системы уравнений Эрланга с восстановлением.

Решение системы уравнений (1) в ее предельном состоянии P_k когда производные соответствующих вероятностей состояний системы мониторинга равны 0, т.е. $\frac{dP_k(T)}{dT} = 0$,

целесообразно проводить с использованием безразмерного показателя α , представляющего собой отношение времени работы к времени восстановления $\alpha = \frac{T_p}{T_B}$, тогда систему

уравнений (1) удобно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} 0 = -P_0(T) + \alpha P_1(T) \\ 0 = -P_k(T) - \alpha P_k(T) + P_{k-1}(T) + \alpha P_{k+1}(T) \\ 0 = -\alpha P_m(T) + P_{m-1}(T) \end{cases}. \quad (2)$$

Используя методы решения систем алгебраических уравнений, получены следующие общие соотношения для определения предельных вероятностей состояний:

$$P_k = \frac{\Delta_k}{\Delta}, \Delta_k = \alpha^{m-k}, \Delta = \sum_{k=0}^m \Delta_k, k=0,1,\dots,m, \quad (3)$$

где m – общее число мобильных средств мониторинга;

Δ_k – определитель матрицы, соответствующей поиску предельной вероятности для состояния k , характеризующегося нахождением в воздухе k из m средств мониторинга.

В практике решения задач планирования и организации мониторинга крупных пожаров и проведения поисково-спасательных работ, используя общие зависимости (3), необходимо задать число мобильных средств мониторинга m и значение соответствующих определителей системы уравнений (1).

Анализ планирования и организации мониторинга крупных пожаров и проведения поисково-спасательных работ с применением мобильных средств мониторинга показывает, что чаще всего мобильные средства мониторинга формируют в группы, состоящие из 2–3 средств мониторинга [11,12], но стоит принимать во внимание, что в отдельных случаях их может быть значительно больше. Как показывает практика, отдельная группа средств мониторинга работает на определенном участке ведения действий по тушению крупного пожара или же на конкретном участке предполагаемого местонахождения объекта поиска. Данная технология обеспечивает качественное наполнение информационного пространства, которое необходимо для эффективного управления силами и средствами как при тушении крупного пожара, так и при проведении поисково-спасательных работ. Соответственно необходимо рассчитать предельные вероятности состояний системы мониторинга для решения практических задач относительно каждого из имеющихся участков ведения действий по тушению пожара и участков предполагаемого местонахождения объекта поиска.

Тогда аналитически рассчитаем предельные вероятности состояний системы мониторинга для решения практических задач относительно каждого участка ведения действий по тушению крупных пожаров и проведению поисково-спасательных работ. Определим предельные состояния групп мониторинга, состав которых не более трех средств мониторинга, используя данные, которые получили в ходе анализа системы уравнений (1). Результаты анализа соответствующих определителей систем линейных уравнений и аналитические соотношения для определения предельных вероятностей состояний системы мониторинга представлены в таблице.

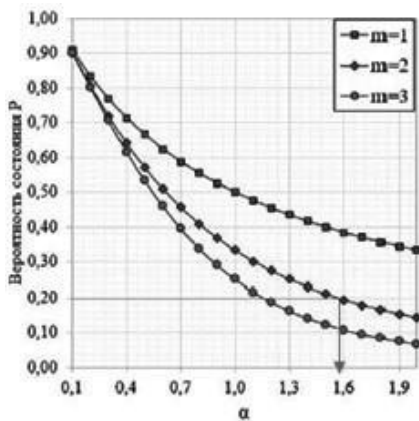
Таблица. Расчет предельных состояний системы мониторинга

Количество средств мониторинга	Определители матриц				
	Δ_0	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ
$m=1$	$\Delta_0 = \alpha$	$\Delta_1 = 1$	–	–	$\Delta = 1 + \alpha$
$m=2$	$\Delta_0 = \alpha^2$	$\Delta_1 = \alpha$	$\Delta_2 = 1$	–	$\Delta = 1 + \alpha + \alpha^2$
$m=3$	$\Delta_0 = \alpha^3$	$\Delta_1 = \alpha^2$	$\Delta_2 = \alpha$	$\Delta_3 = 1$	$\Delta = 1 + \alpha + \alpha^2 + \alpha^3$
Количество средств мониторинга	Искомые вероятности состояний системы				
	Состояние 0	Состояние 1	Состояние 2	Состояние 3	
$m=1$	$P_0 = \frac{\alpha}{1+\alpha}$	$P_1 = \frac{1}{1+\alpha}$	–	–	
$m=2$	$P_0 = \frac{\alpha^2}{1+\alpha+\alpha^2}$	$P_1 = \frac{\alpha}{1+\alpha+\alpha^2}$	$P_2 = \frac{1}{1+\alpha+\alpha^2}$	–	
$m=3$	$P_0 = \frac{\alpha^3}{1+\alpha+\alpha^2+\alpha^3}$	$P_1 = \frac{\alpha^2}{1+\alpha+\alpha^2+\alpha^3}$	$P_2 = \frac{\alpha}{1+\alpha+\alpha^2+\alpha^3}$	$P_3 = \frac{1}{1+\alpha+\alpha^2+\alpha^3}$	

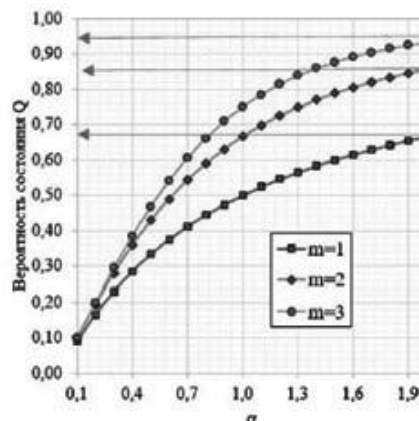
На основе полученных аналитических зависимостей построим номограммы (рисунок), позволяющие по значениям α определить предельные состояния системы мониторинга на случаи, когда все средства мониторинга находятся на земле, P_0 и $k=0$, т.е. в воздухе находится 0 средств мониторинга, а также предельную вероятность $Q=1-P_0$, характеризующую состояние системы мониторинга, когда в воздухе находится хотя бы одно средство мониторинга из имеющихся m . В свою очередь, другие предельные вероятности могут быть получены с использованием соотношений (3) и результатов аналитических расчётов, представленных в табл.

В общем случае комплекс рассмотренных задач ориентирован на практические слу-

чай рационального применения средств мобильного мониторинга восстанавливаемой системы, в свою очередь, обоснование резервного количества средств мониторинга находится за пределами анализируемой теоретической модели – системы уравнений Эрланга – и может быть определено, исходя из результатов моделирования мониторинга, опубликованных в работах [5,6,7,14], с допущением, что система мобильного мониторинга функционирует на крупном пожаре или же при проведении поисково-спасательной операции интервалами времени, не превышающими 2 астрономических часа, с учетом контроля технического состояния средств мониторинга в режиме реального времени.



(а)



(б)

Рисунок. Номограммы для определения предельных состояний мониторинга крупных пожаров и проведения поисково-спасательных работ.

Таким образом, в ходе проведенной работы были получены аналитические зависимости оценки предельных вероятностей системы циклического дискретного мониторинга, благодаря которым решается комплекс задач его планирования и организации при воздушном мониторинге крупных пожаров и проведении поисково-спасательных работ. Разработан ряд процедур, позволяющий произвести оценку необходимого количества мобильных средств мониторинга для его качественной и надежной реализации и определение число-

вых характеристик качества системы мониторинга крупных пожаров и проведении поисково-спасательных работ. Следует учесть, что разработанные в ходе исследования теоретические результаты направлены на решение задач мониторинга затяжного характера. К данному виду мониторинга, как правило, относятся крупные пожары как техногенные, так и природные, а также затяжной мониторинг необходим при проведении поисково-спасательных работ в природной среде.

Список литературы

1. Гончаренко В. И., Луо Лэ, Прус М. Ю. Мониторинг лесных пожаров группой беспилотных летательных аппаратов // Технологии техносферной безопасности. 2015. Вып. 4 (62). С. 154–163.

2. Муйкич Э., Татаринов В. В. Применение БПЛА для получения информации об обстановке в зоне очага возгорания // Будущее машиностроения России: сборник докладов 9-й всеросс. конф. молодых учёных и специалистов. М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. С. 507-510.

3. Шевченко О. Ю., Боричевский А. Б. Использование беспилотных летательных аппаратов для ведения мониторинга использования территорий // Экономика и экология территориальных образований. 2015. №3. С. 150–152.

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

5. Баканов М. О., Анкудинов М. В. Резервирование средств мониторинга природных чрезвычайных ситуаций // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сборник статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции с междунар. уч. 29-30 сент. 2016 г.: в 2-х ч. Ч. 2. ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. Воронеж, 2016. С: 10–11.

6. Баканов М. О., Смирнов В. А., Анкудинов М. В. К вопросу о резервировании и управлении беспилотными воздушными судами при мониторинге ландшафтных пожаров // Мониторинг. Наука и технологии. 2016. № 4 (29). С. 77–79.

7. Баканов М. О., Тараканов Д. В., Анкудинов М. В. Модель мониторинга для оперативного управления при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций // Мониторинг. Наука и технологии. 2017. № 3 (32). С. 77–80.

8. Половинчук Н. Я., Иванов С. В., Тимофеев В. И. Алгоритм терминально-оптимального управления беспилотным летательным аппаратом // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2017. №1. С.13–17.

9. Татаринов В. В., Калайдов А. Н., Муйкич Э. Применение беспилотных летательных аппаратов для получения информации о природных пожарах // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 1 (71). С. 160–168.

10. Фоменко А. А. Управление группой беспилотных летательных аппаратов при мониторинге лесных пожаров // Научное обозрение. 2013. № 4. С. 137–143.

11. Абросимов В. К., Гончаренко В. И., Смирнов Д. И. Модель группового полёта беспилотных летательных аппаратов в условиях чрезвычайной ситуации // Моделирование авиационных систем: сб. тезисов докладов II Всеросс. науч.-техн. конф. М.: НИЦ ФГУП «ГосНИИАС», 2013. С. 34–35.

12. Шегельман И. Р., Ключев Г. В. Некоторые направления использования беспилотных аппаратов и роботизации при мониторинге и тушении лесных пожаров // Актуальные направления научных исследований: перспективы развития: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. С. 207–209.

13. Модели качества мониторинга пожаров и чрезвычайных ситуаций с учетом специфики их развития / М. О. Баканов, Д. В. Тараканов, А. В. Кузнецов [и др.] // Мониторинг. Наука и технологии. 2018. № 3 (36). С. 51–54.

References

1. Goncharenko V. I., Luo Le, Prus M. Yu. Monitoring lesnykh pozharov gruppy bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Monitoring of forest fires by a group of unmanned aerial vehicles]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2015, vol. 4 (62), pp. 154–163.

2. Muykich E., Tatarinov V. V. *Primeneniye BPLA dlya polucheniya informatsii ob obstanovke v zone ochaga vozgoraniya* [The use of UAVs to obtain information about the situation in the zone of the fire source]. *Budushcheye mashinostroyeniya Rossii: sbornik dokladov 9-y vse-ross. konf. molodykh uchonykh i spetsialistov*. M.: izd-tvo MGTU im. N. E. Baumana, 2016, pp. 507–510.
3. Shevchenko O. Yu., Borichevskiy A. B. *Ispol'zovaniye bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya vedeniya monitoringa ispol'zovaniya territoriy* [The use of unmanned aerial vehicles for monitoring the use of territories]. *Ekonomika i ekologiya territorial'nykh obrazovaniy*, 2015, issue 3, pp. 150–152.
4. Model' tsiklicheskogo monitoringa prirodnykh pozharov zatyazhnogo kharaktera [Model of cyclic monitoring of natural fires of protracted nature] / M. O. Bakanov, D. V. Tarakanov, A. V. Kuznetsov [et al.]. *Monitoring. Nauka i Tekhnologii*, 2019, vol. 2 (40), pp. 14–19.
5. Bakanov M. O., Ankudinov M. V. *Rezervirovaniye sredstv monitoringa prirodnykh chrezvychaynykh situatsiy* [Reserve means of monitoring natural emergencies]. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy: Sbornik statey po materialam VII Vserossiyskoy nauchno - prakticheskoy konferentsii s mezhdunar. uch.* 29–30 sent. 2016 g.: v 2-kh ch. CH. 2. FGBOU VO Voronezhskiy institut GPS MCHS Rossii, Voronezh, 2016, pp. 10–11.
6. Bakanov M. O., Smirnov V. A., Ankudinov M. V. *K voprosu o rezervirovanii i upravlenii bespilotnymi vozдушnymi sudami pri monitoringe landshaftnykh pozharov* [On the issue of redundancy and control of unmanned aerial vehicles for monitoring landscape fires]. *Monitoring. Nauka i tekhnologii*, 2016, vol. 4 (29), pp. 77–79.
7. Bakanov M. O., Tarakanov D. V., Ankudinov M. V. *Model' monitoringa dlya operativnogo upravleniya pri likvidatsii pozharov i chrezvychaynykh situatsiy* [Monitoring model for operational management in the elimination of fires and emergencies]. *Monitoring. Nauka i tekhnologii*, 2017, vol. 3 (32), pp. 77–80.
8. Polovinchuk N. Ya., Ivanov S. V., Timofeyev V. I. *Algoritm terminal'no-optimal'nogo upravleniya bespilotnym letatel'nykh apparatom* [Algorithm of terminal-optimal control of an unmanned aerial vehicle]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, vol. 1, pp.13–17.
9. Tatarinov V. V., Kalaydov A. N., Muykich E. *Primeneniye bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya polucheniya informatsii o prirodnykh pozharakh* [The use of unmanned aerial vehicles to obtain information about wildfires]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2017, vol. 1 (71), pp. 160–168.
10. Fomenko A. A. *Upravleniye gruppoy bespilotnykh letatel'nykh apparatov pri monitoringe lesnykh pozharov* [Control of a group of unmanned aerial vehicles while monitoring forest fires]. *Nauchnoye obozreniye*, 2013, issue 4, pp. 137–143.
11. Abrosimov V. K., Goncharenko V. I., Smirnov D. I. *Model' gruppovogo polota bespilotnykh letatel'nykh apparatov v usloviyakh chrezvychaynoy situatsii* *Modelirovaniye aviatsionnykh sistem: sb. tezisov dokladov II Vseross. nauch.-tekhn. konf.* M.: NITS FGUP «Gos-NIIAS», 2013, pp. 34–35.
12. Shegel'man I. R., Klyuyev G. V. *Nekotoryye napravleniya ispol'zovaniya bespilotnykh apparatov i robotizatsii pri monitoringe i tushenii lesnykh pozharov* [Some areas of the use of unmanned aerial vehicles and robotization in monitoring and extinguishing forest fires]. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy: perspektivy razvitiya: materialy II Mezhdunar. nauch.–prakt. konf.* Cheboksary: TSNS «Interaktiv plyus», 2017, pp. 207–209.
13. *Modeli kachestva monitoringa pozharov i chrezvychaynykh situatsiy s uchetom spetsifiki ikh razvitiya* [Models of the quality of monitoring of fires and emergency situations, taking into account the specifics of their development] / M. O. Bakanov, D. V. Tarakanov, A. V. Kuznetsov [et al.]. *Monitoring. Nauka i tekhnologii*, 2018, vol. 3 (36), pp. 51–54.

Кузнецов Александр Валерьевич

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

преподаватель кафедры

E-mail: a.kuznetsov9@yandex.ru

Kuznetsov Alexander Valerievich

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 of the department

E-mail: a.kuznetsov9@yandex.ru

УДК 614.841

О ПРОБЛЕМАХ ПРИМЕНЕНИЯ И ПУТЯХ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РОССИИ

С. В. РЕПИН

Главное управление МЧС России по Нижегородской области,
Российская Федерация, г. Нижний Новгород
E-mail: repin52@yandex.ru

В данной статье проанализированы информационные системы и технологии, используемые в деятельности органов государственной власти. Выявлены проблемные вопросы их применения. Обоснована необходимость разработки нового программного комплекса для эффективного перераспределения рабочего времени инспекторского состава подразделений МЧС России и описан принцип его работы.

Ключевые слова: управление, пожарная безопасность, надзор, контроль, эффективность, трудозатраты, цифровизация

ABOUT THE PROBLEMS OF APPLICATION AND WAYS OF DEVELOPMENT OF MANAGEMENT DECISION SUPPORT SOFTWARE IN THE SUPERVISORY DEPARTMENTS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

S. V. REPIN

Department of Supervision and Preventive Work of the Main Directorate of the Ministry
of Emergency Situations of Russia in the Nizhny Novgorod Region,
Russian Federation, Nizhny Novgorod
E-mail: repin52@yandex.ru

This article analyzes information systems and technologies used in the activities of public authorities. Problematic issues of their application have been identified. The necessity of developing a new software package for the effective redistribution of the working time of the inspection staff of the departments of the Ministry of Emergency Situations of Russia is substantiated and the principle of its operation is described.

Key words: management, fire safety, supervision, control, efficiency, labor costs, digitalization

В последнее десятилетие наблюдается общемировая тенденция перехода взаимодействия граждан, компаний, организаций, органов власти, международного сотрудничества в цифровую среду.

В органах власти Российской Федерации этот переход осуществляется в соответствии с Государственной программой «Информационное общество». Она разработана с целью развития информационной и телекоммуникационной инфраструктуры, а также обеспечения эффективного взаимодействия органов государственной власти и органов местного самоуправления с гражданами и хозяйству-

ющими субъектами на основе широкого внедрения информационных и коммуникационных технологий¹.

В частности, подпрограмма «Информационное государство», участником которой является и МЧС России, предусматривает переход взаимодействия с гражданами и организациями на электронную форму.

¹ Государственная программа «Информационное общество» [Электронный ресурс], URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/programs/1/> (дата обращения 17.10.2021)

Среди задач подпрограммы следует выделить^{2,3}:

- развитие механизмов предоставления гражданам и организациям государственных (муниципальных) услуг (реализации функций), иных услуг (сервисов) и сведений с использованием дистанционных технологий и современных информационно-телекоммуникационных технологий;

- повышение открытости, эффективности и качества функционирования механизмов электронного взаимодействия;

- повышение удобства использования государственных (муниципальных) информационных систем и сервисов, механизмов межведомственного электронного взаимодействия;

- осуществление взаимодействия государства, граждан и бизнеса преимущественно на основе применения информационно-телекоммуникационных технологий;

- обеспечение роста производительности труда и сокращение транзакционных издержек в экономике за счет стандартизации процессов, среды взаимодействия и внедрения информационно-телекоммуникационных технологий.

Особую актуальность вопросы цифровизации приобрели в 2020 году с началом пандемии COVID-19 и введением ограничений в работе органов власти.

МЧС России не стало исключением. Так, например, в условиях противоэпидемиологических мер, процедура лицензирования организаций на право осуществления работ в области пожарной безопасности с момента подачи заявления, рассмотрения документов, проверки соискателя лицензии и до выдачи бланка лицензии уже проводится без непосредственного взаимодействия сторон [1].

Вопросы цифровизации и автоматизации процессов надзорной деятельностью занимают центральное место в политике снижения рисков. Так, на первом этапе развития

цифровых ресурсов в МЧС России внедрена автоматизированная информационная система сбора информации о противопожарном состоянии объектов защиты и исполнения административных процедур по осуществлению государственного пожарного надзора (далее – СПО ИАП), позволяющая создавать электронные контрольно-наблюдательные дела, автоматизировать систему учета объектов и процесс проведения проверок⁴.

Центральным событием в вопросах повышения открытости всех надзорных органов в системе цифровизации стало внедрение в 2016 году Федеральной государственной информационной системы «Единый реестр проверок» (далее – ФГИС ЕРП)⁵. Данная информационная система позволяет любому зарегистрированному пользователю ознакомиться с результатами мероприятий по контролю, принятыми решениями и мерами административного воздействия надзорных органов.

К сожалению, автоматическое взаимодействие между ведомственной системой СПО ИАП и ФГИС ЕРП не осуществлялось. Не предусматривалась их интеграция и на законодательном уровне. Данные недоработки привели к тому, что должностные лица наполняли одновременно два информационных ресурса, что вызвало значительный рост затрат. Так, согласно данных экспертного опроса, проведенного государственными инспекторами по пожарному надзору Белгородской области, 50 % сотрудников надзорного ведомства указали на то, что данное программное обеспечение не упрощает или вовсе создает дополнительные трудности при осуществлении надзора. А общие результаты исследования однозначно указали на необходимости проведения дополнительного обучения сотрудников надзорной деятельности по работе с данной программой [2].

Аналогичный вывод, о недостаточном уровне цифровых компетенций у сотрудников органов государственной власти и органов

² Распоряжение Правительства РФ от 20.10.2010 № 1815-р «О государственной программе Российской Федерации «Информационное общество (2011 - 2020 годы)» [Электронный ресурс], URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_106767/4b6b1ec3d9a61a8204d8fdc520469db8e0daa367/ (дата обращения 15.10.2021)

³ Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 313 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Информационное общество» [Электронный ресурс], URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162184/ (дата обращения 14.10.2021)

⁴ Система СПО ИАП с встроенным программным модулем «Сбора информации о состоянии безопасности объектов надзора по результатам надзорной деятельности в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера» // Отчет НИР / Новосибирский филиал НИИ ВДПО. Новосибирск. 2009.

⁵ Постановление Правительства РФ от 28 апреля 2015 г. № 415 «О Правилах формирования и ведения единого реестра проверок» [Электронный ресурс], URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_179158/ (дата обращения 17.10.2021)

местного самоуправления, отсутствие заинтересованности в переводе взаимодействия в электронный вид у всех участников такого взаимодействия сделан Правительством РФ в распоряжении об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации государственного управления⁶.

При этом, подразделения МЧС России не ограничивались ведением только названных информационных систем. В ежедневной деятельности для автоматизации процессов инспекторским составом применяются:

- 1С-администрирование, к которому позднее добавилась Государственная информационная система о государственных и муниципальных платежах (ГИС ГМП) – для начисления административных штрафов;

- программный комплекс «СтатПож 2009» – электронная база данных для учета пожаров и их последствий;

- система обработки запросов ИС «Полтава» – для работы с обращениями граждан;

- реестры: заключений о соответствии объектов обязательным требованиям пожарной безопасности, заключений о согласовании специальных технических условий, заключений о независимой оценке рисков, исполнительных документов об административном приостановлении деятельности и исполнительных документов об административных правонарушениях и многие другие электронные ресурсы.

При этом, с внедрением каждого программного средства, в связи с отсутствием интеграции между ними, нагрузка на должностных лиц только нарастала. Одновременно с этим общегосударственная политика была направлена на снижение количества проверок, что привело к сокращению штатной численности надзорных подразделений.

В итоге, оставшийся инспекторский состав вместо непосредственного обследования объектов защиты более половины рабочего времени посвящал внесению сведений в различные базы данных.

Новый закон о государственном контроле⁷ предусматривает интеграцию ведом-

ственных информационных систем и, созданной на базе единого реестра проверок, Федеральной государственной информационной системы «Единый реестр контрольных (надзорных) мероприятий» (ФГИС ЕРКНМ)⁸, что, по задумке разработчиков, должно снизить трудозатраты на их наполнение. В настоящее время в МЧС России разработана и проходит испытание Информационная система «Автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России» (ААС КНД) [3].

Несмотря на внедрение множества информационных ресурсов и их последовательную интеграцию между собой, остается большая проблема с недостатком должностных лиц, осуществляющих надзорную деятельность. Юридически численность подразделений федерального государственного пожарного надзора не изменялась с 2004 года^{9,10}. Однако в 2016–2018 годах произошло значительное сокращение численности инспекторского состава [4]. При этом, фактическую потребность регионов никто не оценивал. Попытки разработать методику определения оптимальной штатной численности инспекторского состава предпринимались и предпринимаются по сей день. Но от разработки методики до внесения изменений в законодательную базу пройдет немало времени. А о сроках фактического приема на службу недостающего инспекторского состава можно только догадываться.

Современное законодательство при планировании проверок в отношении объектов чрезвычайно высокого, высокого и значитель-

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ (дата обращения 17.10.2021)

⁸ Постановление Правительства РФ от 16.04.2021 № 604 «Об утверждении Правил формирования и ведения единого реестра контрольных (надзорных) мероприятий и о внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2015 г. № 415» [Электронный ресурс], URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_382540/ (дата обращения 09.10.2021)

⁹ Постановление Правительства РФ от 21.12.2004 г. № 820 «О государственном пожарном надзоре» [Электронный ресурс], URL: <http://government.ru/docs/all/50898/> (дата обращения 11.10.2021)

¹⁰ Постановление Правительства РФ от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре» [Электронный ресурс], URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_128492/ (дата обращения 11.10.2021)

⁶ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22.10.2021 № 2998-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации государственного управления» [Электронный ресурс], URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399192/ (дата обращения 21.10.2021)

⁷ Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» [Электронный ресурс], URL:

ного риска отошло от формулировки «не чаще» и перешло к более конкретизированным срокам: ежегодно, раз в 2 и 3 года соответственно. Таким образом, минимальное количество плановых проверок поддается четкому прогнозированию в любом регионе и даже муниципальном образовании. Но о достаточности инспекторского состава на определенных территориях речи не идет. Таким образом, решение о перераспределении личного состава должно приниматься руководителем в каждом случае индивидуально.

Системный подход к данному вопросу привел к образованию крупных межрайонных подразделений, увеличилась обслуживаемая площадь, однако это не способствовало снижению или выравниванию нагрузки между подразделениями.

Проводимые исследования фонда рабочего времени, структуры загрузки личного состава подразделений федерального государственного пожарного надзора привели к мнению о необходимости разработки программного комплекса «EFCON» (эффективный контроль), предназначенного для эффективной организации надзорной деятельности путем выявления дефицита трудовых ресурсов и перераспределения сотрудников между подразделениями, успешного выполнения задач по проведению контрольных (надзорных) и профилактических мероприятий, организации дознания по делам о пожарах и иных вопросов, отнесенных к компетенции надзорных органов МЧС России.

В соответствии с функциональным назначением программный комплекс должен включать в себя следующие компоненты: база объектов надзора (контроля), календарь проверок, автоматизированные средства для разработки мероприятий по результатам проверок, систему учета рабочего времени.

Принцип работы программного комплекса основан на прогнозировании необходимого фонда рабочего времени и его сопоставлении с имеющимся фондом рабочего времени подразделения. Вид стартовой страницы ПК «EFCON» представлен на рисунке 1.

Исследование трудозатрат инспекторского состава, проведенное путем анкетирования, показало влияние множества факторов на скорость выполнения одних и тех же операций, которые необходимо учитывать при прогнозировании. Среди наиболее значимых следует выделить: уровень образования и его вид

(наличие/отсутствие пожарно-технического образования); стаж работы в надзорных органах; материально-техническое оснащение подразделения (количество АРМ, офисной техники, наличие точки доступа в интернет, скорость и стабильность соединения, наличие служебного автомобиля).

Работа в ПК «EFCON» осуществляется в следующем порядке:

- на стартовой странице указаны показатели фонда рабочего времени. Исходя из показателей фактического и требуемого фонда рабочего времени формируются вывод о достаточности количества личного состава и простейшие рекомендации руководителю. Для расчета фактического и требуемого фонда рабочего времени необходимо ввести соответствующие данные;

- ввод данных для расчета фактического фонда рабочего времени предусматривает внесение сведений о качественно-количественных характеристиках личного состава подразделения (рис. 2) и его материально-технического оснащения (рис. 3)

- ввод данных для расчета фактического фонда рабочего времени предусматривает внесение сведений о составе объектов надзора (рис. 4) и многолетних среднестатистических данных о количестве выполняемых работ (рис. 5).

На первоначальном этапе все сведения в ПК «EFCON» необходимо вносить в ручном режиме, что не совсем удобно и требует дополнительных трудозатрат на подготовку необходимых сведений.

Предполагается, что в дальнейшем ПК «EFCON» должен стать самостоятельным модулем, интегрированным в ААС КНД, что позволит ему агрегировать сведения о количестве выполняемых работ, используя данные ААС КНД, СЭД, а также некоторые статистические данные, вводимые в ручном режиме, сопоставлять полученные данные с показателями трудозатрат и выдавать информацию о необходимом фонде рабочего времени подразделения. Руководитель территориального управления надзорной деятельности на основании данной информации принимает решение о перераспределении инспекторского состава между подразделениями.

Работу модуля предполагается осуществлять на основании исходных данных, приведенных в таблице.



РАССЧЕТ ДОСТАТОЧНОСТИ ФОНДА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РОССИИ

Фактический фонд рабочего времени

рабочих часов 21 465

рабочих дней 2 683.13

количество сотрудников 15

Требуемый фонд рабочего времени

рабочих часов 28 257

рабочих дней 3532.13

количество сотрудников 20

Вывод о достаточности
-5 сотрудников

ввести сведения

ввести сведения

Ваши сотрудники перерабатывают, продумайте способы их мотивации.

При планировании проверок, внимательно изучите распределение пожаров по месяцам, это поможет рационально распределить время.

Рис. 1. Общий вид интерфейса ПК «EFCON»



РАСЧЕТ ФАКТИЧЕСКОГО ФОНДА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ ШАГ 1: СВЕДЕНИЯ О ЛИЧНОМ СОСТАВЕ

Общее количество сотрудников	Средний возраст сотрудников
Средний стаж работы сотрудников (в надзорных органах)	Процентное соотношение мужчин и женщин в подразделении
Количество сотрудников не имеющих профессионального образования	Количество сотрудников имеющих юридическое образование (в качестве дополнительного)
введите число	введите число
	<p>следующий шаг</p>

Рис. 2. Сведения о личном составе подразделения

**РАСЧЕТ ФАКТИЧЕСКОГО ФОНДА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ
ШАГ 2: СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНАЩЕНИИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ**

Категория местности расположения (преобладающий тип местности)

Обслуживаемая площадь, км.кв

460

Городская местность
 Сельская местность
 Областной центр

Обеспеченность подразделения офисной техникой

Количество АРМ (ПК)	Количество точек доступа в интернет	Количество точек доступа в интАнет
15	9	15
Количество принтеров	Количество МФУ	Количество МФУ (с возможностью поточного копирования)
11	4	2
Наличие служебных автомобилей		
<input checked="" type="checkbox"/> имеется		

Рис. 3. Сведения о материально-техническом оснащении

**РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОГО ФОНДА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ
ШАГ 1: СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТАХ НАДЗОРА**

Количество объектов защиты (ФГПН)

0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000

Категория риска

Чрезвычайно высокий количество объектов	Высокий количество объектов	Значительный количество объектов
Средний количество объектов	Умеренный количество объектов	Низкий количество объектов

Количество ОМС (НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ)

0 100 200 300 400 500

Городских количество населенных пунктов

Сельских количество населенных пунктов

Количество контролируемых лиц (ФНГО)

0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000

Категория риска

Высокий количество контрол	Значительный количество контрол	Средний количество контрол	Низкий количество контрол
--------------------------------------	---	--------------------------------------	-------------------------------------

Количество контролируемых лиц (ФНЗНТЧС)

0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000

Категория риска

Высокий количество контрол	Значительный количество контрол	Средний количество контрол	Низкий количество контрол
--------------------------------------	---	--------------------------------------	-------------------------------------

Рис. 4. Сведения о составе объектов надзора

РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОГО ФОНДА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ
ШАГ 2: СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ



Среднее количество пожаров (за 5 лет)

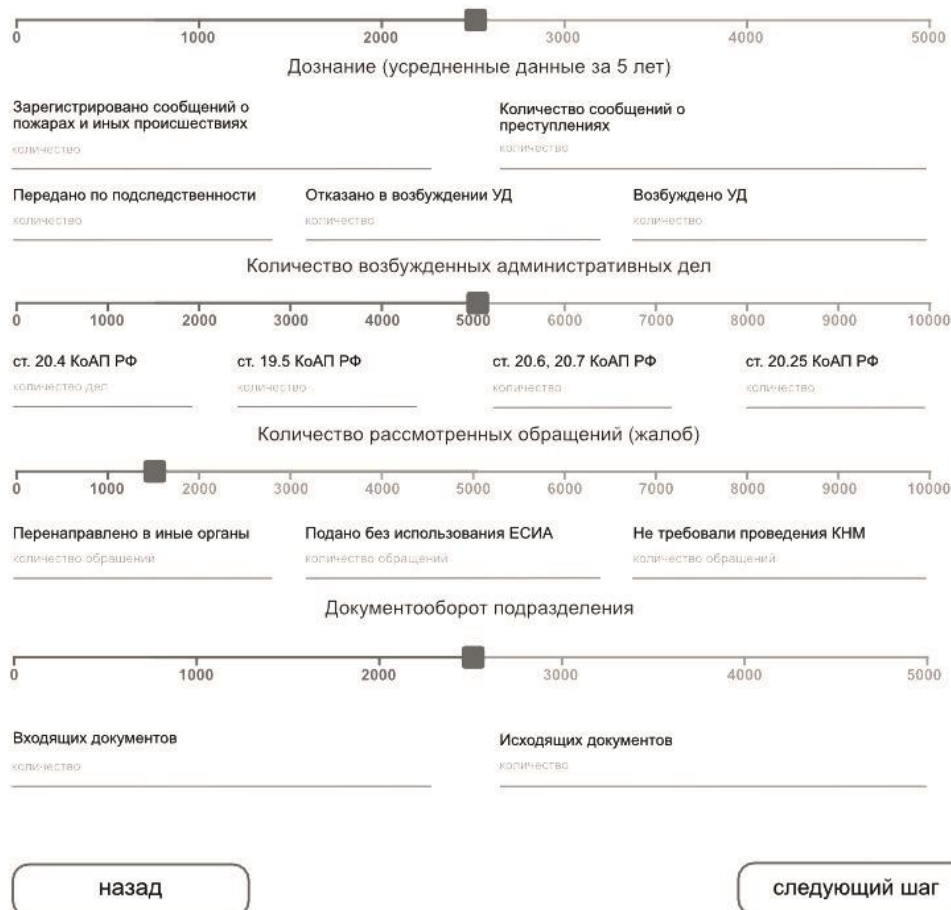


Рис. 5. Статистические данные

Таблица. Перечень сведений, необходимых для качественной работы программного комплекса и их источники

№	Наименование показателя или информации	Источник информации
1	Сведения о составе подразделения надзорной деятельности	ААС КНД
1.1	Количество сотрудников	Карточка подразделения и карточки должностных лиц
1.2	Качественные характеристики сотрудников (пол, возраст, стаж службы, образование)	
1.3	Материально-техническое оснащение подразделений	
2.	Сведения о количестве проверок	ААС КНД
2.1	Количество плановых проверок	Реестр планов КНМ
2.2	Количество прогнозируемых проверок	Расчет на основании статистических данных ААС КНД

№	Наименование показателя или информации	Источник информации
3.	Сведения о количестве административных дел	ААС КНД, модуль АПН, расчет среднестатистического показателя по месяцам, увязка с графиком проведения проверок, учет статистической вероятности неисполнения постановления о назначении штрафа
4.	Сведения о количестве пожаров	ААС КНД, расчет среднестатистического показателя пожаров по месяцам, учет статистической вероятности принятия одного из решений по сообщению о преступлении
5.	Делопроизводство (сведения о количестве поступающих и отправленных документов)	СЭД
6	Рассмотрение обращений граждан	СЭД
7.	Иные виды деятельности:	
7.1	Информационно-аналитическая деятельность (пропаганда пожарной безопасности; подготовка отчетных сведений; организация и участие в совещаниях)	Статистические данные о среднегодовом количестве мероприятий и трудозатрат на 1 действие
7.2	Профилактическая работа	
7.3	Консультативно-специальная деятельность	
7.4	Анализ и планирование деятельности	

В окончательной версии модуля информацию о трудозатратах предполагается получать, основываясь не только на статистических данных, но и на сведениях о фактической производительности труда каждого инспектора. Данные сведения будут получены при помощи автоматического хронометража выполнения операций. Это позволит не просто отслеживать работу личного состава, но и регулировать производительность труда внутри подразделения.

Руководитель будет получать прогнозные данные на краткосрочный период (месяц, квартал) о недостаточности/избытке фактического фонда рабочего времени, а также рекомендации по наиболее рациональному перераспределению личного состава между подразделениями.

Предлагаемый к разработке программный комплекс позволит руководителю принимать своевременные, обоснованные и взвешенные, с точки зрения распределения нагрузки на должностных лиц, решения о перераспределении функциональных обязанностей

личного состава между подразделениями. Что в целом окажет положительное влияние на состояние защищенности объектов надзора. Программный комплекс эффективен для применения на всех уровнях управления (территориальный – первичное звено (территориальный отдел, отделение), субъектовый – УНД и ПР ГУ МЧС России по субъектам РФ, федеральный – ДНПР МЧС России) подразделениями надзорной деятельности. Благодаря универсальности и простоте применения не потребуется дополнительная подготовка (обучение) для работы с программным комплексом, кроме того, не потребуется и внесение дополнительных сведений в имеющиеся модули ААС КНД, при этом необходима некоторая корректировка алгоритмов работы данной системы. Внедрение в деятельность надзорных подразделений МЧС России программного комплекса «EFCON», конечно, не восполнит недостающую численность личного состава, но позволит перераспределить его для эффективного проведения наибольшего количества проверок.

Список литературы

1. Репин С. В. О некоторых аспектах внедрения информационных технологий в деятельность органов государственного пожарного надзора // Актуальные проблемы взаимодействия общественности с органами государственной власти и органами местного самоуправления: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Всероссийский государственный университет юстиции, Средне-Волжский институт. Саранск, 2021. С. 154–159

2. Литвин М. В., Лукьянов Ю. Н., Радоуцкий В. Ю. Использование автоматизированной информационной системы сбора информации надзорными органами МЧС России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2016. № 2. С. 157–161

3. Порсов Д. М., Дунаев Д. К., Харитонов А. Б., Козлов А. А., Еникеев Р. Ш., Полехин П. В. Автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России (ААС КНД). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2018617462, 25.06.2018. Заявка № 2018612050 от 26.02.2018.

4. Пешков А. В., Сатин А. П. Модель оценки управленческого решения по сокращению персонала государственного пожарного надзора (на примере Иркутской области) // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 9. С. 58–72. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-9-58-72

References

1. Repin S. V. O nekotoryh aspektah vnedreniya informacionnyh tekhnologij v deyatel'nost' organov gosudarstvennogo pozhnogo

nadzora. [On some aspects of the introduction of information technologies in the activities of state fire supervision bodies]. *Aktual'nye problemy vzaimodejstviya obshchestvennosti s organami gos-udarstvennoj vlasti i organami mestnogo samoupravleniya: materialy VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Vserossijskij gosudarstvennyj universitet yusticii, Sredne-Volzhsnij institut. Saransk, 2021, pp. 154–159

2. Litvin M. V., Luk'yanov Yu. N., Radouckij V. Yu. Ispol'zovanie avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy sbora informacii nadzornymi organami MCHS Rossii [Use of an automated information system for collecting information by supervisory authorities of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shuhova*, 2016, issue 2, pp. 157–161.

3. Porsov D. M., Dunaev D. K., Kharitonov A. B., Kozlov A. A., Enikeev R. Sh., Polekhin P. V. *Avtomatizirovannaya analiticheskaya sistema podderzhki i upravleniya kontrol'no-nadzornymi organami MCHS Rossii (AAS KND)* [Automated analytical system for support and management of control and supervisory bodies of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. Certificate of state registration of a computer program RU 2018617462, 25.06.2018. Application No. 2018612050 dated 26.02.2018.

4. Peshkov A. V., Satin A. P. Model' ocenki upravlencheskogo resheniya po sokrashcheniyu persona-la gosudarstvennogo pozhnogo nadzora (na primere Irkutskoj oblasti) [A model for evaluating a management decision to reduce the staff of the state fire supervision (on the example of the Irkutsk region)]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, vol. 21., issue 9. pp. 58–72. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-9-58-72

Репин Сергей Викторович

Главное управление МЧС России по Нижегородской области,
Российская Федерация, г. Н. Новгород
начальник управления надзорной деятельности и профилактической работы
e-mail: repin52@yandex.ru

Repin Sergey Viktorovich

The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Nizhny Novgorod region,
Russian Federation, Nizhny Novgorod
Head of the Department of Supervision and Preventive Work
e-mail: repin52@yandex.ru

УДК 614.87

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧС

А. О. СЕМЕНОВ, А. Г. БУБНОВ, Д. Н. КОСТЫЛЕВ, П. В. ДАНИЛОВ

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

E-mail: ao-semenov@mail.ru, bubag@mail.ru, Kostylevdn@rambler.ru, KGZiUii@mail.ru

В работе рассмотрена структура программного комплекса поддержки принятия решений по управлению подразделениями при ликвидации ЧС, который предназначен для использования в работе Центра управления в кризисных ситуациях (учебного) ИПСА ГПС МЧС России. Данный комплекс предназначен для повышения качества принимаемых управленческих решений руководителем и нештатными должностными лицами при организации и поведении обучения, при функционировании ЦУКСа, а также при проведении командно-штабных учений и тренировок.

Ключевые слова: программный комплекс, поддержка принятия решения, ликвидация ЧС.

SOFTWARE PACKAGE FOR DECISION-MAKING SUPPORT FOR THE MANAGEMENT OF FIRE AND RESCUE UNITS IN EMERGENCY RESPONSE

A. O. SEMENOV, A. G. BUBNOV, D. N. KOSTYLEV, P. V. DANILOV

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

E-mail: ao-semenov@mail.ru, bubag@mail.ru, Kostylevdn@rambler.ru, KGZiUii@mail.ru

The paper considers the structure of the decision support software package for the management of emergency response units, which is intended for use in the work of the Crisis Management Center (training) of the IPSA of the Ministry of Emergency Situations of Russia. This complex is designed to improve the quality of management decisions made by the head and non-staff officials during the organization and behavior of training, during the functioning of the CCS, as well as during command and staff exercises and training.

Key words: software package, decision support, emergency response.

Руководство силами и средствами, привлеченными к ликвидации чрезвычайных ситуаций, и организацию их взаимодействия осуществляет руководитель ликвидации чрезвычайной ситуации (далее - ЧС). Данный руководитель выполняет большой объем работ по ликвидации ЧС, а именно:

- изучает и анализирует оперативную обстановку в зоне ЧС;
- организует проведение аварийно-спасательных работ, а также эвакуационные мероприятия;

- проводит работы по разбронированию и использованию резервов материальных ресурсов;

- организует привлечение нештатных и общественных аварийно-спасательных формирований, населения и отдельных граждан, не являющихся спасателями;

- организует взаимодействие с различными министерствами и ведомствами в рамках ликвидации ЧС, а также информирование соответствующих органов государственной власти¹.

¹ Федеральный закон от 22.08.1995 г. № 151-ФЗ (ред. от 01.07.2021 г.) «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» (дата обращения 25.09.2021 г.)

Данный объем информации сложно анализировать и принимать соответствующие управленческие решения без автоматизированных систем поддержки принятия решений (компьютерных программ). Для повышения качества функционирования органов управления и сил РСЧС используются различные компьютерные программы, позволяющие сократить время на принятие управленческих решений руководителем комиссии по ЧС (лицом, принимающим решение). Данные программы используются независимо друг от друга для выполнения отдельных задач. Создав единый программный комплекс, который объединит в себе существующие программы, можно сократить время на принятие управленческих решений в различных ситуациях и тем самым повысить качество принимаемых решений по ликвидации ЧС.

В работе предложена структура программного комплекса поддержки принятия решений по управлению пожарно-спасательными подразделениями при ликвидации ЧС (далее – ПК), который предназначен для использования в работе Центра управления в кризисных ситуациях (учебного) ИПСА ГПС МЧС России (далее – ЦУКС(у)). Использование данного комплекса предназначено для функционирования системы РСЧС в трех режимах: повседневной деятельности (при отсутствии угрозы возникновения ЧС), повышенной готовности (при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций) и чрезвычайной ситуации (при возникновении и ликвидации чрезвычайных ситуаций).

В ст. 28 постановления Правительства «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций»² определены основные мероприятия, проводимые органами управления и силами РСЧС. Исходя из этого, с использованием ПК в режиме повседневной деятельности, обучающимися будут выполняться следующие задачи:

- изучение должностной инструкции (регламента) в соответствии с замещаемой нештатной должностью ЦУКС(у);
- заполнение строевой записки;
- учет необходимых материальных ресурсов для ликвидации ЧС (пожара);
- изучение оперативной обстановки, планирование работы;
- изучение имеющегося программного обеспечения (программ для ЭВМ), работа с ним;
- обобщение результатов работы;

² Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2003 г. № 794 (ред. 23 октября 2021 г.) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (дата обращения 05.10.2021 г.)

- сдача зачета по замещаемой нештатной должности.

В режиме повышенной готовности будут выполнять следующие задачи:

- сбор и обработка информации;
- моделирование ситуаций и решение ситуационных задач с использованием программного обеспечения, создание баз данных;
- принятие оперативных мер, уточнение планов действий, приведение при необходимости сил и средств единой системы в готовность к реагированию на чрезвычайные ситуации;
- оформление справки БЧС;
- сдача зачета по замещаемой нештатной должности.

В режиме чрезвычайной ситуации будут выполнять следующие задачи:

- сбор и обработка информации;
- расчет сил и средств для ликвидации ЧС;
- расчет последствий ЧС;
- анализ (сравнение) сценариев из базы данных с возникшей ЧС;
- оценка действий нештатных должностных лиц при ЧС;
- разработка рекомендаций должностным лицам;
- оформление справки БЧС;
- формализованный отчет по ЧС.

На рис.1 представлен алгоритм функционирования программного комплекса в трех режимах: повседневной деятельности, повышенной готовности и чрезвычайной ситуации.

Рассмотрим модель функционирования ПК при проведении занятий в ЦУКС(у), состоящий из следующих основных этапов:

1 этап – изучение должностной инструкции по должности и нормативных документов;

2 этап – отработка навыков в должности при различных режимах функционирования системы РСЧС (повседневной деятельности, повышенной готовности и чрезвычайной ситуации);

3 этап – сдача итогового зачета по должности;

При функционировании ЦУКС (у) обучающиеся последовательно отрабатывают навыки по выполнению обязанностей, следующих нештатных должностных лиц:

- сотрудник рабочей группы центра поддержки принятия решений ((далее – ЦППР);
- помощник начальника оперативной дежурной смены;
- начальник оперативной дежурной смены;
- старший оперативный дежурный;
- руководитель ЦППР.

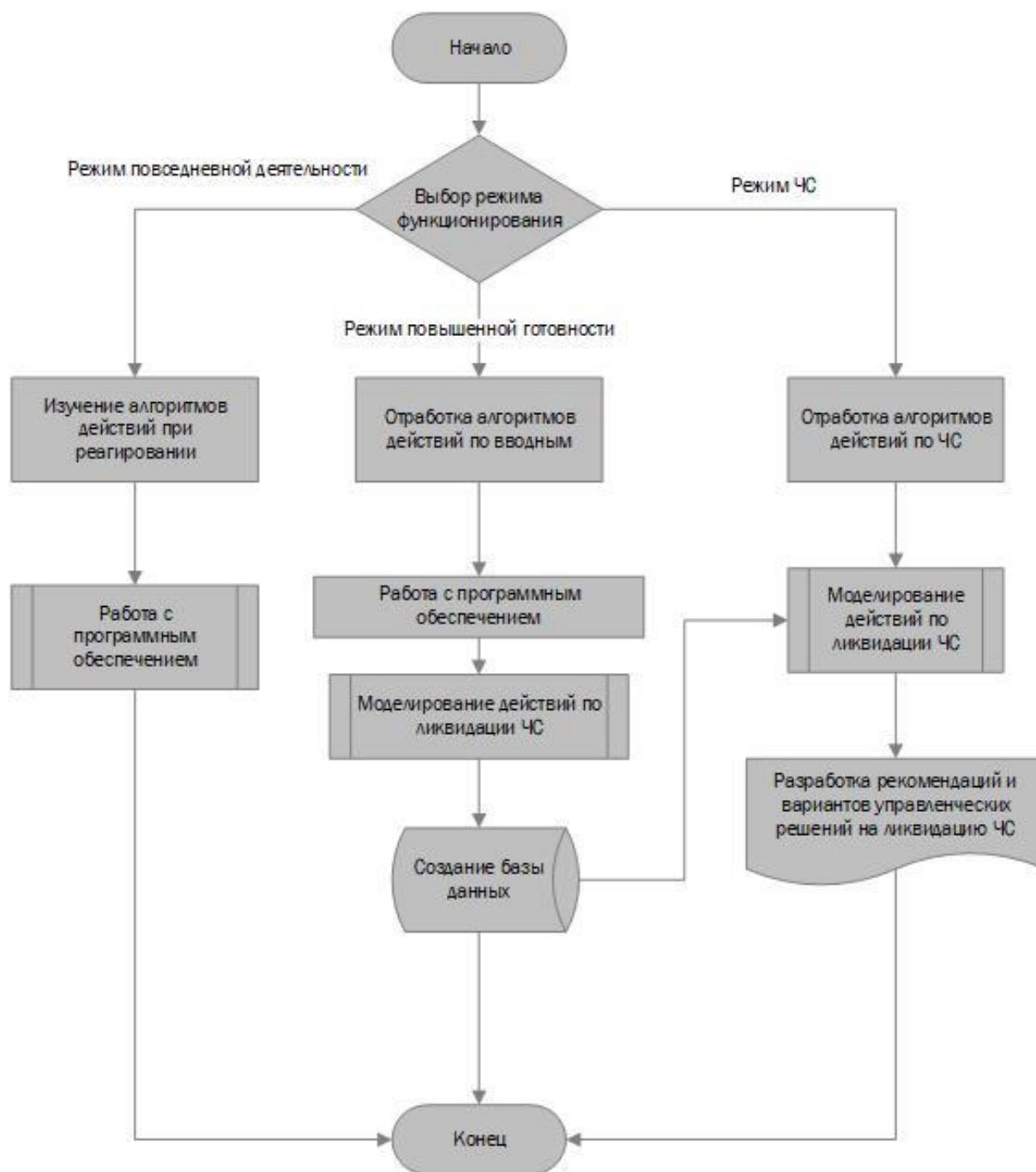


Рис. 1. Алгоритм функционирования программного комплекса

На рис. 2 представлен алгоритм функционирования ПК по отработке навыков должностных лиц ЦУКС(у).

В данном ПК будут объединены программы ЭВМ, (не менее 5 на каждый режим функционирования) необходимые для оценки и моделирования оперативной обстановки при различных режимах функционирования системы РСЧС. Такие как:

- Программа для расчета сил и средств, необходимых для ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с подтоплением местности (авторы: Костылев Д. Н., Разводов М. А., Семенов А. О., Токунов Н. А., Данилов П. В.);

- Расчет потребности сил и средств для ведения АСНДР при землетрясениях (авторы: Костылев Д. Н., Данилов П. В., Субботин Е. Р.);



Рис. 2. Алгоритм функционирования программного комплекса по отработке практических навыков должностных лиц ЦУКС (y)

- Программа для расчета сил и средств, необходимых для ликвидации чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях (Костылев Д. Н., Данилов П. В., Разводов М. А., Горский В. Е., Соболев А. С.);

- Программное средство для расчета сил и средств, необходимых при ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах химической промышленности (авторы: Семенов А. О., Костылев Д. Н., Разводов М. А., Харламов А. В.);

- Прогнозирование масштабов заражения аварийно химически опасными веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте (авторы: Семенов А. О., Костылев Д. Н., Данилов П. В., Давиденко А. С., Зимин Г. С.).

Кроме этого будет возможность подгружать и новые (созданные) программы,

независимо от языка программирования, на котором они разработаны. Программы ЭВМ, используемые в программном комплексе, должны функционировать как единое целое, так и независимо друг от друга для решения отдельных задач [1, 2, 3, 4, 5].

В дальнейшем, при создании ПК будет взят за основу разработанный ранее компьютерный модуль системы поддержки принятия решений при тушении крупных пожаров, следовательно, процесс принятия решения будет состоять из трех основных составляющих:

- создание множества различных вариантов решений;
- оценка эффективности каждого варианта;
- выбор оптимального варианта решения.

В основе представленных составляющих множество вариантов действий может включать в себя информацию баз экспертных

данных, алгоритмы и математические модели для оценки эффективности действий подразделений при ликвидации ЧС.

Для создания ПК ставятся задачи, обеспечивающие поддержку выбора вариантов решений, а именно:

- особенности поведения должностного лица при выборе решения;
- недостаток времени для принятия решения при ликвидации ЧС.

Для учета данных особенностей в качестве методической основы алгоритмической структуры модуля будет применен метод последовательного сужения области компромисса, разработанный В.Д. Ногиным. Рассмотрим математическую постановку задачи распределения ресурсов между участками выполнения работ при ликвидации ЧС, как классической задачи многокритериального выбора, которая включает:

- множество допустимых вариантов $X = (x^{(1)}, \dots, x^{(n)})$, $n \geq 2$ (под вариантом понимается план полного распределения ресурсов между участками выполнения работ по ликвидации ЧС);

- векторная функция $\xi(x) = (\xi_1(x), \xi_2(x), \dots, \xi_m(x))$, определенная на множестве X и принимающая свои значения из пространства R^m . Каждая компонента векторной функции отражает результативность использования ресурсов на j -ом участке выполнения работ по ликвидации ЧС, $j = 1, 2, 3, \dots, m$. При этом $m \geq 2$, так как при ликвидации ЧС создается, как правило, не менее двух участков выполнения работ.

Множество допустимых вариантов и векторная функция индуцируют множество векторных оценок вариантов:

$$\xi(X) = (\xi(x^{(1)}), \xi(x^{(2)}), \dots, \xi(x^{(n)})), \quad (1)$$

где $\xi(x^{(i)}) = (\xi_1(x^{(i)}), \xi_2(x^{(i)}), \dots, \xi_m(x^{(i)}))$ — векторная оценка варианта $x^{(i)}$.

С помощью ПК задается множество компромиссных вариантов в задаче многокритериального выбора. Процесс сужения множества компромисса при решении задачи многокритериального выбора включает в себя два основных этапа:

1 этап. Выявление и формализация предпочтений лица, принимающего решение. Для выявления предпочтений ЛПР производится одно парное сравнение двух векторных оценок вариантов $\xi(x')$, $\xi(x'')$. Из данного парного сравнения выявляется количественная ин-

формация о предпочтениях руководителя ликвидации ЧС. В данном сравнении используются:

- множество номеров компонент векторной функции;
- подмножество номеров компонент векторной функции;
- предпочтения руководителя на множестве векторных оценок.

2 этап. Построение конусной задачи многокритериального выбора, учитывающей информацию о предпочтениях руководителя. В качестве множества допустимых вариантов в конусной задаче многокритериального выбора используется множество компромиссных вариантов исходной задачи, а в качестве векторной функции — новая векторная функция, компоненты которой составлены из компонент векторной функции. Затем строится новое множество компромисса, из которого и производится окончательный выбор варианта решения [6, 7].

Рассмотренный метод основан на удалении нескольких вариантов рассматриваемых решений по ликвидации ЧС с использованием задачи многокритериального выбора.

По результатам функционирования программного комплекса будут представлены развернутые рекомендации должностным лицам и руководителю ликвидации ЧС (председателю КЧС), направленные на повышение качества принимаемых решений по ликвидации ЧС. Данные рекомендации отразят моделируемую ситуацию развития ЧС, потребность в силах и средствах пожарно-спасательных подразделений, представят несколько вариантов действий руководителя и должностных лиц при ликвидации ЧС.

Для повышения качества принимаемых управленческих решений руководителем и нештатными должностными лицами, программный комплекс может быть использован не только при организации и поведении обучения, но и при функционировании ЦУКСа при ликвидации ЧС, а также при проведении командно-штабных учений и тренировок.

Программный комплекс может быть использован, как старшим оперативным должностным лицом пожарной охраны, так и руководителем органов государственной власти, местного самоуправления, руководителями организаций, определенных законодательством Российской Федерации, планами действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Список литературы

1. Костылев Д. Н., Разводов М. А., Семенов А. О., Токунов Н. А., Данилов П. В. Программа для расчета сил и средств, необходимых для ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с подтоплением местности. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2017662454, 08.11.2017. Заявка № 2017617050 от 18.07.2017.

2. Костылев Д. Н., Данилов П. В., Субботин Е. Р. Расчет потребности сил и средств для ведения АСНДР при землетрясениях. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020614759, 24.04.2020. Заявка № 2020613499 от 20.03.2020.

3. Костылев Д. Н., Данилов П. В., Разводов М. А., Горский В. Е., Соболев А. С. Программа для расчета сил и средств, необходимых для ликвидации чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018617758, 02.07.2018. Заявка № 2018615335 от 25.05.2018.

4. Семенов А. О., Костылев Д. Н., Разводов М. А., Харламов А. В. Программное средство для расчета сил и средств необходимых при ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах химической промышленности. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2015611062, 23.01.2015. Заявка № 2014662445 от 01.12.2014.

5. Семенов А. О., Костылев Д. Н., Данилов П. В., Давиденко А. С., Зимин Г. С. Прогнозирование масштабов заражения аварийно химически опасными веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019619132, 11.07.2019. Заявка № 2019613941 от 11.04.2019.

6. Семенов А. О., Булгаков В. В., Тараканов Д. В. Компьютерный модуль системы поддержки принятия решений при тушении крупных пожаров // Технологии техносферной безопасности. 2011. № 1 (35). С. 3.

7. Семенов А. О., Лабутин А. Н., Тараканов Д. В. Методика определения показателей предпочтительности вариантов действий по ликвидации чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2012. № 3. С. 51–54.

obkhodimyykh dlya likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy, svyazannykh s podtopleniyem mestnosti [Program for calculating the forces and means necessary to eliminate emergency situations related to flooding of the area]. Certificate of registration of the computer program RU 2017662454, 08.11.2017. Application No. 2017617050 dated 18.07.2017.

2. Kostylev D. N., Danilov P. V., Subbotin E. R. *Raschet potrebnosti sil i sredstv dlya vedeniya ASNDR pri zemletreseniyakh* [Calculation of the need for forces and means for conducting the DPRK during earthquakes]. Certificate of registration of the computer program RU 2020614759, 04/24/2020. Application No. 2020613499 dated 03.20.2020.

3. Kostylev D. N., Danilov P. V., Razvozov M. A., Gorsky V. E., Sobolev A. S. *Programma dlya rascheta sil i sredstv, neobkhodimyykh dlya likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy na gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh* [Program for calculating forces and means necessary for emergency response at hydraulic structures]. Certificate of registration of the computer program RU 2018617758, 02.07.2018. Application No. 2018615335 dated 25.05.2018.

4. Semenov A. O., Kostylev D. N., Razvodov M. A., Kharlamov A. V. *Programmnoye sredstvo dlya rascheta sil i sredstv neobkhodimyykh pri likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy na ob"yektakh khimicheskoy promyshlennosti* [A software tool for calculating the forces and means necessary for emergency response at chemical industry facilities]. Certificate of registration of a computer program RU 2015611062, 23.01.2015. Application no. 2014662445 dated 01.12.2014.

5. Semenov A. O., Kostylev D. N., Danilov P. V., Davidenko A. S., Zimin G. S. *Prognozirovaniye masshtabov zarazheniya avariyno khimicheskimi opasnymi veshchestvami pri avariyyakh (razrusheniyakh) na khimicheskimi opasnykh ob"yektakh i transporte* [Forecasting the scale of contamination with emergency chemically hazardous substances during accidents (destructions) at chemically hazardous facilities and transport]. Certificate of registration of the computer program RU 2019619132, 11.07.2019. Application No. 2019613941 dated 11.04.2019.

6. Semenov A. O., Bulgakov V. V., Tarakanov D. V. *Komp'yuternyy modul' sistemy podderzhki prinyatiya resheniy pri tushenii krupnykh pozharov* [Computer module of the decision support system for extinguishing large fires]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2011, vol. 1 (35), p. 3.

7. Semenov A. O., Labutin A. N., Tarakanov D. V. *Metodika opredeleniya pokazateley predpochtitel'nosti variantov deystviy po likvidatsii*

References

1. Kostylev D. N., Razvozov M. A., Semenov A. O., Tokunov N. A., Danilov P. V. *Programma dlya rascheta sil i sredstv, ne-*

chrezvychaynykh situatsiy na potentsial'no opasnykh ob'yektakh [Methodology for determining the indicators of preference for options for emergency response at potentially hazardous fa-

cilities]. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta*, 2012, issue 3, pp. 51–54.

Семенов Алексей Олегович

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

доцент кафедры пожарной тактики и основ аварийно-спасательных и других неотложных работ (в составе УНК «Пожаротушение»), кандидат технических наук, доцент

E-mail: ao-semenov@mail.ru

Semenov Aleksey Olegovich

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

Russian Federation, Ivanovo

Associate Professor of the Department of Fire Tactics and Fundamentals of Emergency Rescue and Other Urgent Work (as part of the UNK "Firefighting"), Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

E-mail: ao-semenov@mail.ru

Бубнов Андрей Германович

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

профессор кафедры эксплуатации пожарной техники, средств связи и малой механизации (в составе УНК «Пожаротушение»), доктор химических наук, доцент

E-mail: bubag@mail.ru

Bubnov Andrej Germanovich

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

Russian Federation, Ivanovo

Professor of the Department of Operation of Fire Fighting Equipment, Communication Means and Small-scale Mechanization (as part of the UNK "Firefighting"), Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor

E-mail: bubag@mail.ru

Костылев Дмитрий Николаевич

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

Заместитель начальника академии по служебно-боевой подготовке

E-mail: Kostylevdm@rambler.ru

Kostylev Dmitriy Nikolayevich

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

Russian Federation, Ivanovo

Deputy Head of the Academy for Service Training

E-mail: Kostylevdm@rambler.ru

Данилов Павел Владимирович

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

Старший преподаватель кафедры

E-mail: KGZiUii@mail.ru

Danilov Pavel Vladimirovich

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

Russian Federation, Ivanovo

Senior lecturer

E-mail: KGZiUii@mail.ru

УДК 614.84

ПОКАЗАТЕЛИ ОПЕРАТИВНОГО РЕАГИРОВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. В. ХАРИН, Е. В. БОБРИНЕВ, Е. Ю. УДАВЦОВА, А. А. КОНДАШОВ

ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт
противопожарной обороны»

Российская Федерация, г. Балашиха

E-mail: otchel_1_3@mail.ru

Проведено изучение времени прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова в населенных пунктах Московской области за период 2019–2021 гг. в сравнении с 2008 г. Показано, что время прибытия за рассматриваемый период сократилось как в городских и сельских поселениях. Распределения времени прибытия для сельских поселений, обслуживаемых различными видами пожарной охраны, незначительно отличаются друг от друга. Для сельских населенных пунктов, обслуживаемых подразделениями государственной противопожарной службы (ФПС и ППС), время прибытия несколько меньше, чем для поселений, обслуживаемых другими видами пожарной охраны. По сравнению с 2008 г. время прибытия в сельских поселениях снизилось на 37,7 %, для городов время прибытия снизилось на 16,9 %, для поселков городского типа время прибытия сократилось на 20,8 %, при этом доля выездов с временем прибытия, не превышающем 10 минут, существенно меньше, чем в городах – всего 69,9 % (для городов – 94 %).

Выявлена линейная зависимость между временем прибытия и средним количеством погибших при пожарах. Изучена зависимость времени прибытия от времени суток и месяца года. Показано, что при сокращении времени прибытия на 1 минуту количество погибших на 10 тыс. пожаров уменьшается на 13 человек в городах и на 4 человека в сельской местности.

Ключевые слова: пожар, время прибытия, подразделение пожарной охраны, гибель, метод наименьших квадратов.

INDICATORS OF RAPID RESPONSE OF FIRE PROTECTION UNITS IN THE MOSCOW REGION

V. V. KHARIN, E. V. BOBRINEV, E. Yu. UDAVTSOVA, A. A. KONDASHOV

Federal State Budgetary Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry
of the Russian Federation for Civil Defence,

Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

Russian Federation, Balashikha

E-mail: otchel_1_3@mail.ru

The study of the arrival time of the first fire protection unit to the place of call in the settlements of the Moscow region for the period 2019–2021 was conducted. In comparison with 2008, it was shown that the arrival time for the period under review decreased both in urban and rural settlements. The distribution of arrival time for rural settlements served by different types of fire protection differs slightly from each other. For rural settlements served by divisions of the state fire service (FPS and PPP), the arrival time is slightly shorter than for settlements served by other types of fire protection. Compared to 2008, the arrival time in rural settlements decreased by 37.7 %, for cities, the arrival time decreased by 16.9 %, for urban-type settlements, the arrival time decreased by 20.8 %, while the share of departures with an arrival time not exceeding 10 minutes is significantly less than in cities – only 69.9 % (for cities – 94 %).

A linear relationship between the arrival time and the average number of people killed in fires was revealed. The dependence of the arrival time on the time of day and the month of the year is studied. It is shown that when the arrival time is reduced by 1 minute, the number of deaths per 10 thousand fires decreases by 13 people in cities and by 4 people in rural areas.

Key words: fire, arrival time, fire protection unit, death, least squares method.

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности¹ устанавливает, что дислокация подразделений пожарной охраны на территориях поселений и городских округов определяется исходя из условия, что время прибытия первого подразделения к месту вызова в городских поселениях и городских округах не должно превышать 10 минут, а в сельских поселениях – 20 минут.

Тяжесть последствий пожара напрямую зависит от оперативности прибытия пожарных к месту пожара. Согласно исследованиям [1-3] при увеличении среднего времени прибытия в 2 раза с 5 минут до 10 минут количество погибших при пожарах в расчете на 100 тыс. населения возрастает в 2,6 раза с 4 человек до 10,3 человек.

В настоящей работе проведено изучение показателя «время прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова» (далее - время прибытия) для оперативных подразделений пожарной охраны в Московской области с использованием статистической информации федеральной государственной информационной системы «Федеральный банк данных «Пожары»», который ежегодно формируется согласно приказа МЧС России². Рассматривались данные о времени прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова в городских и сельских поселениях Московской области за 2019–2020 гг. и первую половину 2021 года.

Для проведения анализа населенные пункты Московской области были разделены на однородные группы. Города были отнесены к четырем группам в зависимости от численности населения, удаленностью от Москвы и административно-территориальному статусу.

- крупные города с населением более 100 тыс. человек, расположенные в непосредственной близости от Москвы (Балашиха, Долгопрудный, Домодедово, Королев, Красногорск, Люберцы, Мытищи, Одинцово, Реутов, Химки, Щелково);

- крупные города с населением более 100 тыс. человек, удаленные от Москвы (Жуковский, Коломна, Ногинск, Орехово-Зуево,

Подольск, Пушкино, Раменское, Сергиев-Посад, Серпухов, Электросталь);

- города областного подчинения, за исключением городов с населением более 100 тыс. человек (Бронницы, Видное, Волоколамск, Воскресенск, Дзержинский, Дмитров, Дубна, Егорьевск, Зарайск, Истра, Кашира, Клин, Котельники, Лобня, Лосино-Петровский, Луховицы, Лыткарино, Можайск, Наро-Фоминск, Павловский Посад, Протвино, Пущино, Руза, Солнечногорск, Ступино, Талдом, Фрязино, Черноголовка, Чехов, Шатура, Электрогорск);

- города, находящиеся в административном подчинении городов областного подчинения (Апрелевка, Белоозерский, Верея, Высоковск, Голицыно, Дедовск, Дрезна, Звенигород, Ивантеевка, Красноармейск, Краснозаводск, Кубинка, Куровское, Ликино-Дулево, Озёры, Пересвет, Рошаль, Старая Купавна, Хотьково, Электроугли, Яхрома).

В отдельную группу были выделены поселки городского типа.

Все сельские поселения были разделены на три группы в зависимости от вида пожарной охраны, обслуживающей эти поселения:

- федеральная противопожарная служба (ФПС);

- противопожарная служба субъекта Российской Федерации (ППС);

- другие виды пожарной охраны.

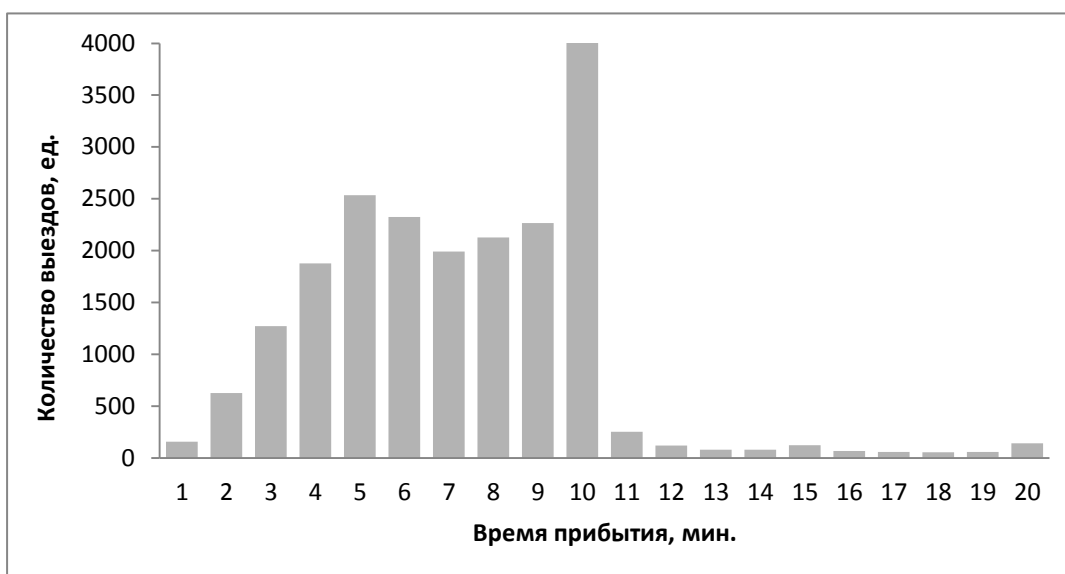
Для каждой группы населенных пунктов построены распределения времени прибытия. Характеристики распределений (среднее значение, среднеквадратичное отклонение, доля выездов с временем прибытия, не превышающем нормативного значения) приведены в табл. 1 и 2. Для сравнения приведены аналогичные показатели за 2008 год [4].

Как видно из таблиц, распределения времени прибытия для четырех групп городов отличаются незначительно. Среднее значение времени прибытия варьируется от 6,5 минут для четвертой группы городов до 7,9 минут для второй группы. По сравнению с 2008 наибольшее снижение времени прибытия (на 30,6 %) произошло для первой группы городов. Для второй группы время прибытия увеличилось на 3,9 %. В целом для городов время прибытия снизилось на 16,9 %.

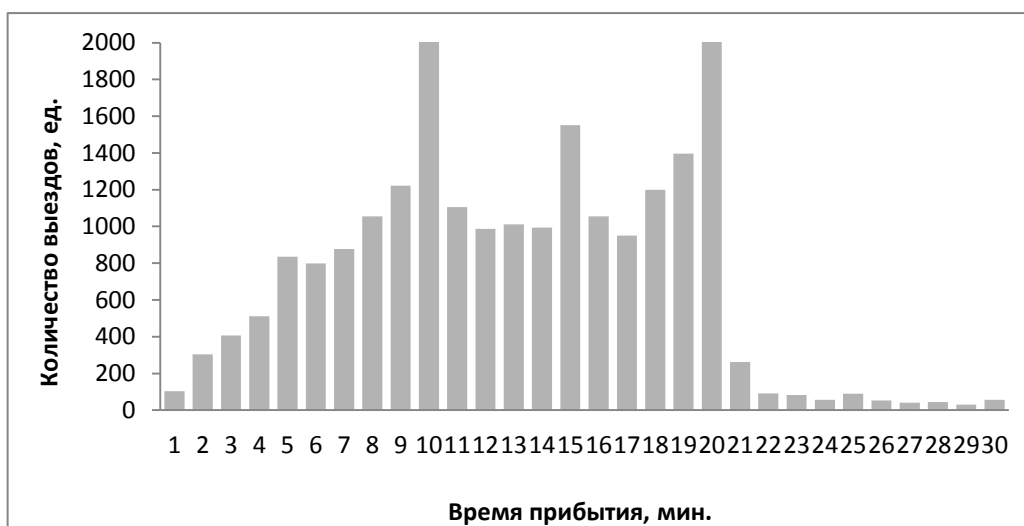
Доля выездов со временем прибытия, не превышающем 10 минут, варьируется от 94 % для второй группы до 96,5 % для первой группы городов. В дальнейшем распределения времени прибытия для четырех групп городов были объединены в одно распределение (рис. 1а), среднее значение которого составляет 7,9 минут, среднеквадратичное отклонение – 3,2 минут. В 94,8 % случаев время прибытия не превышает 10 минут.

¹ Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система Консультант-Плюс. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 5.07.2021).

² Приказ МЧС России от 24.12.2018 № 625 «О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий». [Электронный ресурс] // URL: <http://docs.cntd.ru/document/552366056> (дата обращения: 5.07.2021).



а)



б)

Рис. 1. Распределение времени прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова за период 2019-2021 гг.: а) для городов Московской области; б) для сельских поселений Московской области.

Распределения времени прибытия для сельских поселений, обслуживаемых различными видами пожарной охраны, незначительно отличаются друг от друга. Для сельских населенных пунктов, обслуживаемых подразделениями государственной противопожарной службы (ФПС и ППС), время прибытия несколько меньше, чем для поселений, обслуживаемых другими видами пожарной охраны. По сравнению с 2008 г. время прибытия в сельских поселениях снизилось на 37,7 %.

Доля выездов со временем прибытия, не превышающем 20 минут, варьируется от 96,3 % для сельских поселений, обслуживаемых

подразделениями ФПС до 94,1 % для поселений, обслуживаемых другими видами пожарной охраны. В дальнейшем распределения времени прибытия для трех групп сельских поселений были объединены в одно распределение (рис. 1б), среднее значение которого составляет 13,7 минут, среднеквадратичное отклонение – 5,8 минут. В 96,1 % случаев время прибытия не превышает 20 минут.

Следует отметить, что в распределениях времени прибытия (рис. 1) наблюдаются несколько четко выраженных пиков для значений 5 и 10 минут для городов и для значений 10, 15 и 20 минут для сельских поселений, что

можно объяснить округлением значения времени прибытия при заполнении карточки учета пожара. В 2008 г. до вступления в действия Технического регламента о требованиях пожарной безопасности, который определил тре-

бование о нормативном времени прибытия первого подразделения пожарной охраны, в распределениях времени прибытия таких пиков не наблюдалось [4].

Таблица 1. Параметры распределения времени прибытия пожарных подразделений по группам населенных пунктов

Группы населенных пунктов	Среднее значение времени прибытия, мин.		
	2008 г.	2019-2021 гг.	изменение, %
Крупные города рядом с Москвой	11,1	7,7	-30,6
Крупные города, удаленные от Москвы	7,6	7,9	3,9
Города областного подчинения ¹	8,4	7,2	-14,3
Города, находящиеся в административном подчинении городов областного подчинения ²	8,6	6,5	-24,4
Все города	8,9	7,4	-16,9
Поселки городского типа	13,0	10,3	-20,8
Сельские поселения, защищаемые			
- федеральной противопожарной службой	21,3	13,7	-35,7
- противопожарной службой субъекта Российской Федерации ³	20,5	13,7	-33,2
- другими видами пожарной охраны ⁴	25,1	15,2	-39,4
Все сельские поселения	22,0	13,7	-37,7

¹ в 2008 году – районные центры за исключением городов с населением более 100 тыс. человек.

² в 2008 году – остальные города, не вошедшие в другие группы

³ в 2008 году также ведомственной и добровольной пожарной охраной

⁴ в 2008 году муниципальной пожарной охраной

Таблица 2. Параметры распределения времени прибытия пожарных подразделений по группам населенных пунктов

Группы населенных пунктов	Среднеквадратичное отклонение времени прибытия, мин.		Доля выездов со временем прибытия в пределах нормативного, %	
	2008 г.	2019-2021 гг.	2008 г.	2019-2021 гг.
Крупные города рядом с Москвой	6,6	2,7	48,2	96,5
Крупные города, удаленные от Москвы	4,8	3,2	73,0	94,0
Города областного подчинения ¹	6,2	3,4	71,3	94,1
Города, находящиеся в административном подчинении городов областного подчинения ²	7,7	3,4	69,8	95,4
Все города	6,5	3,2	66,0	94,8
Поселки городского типа	10,5	5,3	48,5	69,9
Сельские поселения, защищаемые				
- федеральной противопожарной службой	11,1	5,8	55,6	96,3
- противопожарной службой субъекта Российской Федерации ³	10,9	5,9	57,9	95,9
- другими видами пожарной охраны ⁴	12,1	5,9	40,7	94,1
Все сельские поселения	11,4	5,8	52,8	96,1

¹ в 2008 году – районные центры за исключением городов с населением более 100 тыс. человек.

² в 2008 году – остальные города, не вошедшие в другие группы

³ в 2008 году также ведомственной и добровольной пожарной охраной

⁴ в 2008 году муниципальной пожарной охраной

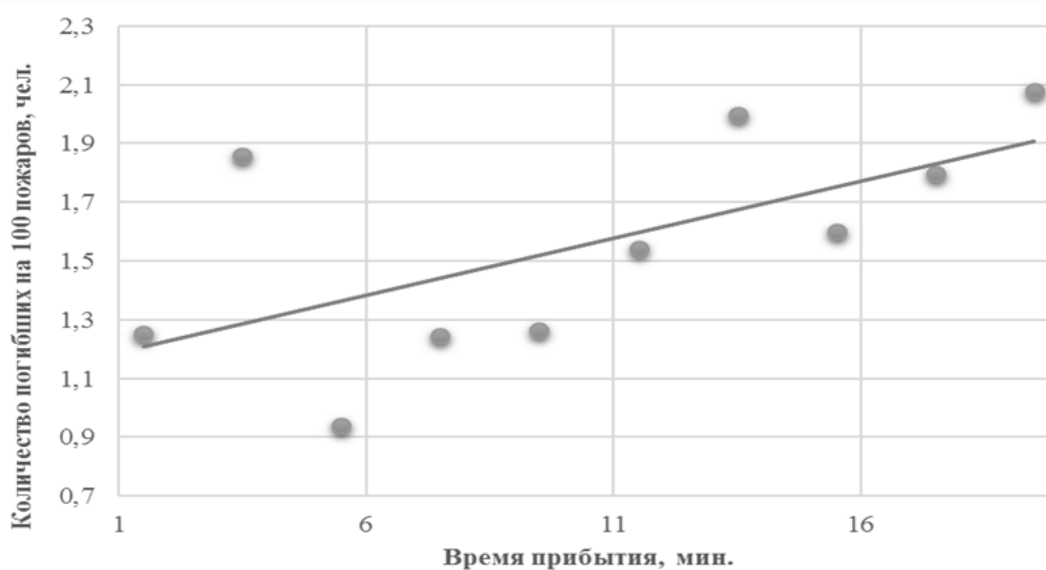
Поселки городского типа занимают промежуточное положение между городами и сельскими поселениями. Для них время прибытия больше, чем для городов, но меньше, чем для сельских поселений. По сравнению с 2008 г. время прибытия сократилось на 20,8 %, при этом доля выездов с временем прибытия, не превышающем 10 минут, существенно меньше, чем в городах – всего 69,9 %.

На рис. 2а представлена зависимость количества погибших в расчете на 100 пожаров от времени прибытия первого подразделения пожарной охраны для городов Московской области. Методом наименьших квадратов [5] выполнена

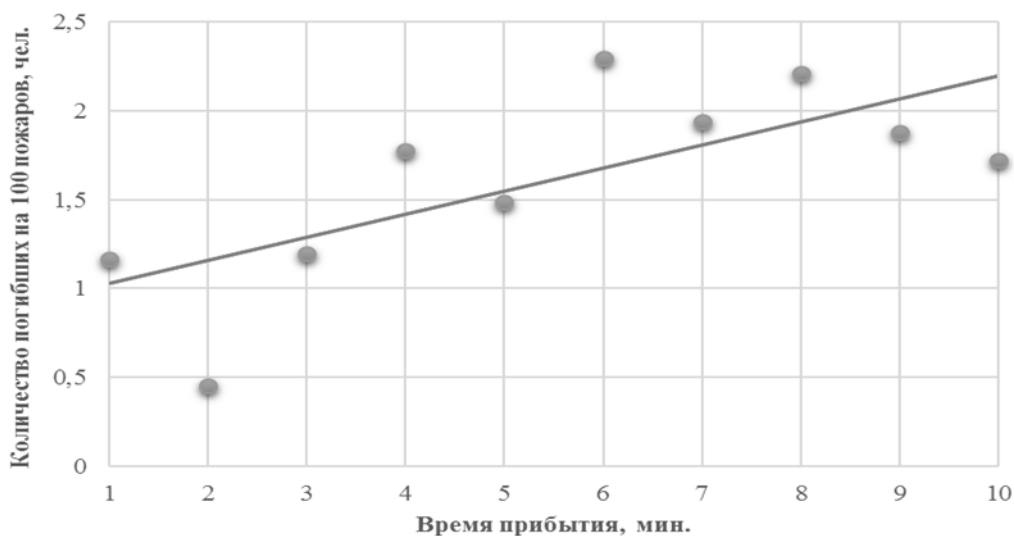
аппроксимация данной зависимости линейной функцией

$$N_{гиб} = 0,129t_{приб} + 0,901, \quad (1)$$

где $N_{гиб}$ – количество погибших в расчете на 100 пожаров, чел., $t_{приб}$ – время прибытия первого подразделения к месту пожара, мин. Как следует из (1), при увеличении времени прибытия с 1 минуты до 10 минут количество погибших в городах Московской области на 100 пожаров увеличивается с 1,0 до 2,3 чел.



а)



б)

Рис. 2. Зависимость количества погибших при пожарах от времени прибытия.

Прямая – результат аппроксимации методом наименьших квадратов:

а) в городах Московской области; б) в сельских поселениях Московской области

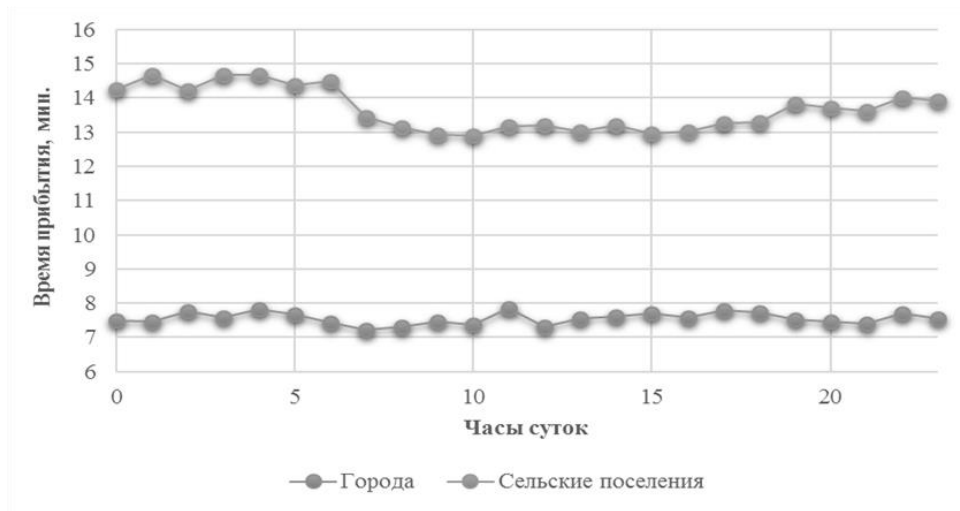
На рис. 2б представлена зависимость количества погибших в расчете на 100 пожаров от времени прибытия первого подразделения пожарной охраны для сельских поселений Московской области. Данная зависимость менее выражена, чем для городов. Тем не менее наблюдается тренд увеличения количества погибших с ростом времени прибытия. Зависимость описывается линейной функцией

$$N_{гиб} = 0,041t_{приб} + 1,087. \quad (2)$$

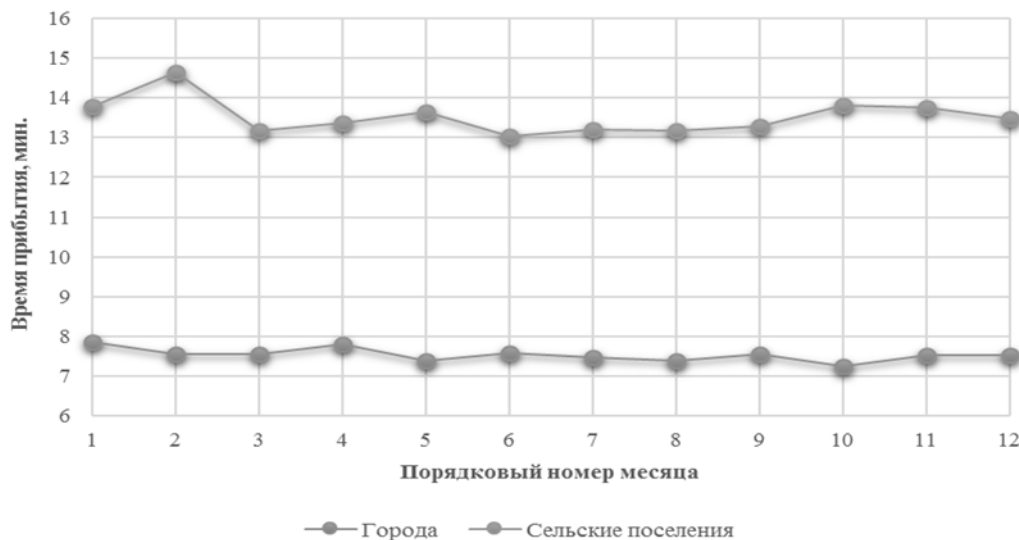
Как следует из (2), при увеличении времени прибытия с 1 минуты до 20 минут количество погибших в сельских поселениях

Московской области на 100 пожаров увеличивается с 1,1 до 1,5 чел.

Распределение времени прибытия первого подразделения пожарной охраны в городах и сельских поселениях Московской области в зависимости от времени суток представлено на рис. 3а. В сельской местности время прибытия ночью примерно на 12 % больше, чем днем. Это можно объяснить тем, что в ночное время условия движения более сложные, чем днем, что ведет к снижению скорости пожарных автомобилей. Для городов время прибытия в течение суток меняется незначительно.



а)



б)

Рис. 3. Распределение времени прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова для городов и сельских поселений Московской области: а) от времени суток; б) от времени года

Распределение времени прибытия первого подразделения пожарной охраны в городах и сельских поселениях Московской области в зависимости от месяца года представлено на рис. 3б. Наблюдается небольшое увеличение времени прибытия (около 3 % для городов и около 7 % для сельских поселений) в зимние и осенние месяцы по сравнению с весной и летом. Такое увеличение можно объяснить ухудшением дорожных условий (снег зимой, дожди осенью).

Проведенные исследования показали, что за период с 2008 года среднее время прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова в городах Московской области сократилось на 1,5 минуты, в сельских по-

селениях – на 8,3 минут. Показано, что сокращение времени прибытия на 1 минуту количество погибших на 10 тыс. пожаров уменьшается на 13 человек в городах и на 4 человека в сельской местности. За период с 2008 по 2020 год количество погибших при пожарах в городских населенных пунктах Московской области сократилось на 52 % с 418 до 200 человек, при пожарах в сельской местности – на 36 % с 363 до 232 человек³. Полученные в настоящей работе результаты позволяют сделать вывод, что сокращение количества погибших было достигнуто в том числе и за счет уменьшения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту пожара.

Список литературы

1. Исследование зависимости риска гибели людей на пожарах от времени прибытия первого пожарного подразделения / А. А. Порошин, В. В. Харин, А. А. Кондашов [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2019. № 9(225). С. 3–9.
2. Риски гибели и травмирования людей на пожарах / А. А. Порошин, В. В. Харин, Е. В. Бобринев [и др.] // Вестник НЦБЖД. 2019. № 2(40). С. 127–132.
3. Исследование зависимости гибели людей при пожарах от времени прибытия первого пожарного подразделения на пожар / В. А. Маштаков, В. В. Харин, Е. В. Бобринев [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXI Международной научно-практической конференции, Москва, 05–07 июня 2019 года. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2019. С. 496–499.
4. Оперативное реагирование и тушение пожаров в населенных пунктах Московской области / А. В. Матюшин, А. А. Порошин, Е. В. Бобринев [и др.] // Пожарная безопасность. 2010. № 4. С. 91–103.
5. Heckert N., Filliben J., Croarkin C., Hembree B., Guthrie W., Tobias P., Prinz J. Handbook 151: NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods, NIST Interagency / Internal Report (NISTIR), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

³ Федеральный банк данных «Пожары» [Электронный ресурс] // ФГБУ ВНИИПО МЧС России. URL: <http://www.vniipo.ru/institut/informatsionnye-sistemy-reestry-bazy-i-banki-danny/federalnyy-bank-dannykh-pozhary/> (дата обращения: 5.07.2021)

References

1. Issledovanie zavisimosti riska gibeli lyudej na pozharah ot vremeni pribytiya pervogo pozhnogo podrazdeleniya [Investigation of the dependence of the risk of death of people in fires on the time of arrival of the first fire brigade] / A. A. Poroshin, V. V. Kharin, A. A. Kondashov [et al.]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2019, vol. 9(225), pp. 3–9.
2. Riski gibeli i travmirovaniya lyudej na pozharah [Risks of death and injury to people in fires] / A. A. Poroshin, V. V. Kharin, E. V. Bobrinev [et al.]. *Vestnik NCBZHD*, 2019, vol. 2(40), pp. 127–132.
3. Issledovanie zavisimosti gibeli lyudej pri pozharah ot vremeni pribytiya pervogo pozhnogo podrazdeleniya na pozhar [Investigation of the dependence of the death of people in fires on the time of arrival of the first fire brigade to the fire] / V. A. Mashtakov, V. V. Kharin, E. V. Bobrinev [et al.]. *Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti: materialy XXXI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, Moskva, 05–07 iyunya 2019 goda. M.: FGBU VNIIPPO MCHS Rossii, 2019, pp. 496–499.
4. Operativnoe reagirovanie i tushenie pozharov v naselennykh punktah Moskovskoj oblasti [Prompt response and suppression of fires in settlements of the Moskovskaya region] / A. V. Matyushin, A. A. Poroshin, E. V. Bobrinev. [et al.]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2010, issue 4, pp. 91–103.
5. Heckert N., Filliben J., Croarkin C., Hembree B., Guthrie W., Tobias P., Prinz J. Handbook 151: NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods, NIST Interagency / Internal Report (NISTIR), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

Харин Владимир Владимирович

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

начальник отдела Ресурсов пожарной охраны и психологических исследований

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Kharin Vladimir Vladimirovich

Federal State Budgetary Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

Russian Federation, Balashikha

Head of the Department of Fire Protection Resources and Psychological Research

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Бобринев Евгений Васильевич

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Bobrinev Evgeny Vasil'yevich

Federal State Budgetary Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

Russian Federation, Balashikha

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Кондашов Андрей Александрович

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Kondashov Andrey Alexandrovich

Federal State Budgetary Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

Russian Federation, Balashikha

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Удавцова Елена Юрьевна

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Udavtsova Elena Yurievna

Federal State Budgetary Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

Russian Federation, Balashikha

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

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

УДК 614.843.27

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
НАДЕЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДОВ
В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АРКТИКИ
В СЛУЧАЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В. Б. БУБНОВ, Д. С. РЕПИН, И. В. ХАЗОВА

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

Рассмотрено применение разработанной ячеечной математической модели (модели осесимметричной теплопроводности) в кольцевом поперечном сечении к описанию переходных процессов в поперечном сечении противопожарного трубопровода в случае аварийной остановки подачи воды. Моделирование и исследование тепловых процессов с фазовыми переходами позволило установить влияние окружающих условий и конструктивных факторов на их протекание. Модель позволяет определять время до замерзания допустимой доли воды и ее оттаивания при увеличении температуры.

Исследовано температурное распределение по радиусу трубопровода при различных теплофизических состояниях тепловой изоляции. Рассматривались следующие состояния теплоизоляции: полностью сухая; влажная (с теплофизическими параметрами полностью промерзшей тепловой изоляции); промерзающая в процессах теплопереноса изоляция.

Рассмотрена работа математической модели при изменяющейся температуре окружающего воздуха. Получены графические зависимости, позволяющие определить ресурс времени до замерзания допустимой доли воды при различной толщине слоя тепловой изоляции.

С использованием разработанной математической модели проведены численные исследования обогреваемого сечения трубопровода благодаря учитываемой в модели удельной мощности источников тепла. Рассмотрено, как происходит продвижение фронта промерзания без обогрева и при разной удельной тепловой мощности обогрева.

На основе анализа результатов исследований разработаны практические рекомендации по обеспечению надежного функционирования противопожарных водопроводов в природно-климатических условиях Арктики в случае аварийных ситуаций.

Ключевые слова: пожаротушение; аварийная ситуация; трубопровод; тепловая изоляция; теплофизические свойства; промерзание; температура; теплопроводность; электрообогрев.

**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS
TO ENSURE RELIABLE FUNCTIONING OF FIRE-FIGHTING WATER PIPELINES
IN THE NATURAL-CLIMATIC CONDITIONS
OF THE ARCTIC IN THE EVENT OF EMERGENCIES**

V. B. BUBNOV, D. S. REPIN, I. V. KHAZOVA

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

The application of the developed cellular mathematical model (model of axisymmetric thermal conductivity) in an annular cross-section to the description of transient processes in the cross-section of a fire-fighting pipeline in the event of an emergency shutdown of water supply is considered. Modeling and research of thermal processes with phase transitions made it possible to establish the influence of environmental conditions and design factors on their course. The model allows you to determine the time until the permissible fraction of water freezes and thaws with increasing temperature.

The temperature distribution along the radius of the pipeline is investigated for various thermophysical states of thermal insulation. The following states of thermal insulation were considered: completely dry; wet (with thermophysical parameters of completely frozen thermal insulation); insulation freezing in heat transfer processes.

The work of the mathematical model at varying ambient temperature is considered. Graphical dependencies have been obtained that make it possible to determine the resource of time until the permissible fraction of water freezes with different thickness of the thermal insulation layer.

Using the developed mathematical model, numerical studies of the heated section of the pipeline were carried out due to the specific power of heat sources taken into account in the model. It is considered how the freezing front advances without heating and at different specific thermal power of heating.

Based on the analysis of the research results, practical recommendations have been developed for ensuring the reliable functioning of fire-fighting water pipelines in the natural and climatic conditions of the Arctic in the event of emergency situations.

Key words: firefighting; emergency situation; pipeline; thermal insulation; thermophysical properties; freezing; temperature; thermal conductivity; electric heating.

Осуществление научно-технического, нормативно-правового и методического сопровождения деятельности по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечению пожарной безопасности и безопасности на водных объектах в арктических условиях — одна из основных задач в сфере обеспечения защиты населения и территорий Арктической зоны Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.¹

В условиях Арктики практически все водопроводы, в том числе транспортирующие воду на нужды пожаротушения, имеют надземную прокладку. Это обусловлено большим слоем вечной мерзлоты. При низких температурах окружающей среды, характерных для этих районов, для наружного слоя тепловой изоляции возможно частичное промерзание и, соответственно, снижение её термического сопротивления.

При эксплуатации наружных противопожарных водопроводов важнейшей проблемой являются аварийные отключения, поскольку в период ликвидации аварии нельзя допустить замерзание воды. На аварийно отключенном участке водопровода в случае отсутствия подачи воды жидкость быстро остывает. Также происходит и быстрое остывание слоя тепловой изоляции с её частичным про-

мерзанием [1]. В некоторых случаях длительного перерыва в эксплуатации водопровода вода может частично замерзнуть. В отключенном аварийном участке, согласно [2], допускается замерзание не более 25 % воды.

В связи с отмеченными обстоятельствами, исследование тепловых процессов, происходящих в трубопроводах систем наружного противопожарного водоснабжения, при возникновении аварийных ситуаций и разработка рекомендаций по обеспечению их надежного функционирования является актуальной задачей.

Целью исследования является разработка научно-обоснованных рекомендаций по обеспечению надежного функционирования противопожарных водопроводов в условиях низких отрицательных температур окружающего воздуха в случаях возникновения аварийных ситуаций.

Для достижения цели в работе решались следующие задачи: разработка модели тепловых процессов в сечении водопровода в исследуемых условиях с учетом промерзания и оттаивания тепловой изоляции и влияния электрообогрева; описание переходных тепловых процессов при аварийной остановке подачи воды; исследование влияния теплофизического состояния теплоизоляции и ее толщины, графика изменения окружающей температуры, а также удельной тепловой мощности в случае электрообогрева на характер продвижения фронта замерзания воды в трубопроводе.

Анализ подходов к описанию процессов, подобных исследуемым, показал, что

¹ Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года. Утв. Указом Президента РФ от 05.03.2020 № 164.

наиболее эффективным и успешно применяемым является применение ячеечных моделей и связанной с ними теорией цепей Маркова [3, 4]. Основная особенность такого подхода – запись балансовых уравнений для элементарного объема, на уровне которого напрямую можно идентифицировать параметры моделей. Основным оператором при этом служит переходная матрица, которая описывает изменение вектора состояния от одного момента времени к другому.

В работе [5] авторами предложена ячейочная модель процесса взаимосвязанного тепло – и влагопереноса с внутренним источником влаги в плоской стенке. Она учитывает как внутренний источник влаги, так и зависимость локальных коэффициентов переноса от локальной температуры и влагосодержания.

Для описания исследуемых процессов в наружных противопожарных водопроводах, работающих в природно-климатических условиях Арктики, был выбран именно этот подход.

В работе [6] представлено описание разработанной ячейочной математической модели теплопроводности в кольцевой области, которая учитывает фазовые переходы в случае промерзания и оттаивания теплоизоляции, изменение теплофизических свойств материала, внутренние источники теплоты и их действие при использовании электрообогрева трубопровода. Применим данную модель для моделирования и исследования переходных тепловых процессов, происходящих в сечении трубопровода, при аварийной остановке подачи воды.

При моделировании исследуемых процессов будем рассматривать трубопровод условно как разделитель воды и тепловой изоляции, а при отсутствии теплоизоляции — воды и окружающей среды, принимая, что толщина стенки трубопровода и ее термическое сопротивление достаточно малы. Т.е. рассматриваемое сечение включает в себя внутренний круг и кольца заданных размеров, его охватывающие. Если в тепловой изоляции присутствует влага, то при низких отрицательных температурах она постепенно промерзает. Фронт промерзания продвигается к оси и это приводит к существенному изменению теплофизических свойств материала, таких как теплопроводность, плотность, удельная теплоемкость. В результате кольцо, относящееся к тепловой изоляции, состоит из двух и между ними радиус контакта изменяется во время

протекания переходных процессов. Если начинается замерзание жидкости, то также на периферии возникает кольцо льда, которое по теплофизическим свойствам отличается от воды.

Проведем исследования температурного распределения по радиусу для разных теплофизических состояний тепловой изоляции: 1. Полностью сухая изоляция. 2. Влажная (с теплофизическими параметрами полностью промерзшей тепловой изоляции). 3. Изоляция, промерзающая в процессах теплопереноса. При проведении численных исследований рассматривался трубопровод радиусом 0,05 м с внешним радиусом теплоизоляции 0,1 м. Для наглядности выявления всех особенностей исследуемого процесса принимается, что все сечение вначале находится в тепловом равновесии (температура $+1^{\circ}\text{C}$), затем происходит скачок температуры окружающего воздуха до -30°C . Жидкость начинает замерзать при достижении нулевой температуры на радиусе трубопровода. Ее температура не снижается до тех пор, пока вся жидкость полностью не замерзнет. Естественно, при этом температура образовавшегося льда может понижаться. Эти случаи различаются лишь скоростью процесса, поскольку с замерзшей влагой теплопроводность теплоизоляции в два раза больше теплопроводности сухой теплоизоляции. Качественные изменения процесса наблюдаются при учете промерзания изоляции, т.к. в тепловой изоляции происходит замерзание влаги (фазовый переход), задерживающий ее охлаждение. После полного промерзания теплоизоляции процесс также продолжается, но с запаздыванием.

Протекание процесса наглядно показано на рис. 1 и 2. На данных рисунках проиллюстрировано продвижение фронта промерзания влаги для трех указанных выше случаев состояний тепловой изоляции. На рис. 1 представлено продвижение фронта замерзания внутри трубопровода. Как видно из рисунков, вода начинает замерзать при сухой изоляции через 3,5 ч, при промерзающей через 3 ч, при промерзшей полностью через 2 ч. Следует отметить, что линия фронта промерзания почти повторяет предыдущую, запаздывание составляет 1 ч — время замерзания влаги в изоляции. Продолжительность этой задержки во времени будет зависеть от влагосодержания теплоизоляции. В рассматриваемом случае она принималась 2 кг/кг.

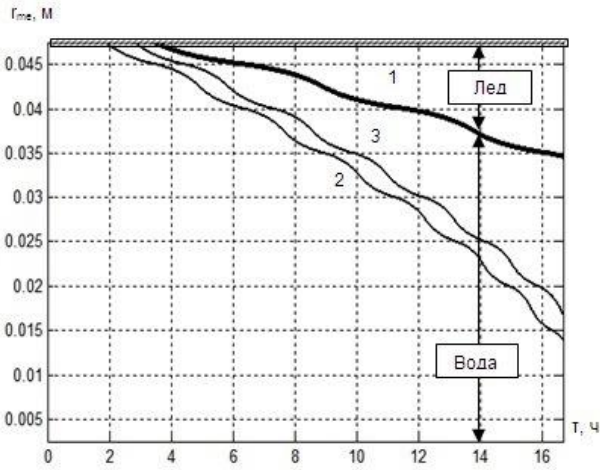


Рис. 1. Фронт заморозки воды в трубопроводе при различных теплофизических свойствах изоляции

Случай с промерзающей тепловой изоляцией более детально проиллюстрирован на рис. 2. Фазовые переходы в теплоизоляции в двух других случаях отсутствуют. На данном рисунке показан график фронта промерзания как в трубопроводе, так и в теплоизоляции. Здесь видно, что распространение фронта по радиусу изоляции составляет 1 ч.

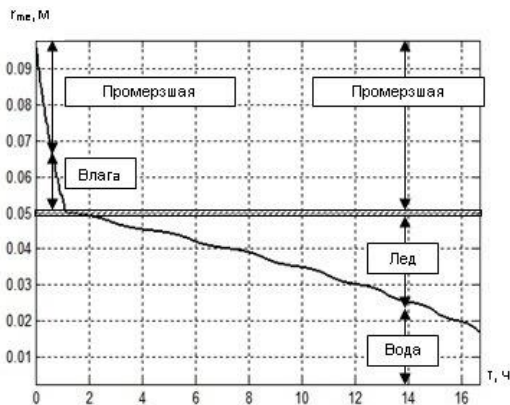


Рис. 2. Фронт промерзания в тепловой изоляции и трубопроводе в случае влажной изоляции

Работу математической модели при изменяющейся температуре окружающего воздуха показывает график, представленный на рис. 3. Рассмотренный случай скачка температуры до -30°C рассмотрен выше. Далее он принят за базовый. В случае постепенного линейного убывания от температуры $+1^{\circ}\text{C}$ до температуры -30°C в течение 11 ч продвижение фронта промерзания существенно замедляется и в теплоизоляции, и в жидкости. При обратном скачке температуры до -10°C в момент времени 5,5 ч график отделяется от базового, вглубь продвигается медленнее. Возможна работа мо-

дели с любым задаваемым графиком изменения температуры окружающей среды.

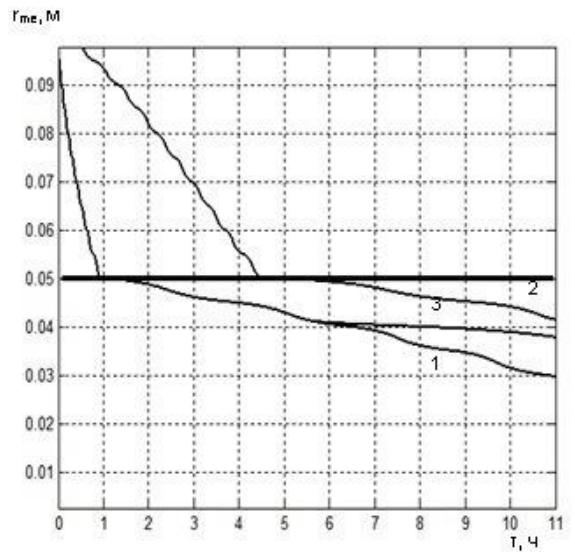
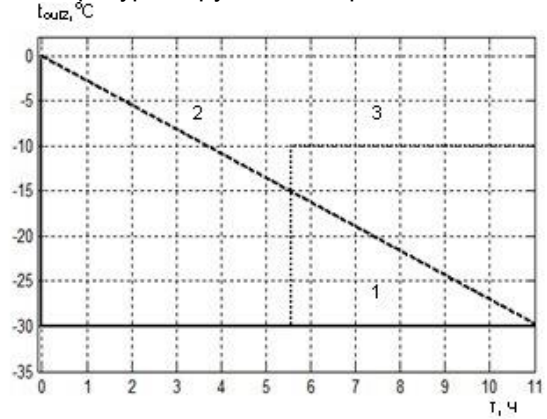


Рис. 3. Графики изменения окружающей температуры (вверху) и фронта промерзания (внизу)

Влияние толщины слоя тепловой изоляции на протекание исследуемого процесса в поперечном сечении показывает рис. 4. При толщине 1 см полное заморозание воды в трубопроводе происходит за 8,7 ч. При толщине 5 см за это время незамерзшим остается около 80 % радиуса.

Допустимым считается заморозание 25 % поперечного сечения жидкости [2], это соответствует промерзанию 86,6 % от радиуса трубопровода. Данная линия допустимого промерзания приведена на графике и позволяет определить ресурс времени при различной толщине слоя тепловой изоляции.

В разработанной математической модели [6] также предусмотрено исследование обогреваемого сечения трубопровода посредством удельной мощности источников тепла ΔQ_e .

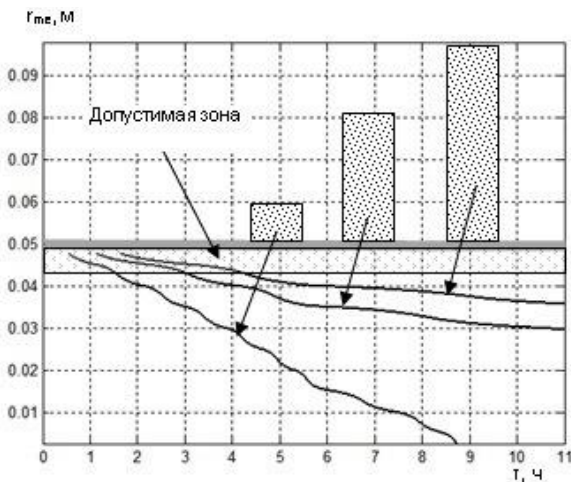


Рис. 4. Фронт промерзания полностью промерзшей изоляции при различной ее толщине

Рис. 5 показывает, как происходит продвижение фронта промерзания без обогрева (представлено линией 1) и при разной удельной тепловой мощности обогрева.

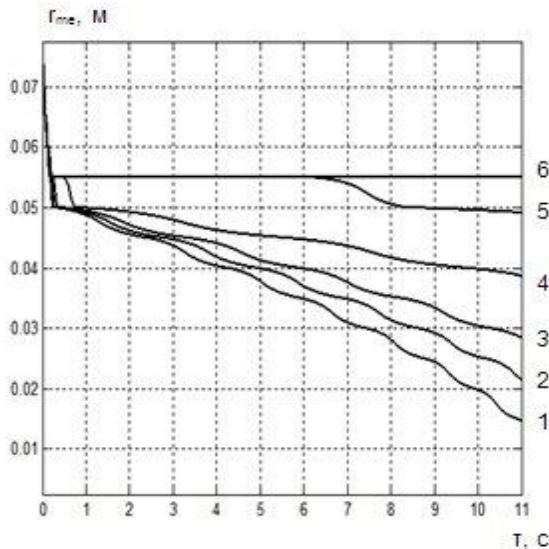


Рис. 5. Фронт промерзания при разной мощности обогрева, который локализован над поверхностью трубопровода (скачек температуры окружающей среды от 0 до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$):
 1 – $\Delta Q_e=0$; 2 – $\Delta Q_e=10\text{ Вт/м}$;
 3 – $\Delta Q_e=20\text{ Вт/м}$; 4 – $\Delta Q_e=40\text{ Вт/м}$;
 5 – $\Delta Q_e=58\text{ Вт/м}$; 6 – $\Delta Q_e=80\text{ Вт/м}$

20 Вт/м – при возрастании мощности до этого значения замерзание воды затягивается и обогрев на промерзание теплоизоляции почти не влияет. 40 Вт/м- начиная с этого значения мощности становится заметным влияние обогрева на тепловую изоляцию. При 58 Вт/м

ее примыкающая к трубопроводу ячейка промерзает начинает лишь после 6,5 ч. За 11 ч при этом замерзание воды только слегка затрагивает трубопровод. 80 Вт/м- тепловая изоляция не промерзает до конца вообще, вода неограниченно долго остается жидкостью.

Проведенные численные исследования с использованием математической модели переходных процессов в сечении трубопровода при остановке прокачки жидкости и анализ их результатов позволили разработать практические рекомендации по обеспечению надежного функционирования противопожарных водопроводов в природно-климатических условиях Арктики в случае аварийных ситуаций.

Исследованы: зависимости распределения температуры по радиусу трубопровода при различных теплофизических состояниях тепловой изоляции; продвижение фронта промерзания в случае различных изменений температуры окружающей среды; продвижение фронта промерзания в случае полностью промерзшей изоляции при различной ее толщине; продвижение фронта промерзания при различной тепловой мощности обогрева; продвижение фронта промерзания в случае различного положения обогревателя над поверхностью трубопровода при скачке окружающей температуры; процессы остывания жидкости в трубопроводе при ее остановке в зависимости от температуры окружающей среды; зависимости времени, в течение которого водопровод может быть отключен, от температуры окружающей среды, с учетом допустимого замерзания в нем 25 % воды и без учета замерзания; влияние конструктивных и режимных факторов обогревающих элементов на кинетику описываемого процесса.

Исследовано влияние толщины теплоизоляции на время, в течение которого происходит замерзание жидкости в водопроводе. Полученный график позволяет определить временной ресурс при разной толщине теплоизоляции.

Установлено, что при уменьшении температуры окружающего воздуха влияние уменьшения теплопроводности тепловой изоляции при ее промерзании преобладает над влиянием замедления остывания жидкости.

Установлено, что фронт замерзания воды продвигается к оси водопровода значительно быстрее в случае смещения обогревательных элементов к периферии, что является негативным фактором при эксплуатации трубопроводов. Определен предпочтительный вариант локализации тепловыделения- близко к поверхности трубопровода. Рациональным оптимальным распределением является распределение удельной тепловой мощности на отрезке между критической точкой и концом

трубопровода Определена полная тепловая мощность и оптимальное распределение тепловой мощности обогрева, обеспечивающие

заданную температуру на выходе при различных температурах окружающей среды.

Список литературы

1. Моделирование и расчет противопожарных водопроводов при низких отрицательных температурах / В. Б. Бубнов, Н. Н. Елин, Д. С. Репин [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 4 (37). С. 78–84.
2. Тепловая изоляция: справочник / под ред. Г. Ф. Кузнецова. 3-е изд. М.: Стройиздат, 1985. 440 с.
3. Tamir A. Applications of Markov chains in Chemical Engineering. Elsevier publishers. Amsterdam, 1998. 604 pp.
4. Ячеечная модель нелинейной теплопередачи через многослойную стенку / С. В. Федосов, В. Е. Мизонов, Н. Р. Порошин [и др.] // Строительство и реконструкция. 2011. № 6 (38). С. 50–56.
5. Елин Н. Н., Бубнов В. Б. Ячеечная модель тепловлагопереноса в ограждающей конструкции с внутренним источником влаги // Актуальные вопросы естествознания: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 289–294.
6. Использование электрообогрева для повышения надёжности эксплуатации противопожарных водопроводов в районах Крайнего Севера / Н. Н. Елин, В. Б. Бубнов, В. А. Комельков [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2019. Вып. 2 (84). С. 108–118. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.108-118.

References

1. Modelirovaniye i raschet protivopozharnykh vodoprovodov pri nizkikh otrit-

satel'nykh temperaturakh [Modeling and calculation of fire water pipelines at low negative temperatures] / V.B. Bubnov, N.N. Yelin, D.S. Repin [i dr.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2020, issue 4 (37), pp. 78–84.

2. *Teplovaya izolyatsiya: spravochnik* [Thermal insulation: handbook]. pod red. G. F. Kuznetsova. Moscow: Stroyizdat, 1985. 440 p.

3. Tamir A. Applications of Markov chains in Chemical Engineering. Elsevier publishers. Amsterdam, 1998. 604 pp.

4. Yachechnaya model' nelineynoy teploperedachi cherez mnogocloynuyu stenkku [Cell model of non-linear heat transfer through a multi-layer wall] / C.V. Fedocov, V.E. Mizonov, N.R. Poroshin [i dr.]. *Ctroitel'ctvo i rekonstruktsiya*, 2011, issue 6 (38), pp. 50–56.

5. Yelin N.N., Bubnov V.B. Yacheychnaya model' teplovlagoperenosa v ograzhdayushchey konstruktsii s vnutrennim istochnikom vlagi [Cell model of heat and moisture transfer in the enclosing structure with an internal source of moisture]. *Aktual'nyye voprosy yestestvoznaniya: sbornik materialov III Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem*. Ivanovo. FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya Akademija GPS MChS Rossii, 2018, pp. 289–294.

6. Ispol'zovaniye elektroobogreva dlya povysheniya nadozhnosti ekspluatatsii protivopozharnykh vodoprovodov v rayonakh Kraynego Severa [Use of electric heating to increase the reliability of operation of fire-fighting water pipelines in the Far North] / N. N. Yelin, V. B. Bubnov, V. A. Komel'kov [i dr.]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2019, vol. 2 (84), pp. 108–118. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.108-118.

Бубнов Владимир Борисович

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 Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of Technical Sciences, associate Professor
E-mail: kafppv@mail.ru

Репин Денис Сергеевич

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

преподаватель

E-mail: denisrep@mail.ru

Repin Denis Sergeevich

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

Russian Federation, Ivanovo

teacher

E-mail: denisrep@mail.ru

Хазова Ирина Викторовна

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

обучающаяся

E-mail: kafppv@mail.ru

Khazova Irina Viktorovna

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

Russian Federation, Ivanovo

learner

E-mail: kafppv@mail.ru

УДК 614.849

ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Б. Б. ГРИНЧЕНКО¹, Д. Ю. ЗАХАРОВ¹, И. М. ЧИСТЯКОВ¹, Д. В. ТАРАКАНОВ²

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

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

E-mail: grinchenko.borya@mail.ru, mr.dmitriyzakharov@mail.ru,
carcassburner@mail.ru, den-pgs@yandex.ru

Процесс тушения пожара и выполнения аварийно-спасательных работ определяет необходимость рационально распределять силы и средства подразделений пожарной охраны для успешного и безопасного выполнения стоящих перед ними задач. В свою очередь сам процесс пожаротушения протекает в условиях непригодной для дыхания среды и состоит из множества элементарных работ, для которых заблаговременно необходимо сформировать плановые значения параметров безопасности (временные и дыхательные ресурсы). Это возможно путем исследования различных видов работ в непригодной для дыхания среде, с последующим их применением в виде информационных ресурсов для решения задач управления безопасностью участников тушения пожара.

В работе рассмотрен процесс формирования плановых значений параметров безопасности газодымозащитников при выполнении элемента спасательных работ: вязка двойной спасательной петли с надеванием ее на пострадавшего.

Ключевые слова: управление безопасностью при тушении пожаров, газодымозащитники, планирование, дыхательный аппарат.

PARAMETERS OF THE WORK OF FIREFIGHTERS IN PERFORMANCE OF RESCUE WORKS

B. B. GRINCHENKO¹, D. Yu. ZAKHAROV¹, I. M. CHISTYAKOV¹, D. V. TARAKANOV²

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

² Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «State Fire Academy of State Fire-
fighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Conse-
quences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Moscow

E-mail: grinchenko.borya@mail.ru, mr.dmitriyzakharov@mail.ru,
carcassburner@mail.ru, den-pgs@yandex.ru

The process of extinguishing a fire and performing emergency rescue operations determines the need to rationally distribute the forces and means assigned Fire Department for the successful and safe performance of their tasks. In turn, the fire extinguishing process itself takes place in an environment unsuitable for breathing and consists of many elementary works for which planned values of safety parameters (temporary and breathing resources) can be formed in advance. This is possible through the study of various types of work in an environment unsuitable for breathing, with their subsequent use in the form of information resources to solve the tasks of managing the safety of fire extinguishing participants.

The paper considers the process of obtaining and forming the planned values of the safety parameters of firefighters when performing an element of rescue work, which involves tie a double rescue loop in a SCBA with putting it on the victim.

Key words: fire extinguishing safety management, firefighters, planning, SCBA.

The paper considers the process of forming the planned values of the safety parameters of firefighters when performing an element of rescue work: binding a double rescue loop with putting it on the victim.

Введение

Участники тушения пожара пребывают в зоне высокой вероятности наступления деструктивного события, связанного с получением травмы и / или гибели, так как работа производится в условиях непригодной для дыхания среды под воздействием опасных факторов пожара. Для защиты от пагубного влияния этих факторов пожарные в своей повседневной деятельности применяют средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, к которым относятся дыхательные аппараты со сжатым воздухом. Работы в таких аппаратах ограничена временными и дыхательными ресурсами, то есть параметрами безопасной работы в условиях ограниченной видимости и непригодной для дыхания среды. Управление и контроль за этими параметрами осуществляется на персонализированном и групповом уровне мониторинга.

Персонализированный уровень мониторинга осуществляется лично каждым газодымозащитником через показания на манометре дыхательного аппарата или иными техническими устройствами^{1,2} [0].

Групповой уровень мониторинга осуществляется командиром звена ГДЗС, постовым на посту безопасности и начальником контрольно-пропускного пункта ГДЗС, где информация о состоянии параметров безопасности передается по средствам радиосвязи или иными техническими устройствами^{2,3} [6].

Для обеспечения нормального режима функционирования сил и средств на месте пожара в условиях постоянно меняющейся обстановке лицу, принимающему решение, необходимо в полной мере задействовать функцию планирования в процессе оперативного управления. Под функцией планирования понимается процесс рационального распределения

временных и дыхательных ресурсов газодымозащитников для успешного выполнения поставленных задач в сложившейся ситуации на месте пожара.

Цель исследования – формирование плановых значений параметров безопасности газодымозащитников при выполнении элементарных видов работ на месте пожара и проведении аварийно-спасательных работ.

Методика и организация исследования

Моделирование временных и дыхательных ресурсов газодымозащитников в составе звена ГДЗС возможно путем получения эмпирических значений этих параметров с последующим доказательством гипотезы о принадлежности этих данных закону нормального распределения [2, 5]. Такой подход позволяет сформировать интервал плановых значений параметров безопасности газодымозащитников с заданной вероятностью при выполнении элементарных работ, которые в совокупности образуют процесс пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ в условиях непригодной для дыхания среды [1, 4]. С целью формирования плановых значений параметров безопасности, было проведено экспериментальное исследование, в котором рассматривался сценарий выполнения элемента спасательных работ, который подразумевает вязку двойной спасательной петли в СИЗОД с надеванием ее на пострадавшего (рис. 1.)

Исследование проводилось в закрытом спортивном комплексе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России в дневное время суток при искусственном освещении и положительной температуры окружающей среды (20–25 °С), в котором приняли участие десять газодымозащитников в возрасте от 19 до 22 лет. Сценарий включал в себя выполнение элемента спасательных работ по вязке двойной спасательной петли в СИЗОД с надеванием ее на пострадавшего.

Используемое снаряжение и оборудование при постановке эксперимента представлено в табл. 1.

Условие выполнения сценария заключались в следующем: веревка уложена любым способом, исполнитель, включенный в дыхательный аппарат со сжатым воздухом, оснащенный системой определения и индикации давления², стоит в одном метре от лежащего

¹ ПТС «Светофор» [Электронный ресурс]. URL: <https://pto-pts.ru/dykhatelnye-apparaty-soszhatym-vozdukhom/tproduct/339569> 481741248865915-pts-svetofor (дата обращения 06.10.2021).

² Руководство по эксплуатации комплекс «Маяк спасателя» СПНК.425624.013 РЭ Ред.1.3. Санкт-Петербург, 2011. 36 с.

³ FireGrid [Электронный ресурс]. URL: <https://us.msasafety.com/Connected-Firefighter/FireGrid/FireGrid/p/000170000100001001>.

пострадавшего (принимая, что он находится в бессознательном состоянии), конец веревки длиной 50 сантиметров находится в руке у исполнителя. Сценарий считается выполненным, если двойная спасательная петля надета на

пострадавшего и надежно его фиксирует, так если бы при спуске или подъеме, пострадавший принял положение близкое к вертикальному, равномерно нагрузив петли. Свободный конец веревки намотан на карабин исполнителя.



Рис. 1. Вязка двойной спасательной петли в СИЗОД с надеванием ее на пострадавшего

Таблица 1. Используемое снаряжение и оборудование

№	Наименование	Количество
1	Боевая одежда пожарного (БОП)	10
2	Карабин пожарный спасательный	10
3	Топор пожарный поясной	10
4	Дыхательный аппарат со сжатым воздухом ПТС «Профи-М» с системой СО-ИД	4
5	Баллон со сжатым воздухом объемом 6,8 л	10
6	Комплекс «Маяк спасателя»	1
7	Веревка пожарная спасательная (ВПС-30)	5
8	Секундомер	2

Результаты исследования и их об-суждение. В ходе эксперимента были получены дыхательные и временные ресурсы при

выполнении элементарной работы, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2. Эмпирические значения расхода воздуха при выполнении сценария

№	P _{нач.}	P _{кон.}	ΔP, амм	t, сек	№	P _{нач.}	P _{кон.}	ΔP, амм	t, сек
1	220	210	10	48,48	21	270	252	18	71,04
2	200	188	12	56,74	22	220	206	14	62,4
3	180	166	14	67,95	23	200	184	16	68,43
4	158	150	8	49,48	24	180	168	12	58,35
5	140	126	14	64,21	25	150	138	12	57,97
6	230	216	14	65,47	26	126	120	6	48,83
7	220	206	14	61,88	27	250	242	8	46,46
8	200	190	10	51,54	28	228	222	6	44,66
9	180	172	8	44,05	29	220	212	8	56,46
10	170	160	10	53,09	30	200	188	12	58,26
11	220	210	10	53,13	31	180	172	8	57,53
12	200	194	6	40,01	32	260	250	10	57,96
13	185	175	10	55,54	33	240	228	12	58,59
14	270	260	10	56,07	34	230	222	8	57,31
15	250	240	10	56,25	35	220	208	12	58,64
16	230	222	8	47,98	36	200	188	12	57,05
17	260	250	10	52,01	37	240	230	10	51,83
18	240	230	10	52,55	38	220	210	10	46,52
19	230	220	10	49,35	39	180	170	10	48,88
20	196	190	6	43,35	40	150	138	12	61,04

* **Примечание:** P_{нач.} – начальное давление у газодымозащитника на момент выполнения сценария;
P_{кон.} – конечное давление у газодымозащитника на момент выполнения сценария;
ΔP – разность между начальными и конечными показателями давления;
t – затраченное время на выполнение сценария.

Для доказательства гипотезы о принадлежности эмпирических данных закону нормального распределения применялся критерий

Шапиро-Уилка⁴, расчет которого производился в Microsoft Excel. Основные показатели статистики критерия представлены в табл. 3.

Таблица 3. Статистика критерия Шапиро–Уилка при n = 40

Основные показатели критерия для дыхательных ресурсов							
nm ₂	S	S ²	W _{расч.}	W _{табл. при α = 0,05}	W _{табл. при α = 0,01}	\bar{X} , амм	σ, амм
294	16,76	280,87	0,955	0,94	0,918	10,5	2,74
Основные показатели критерия для временных ресурсов							
nm ₂	S	S ²	W _{расч.}	W _{табл. при α = 0,05}	W _{табл. при α = 0,01}	\bar{X} , сек	σ, сек
2033,76	45,2	2043,19	0,999	0,94	0,918	54,93	7,22

⁴ ГОСТ Р ИСО 5479-2002. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения

Эмпирические данные могут содержать одно или несколько значений, заметно отличающихся от остальных (выбросы), необходимо выяснить причины появления таких значений, то есть определить, случайно или закономерно их появление. В случае если их появление закономерно, необходимо принять соответствующие меры, если же появление подозрительных значений вызвано случайными причинами, можно оценить по тому или иному статистическому критерию грубых ошибок, являются ли эти значения грубыми погрешностями. Если это грубые погрешности, их необходимо исключить из результатов генеральной совокупности эмпирических данных. Так как полученные данных распределены по нормальному закону при оценке на грубую ошибку одного значения выборки, применим статистику критерия Граббса⁵ по формуле:

$$t_{расч} = \frac{|X_c - \bar{T}|}{\sigma}, \quad (1)$$

где X_c – сомнительное значение из эмпирической выборки.

Расчетное значение необходимо сравнить с табличным t_α . Если $t_{расч} > t_\alpha$ результат X_c считают грубой ошибкой и отбрасывают.

Проверим минимальное и максимальное значение эмпирической выборки с целью выявления грубой ошибки при уровнях значимости $\alpha = 0,05$ и $\alpha = 0,01$, табличные значения для которых составят 3,02 и 3,48 соответственно при $n = 40$.

Применим статистику Граббса для дыхательных ресурсов (*атм*):

$$t_{расч} = \frac{|x_{\min} - \bar{T}|}{\sigma} = \frac{|6 - 10,5|}{2,74} = 1,64$$

$$t_{расч} = \frac{|x_{\max} - \bar{T}|}{\sigma} = \frac{|18 - 10,5|}{2,74} = 2,73$$

Применим статистику Граббса для временных ресурсов (*сек*):

$$t_{расч} = \frac{|x_{\min} - \bar{T}|}{\sigma} = \frac{|40,01 - 54,93|}{7,22} = 2,06$$

$$t_{расч} = \frac{|x_{\max} - \bar{T}|}{\sigma} = \frac{|7104 - 54,93|}{7,22} = 2,23$$

Так как при всех уровнях значимости $t_{расч} < t_\alpha$, принимаем, что в генеральной совокупности эмпирических данных грубых ошибок нет (табл. 4).

Таблица 4. Статистика критерия Граббса

Основные показатели критерия для дыхательных ресурсов			
α	t_α	$t_{расч}$	результат проверки
0,05	3,02	1,64	$t_{расч} < t_\alpha$
		2,73	
0,01	3,48	1,64	$t_{расч} < t_\alpha$
		2,73	
Основные показатели критерия для временных ресурсов			
α	t_α	$t_{расч}$	результат проверки
0,05	3,02	2,06	$t_{расч} < t_\alpha$
		2,23	
0,01	3,48	2,06	$t_{расч} < t_\alpha$
		2,23	

⁵ ГОСТ Р 8.736-2011. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

На основе полученных данных произведем формирование параметров безопасности при выполнении элемента спасательных работ, необходимых для информационной

поддержки принятия управленческих решений при помощи графического анализа интегральных плотностей распределения дыхательных и временных ресурсов (рис. 2).

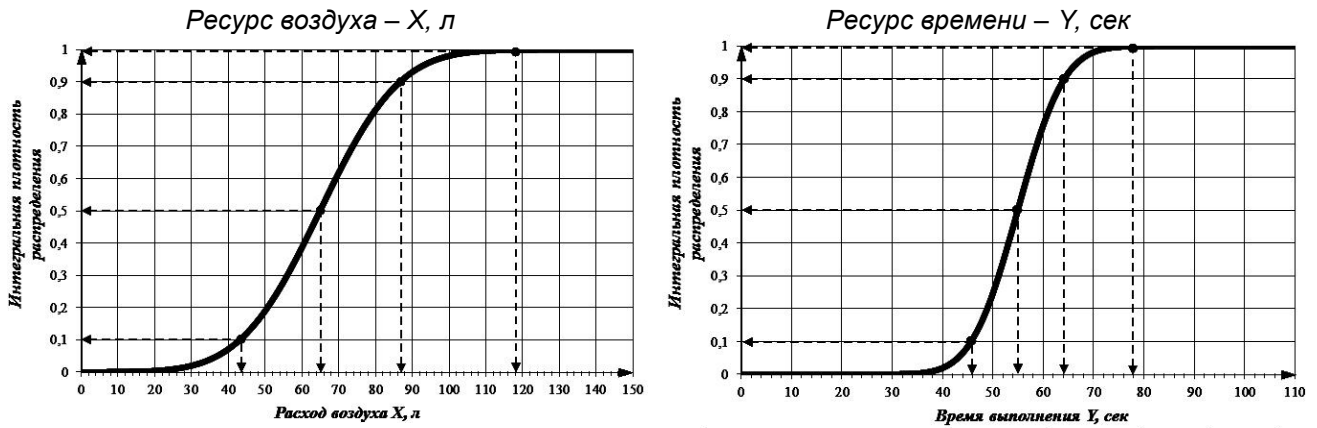


Рис. 2 Плотность распределения дыхательных и временных ресурсов при выполнении элемента спасательных работ

Полученные результаты информационных ресурсов для поддержки управления безопасностью газодымозащитников при вы-

полнении элемента спасательных работ представим в табл. 5.

Таблица 5. Синтез информационные ресурсы для решения задачи управления безопасностью

X	X_1	X_2	X_3	X_4
Дыхательные ресурсы, л	44	65	87	119
Распределение вероятностей	0,1	0,5	0,9	0,999
Y	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
Временные ресурсы, сек	46	55	64	78
Распределение вероятностей	0,1	0,5	0,9	0,999

Доказательство гипотезы о принадлежности эмпирических значений закону нормального распределения при выполнении элемента спасательных работ и сформированные информационные ресурсы для поддержки управления безопасностью газодымозащитников позволяют в полной мере проводить мероприятия по планированию и нормированию параметров безопасности в ходе решения задач, в состав которых входит рассматриваемая элементарная работа (рис. 3).

Анализ графика (рис. 3) позволяет утверждать, что в нормальных условиях работы с величиной риска $\varepsilon = 0,05$ ($P = 1 - \varepsilon = 1 - 0,95$

в 95 случаях из 100) при выполнении норматива вязка двойной спасательной петли с надеванием ее на пострадавшего газодымозащитник потратит не более 93 л воздуха за 67 сек, а в сложных условиях $\varepsilon = 0,01$ ($P = 1 - \varepsilon = 1 - 0,99$ в 99 случаях из 100) не более 105 л за 72 сек. Полученные результаты могут быть использованы для планирования действий по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ в условиях непригодной для дыхания среды на основе теории принятия управленческих решений в условиях риска и неопределенности.

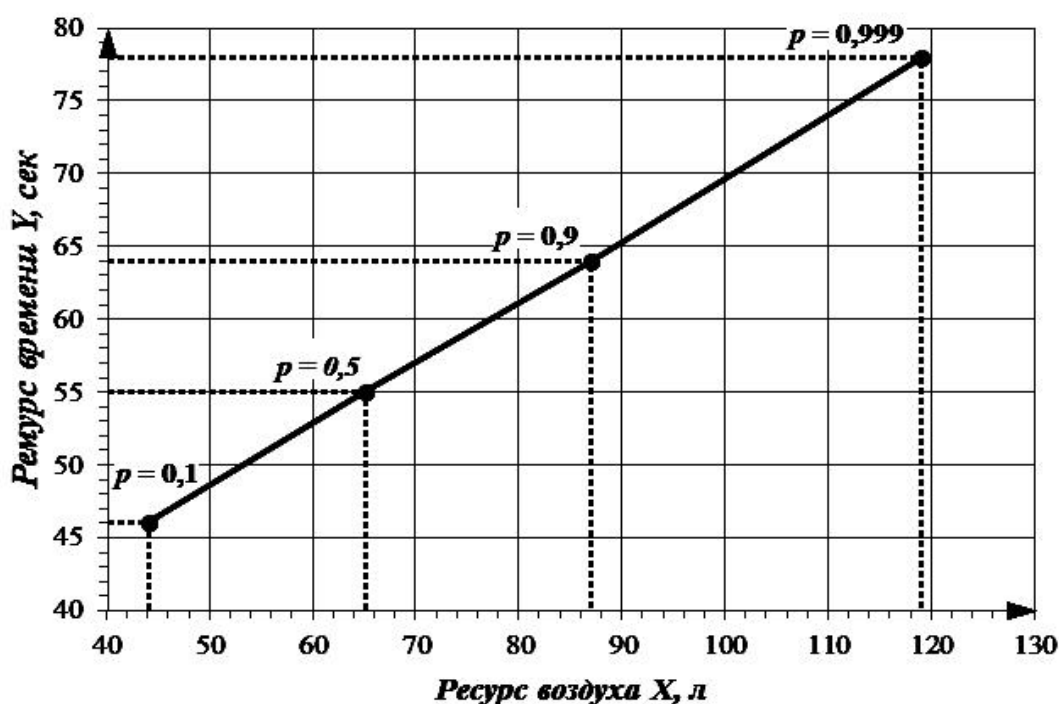


Рис. 3 Номограмма для формирования плановых параметров безопасности при выполнении элемента спасательных работ

Выводы. Применение методов теории принятия управленческих решений в условиях риска и неопределенности при планировании действий по тушению пожара в условиях непригодной для дыхания среды требует выяснения закона распределения исходных параметров безопасной работы пожарно-спасательных подразделений. Анализ генеральной совокупности эмпирических значений, полученных в ходе вязки двойной спасательной петли с надеванием ее на пострадавшего, доказал, нормальность распределения данных, однако полученный интервал значений параметров безопасности имеет достаточной широкий диапазон, что напрямую зависит от количества проводимых исследований. Уменьшение этого диапазона возможно с использованием метода Монте-Карло, реализуемого при помощи программы ЭВМ [2]. Для это-

го выполнен синтез информационных ресурсов (табл. 5), результаты которого экспортируются в базу данных [3], что позволяет их применять в системе дистанционного мониторинга параметров безопасности участников тушения пожара. В основе данного метода лежит теория статистических испытаний, позволяющая рассматривать любой процесс, на протекание которого влияют случайные факторы. Поэтому развитие полученных результатов возможно путем проведения исследования аналогичного сценария в условиях, приближенных к реальному пожару (ограниченная видимость, светозвуковые эффекты, минимальное оснащение звена газодымозащитной службы), с целью доказательства практической адекватности полученных значений параметров безопасной работы.

Список литературы

1. Гринченко Б. Б., Топольский Н. Г., Тараканов Д. В. Информационные ресурсы поддержки управления безопасностью работ в непригодной для дыхания среде // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 5. С. 51–58.
2. Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Программное обеспечение для информацион-

но-аналитической системы управления газодымозащитниками на пожарах в техногенных чрезвычайных ситуациях. Свидетельство о Государственной регистрации программы для ЭВМ RU № 2017663825. 12.12.2017.

3. Информационные ресурсы системы поддержки управления газодымозащитниками. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации базы данных RU № 2019620566. 11.04.2019. / Гринченко Б. Б.

4. Степанов Е. В., Тараканов Д. В., Топольский Н. Г. Волновой алгоритм определения оптимального маршрута движения газодымозащитников в зданиях при пожарах и задымлениях // Пожаровзрывобезопасность. 2021. Т. 30. № 3. С. 31–40.

5. Шипилов Р. М., Захаров Д. Ю., Литов К. М. Определение расхода дыхательных ресурсов при работе газодымозащитника с использованием пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 2 (35). С. 122–130.

6. Gu S., Panindre P. An Analysis of Fire-fighter Breathing Air Replenishment Systems. 2021.

7. Tayeh G. B. et al. A Personal LPWAN Remote Monitoring System. 2021 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC). IEEE, 2021, pp. 80–85.

References

1. Grinchenko B. B., Topol'skiy N. G., Tarakanov D. V. Informatsionnyye resursy podderzhki upravleniya bezopasnost'yu rabot v neprigodnoy dlya dykhaniya srede [Resource resources to support safety management of work in an unbreathable environment]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2019, vol. 28, issue 5, pp. 51–58.

2. Grinchenko B. B. *Programmnoye obespecheniye dlya informatsionno-analiticheskoy sistemy upravleniya gazodymozashchitnikami na pozharakh v tekhnogennykh chrezvychaynykh situatsiyakh* [Software for an information-analytical control system for gas and smoke defenders on fires in technogenic emergencies]. Svidetel'stvo o Gosudarstvennoy registratsii programmy dlya

EVM. RU № 2017663825, 12.12.2017, Grinchenko B. B., Tarakanov D. V.

3. *Informatsionnyye resursy sistemy podderzhki upravleniya gazodymozashchitnikami* [Information resources of the gas and smoke protection management support system]. Svidetel'stvo Rospatenta o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh RU № 2019620566, 11.04.2019, Grinchenko B. B.

4. Stepanov Ye. V., Tarakanov D. V., Topol'skiy N. G. Volnovoy algoritm opredeleniya optimal'nogo marshruta dvizheniya gazodymozashchitnikov v zdaniyakh pri pozharakh i zadymleniyakh. [Wave algorithm for determining the optimal route of movement of gas and smoke defenders in buildings during fires and smoke]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2021, vol. 30, issue. 3, pp. 31–40.

5. Shipilov R. M., Zakharov D. Yu., Litov K. M. Opredeleniye raskhoda dykhatel'nykh resurov pri rabote gazodymozashchitnika s ispol'zovaniyem pnevmogidravlicheskogo privoda gidravlicheskogo avariyno-spasatel'nogo instrumenta [Determination of the consumption of respiratory resources during the operation of the gas and smoke protector using a pneumohydraulic drive of a hydraulic rescue tool]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoй zashchity*, 2020, vol. 2(35), pp. 122–130.

6. Gu S., Panindre P. Analiz sistem popolneniya dykhaniya pozharnykh. 2021 g.

7. Tayeh G. B. et al. Personal'naya sistema udalennogo monitoringa LPWAN // Mezhdunarodnaya besprovodnaya svyaz' i mobil'nyye vychisleniya 2021 g. (IWCMC). IEEE, 2021, pp. 80–85.

Гринченко Борис Борисович

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

E-mail: grinchenko.borya@mail.ru

Grinchenko Boris Borisovich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of Technical Sciences, lecturer

E-mail: grinchenko.borya@mail.ru

Захаров Дмитрий Юрьевич

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

E-mail: mr.dmitriyzakharov@mail.ru

Zakharov Dmitriy Yurievich

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

Russian Federation, Ivanovo

lecturer

E-mail: mr.dmitriyzakharov@mail.ru

Чистяков Илья Михайлович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: carcassburner@mail.ru

Chistyakov Ilya Mikhailovich

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

Russian Federation, Ivanovo

lecturer

E-mail: carcassburner@mail.ru

Тараканов Денис Вячеславович

Академия ГПС МЧС России, Российская Федерация, г. Москва

доктор технических наук, профессор

E-mail: den-pgs@yandex.ru

Tarakanov Denis Vyacheslavovich

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

Russian Federation, Moscow

doctor of Technical Sciences, professor

E-mail: den-pgs@yandex.ru

УДК 614.843

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

В. Е. ИВАНОВ, П. В. ПУЧКОВ, И. А. ЛЕГКОВА, А. А. ПОКРОВСКИЙ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru

В данной статье пойдет речь о разработке устройств для технического обслуживания и ремонта пожарных рукавов с целью повышения эффективности проведения данных мероприятий. В работе предлагается несколько новых конструкций устройств для скатки, перекатки пожарных рукавов на новое ребро, навязки пожарных рукавов на соединительные головки. При разработке данных устройств производились прочностные расчеты конструкций и подбирался материал для их изготовления. Кроме этого, проведенные прочностные исследования в системе автоматизированного проектирования AutoDESK Inventor данных конструкций позволили их оптимизировать и снизить металлоемкость.

Ключевые слова: пожарный рукав, техническое обслуживание, ремонт, конструкция, устройство.

DEVELOPMENT OF DEVICES FOR MAINTENANCE OF FIRE HOSES

V. E. IVANOV, P. V. PUCHKOV, I. A. LEGKOVA, A. A. POKROVSKY

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru

This article will focus on the development of devices for the maintenance and repair of fire hoses in order to improve the efficiency of these activities. The paper proposes several new designs of devices for rolling, rolling fire hoses on a new rib, imposing fire hoses on connecting heads. During the development of these devices, strength calculations of structures were carried out and the material for manufacture was selected. In addition, the strength studies carried out in the AutoDESK Inventor computer-aided design system of these structures allowed them to be optimized and achieve the necessary criteria for reliability, operability and durability.

Key words: fire hose, maintenance, repair, reliability, operability, strength analysis.

Для эффективной работы по тушению пожаров следует выполнять два основных требования: как можно быстрее начать их тушение и подавать в очаг горения огнетушащего вещества требуемого состава и с необходимой интенсивностью. Пожарные рукава являются основным и обязательным пожарно-техническим оборудованием, входящим в комплектацию не только пожарных автомобилей, пожарных поездов или судов, но и общественных зданий и технических сооружений. Пожарные рукава подвергаются во время эксплуатации воздействию внешних негативных факто-

ров, которые могут привести к преждевременному выходу из строя рукава. Поэтому каждое подразделение пожарной охраны уделяет особое внимание организации ведения рукавного хозяйства и состоянию пожарных рукавов. После каждого использования на пожаре (учении) пожарные рукава подвергаются техническому обслуживанию – промываются, сушатся в специально оборудованных рукавных башнях или других сушильных аппаратах. Кроме того, обслуженный (промытый и высушенный) пожарный рукав необходимо правильно хранить, чтобы продлить его срок службы. Пожарные рукава хранят и транспортируют либо в одиночных, либо в двойных скатках. В таком виде пожарные рукава имеют наиболее компактные

размеры и позволяют их быстро развернуть на пожаре. На пожарах рукава обычно скатывают вручную, а в стенах пожарно-спасательных частей (на рукавных базах) нередко используют специальные устройства и приспособления для механизированной скатки рукавов. Станки и приспособления для скатки и перемотки пожарных рукавов бывают: ручные, механизированные, мобильные, стационарные и комбинированные. Данные устройства позволяют обслуживать большое количество пожарных напорных рукавов в малые сроки. Особую актуальность данные устройства приобретают при обслуживании большого объема пожарных рукавов на рукавной базе при перемотке рукавов на новое ребро. По этой причине разработка новых конструкций комбинированных устройств для технического обслуживания пожарных рукавов представляет особый интерес. Разрабатываемые устройства должны быть многофункциональными, т.е. одновременно выполнять функции по обслуживанию и ремонту рукавов [1, 2].

Таким образом, целью работы является разработка конструкции комбинированного устройства, позволяющего производить навивку проволоки на пожарный рукав, а также осуществлять скатку и перемотку напорных пожарных рукавов на новое ребро.

При разработке конструкции устройства для технического обслуживания пожарных рукавов учитывались современные разработки по данному направлению. К основным профилактическим мероприятиям, которые значительно увеличивают срок эксплуатации пожарного рукава, относятся перемотка рукава на новое ребро, мойка, сушка, талькирование и ремонт [3].

Одним из известных станков для намотки рукавов в скатку и для перемотки на новое ребро, является «Балтика-01 П» (предприятие-изготовитель ООО «Национальная Пожарная Компания»), которое представлено на рис. 1.

В России существует множество станков разных производителей, которые схожие по принципу действия и по конструкции, такие как: «ТЦ-11 П», «СПЦЕЦ-01 РМ», «РНУ-02» и др. Такого типа станки позволяют только производить скатку пожарных рукавов и перемотку их на новое ребро. Кроме этого, был произведен обзор станков и устройств, которые предназначены для навивки проволоки на пожарный рукав, на рис. 2 показано одно из этих устройств - станок «ТЦ-15».

Станки, предназначенные для навивки проволоки на пожарный рукав, так же представлены в широком ассортименте, к ним относятся такие устройства как: «АМ.СН.01», «ТЦ-15Р», «АМ.СНГ.02», «АМ.СНП.05» и другие.



Рис. 1. Станок для намотки рукавов в скатку и перемотки на новое ребро «Балтика-01 П»



Рис. 2. Станок для навивки пожарных рукавов на соединительные головки «ТЦ-15»

Проведенный обзор позволил выявить достоинства и недостатки устройств, выработать технические решения по совмещению двух операций в одном устройстве, таких как скатка, перемотка рукавов и навивка проволоки на соединительную головку [4, 5]. Разработка комбинированного устройства проводилась с учетом оснащения его электроприводом для удобства использования оборудования, сокращения времени выполнения отдельных операций и высвобождения одного оператора при проведении работ.

Проектирование комбинированного устройства выполнялось при помощи программ автоматизированного проектирования [6]. В программе AutoCAD была разработана трехмерная модель устройства. Так как трехмерная модель создана в масштабе 1:1, то та-

кой подход позволяет оценить взаимодействие отдельных узлов и деталей механизма и на этапе проектирования выявить недостатки конструкции и устранить. На рис. 3 показано разработанное комбинированное устройство.

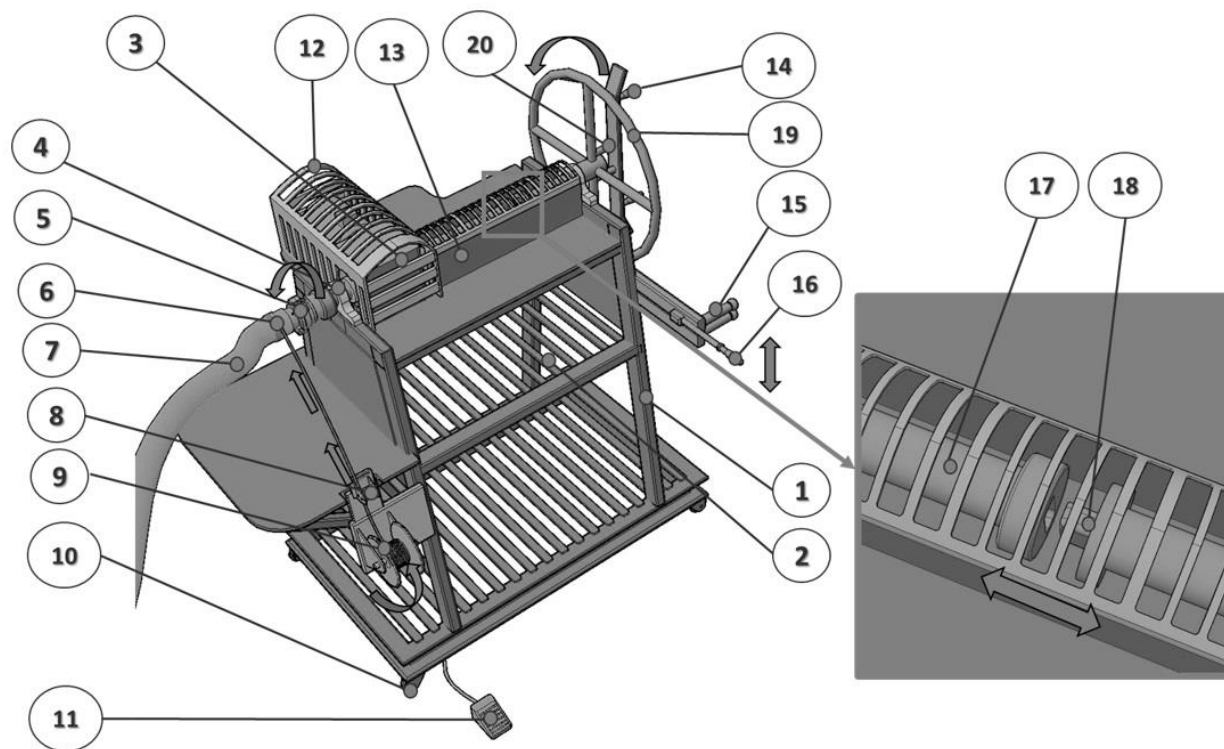


Рис. 3. Комбинированное устройство для обслуживания пожарных рукавов:

- 1 – рама станка; 2 – полка для хранения принадлежностей; 3 – привод; 4 – опора тихоходного вала; 5 – соединительная рукавная головка - приспособление; 6 – проволока вязальная стальная; 7 –напорный пожарный рукав; 8 – ролик направляющий; 9 – кронштейн с катушкой; 10 – роликовые колеса с фиксатором; 11 – выключатель ножной (педаль); 12 – защитный кожух привода; 13 – защитный кожух вала; 14 – колесо со спицами; 15 – ригели направляющие; 16 – рычаг подвижный; 17 – вал тихоходный; 18 – соединитель валов; 19 – колесо со спицами; 20 – штырь со съёмной втулкой и прижимом

Устройство состоит из сварной рамы (1), к которой при помощи сварки крепятся две полки (2) для хранения инструмента и других необходимых принадлежностей для проведения технического обслуживания и ремонта пожарных рукавов. На столешнице сварной рамы установлен привод (3). В состав привода входят: электродвигатель, червячный редуктор, муфта упругая, управляющий модуль (педаль) (11). Привод закрыт кожухом (12). Тихоходный вал редуктора дополнительно поддерживается опорами (подшипниками) (4). К тихоходному валу с одной стороны крепится колесо со спицами (19) для скатки пожарных рукавов, а с другой стороны – соединительная головка - приспособление (5). К закрепленной к валу ре-

дуктора соединительной головке крепится соединительная головка с пожарным рукавом (7). При помощи вязальной проволоки (6) пожарный рукав крепится к втулке соединительной головки. Сама вязальная проволока намотана на катушку (9). При подаче проволоки ее направляют через ролик (8) для обеспечения необходимого натяжения. Включение и выключение комбинированного устройства осуществляется при помощи педали (11). Для обеспечения мобильности, устройство оснащено колесами с фиксаторами (10). С другой стороны редуктора закреплен узел вращения, на котором установлено колесо со спицами (19). К одной из спиц приварены два штыря (20) (со съёмными втулками и прижимом) для

размещения на них наматываемого пожарного напорного рукава. Для пережатки рукава на новое ребро имеется подвижный рычаг (16) и направляющие ригели (15).

Для обеспечения безопасности каждый модуль комбинированного станка должен работать отдельно, с этой целью в устройстве предусмотрен соединитель валов, который показан на рис. 4. Соединитель валов позволяет отсоединить от тихоходного вала редуктора вал, который служит для приведения в действие модуля пережатки пожарного рукава.

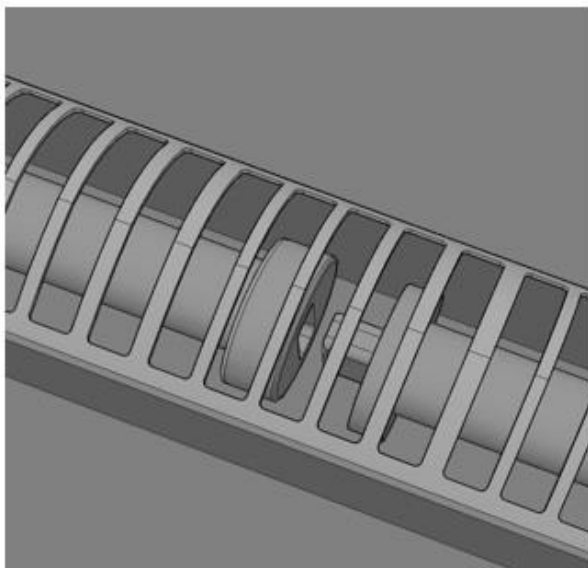


Рис. 4. Соединитель валов

Список литературы

1. Пучков П. В., Иванов В. Е. Повышение долговечности соединительных рукавных головок напорных рукавов // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 186–188.

2. Пучков П. В., Борисов Д. В. Разработка конструкции устройства для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре // Предупреждение. Спасение. Помощь: сборник материалов XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной 85-й годовщине создания гражданской обороны и 25-летию со дня образования Академии. Химки, 2017. С. 16–19.

При разработке сварной рамы были произведены дополнительно прочностные исследования с целью снижения металлоемкости конструкции и подбора оптимального материала для изготовления устройства [7]. На основании произведенных расчетов и исследований был спроектирован привод, который приводит в движение модули по пережатке и навивке проволоки на пожарный рукав. Привод имеет следующие характеристики: частота вращения рабочего вала – 45 об/мин., передаточное число червячного редуктора – 22, крутящий момент на рабочем валу – 150, 8 Нм, КПД редуктора – 0,78, мощность электродвигателя АИР 80 А4 – 1,1 кВт. Устройство предназначено для работы с напорными пожарными рукавами номинального диаметра 50, 65, 80.

Разработанное комбинированное устройство для скатки рукавов, пережатки рукавов на новое ребро, а также для навивки вязальной проволоки на пожарный рукав при креплении его к соединительной головке по сравнению с устройствами, у которых отсутствует электропривод, позволяет проводить работы только одним исполнителем вместо двух.

Вывод: проведен анализ существующих устройств, предназначенных для навивки проволоки на пожарный рукав, а так же для скатки и пережатки на новое ребро. Разработана конструкция комбинированного устройства, которое оснащено электроприводом и обеспечивает навязку пожарных рукавов на соединительные головки, скатку и пережатку рукавов на новое ребро.

3. Пучков П. В., Костяев А. А. Устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре при поперечном разрыве напорного рукава // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 321–326.

4. Пучков П. В., Суконщиков А. А. Новые технические решения, направленные на повышение долговечности соединительных рукавных головок // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 240–242.

5. Иванов В. Е., Талашенко А. О. Современное оборудование для обслуживания и сушки пожарных рукавов // Пожарная и ава-

рийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности. Часть I. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 521–522.

6. Легкова И. А., Зарубин В. П., Иванов В. Е. Использование трехмерной графики при изучении устройства узлов механизмов // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. Иваново. 2015. С. 140–143.

7. Иванов В. Е. Снижение металлоемкости конструкции средствами Autodesk Inventor // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 427–429.

References

1. Puchkov P. V., Ivanov V. E. Povysheniye dolgovechnosti soyedinitel'nykh rukavnykh golovok napornykh rukavov [Increasing the durability of connecting sleeve heads of pressure hoses]. *Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoy bezopasnosti ob"yektov: materialy IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy Godu grazhdanskoy oborony*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2017, pp. 186–188.

2. Puchkov P. V., Borisov D. V. Razrabotka konstruksii ustroystva dlya vosstanovleniya rabotosposobnosti rukavnykh sistem na pozhare [Development of a device design for restoring the performance of bag systems in a fire]. *Preduprezhdeniye. Spaseniye. Pomoshch': sbornik materialov XXVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-y godovshchine sozdaniya grazhdanskoy oborony i 25-letiyu so dnya obrazovaniya Akademii*. Khimki, 2017, pp. 16–19.

3. Puchkov P. V., Kostyayev A. A. Ustroystvo dlya vosstanovleniya rabotosposob-

nosti rukavnykh sistem na pozhare pri poperechnom razryve napornogo rukava [Device for restoring the performance of bag systems in a fire when the pressure hose is transversely ruptured]. *Sovremennyye pozharobezopasnyye materialy i tekhnologii: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy Godu grazhdanskoy oborony*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2017, pp. 321–326.

4. Puchkov P. V., Sukonshchikov A. A. Novyye tekhnicheskiye resheniya, napravlennyye na povysheniye dolgovechnosti soyedinitel'nykh rukavnykh golovok [New technical solutions aimed at increasing the durability of connecting sleeve heads]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2018, pp. 240–242.

5. Ivanov V. E., Talashchenko A. O. Sovremennoye oborudovaniye dlya obsluzhivaniya i sushki pozharnykh rukavov [Modern equipment for servicing and drying fire hoses]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy Godu kul'tury bezopasnosti. Chast' I*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2018, pp. 521–522.

6. Legkova I. A., Zarubin V. P., Ivanov V. E. Ispol'zovaniye trekhmernoy grafiki pri izuchenii ustroystva uzlov mekhanizmov [Using three-dimensional graphics in the study of the device nodes mechanisms]. *Agrarnaya nauka v usloviyakh modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 85-letiyu Ivanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii imeni D. K. Belyayeva*. Ivanovo. 2015, pp. 140–143.

7. Ivanov V. E. Snizheniye metalloyemkosti konstruksii sredstvami Autodesk Inventor [Reducing the metal content of the structure using Autodesk Inventor tools]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 427–429.

Иванов Виталий Евгеньевич

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

Ivanov Vitaly Evgenievich

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

Пучков Павел Владимирович

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

Puchkov Pavel Vladimirovich

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

Легкова Ирина Анатольевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент, доцент
E-mail: legkovai@mail.ru

Legkova Irina Anatolievna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of tech. sciences, assistant professor, senior lecturer
E-mail: legkovai@mail.ru

Покровский Аркадий Алексеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент, доцент
E-mail: aapokrovsky@mail.ru

Pokrovsky Arkady Alekseevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of tech. sciences, assistant professor, senior lecturer
E-mail: aapokrovsky@mail.ru

УДК 614.84

ПРАКТИКА ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА ПО ВНЕДРЕНИЮ КОМПЛЕКТОВ «ЮНЫЙ САМОСПАСАТЕЛЬ» В НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЕ

А. А. КАЛИНОВА¹, Ж. Ф. ГЕССЕ², А. А. ЛАЗАРЕВ², Т. В. ФРОЛОВА²

¹ Администрация города Иванова Ивановской области
Муниципальное казенное учреждение «УПРАВЛЕНИЕ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ
И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ ГОРОДА ИВАНОВА»

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

E-mail: ankalinova@mail.ru, zhenni.gesse@mail.ru, kgn@edufire37.ru, frolovatanja@mail.ru

Профилактическая работа государственных инспекторов по пожарному надзору с младшими школьниками требует не только особого подхода, но и соответствующего материально-технического обеспечения. В связи с чем, авторами предложены комплекты «Юный спасатель», а также модель проведения профилактических мероприятий органами государственного пожарного надзора с использованием этих комплектов. Данная модель состоит из двух частей: надзорно-профилактической и мотивационной. Предлагается в рамках реализации данной модели использование трех видов профилактической работы.

В статье также описаны результаты эксперимента по внедрению комплектов «Юный спасатель» в начальной школе. Исследование проводилось в 4 группах учеников по 20 человек. Обучающимся по программе начального общего образования был предложен перечень заданий, подлежащих выполнению и позволяющих симитировать некоторые действия при эвакуации. Основное требование, предъявляемое к обучающимся: выполнять каждое задание правильно. Обоснована целесообразность формирования комплектов «Юный спасатель», отличающихся по своему наполнению с учетом возраста обучающихся. Подчеркнуто, что применение комплектов «Юный спасатель» при проведении игр, учений и профилактических мероприятий с учениками начальной школы способствует повышению мотивации к изучению основ пожарной безопасности.

Ключевые слова: государственный пожарный надзор, начальная школа, школьник, пожарная безопасность, комплект «Юный спасатель».

PRACTICE OF INTRODUCTION BY STATE FIRE SUPERVISION BODIES THE «YOUNG SELF-RESCUE» SET IN THE PRIMARY SCHOOL

A. A. KALINOVA¹, Zh. F. GESSE², A. A. LAZAREV², T. V. FROLOVA²

¹ Administration of the Ivanovo city of Ivanovo region Municipal government institution
«DEPARTMENT OF CIVIL DEFENSE AND EMERGENCIES OF THE IVANOVO CITY»

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

E-mail: ankalinova@mail.ru, zhenni.gesse@mail.ru, kgn@edufire37.ru, frolovatanja@mail.ru

The preventive work of state fire inspectors with schoolchild requires not only a special approach, but also appropriate material and technical support. That's why, the authors have proposed the «young self-rescuer» sets and a model for carrying out preventive activities by state fire supervision bodies using these sets. This model consists of two parts: supervisory and preventive and motivational. It is proposed to use three types of preventive work within the framework of this model implementation.

The article also describes the results of an experiment on the introduction of the «young self-rescuer» sets in a primary school. The investigation was carried out in 4 groups of 20 people. Children studied on the program of primary general education were offered a list of tasks to be performed and allowing to simulate some actions during the evacuation. The main requirement for children: to complete each task cor-

rectly. The expediency of the formation of the «young self-rescuer» sets, which differ in their content, taking into account the age of the students, has been substantiated. It is emphasized that the use of the «young self-rescuer» sets during games, exercises and preventive measures with primary school children helps to increase motivation to learn the basics of fire safety.

Key words: state fire supervision, primary school, schoolchild, fire safety, «young self-rescuer» set.

Положениями¹ определено, что органы государственного пожарного надзора (далее – ОФГПН) проводят профилактику пожаров в форме профилактики рисков причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям в области пожарной безопасности в порядке, установленном в Федеральном законе². При осуществлении государственного контроля (надзора) обязательным является проведение профилактических мероприятий, таких как информирование, обобщение правоприменительной практики, объявление предостережения, консультирование (в рамках контрольных (надзорных) мероприятий (далее – КНМ)) и профилактический визит. В рамках проведения профилактических мероприятий особое значение уделяется работе с населением. При этом для обучения мерам пожарной безопасности востребовано и оправдано использование различных методов: устного (лекция, беседа, обсуждение и т.д.), печатного (открытки, буклеты, памятки и т.д.), наглядного (комплект тематических плакатов и фотографий, стенд, уголок безопасности и т.д.) и средствах массовой информации (СМИ) (статья в газете, видеofilm, видеоролик и т.д.). Проблемы проведения профилактической работы по различным направлениям рассматривались многими исследователями [1–7]. Однако, практически отсутствуют исследования практики ОФГПН по проведению соответствующей профилактической работы в начальной школе с применением специальных комплектов.

В докладе заместителя Министра – главного государственного инспектора Российской Федерации по пожарному надзору генерал-лейтенанта внутренней службы А.М. Супруновского (об оперативных сведениях об обстановке с пожарами и их последствиями в Российской Федерации за 2020 год) отмечено, что в 2020 году на территории Российской Федерации зарегистрировано 439100 пожаров (АППГ – 471426), на которых погибло 8262 человека (АППГ – 8559), в том числе 355 несо-

вершеннолетних (АППГ – 406), получили травмы 8439 человек (АППГ – 9461). Отмечается общая положительная динамика по снижению количества пожаров, уменьшению количества погибших и травмированных людей, что условно связано с проведением профилактических работ. Однако, в отдельных субъектах Российской Федерации в 2020 году наблюдался рост количества погибших на пожарах детей, а общее по стране количество пожаров в образовательных организациях приблизилось к отметке «300». Очевидно, что одним из значимых направлений деятельности органов государственного пожарного надзора является именно профилактика гибели детей на пожарах, как одной из уязвимых групп населения. Как показано в работе [8], поведение детей при пожаре определяется несформировавшейся структурой тела, отсутствием необходимого жизненного опыта, особенностями психологического восприятия стрессовых ситуаций.

Ранее нами в работах [9, 10] была описана авторская разработка – комплект «Юный самоспасатель» (Комплект), который можно использовать при проведении профилактических мероприятий, в том числе при проведении учений по эвакуации обучающихся по программе начального общего образования при возникновении пожара, при проведении противопожарной пропаганды. Комплект характеризуется малыми габаритами и по размерам сравним со школьным пеналом. В комплект входят предметы, которые могут пригодиться обучающемуся по программе начального общего образования в процессе или после эвакуации из школы в случае появления признаков возгорания, при поступлении сигнала о пожаре и возникновении других экстремальных ситуаций, требующих быстрых действий. Так, нами проведено психолого-педагогическое исследование, условия проведения которого обеспечивали достоверность результатов не менее 0,9 [11]. Установлено, что наиболее востребованным является использование комплекта «Юный самоспасатель» для обучающихся по программе начального общего образования следующего содержания: информационная карточка обучающегося, носовой платок, небольшая закрытая емкость с водой, светоотражающий элемент, конверт с одноразовыми спиртовыми салфетками, лейкопластырь и

¹ Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

² Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

свисток [9]. Предполагается, что формирование Комплекта обучающимся по программе начального общего образования и ознакомление с его возможностями в использовании должно происходить при непосредственном участии и под контролем взрослых. На основании данных [12] сделан вывод, что предлагаемый к использованию Комплект и его модификации целесообразно использовать при просвещении различных возрастных групп в области безопасности.

Изложенное выше определяет направление и цель дальнейших исследований – проведение натурных экспериментов по моделированию процесса эвакуации обучающихся по программе начального общего образования. В качестве основного метода исследования был выбран метод наблюдения. Для получения результатов в сопоставимых условиях из обучающихся 1, 2, 3 и 4 классов были сформированы 4 испытуемые группы учеников численностью по 20 человек. Обучающимся в игровой форме было предложено выполнять различные задания. При этом наблюдатель фиксировал время выполнения задания по последнему ученику, справившемуся с ним. Основное требование, предъявляемое к обучающимся: выполнять каждое задание правильно. За погрешность принимали величину, равную половине алгебраической разности между максимальным и минимальным показаниями секундомера при измерении временного ин-

тервала продолжительностью 60 с по сигналам точного московского времени (± 1 с). Результаты проводимых расчетов округляли до целого числа.

Определено, что испытуемым группам учеников требуется в среднем 21 с на то, чтобы из положения «сидя за партой» встать, выйти из класса и построиться у входа в класс, держась попарно за руки. Наличие Комплекта в руках у обучающихся при выполнении данного задания практически не оказывает влияния на затрачиваемое время. Следует отметить, что быстрее всех с обоими заданиями справились ученики 1 класса, что, вероятно, связано с величинами площадей горизонтальной проекции детей различного возраста при эвакуации.

На следующем этапе задания были усложнены. Все индивидуальные Комплекты учеников были размещены на первой парте в классе и отличались по цвету и форме. В первом случае от учеников требовалось из положения «сидя за партой» встать, выйти из класса, взяв «персональный» Комплект с парты, и построиться у входа в класс, держась попарно за руки (задание 1). Во втором случае необходимо было выполнить тоже самое задание, однако от учеников требовалось уже взять любой Комплект при выходе из класса (задание 2). Полученные результаты представлены на рис. 1.

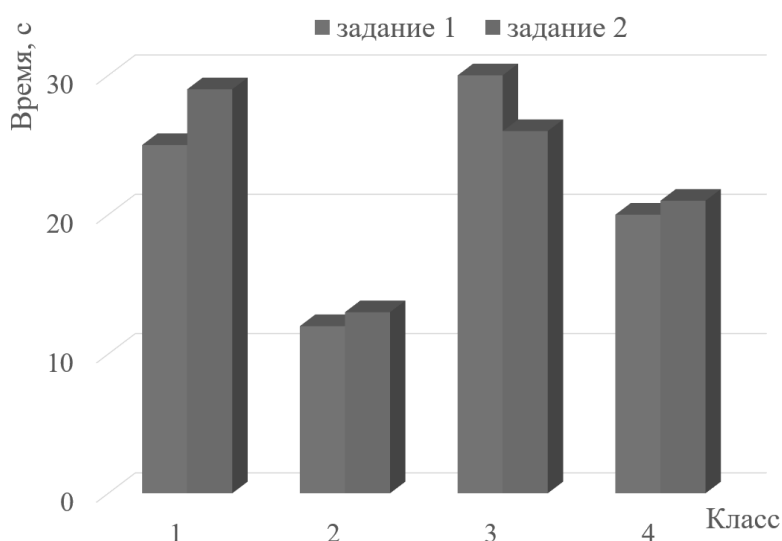


Рис. 1. Время, затрачиваемое на выполнение заданий 1, 2

Из рис. 1 следует, что быстрее всех с заданиями 1 и 2 справились ученики 2 класса. Вместе с тем, у учеников 1 класса на выполнение задания 2 требовалось большее время, чем для выполнения задания 1. Причина за-

ключалась в том, что некоторые ученики 1 класса, подходя к парте с Комплектами, тратили время на выбор Комплекта среди имеющихся по критерию «нравится/не нравится», хотя от них по заданию требовалось взять лю-

бой Комплект с парты. Среднее время выполнения заданий 1, 2 в испытуемых группах составило 22 с и 23 с соответственно.

Как было отмечено выше, в состав опытного образца комплекта «Юный спасатель» входила закрытая емкость с водой и носовой платок. По этой причине нами, учитывая рекомендации, приводимые традиционно в памятках о действиях при пожаре, была смоделирована виртуальная ситуация появления задымления. На партах у учеников находились закрытые емкости с водой и носовые платки. По команде «задымление» ученикам, стоящим у своих парт, необходимо было открыть емкость с водой и смочить носовой платок таким образом, чтобы вода не попала на пол (задание 3). На выполнение задания 3 ученикам требовалось от 18 с до 23 с. Медленнее всех справились с заданием 3 ученики 1 класса. Эксперимент показал, что 50 % учеников 1 класса при выполнении задания 3 пролили на пол воду, для 2, 3, 4 класса эта цифра несколько ниже и составляет 15 %, 30 %, 30 % соответственно.

Как известно, огонь и дым распространяются снизу вверх и в условиях задымления в помещении рекомендуется передвигаться, пригнувшись или ползком. Для детей последнее правило работает в меньшей степени ввиду того, что их рост заметно меньше, чем у взрослого человека. По этой причине ученикам испытуемых групп было предложено выполнить следующие задания:

а) из положения «стоя» парами пройти расстояние длиной 5 метров, держа в руке Комплект (задание 4);

б) из положения «наклонившись» парами пройти расстояние длиной 5 метров, держа в руке Комплект (задание 5).

Среднее время выполнения задания 4 составило 13 с, задания 5–12 с, что говорит об отсутствии принципиального влияния способа передвижения учеников на время выполнения задания. Быстрее всех справились с заданием 4 (11 с) и заданием 5 (10 с) ученики 1 класса.

Безусловно, что абсолютное значение времени выполнения каждого задания в испытуемых группах будет зависеть от многих факторов, в том числе соотношения количества учеников обоих полов, особенностей нервной системы учеников, уровня их физического развития, от наличия признаков утомления/переутомления и т.д. Поэтому для других испытуемых групп 1-4 классов возможно выполнение заданий за время, несколько отличающееся от приведенного в работе. Вместе с тем, результаты натуральных экспериментов по

оценке возможностей использования комплектов «Юный спасатель» в начальной школе, результаты психолого-педагогических исследований позволяют сделать ряд выводов.

Процесс формирования Комплекта в игровой форме играет положительную роль для повышения культуры безопасности не только учеников, но и взрослых – участников этого процесса. Исследование практики внедрения комплектов «Юный спасатель» в начальной школе показывает, что у учеников отмечается повышение мотивации к участию в проведении учений и закреплению порядка действий в случае возникновения пожара.

В испытуемых группах наличие Комплекта в руках у учеников не оказывает влияния (в пределах погрешности) на скорость передвижения учеников и время выполнения предлагаемых заданий. Вместе с тем, при попытках на случай появления задымления открыть емкость с водой и смочить носовой платок от 15 до 50 % учеников в зависимости от класса, проливают воду на пол, что в процессе эвакуации создает дополнительную опасность для движущихся людей поскользнуться из-за наличия находящейся на полу воды. По этой причине, использование учениками 1-4 классов воды из емкости с целью смачивания носового платка для защиты органов дыхания целесообразно ограничить для минимизации дополнительных рисков угрозы жизни или здоровью.

С учетом проведенного исследования разработана модель проведения профилактических мероприятий ОФГПН с использованием комплектов «Юный спасатель» в начальной школе (рис. 2). Модель проведения профилактических мероприятий ОФГПН с использованием комплектов «Юный спасатель» в начальной школе состоит из двух частей: надзорно-профилактической и мотивационной. Первая часть модели предполагает выполнение профилактических мероприятий ОФГПН трех видов: информирование, консультирование и профилактический визит. Консультирование при этом проводится только в рамках определенных КНМ, в зависимости от того, это плановое или внеплановое мероприятие. В мотивационной части модели описаны цель, задачи, условия и принципы проведения профилактических мероприятий ОФГПН с использованием комплектов «Юный спасатель» в начальной школе. Реализация мотивационной части представляется весьма важной, так как при формальном проведении профилактической работы с младшими школьниками уровень подготовленности детей к действиям при пожаре может оказаться весьма низким.



Рис. 2. Модель проведения профилактических мероприятий ОФГПН с использованием комплектов «Юный спасатель» в начальной школе

Таким образом, предлагаемый комплект «Юный спасатель» может быть успешно использован для противопожарной подготовки детей в начальной школе. Модель проведения профилактических мероприятий

ОФГПН с использованием данных комплектов подразумевает задействование трех видов профилактической работы, соответствует требованиям действующего законодательства и может быть рекомендована к применению.

Список литературы

1. Екжанова Е. А. Скрининговые исследования в системе профилактической работы с детьми на начальных этапах обучения в школе // Воспитание и обучение детей с нарушениями развития. 2018. № 7. С. 13–20.
2. Направления деятельности педагога по профилактике компьютерной зависимости младших школьников / М. В. Жукова, Е. Л. Бараш, Е. В. Фролова [и др.] // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2018. № 5. С. 75–90.
3. Колышницына Т. С., Молоков Д. С., Ходырев А. М. Профилактика употребления детьми и подростками психоактивных веществ // Ярославский педагогический вестник. 2017. № 1. С. 52–58.
4. Короткова О. А. Профилактическая работа по преодолению дезадаптации выпускников начальной школы — занковцев в основной школе // Научная перспектива. 2011. № 7. С. 52–54.
5. Котова С. А., Кокина В. А. Профилактика зрительного утомления младших школьников в учебном процессе // Начальная школа. 2021. № 6. С. 45–48.
6. Организация профилактической работы в образовательных учреждениях: проблемы и пути решения / В. Р. Кучма, С. Б. Соколова, И. К. Рапопорт [и др.] // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 1. С. 5–8.
7. Тибеева Л. Ф. Возможности исследовательской деятельности в психокоррекционной работе психолога с младшими школьниками // Ямальский вестник. 2018. № 2 (12). С. 34–37.
8. Эвакуация и поведение людей при пожарах / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин, А. П. Парфененко [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.
9. Калинова А. А., Гессе Ж. Ф., Лазарев А. А. Вариативность наполнения комплекта «Юный спасатель» // Пожарная и техно-сферная безопасность: проблемы и пути совершенствования: научный журнал. Донецк:

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2021. Вып. 2(9). С. 156–161.

10. Гессе Ж. Ф., Лазарев А. А., Фролова Т. В. Комплект «Юный самоспасатель» // Сборник материалов «Есть идея!» XIII Международного салона средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность – 2021». М.: ВНИИПО, 2021. С. 250–251.

11. Дружинин В. Н. Экспериментальная психология. М.: ИНФРА-М, 1997. 256 с.

12. Об игровой форме формирования культуры безопасности / А. А. Калинова, Ж. Ф. Гессе, А. А. Лазарев [и др.] // Актуальные вопросы естествознания: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 225–229.

References

1. Ekzhanova E. A. Skringingovye issledovaniya v sisteme profilakticheskoy raboty s det'mi na nachal'nyh etapah obucheniya v shkole [Screening tests in the system of preventive work with children at the initial stages of schooling]. *Vospitanie i obuchenie detej s narusheniyami razvitiya*, 2018, issue 7, pp. 13–20.

2. Napravleniya deyatel'nosti pedagoga po profilaktike komp'yuternoj zavisimosti mladshih shkol'nikov [Directions of the teacher's activities on the prevention of computer addiction in younger students] / M. V. Zhukova, E. L. Barash, E. V. Frolova [et al.]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 2018, issue 5, pp. 75–90.

3. Kolyshnicyna T. S., Molokov D. S., Hodyrev A. M. Profilaktika upotrebleniya det'mi i podrostkami psihoaktivnyh veshchestv [Prevention of the use of psychoactive substances by children and adolescents]. *Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik*, 2017, issue 1, pp. 52–58.

4. Korotkova O. A. Profilakticheskaya rabota po preodoleniyu dezadaptatsii vypusknikov nachal'noj shkoly - zankovcev v osnovnoj shkole [Preventive work to overcome the maladjustment of primary school graduates — zankovtsev in basic school]. *Nauchnaya perspektiva*, 2011, issue 7, pp. 52–54.

5. Kotova S. A., Kokina V. A. Profilaktika zritel'nogo utomleniya mladshih shkol'nikov v uchebnom processe [Prevention of visual fatigue

in younger schoolchildren in the educational process]. *Nachal'naya shkola*, 2021, issue 6, pp. 45–48.

6. Organizaciya profilakticheskoy raboty v obrazovatel'nyh uchrezhdeniyah: problemy i puti resheniya [Organization of preventive work in educational institutions: problems and solutions] / V. R. Kuchma, S. B. Sokolova, I. K. Rapoport [et al.]. *Gigiya i sanitariya*, 2015, vol. 94, issue 1, pp. 5–8.

7. Tibeeva L. F. Vozmozhnosti issledovatel'skoj deyatel'nosti v psikhokorrekcionnoj rabote psihologa s mladshimi shkol'nikami [The possibilities of research activities in the psychocorrectional work of a psychologist with younger schoolchildren]. *Yamal'skij vestnik*, 2018, vol. 2 (12), pp. 34–37.

8. Evakuaciya i povedenie lyudej pri pozharah [Evacuation and behavior of people in case of fires] / V. V. Holshchevnikov, D. A. Samoshin, A. P. Parfenenko [et al.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015, 262 p.

9. Kalinova A. A., Gesse Zh. F., Lazarev A. A. Variativnost' napolneniya kompleksa «Yunyj samospasatel'» [Variability of filling the set "Young self-rescuer"]. *Pozharnaya i tekhnosfer-naya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya: nauchnyj zhurnal*. Doneck: GOUVPO «Akademiya grazhdanskoj zashchity» MCHS DNR, 2021, vol. 2(9), pp. 156–161.

10. Gesse Zh. F., Lazarev A. A., Frolova T. V. Komplekt «Yunyj samospasatel'» [Set "Young self-rescuer"]. *Sbornik materialov «Est' ideya!» XIII Mezhdunarodnogo salona sredstv obespecheniya bezopasnosti «Kompleksnaya bezopasnost' – 2021»*, М.: ВНИИПО, 2021, pp. 250–251.

11. Druzhinin V. N. *Ekspperimental'naya psihologiya* [Experimental psychology]. М.: ИНФРА-М, 1997, 256 p.

12. Ob igrovoj forme formirovaniya kultury bezopasnosti [On the game form of building a safety culture] / A. A. Kalinova, Zh. F. Gesse, A. A. Lazarev [et al.]. *Aktual'nye voprosy estestvoznaniya: materialy VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2021. pp. 225–229.

Калинова Анна Андреевна

Администрация города Иванова Ивановской области Муниципальное казенное учреждение «УПРАВЛЕНИЕ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ ГОРОДА ИВАНОВА»,

Российская Федерация, г. Иваново

ведущий специалист гражданской обороны

E-mail: ankalinova@mail.ru

Kalinova Anna Andreevna

Administration of the Ivanovo city of Ivanovo region Municipal government institution «DEPARTMENT OF CIVIL DEFENSE AND EMERGENCIES OF THE IVANOVO CITY»,

Russian Federation, Ivanovo

leading civil defense specialist

E-mail: ankalinova@mail.ru

Гессе Женни Фердинандовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук, старший преподаватель

E-mail: zhenni.gesse@mail.ru

Gesse Zhenni Ferdinandovna

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of chemical sciences, senior lecturer

E-mail: zhenni.gesse@mail.ru

Лазарев Александр Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук, доцент

E-mail: kgn@edufire37.ru

Lazarev Alexander Alexandrovich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of pedagogical sciences, associate professor

E-mail: kgn@edufire37.ru

Фролова Татьяна Владиславовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук, старший преподаватель

E-mail: frolovatanja@mail.ru

Frolova Tatiana Vladislavovna

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of chemical sciences, senior lecturer

E-mail: frolovatanja@mail.ru

УДК 692.626

ОБ ИСПЫТАНИЯХ ПЛОЩАДОК ПОЖАРНЫХ НАРУЖНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ МАРШЕВЫХ ЛЕСТНИЦ

А. А. КРАСНОВ¹, В. И. КАРАВАЕВ², Ю. А. ФЁДОРОВ³,
А. Н. ПЕТРОВ¹, Д. Г. СНЕГИРЁВ¹, О. В. ХОНГОРОВА⁴, Л. В. ШАРНИНА¹

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

²Ивановский государственный политехнический университет
(Инженерно-строительный институт)

³Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина
Российская Федерация, г. Иваново

⁴Академия государственной противопожарной службы МЧС России
Российская Федерация, г. Москва

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru, kara-vasya@yandex.ru, iso@ivgpu.com, petrov_a-n@mail.ru,
snegirev.1965@bk.ru, ov.khongorova08@yandex.ru, sharnina51@mail.ru

Пожарные стационарные маршевые лестницы являются неотъемлемой частью любого гражданского или промышленного здания. Они обеспечивают наиболее эффективную и надёжную эвакуацию людей в случае пожаров, катастроф и других чрезвычайных ситуаций. Очевидно, что работоспособность такого рода конструкций зависит от их состояния. Поэтому раз в пять лет каждая из таких лестниц проходит аттестацию, в ходе которой проводят испытания всех элементов этого сооружения, в том числе и лестничных площадок. В работе проводится анализ нормативной литературы в той части, которая касается испытания лестничных площадок, рассматриваются и анализируются устройства для испытания площадок, выявляются их недостатки. Предлагается иной подход к решению задачи испытания лестничной площадки маршевой стационарной пожарной лестницы.

Ключевые слова: испытания, площадки, лестницы, механизмы, гибкие звенья.

TO THE QUESTION OF TESTS OF FIRE OUTDOOR STATIONARY MARCH LADDERS

A. A. KRASNOV¹, V. I. KARAVAEV², Ju. A. FEDOROV³,
A. N. PETROV¹, D. G. SNEGIREV¹, O. V. HONGOROVA*, L. V. SHARNINA¹

¹Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

²Ivanovo State Polytechnical University
(Institute of Civil Engineering)

³Ivanovo State Power University named after V. I. Lenin
Russian Federation, Ivanovo

⁴The Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia
Russian Federation, Moscow

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru, kara-vasya@yandex.ru, iso@ivgpu.com, petrov_a-n@mail.ru,
snegirev.1965@bk.ru, ov.khongorova08@yandex.ru, sharnina51@mail.ru

Firefighters fixed flight ladders are an integral part of any civil or industrial building. They provide the most efficient and reliable evacuation of people in the event of fires, disasters and other emergencies. Obviously, the efficiency of such structures depends on their condition. Therefore, every five years, each of these stairs undergoes certification, during which they test milestones of this structure, including landings. The paper analyzes the normative literature in the part that concerns the testing of staircases, considers and analyzes devices for testing platforms, identifies their shortcomings. A fundamentally different device is proposed and analyzed for solving the problem of testing the landing of a stationary marching fire ladder.

Key words: tests, platforms, stairs, mechanisms, flexible links.

Любая строительная конструкция с очевидностью должна удовлетворять всем критериям надёжности, с одной стороны, с другой её себестоимость должна быть, при условии выполнения первого условия, минимальной. Также очевидно, что со временем любое техническое сооружение утрачивает свои свойства, и потому требуется регулярная их диагностика на предмет сохранения конструкций своими параметрами.

Всё сказанное выше в полной мере относится к пожарным маршевым стационарным лестницам. И поэтому, все эти устройства подвергаются испытаниям, периодичность и методика которых регламентируются ГОСТ Р 53254-2009¹ и нормами пожарной безопасности НПБ 245-2001². Испытаниям подвергаются все элементы лестницы – ограждения, ступени, струны и площадки.

Проведём анализ этих документов, в той части, которая касается тестирования площадок пожарных лестниц. Они предлагают следующую методику проведения испытаний. Перед испытаниями площадки измеряется её площадь S , затем определяется величина контрольной нагрузки, которая рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{плоч}} = \frac{S \cdot K_2 \cdot K_3}{X \cdot K_4}, \quad (1)$$

где K_2 – сила, оказываемая на площадку одним человеком, принимаемой равной **1200 Н. (120 кгс)**; K_3 – коэффициент запаса прочности, принимается равным **1,5**; K_4 – площадь проекции человека на горизонтальную поверхность, принимается равной **0,5 м²**; X – количество балок, с помощью которых площадка крепится к стене.

Далее, согласно ГОСТ Р 53254-2009, на верхнюю грань площадки вдоль наружного края устанавливается тонкая траверса, длина которой несколько больше длины площадки, и к концам траверсы с помощью тросов закрепляется динамометр, лебёдка и контрольный груз. Согласно НПБ 245-2001, на верхнюю грань площадки вдоль внешнего края размещают трос петли, к которой затем также с помощью тросов закрепляется динамометр, лебёдка и контрольный груз. Потом контрольный груз приподнимается с помощью лебёдки над поверхностью Земли, площадка нагружается и

выдерживается под нагрузкой 2 минуты. Затем документируется величина контрольного груза, остаточные прогибы несущих балок, состояние сварных швов после испытания и состояние стены в области заделки несущих балок.

Анализ содержания текстов ГОСТ Р 53254-2009 и НПБ 245-2001 показывает, что они включают две параномии.

Первая заключается в том, что согласно п. 6.2.12, ГОСТ Р 53254-2009 и п.4.12 НПБ 245-2001, при испытаниях площадок лестниц к ним должна прикладываться распределённая нагрузка. В содержаниях этих пунктов не говорится о типе и о параметрах распределённой нагрузки, но, очевидно, что речь в данном случае должна идти о равномерно распределённых поверхностных силах, так как испытываются не только балки, но и настил площадки. Это подтверждается методикой испытания и содержанием формулы (1), которое и определяет величину этих поверхностных сил в 2400 Н/м² (240 кгс/м²). Если говорить обывательским языком, то площадка должна выдержать нагрузку, равную весу того количества людей, которые смогут на ней разместиться, с учётом того, что площадь, занимаемая каждым из них, принимается равным 0,5 м², а вес равным 120 кгс. Именно такие распределённые поверхностные силы, с учётом коэффициентов запаса прочности, должны были бы быть рекомендованы ГОСТ Р 53254-2009 и НПБ 245-2001 для испытателей. Однако, далее распределённые поверхностные силы с помощью формулы (1) сводятся к одной равнодействующей силе, которая в ходе испытания с помощью тросовой системы преобразуется в систему из двух сосредоточенных непараллельных сил, приложенных к концам траверсы (ГОСТ Р 53254-2009), либо непосредственно к двум точкам площадки её внешней её грани с помощью петли из тросов (НПБ 245-2001).

Очевидно, тонкая траверса (и тем более трос) не способна распределить две сосредоточенные силы по поверхности площадки. И, кроме того, также очевидно, что жёсткость траверсы существенно влияет на распределение нагрузки вдоль зоны её контакта с площадкой. Поэтому площадка нагружена либо двумя сосредоточенными силами, приложенными к внешним углам площадки, либо линейно распределённой силой, интенсивность которой зависит от соотношений жёсткостей траверсы и несущих балок площадки. (Следует упомянуть здесь, что жёсткость траверсы ограничивается, в частности, массой, которую испытатель способен многократно поднимать на площадке.)

Таким образом, траверса вместе с площадкой лестницы образует раму, дефор-

¹ Техника пожарная. Лестницы пожарные наружные стационарные. Ограждения кровли. Общие технические требования. Методы испытаний. ГОСТ Р 53254-2009. М.:Стандартинформ. 2009. 14 с.

² Лестницы пожарные наружные стационарные. Ограждения кровли. Общие технические требования. Методы испытаний. НПБ 245-2001. 11 с.

мация отдельных составляющих которой зависит от их количества, типов соединений между ними и от вида её (рамы) нагружения.

Анализ такой механической системы показывает, что эквивалентной замены сосредоточенного веса контрольного груза на распределённую нагрузку при регламентированном ГОСТами способе нагружения площадки, с точки зрения деформаций её несущих частей и настила и величин реакций в заделках, в совокупности, нет.

Следовательно, к результатам испытаний, проведённых методом, определённым в ГОСТ Р 53254-2009 и НПБ 245-2001, следует относиться как к весьма приближённым.

Второе противоречие в рассматриваемых документах ГОСТ Р 53254-2009 и НПБ 245-2001 заключается в том, что величина равнодействующей равномерно распределённой нагрузки делится в формуле (1) на количество балок, с помощью которых лестница закреплена на стене, т.е. контрольная нагрузка приводится к одной балке и именно она, согласно ГОСТ Р 53254-2009 и НПБ 245-2001, равна величине контрольного груза. Иными словами, при таком способе расчёта величины контрольного груза, ко всей площадке, соответственно ко всем её несущим балкам, в ходе испытаний прикладывается нагрузка, которую обязана выдерживать не вся площадка, а всего одна балка, что явно противоречит здравому смыслу. Учитывая сказанное, можно считать ошибочным учёт количества балок при расчёте величины равнодействующего контрольного груза, а результаты испытаний при наличии нескольких несущих балок в конструкции площадки принципиально неверными.

Таким образом, анализ параномий в документах ГОСТ Р 53254-2009 и НПБ 245-2001 показывает, что по результатам испытаний лестничных площадок согласно предлагаемому регламенту нельзя сделать достоверных выводов об их состоянии, так как: величина прикладываемых нагрузок и способы их приложения приводят к неадекватным требованиям к балкам; и невозможно сделать никаких выводов о состоянии настилов этих площадок, так как к ним не прикладываются никаких нагрузок вообще.

Практика испытания площадок пожарных стационарных лестниц, отражённая в фото и видео материалах, размещённых в сетях интернета, например, (Рис. 1), показывает существенное отклонение и от нормативных требований – зачастую петля троса располагается не на передней грани площадки, а по её средней части, что по сути дела также снижает достоверность результатов испытаний, приводящих к неверной оценке параметров лестнич-

ной площадки. В этом случае остаётся по-прежнему не нагруженными и настил площадки и её передняя, наиболее удалённая, часть, которая наиболее подвержена деформации при эксплуатации и коррозии.

Поиск видеоматериалов, посвящённых испытанию лестничных площадок, привёл к обнаружению в сетях интернета восьми минутного ролика с фрагментами испытания лестничной площадки путём приложения к ней распределённой нагрузки, которая представляет собой набор грузов, размещённых на площадке (рис. 2)³ [1]. К достоинствам такого способа следует отнести нагружение площадки действительно распределёнными силами. Но к очевидным его недостаткам следует отнести большую трудоёмкость при подъёме грузов на высоту, неравномерность получаемой распределённой нагрузки, и, самое главное, нарушение техники безопасности, п.4.4 НПБ 245-2001, при проведении таких работ. Конечно, указанный пункт формально запрещает при нагружении площадки находиться под ней. Однако, логика этого пункта запрещает находиться испытателю и на самой площадке.



Рис. 1. Испытание площадки наружной пожарной маршевой лестницы

³ Испытания пожарных лестниц. Уч. фильм. Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Самарской области. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=EQd4eUA3diQ> (Дата обращения 10.08.2021).



Рис. 2. Испытание площадки наружной пожарной стационарной лестницы распределённой нагрузкой

Таким образом, создание устройств и способов нагружения лестничных площадок распределёнными нагрузками является актуальной проблемой, которая сводится к задаче создания и приложения распределённых усилий к настилу площадки. При этом должны соблюдаться условия: расчётное значение распределённой нагрузки, которое определяется в 2400 Н/м^2 ; распределённая нагрузка должна быть направлена вертикально вниз; в зоне возможного падения площадки и элементов лестницы, а также на площадке во время испытаний не должно находиться испытателей и посторонних лиц.

Анализ способов и устройств нагружения конструкций распределёнными нагрузками показывает, что подобные задачи встречаются в различных отраслях техники [1], например в текстильное машиностроении, в авиастроении, в строительстве и т.п.⁴ При решении этих задач реализуются различные подходы, которые диктуются конкретными условиями.

Например, для испытания строительных конструкций в виде поверхностей предлагается устройство, содержащее грузы, создающие необходимое усилие за счёт собственного веса, стойки, с которыми связана кинематически станина и с которой взаимодействуют толкатели, связанные тросами с грузами, и которые опираются на исследуемую поверхность посредством самоустанавливающихся опор [2].

Это стационарное устройство невозможно применить к решению задачи испытаний площадок пожарных лестниц, так как она, задача, требует от подобных устройств хорошей мобильности.

Следовательно, проблема создания устройств для испытания площадок пожарных

стационарных лестниц остаётся открытой. И для её решения можно предложить использование механизма с гибкими звеньями, принципиальная структурная схема которого показана на рис. 3.

Механизм представляет собой стойку, устанавливаемую непосредственно на поверхность площадки, содержащую элементы поступательных кинематических пар, сопряжённых с элементами поступательных пар толкателей, которые включают самоустанавливающиеся опоры, взаимодействующие с поверхностью исследуемой площадки, и ступенчатые блоки, образующие вращательные кинематические пары с толкателями, и которые образуют кинематические пары огибания с гибкими звеньями, концы которых жёстко закреплены на этих блоках, а гибкие звенья, соединённые с блоками крайних толкателей соединены с контрольным грузом. К достоинствам этого устройства относится то, что оно с одной стороны способно нагружать площадку распределёнными поверхностными силами, невзирая на отклонения формы площадки от плоскости, с другой, детали его могут быть выполнены из немассивного материала, что существенно облегчает его перевозку и использование.

Простейший силовой анализ данного механизма, при котором пренебрегают размерами толкателей и стойки, не учитываются силы тяжести, действующие на звенья, трение в кинематических парах, упругость твёрдых и гибких звеньев, а также внутренние горизонтальные силы, которые при симметрии механизма уравновешены (рис. 4), сводится к решению системы алгебраических уравнений [5]:

$$\begin{cases} N - 2 \cdot T_1 \cdot \sin(\alpha_1) = 0; \\ N + T_1 \cdot \sin(\alpha_1) - T_2 \cdot \sin(\alpha_2) = 0; \\ N + T_2 \cdot \sin(\alpha_2) - F = 0; \\ -T_1 \cdot r_2 + T_2 \cdot R_2 = 0; \\ -T_2 \cdot r_3 + F \cdot R_3 = 0, \end{cases} \quad (2)$$

где $N=N_1=N_2=N_3$ – вертикальные реакции в толкателях; $T_1=T_{12}=T_{21}$ – натяжение гибкого звена в первой зоне (Рис.4); $T_2=T_{32}=T_{23}$ – натяжение гибкого звена во второй зоне (Рис.4); R_2, r_2, R_3, r_3 – радиусы соответствующих ступенчатых блоков.

Решение системы уравнений (2) приводит к условию, выполнение которого обеспечивает для данного механизма эквивалентную замену исходной системы из двух сосредоточенных сил на систему из пяти параллельных сил:

$$2 \cdot \frac{R_2}{r_2} \cdot \sin(\alpha_1) = \sin(\alpha_2) - \frac{R_2}{r_2} \cdot \sin(\alpha_1) = \frac{r_3}{R_3} - \sin(\alpha_2) \quad (3)$$

⁴ Нагрузочные устройства для создания статических воздействий. URL: <https://infopedia.su/9xc75.html>. (Дата обращения 12.08.2021/)

Таким образом, при заданных параметрах площадки и контрольного груза теоретически всегда можно подобрать число и параметры толкателей, чтобы обеспечить заданное значение нагрузки, которая максимально

была бы приближена к величине требуемой распределённой силе. При значительных поперечных размерах площадки можно устанавливать на площадке параллельно друг другу два, три и более такого рода механизмов.

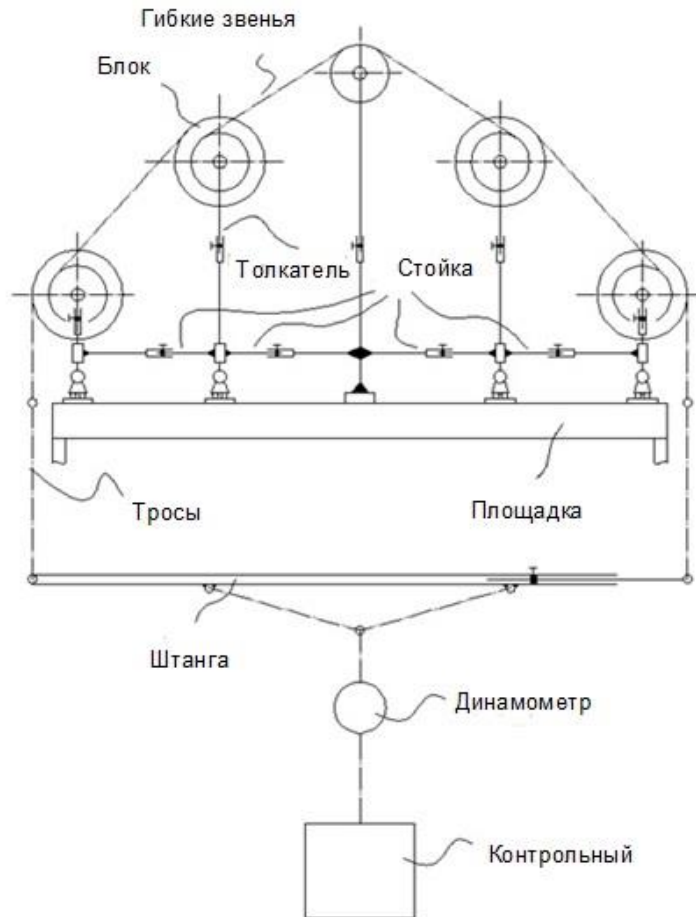


Рис.3. Устройство для испытания площадок пожарных стационарных маршевых лестниц

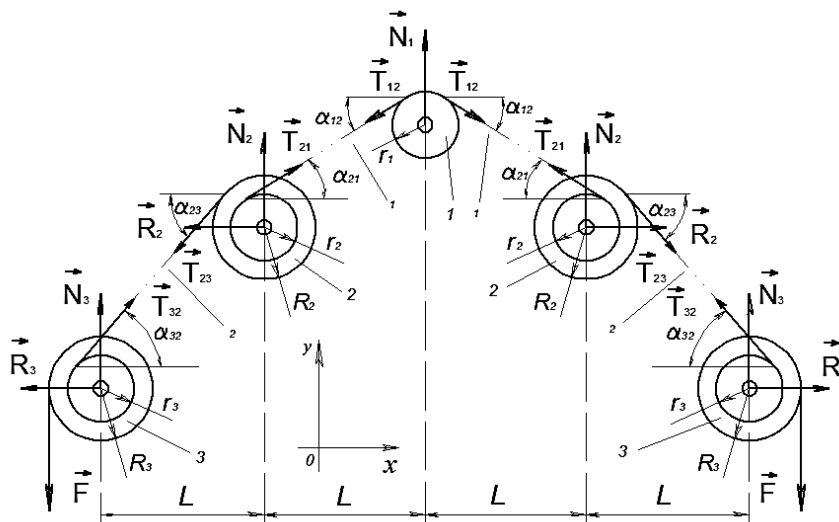


Рис.4. Простейший силовой анализ механизма нагружения лестничной площадки пожарной маршевой лестницы

Достоинством этого устройства является также то, что его собственный вес может составлять незначительную часть от веса контрольного груза, что обеспечивает безопасность испытателей при установке механизмов на площадке. Устройство проходит процедуру патентования.

Выводы

1. Показана противоречивость документов, регламентирующих испытания лестниц по отношению к испытаниям лестничных площа-

док. Показана ошибочность учёта количества балок при определении величины контрольной нагрузки.

2. Предложено устройство и способ испытания площадок наружных пожарных лестниц, которые обеспечивают условия испытаний согласно духу госта ГОСТ Р 53254-2009.

3. Получено условие, при котором механизм, включающий пять толкателей, обеспечивает эквивалентное преобразование двух сосредоточенных сил в систему из пяти параллельных равных сил.

Список литературы

1. Бельцов В. М. Технологическое оборудование отделочных фабрик текстильной промышленности: учебник для вузов. Л.: Машиностроение, 1974. 296 с.

2. Патент 380977 А.С. СССР G01M 5/00. Устройство для испытаний строительных конструкций / И. Е. Прокопович, В. Н. Фролов; опубл. 15.05.1973, Бюл. № 21.

3. Краснов А. А., Караваев В. И. Об эквивалентном преобразовании сосредоточенных сил в почти распределённую нагрузку с помощью простейших механизмов. Инженерные и социальные системы // Сборник научных трудов института архитектуры, строительства и транспорта ИВГПУ. Вып. 6. Иваново, ИВГПУ. 2021. С. 280–287.

References

1. Bel'czov V. M. *Technologicheskoe oborudovanie otdelochny'x fabrik tekstil'noj promy'shennosti: uchebnik dlya vuzov* [Technological equipment for finishing factories in the textile industry. Textbook for universities]. L.: Mashinostroenie, 1974, 296 p.

2. Prokopovich I. E., Frolov V. N. *Ustrojstvo dlya ispy'tanij stroitel'ny'x konstrukcij* [Structural Testing Device], Patent A. S. SSSR 380977 G01M 5/00, opubl. 15.05.1973, Byul. № 21.

3. Krasnov A. A., Karavaev V. I. *Ob e'kvivalentnom preobrazovanii sosredotochenny'x sil v pochti raspredelyonnuyu nagruzku s pomosh'h'yu prostejshix mexanizmov. Inzhenerny'e i social'ny'e sistemy* [About the equivalent transformation of concentrated forces into an almost distributed load using the simplest mechanisms]. *Sbornik nauchny'x trudov instituta arkhitektury, stroitel'stva i transporta IVGPU*. vol. 6. Ivanovo, IVGPU. 2021, pp. 280–287.

Краснов Александр Алексеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры естественнонаучных дисциплин.

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

Krasnov Aleksandr Alekseevich

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

Russian Federation, Ivanovo

doctor of technical Sciences, associate Professor, the Professor of unit

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

Караваев Василий Иванович

Ивановский государственный политехнический университет (Инженерно-строительный институт)

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент, доцент.

E-mail: kara-vasya@yandex.ru

Karavaev Vasiliy Ivanovich

Ivanovo State Polytechnical University (Institute of Civil Engineering)
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: kara-vasya@yandex.ru

Фёдоров Юрий Александрович

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент, доцент.
E-mail: iso@ivgpu.com

Fedorov Yuriy Aleksandrovich

Ivanovo State Power University named after V. I. Lenin
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: iso@ivgpu.com

Петров Александр Николаевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, доцент, доцент
E-mail: petrov_a-n@mail.ru

Petrov Aleksandr Nikolaevich

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

Снегирёв Дмитрий Геннадьевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент, доцент
E-mail: snegirev.1965@bk.ru

Snegirev Dmitriy Gennadiyevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: snegirev.1965@bk.ru

Хонгорова Ольга Викторовна

Академия государственной противопожарной службы МЧС России
Российская Федерация, г. Москва
кандидат физико-математических наук, доцент
E-mail: ov.khongorova08@yandex.ru

Hongorova Olga Viktorovna

The Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia
Russian Federation, Moscow
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ov.khongorova08@yandex.ru

Шарнина Любовь Викторовна

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

профессор, доктор технических наук, профессор

E-mail: sharnina51@mail.ru

Sharnina Liubov Victorovna

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

Russian Federation, Ivanovo

professor, doctor of technical sciences , Professor

E-mail: sharnina51@mail.ru

УДК 614.84

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ОГNETУШАЩИХ СВОЙСТВ ПЕН С ЦЕЛЕВЫМИ ДОБАВКАМИ

Н. Ш. ЛЕБЕДЕВА, Н. А. ТАРАТАНОВ

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

Вода как средство пожаротушения имеет множество недостатков (высокая текучесть, высокий коэффициент поверхностного натяжения, и как следствие – низкая смачиваемость поверхности). Использование в огнетушащих составах поверхностно-активных веществ решает эти проблемы, но приводит к увеличению экологической нагрузки. Поэтому мировой тренд в области разработки огнетушащих составов направлен не только на увеличение эффективности средства, но и уменьшение негативных экологических последствий при его применении. Повышение стабильности пен — это актуальная научная и практическая задача, решение которой позволяет увеличить скорость тушения, уменьшить расход огнетушащего состава и уменьшить экологическую нагрузку от ПАВ, входящего в огнетушащий состав. В статье доказано, что введение частиц кремнезема в огнетушащие составы способствует уменьшению времени тушения, повышая показатель эффективности тушения. Определяющими кратность пены и эффективность тушения параметрами частиц являются удельная поверхность, диаметры микро-, мезопор и диаметр частиц, удельная поверхность частиц и гидрофобность.

Ключевые слова: наночастицы, диоксид кремния, интенсивность разрушения, огнетушащие составы, пенообразователь.

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND FIRE EXTINGUISHING PROPERTIES OF FOAMS WITH TARGETED ADDITIVES

N. Sh. LEBEDEVA, N. A. TARATANOV

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

Water as a fire extinguishing agent has many disadvantages (high fluidity, high coefficient of surface tension, and as a consequence — low wettability of the surface). The use of surfactants in fire extinguishing compounds solves these problems, but leads to an increase in the environmental burden. Therefore, the global trend in the development of extinguishing agents is aimed not only at increasing the effectiveness of the product, but also reducing the negative environmental consequences when using it. Increasing the stability of foams is an actual scientific and practical task, the solution of which allows to increase the extinguishing speed, reduce the consumption of extinguishing agent and reduce the environmental load from surfactants included in the extinguishing agent. The article proves that the introduction of silica particles into fire extinguishing compounds helps to reduce the extinguishing time, increasing the extinguishing efficiency. The specific surface area, diameters of micro-, mesopore and particle diameter, specific surface area of particles and hydrophobicity are the parameters determining the multiplicity of foam and the quenching efficiency of particles.

Key words: nanoparticles, silicon dioxide, destruction intensity, fire extinguishing agents, foaming agents.

Каждый год в борьбе с пожарами используют миллионы тонн огнетушащих составов. Вода – экологически безопасное средство пожаротушения. Она может охлаждать нагретые, горящие поверхности, испаряясь создавать своеобразную завесу, в некоторой степени препятствующую попаданию воздуха в зону горения. При этом вода имеет множество недостатков, как средство пожаротушения (высокая текучесть, высокий коэффициент поверхностного натяжения, и как следствие – низкая смачиваемость поверхности). Использование в огнетушащих составах поверхностно-активных веществ решает эти проблемы, но приводит к увеличению экологической нагрузки. Катионные, анионные поверхностно-активные вещества (ПАВ) оказывают вредное воздействие на человека, растения и животных. Поэтому мировой тренд в области разработки огнетушащих составов направлен не только на увеличение эффективности средства, но и уменьшение негативных экологических последствий при его применении.

Существует несколько подходов к разработке новых экологически безопасных составов для пожаротушения, это и природные белковые композиции [1], составы на основе минерального сырья [2]. Основным их недостатком – высокая себестоимость. Альтернативный вариант снижения экологической нагрузки и/или увеличения обретающей способности предложен группой авторов из Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России [3-5]. Он заключается в ведении в огнетушащие составы нано- или микрочастиц SiO_2 . Ранее на примере огнетушащего состава 6 % раствор ПО-6ТС было показано, что введение частиц кремнезема способствует повышению устойчивости пены и снижению времени тушения на 30-50 % [6]. В предыдущих работах мы анализировали влияние на эффективность тушения (устойчивость пен) таких факторов как: 1) текстурные характеристики, вносимых в огнетушащий состав частиц SiO_2 (удельная поверхность, пористость, средний диаметр пор) [4-6], 2) количество в масс%, вносимых частиц SiO_2 [4-6]. Все перечисленные параметры оказывают влияние на кратность пены и эффективность тушения. Целью данной работы является оценка влияния на свойства огнетушащего состава еще одного показателя частиц SiO_2 – степени гидрофобности, а также построения многопараметровой корреляционной зависимости, позволяющей оценить какие из рассматриваемых параметров частиц, являются доминирующими. Это позволит осуществлять целенаправленный научно-обоснованный выбор целевых добавок к огнетушащим составам.

1. Оценка гидрофобно/гидрофильного характера частиц

Известно [7, 8], что мелкие твердые частицы способны адсорбироваться на границе раздела жидкость-газ и, таким образом, стабилизировать пену. В частности, в случае частиц кремнезема ключевым параметром, влияющим на адсорбцию, является краевой угол θ на границе раздела (рис. 2). Этот угол увеличивается с ростом гидрофобности частицы; если частица гидрофобна, угол θ увеличивается, и частицы стремятся оставаться в воздухе с максимальным отталкиванием от воды. Степень гидрофобности/гидрофильности частиц определяется удельным количеством поверхностных групп, способных связывать и удерживать воду, а также от адсорбционной способности, которая зависит от удельной поверхности, количества сорбционных центров, формы и размеров пор. По данным [9] кристаллические формы диоксида кремния в основном состоят из одинаковых структурных элементов – тетраэдров SiO_2 , которые расположены в трехмерной структуре упорядоченным образом. Поверхность аморфного кремнезема имеет очень сложное строение. Аморфный кремнезем также состоит из тетраэдров SiO_2 , но они не образуют сетки параллельных плоскостей в его трехмерной структуре, а отдельные тетраэдры или совокупности тетраэдров SiO_2 ориентированы в пространстве случайным образом. По данным Снайдера [10] на поверхности кремнезема в различных соотношениях может находиться 5 видов групп (рис. 1): а) силанольная (связанная) вода – свободные, отдельно стоящие ОН-группы; б) физически связанная вода – молекулы воды, имеющие водородные связи с силанольными группами; в) дегидратированные оксиды – силоксановые группы; г) близнецовые (геминальные) группы ОН, связанные с одним атомом кремния; д) реакционноспособные вцинальные группы ОН, преобладающие в тонкопористых кремнеземах – соседние, близко расположенные ОН-группы, связанные между собой водородной связью [10].

Соответственно, степень гидрофильности будет симбатна, т.е. при увеличении количества ОН-групп, увеличивается и степень гидрофильности части поверхности. Образцы кремнезёмов были проанализированы термogravиметрически. Все исследованные образцы аморфного кремнезема демонстрируют схожее термохимическое поведение. В качестве примера на рис. 3. представлена типичная термограмма кремнезема 40/100.

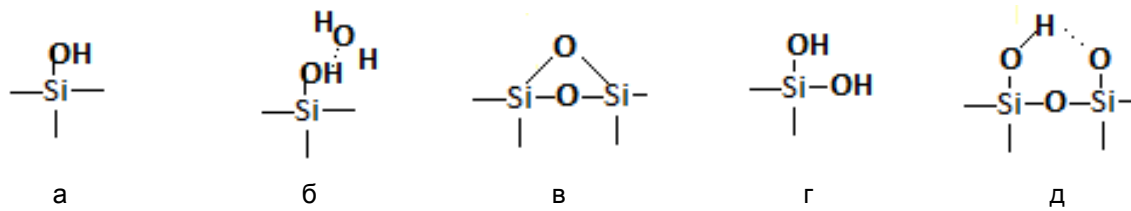


Рис. 1. Схема гидратации поверхности частиц кремнезема [10]

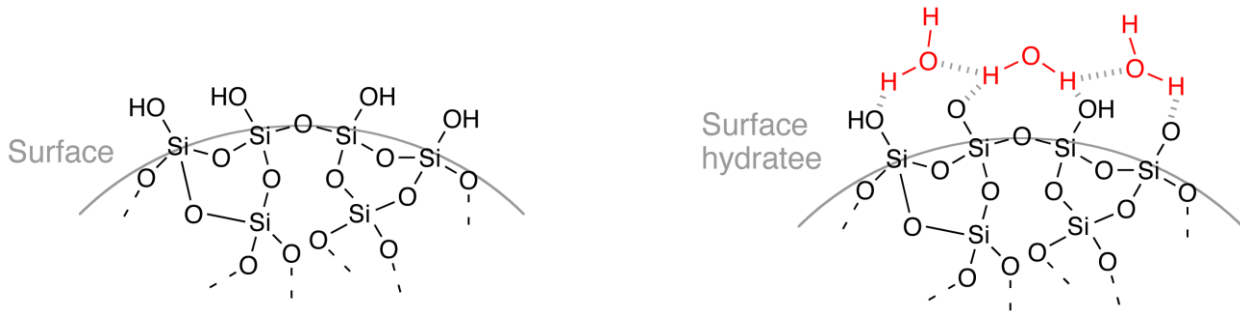


Рис. 2. Схематичное представление гидратированной поверхности частицы кремнезема [11]

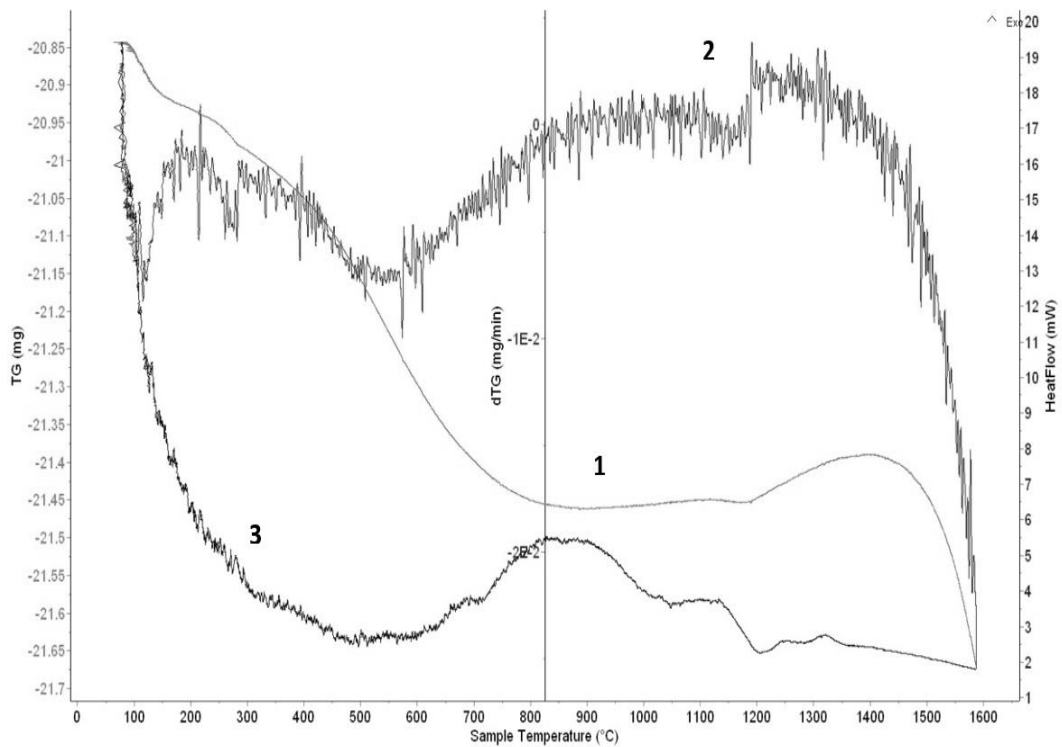


Рис. 3. Типичная термограмма получаемого кремнезема
1 – TG (изменение массы), 2 – dTG (скорость изменения массы), 3 – тепловой поток

На полученных термограммах явно прослеживаются поэтапная термическая дегидратации исследуемых образцов. На первом этапе до 145 °С удаляется слабосвязанная адсорбированная вода, изменение энтальпии испарения которой составляет около 30–45 кДж·моль⁻¹.

Следующий, более высокотемпературный этап от 150 до 200°С, характеризуется значительно большим изменением энтальпии при испарении воды. Регистрируемые изменения позволяют заключить, что на данном этапе происходит удаление воды, связанной в порах, и стабили-

зированной водородными связями. Следующий этап связан с удалением так называемой «внутренней» воды, которая образуется в ходе реакции дегидратации соседних близко расположенных ОН-групп. По некоторым данным полностью гидрофобной поверхности частиц кремнеземов с учетом превращения силанольных групп в силоксановые можно добиться нагревом до 1200°C [12, 13]. В ходе исследования было установлено, что для формирования гидрофобных частиц исследуемых образцов кремнеземов происходит до температуры

1000°C, что находит отражение на характере кривой TG — отражающий постоянство массы образца на данном участке.

В качестве меры гидрофильности принята характеристика % содержания десорбированной воды в температурном интервале 150–1000°C.

В табл. 1 приведены полученные значения степени гидрофобности, отнесенные с учетом доли поверхности, а также полученные ранее текстурные характеристики образцов кремнеземов.

Таблица 1. Основные текстурные параметры частиц кремнеземов

d, размер частиц (SiO ₂) _n , нм	d1, гидродинамический диаметр, нм	**S уд м ² /г	Диаметр, нм		V, Объем пор см ³ /г	H, гидрофобность
			Микропор d2	Мезопор d3		
30-60	292	335	1,7	6,616	0,605	0,03
30-60	487	451	3,0	23,071	1,075	0,11
40-100	1355	280	1,5	11,636	0,875	0,10
100-200	2467	334	2,5	8,664	0,605	0,07
100-250	3057	335	1,7	7,745	0,655	0,06

*с темплатом;

** площадь удельной поверхности определена по методу Брунауэра, Эммета и Теллера, по основанному на теории полимолекулярной адсорбции.

Следующим этапом работы являлась оценка влияния добавок частиц кремнеземов на физико-химические свойства огнетушащего состава, полученного внесением 0,1гр частиц в 1л раствора пенообразователя (ПО-6ЦТ), из которого в дальнейшем был приготовлен 6% рабочий раствор, который подавался в генератор пены средней кратности (ГПП-1).

Кратность пены (K_п) вычисляли по формуле:

$$K_{п} = \frac{V}{m}, \quad (1)$$

где:

V – объем собранной пены, дм³;
m – масса собранной пены, кг.

Таблица 2. Влияния добавок кремнеземов на кратность 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	[4-6]
2.	6% раствор ПО-6ТС с наноразмерным диоксидом кремния 30-60 нм	36,75	1,164	31,57	[4-6]
3.	6% раствор ПО-6ТС с добавлением наноразмерного диоксида кремния с модифицированной поверхностью 30-60нм	36,75	1,153	31,87	[4-6]
4	рабочий раствор ПО-6ТС с добавлением кремнезема 40-100 нм	36,75	1,165	31,54	
5	6% раствор ПО-6ТС с добавлением кремнезема 100-200нм	36,75	1,160	31,68	
6	6% раствор ПО-6ТС с добавлением кремнезема 100-250 нм	36,75	1,163	31,60	

Исследования определения эффективности тушения горючей жидкости проводили на установке, описанной ранее [4–6].

Процесс тушения характеризуется следующими параметрами:

Время тушения (τ_T) – время от момента подачи пены на поверхность жидкости, до момента прекращения горения.

Интенсивность подачи (J) – количество раствора пенообразователя, подаваемое на 1 м² площади пожара в секунду. Так как плотность рабочего раствора пенообразователя практически не отличается от плотности воды, а масса воздуха в пене ничтожно мала, то можно считать, что 1 кг пены соответствует 1 л раствора. Поэтому получаемое по формуле (2) значение интенсивности подачи имеет размерность л/(м²·с).

$$I_{\Pi} = \frac{m_0 - m_1}{S_{\Pi} \cdot \tau_T}, \text{ л/(м}^2 \cdot \text{с)} \quad (2)$$

где:

m_0 – масса раствора пенообразователя до начала эксперимента, кг;

m_1 – масса не израсходованного раствора пенообразователя, кг;

S_{Π} – площадь пожара, м²;

τ_T – время тушения, с.

Удельный расход ($q_{уд}$) – количество раствора пенообразователя, израсходованного за время тушения на 1 м²:

$$q_{уд} = I_{\Pi} \cdot \tau_T, \text{ л/м}^2 \quad (3)$$

где:

I_{Π} – интенсивность подачи, л/(м²·с);

τ_T – время тушения, с.

Время тушения зависит от соотношения интенсивностей подачи и разрушение пены. Если они равны, то тушение не достигается, т.е. $\tau_T = \infty$. Такая интенсивность подачи называется критической ($J_{кр}$).

Интенсивность подачи, при которой удельный расход пенообразователя минимален, считается оптимальной ($J_{опт}$). Обычно $J_{опт} = (2 \div 3) J_{кр}$ в зависимости от состава пенообразователя, вида горючей жидкости, параметров пены и др.

Эффективность применяемого пенообразователя, способа подачи пены можно оценить с помощью показателя эффективности тушения ($\Pi_{э.т.}$):

$$\Pi_{э.т.} = \frac{1}{I_{\Pi} \cdot \tau_T^2} \quad (4)$$

В качестве примера представим результаты, полученные для огнетушащего состава на основе 6%-го раствор ПО-6ТС и состава на основе 6%-го раствор ПО-6ТС с добавлением кремнезема (0,1 г на 1 л раствора пенообразователя), полученного по технологии золь-гель синтеза (табл. 3)

Таблица 3. Влияние добавок кремнезема на эффективность тушения пены

№ п/п	Концентрация водного раствора пенообразователя, об %	m_0 , кг	m_1 , кг	τ_T , с	I_{Π} , л/(м ² ·с)	$q_{уд}$, л/м ²	$\Pi_{э.т.}$
1.	6% раствор ПО-6ТС	4,260	3,861	6	0,739	4,43	0,038
2.	6% раствор ПО-6ТС с наноразмерным диоксидом кремния 30-60 нм	4,282	4,031	3,8	0,733	2,79	0,094
3.	6% раствор ПО-6ТС с добавлением наноразмерного диоксида кремния с модифицированной поверхностью 30-60 нм	4,275	4,086	2,86	0,734	2,09	0,167
4	рабочий раствор ПО-6ТС с добавлением кремнезема 40-100 нм	4,282	4,083	2,78	0,584	0,21	0,221
5	6% раствор ПО-6ТС с добавлением кремнезема 100-200 нм	4,281	4,061	2,8	0,641	0,23	0,199
6	6% раствор ПО-6ТС с добавлением кремнезема 100-250 нм	4,275	4,068	2,84	0,595	0,21	0,208

Очевидно, внесение добавок кремнезема в огнетушащий состав увеличивает устойчивость пены, сокращает время и существенно сокращает время тушения. При этом

линейной корреляционной зависимости между анализируемыми функциями (K_{Π} , τ_T , $\Pi_{э.т.}$), что физико-химические параметрами вносимых

добавок (размер, частиц, $S_{уд}$, гидродинамический диаметр, размер и объем пор, гидрофобность) нет, очевидно, что эта зависимость носит многопараметровый характер. В соответствии с рекомендациями [14] перед проведением корреляционного анализа, функция y_i ($K_{п}$ или $\tau_{т}$ или $\Pi_{э,т}$) и переменные x_{ij} (d , $d1$, $S_{уд}$, $d2$, $d3$, V , H) нормировались по формулам:

$$y_i = \frac{y_i - \bar{y}_i}{S_{y_i}} \quad X_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_{ij}}{S_{x_{ij}}}, \quad (5)$$

где S_{y_i} и $S_{x_{ij}}$ – стандартные отклонения функции и переменных, вычислялись по уравнению:

$$S_{x_{ij}} = \sqrt{\frac{\sum (X_{ij} - \bar{X}_{ij})^2}{m-1}}. \quad (6)$$

Построение множественной регрессии с использованием нормированных переменных имеет неоспоримые преимущества. В отличие от обычных коэффициентов регрессии, выраженных в натуральном масштабе, стандартизированные коэффициенты можно непосредственно сравнивать друг с другом. По коэффициентам можно судить об интенсивности влияния изменений отдельных переменных x_{ij} на изменение функции y_i . Стандартизированные коэффициенты множественной регрессии показывают, на какую часть стандартного отклонения изменилось бы среднее значение зави-

симой переменной, если бы значение соответствующей объясняющей переменной увеличилось бы на стандартное отклонение, а прочие переменные остались без изменения. Благодаря тому, что все нормированные переменные выражены в сравнимых единицах измерения, стандартизированные коэффициенты регрессии показывают сравнительную силу влияния каждой переменной на изменение функции.

Статистическая обработка данных была проведена по программе мультилинейного регрессионного анализа. Степень влияния факторов на отклик оценивалась величиной коэффициента множественной корреляции (R) и дисперсией адекватности ($S_{ад}$). Нормированные величины приведены в табл. 4.

Исходя из полученных нормированных переменных была построена матрица парных коэффициентов корреляций (табл. 5).

Судя по полученным парным коэффициентам наибольшее влияние на показатель эффективности тушения оказывают такие параметры частиц как диаметр, гидродинамический радиус, удельная поверхность и гидрофобность. В связи с взаимной зависимостью диаметра и гидродинамического радиуса исключаем гидродинамический диаметр частиц из анализа. Также для построения корреляционной зависимости исключаются менее значимые параметры частиц диаметр микро- и мезопор, объем пор.

Таблица 4. Нормированные физико-химические параметры добавок кремнеземов и нормированные функции кратности пены, времени тушения и показателя эффективности тушения

№ п/п	размер частиц SO ₂ , нм	Нормированные величины							
		$\Pi_{э,т}$	d	$d1$	$S_{уд}$	$d2$	$d3$	V	H
1	30-60	-32,334	-0,0138	-0,0008	-0,0030	-0,9223	-0,1096	-3,6856	-42,7184
2.	30-60*	-4,1671	-0,0138	-0,0007	0,0264	2,2330	0,2563	7,2778	34,9515
3.	40-100	16,6686	-0,0072	-0,0001	-0,0170	-1,4078	0,0020	2,6125	25,2427
4.	100-200	8,1800	0,0141	0,0006	-0,0033	1,0194	-0,0641	-3,6856	-3,8835
5.	100-250	11,6526	0,0208	0,0010	-0,0030	-0,9223	-0,0845	-2,5192	-13,5922

*с темплатом

Таблица 5. Матрица парных коэффициентов корреляций

	Пэ.т	d	d1	S уд	d2	d3	V	H
Пэ.т	1							
d	0,579371	1						
d1	0,70359	0,984191	1					
S уд	-0,28554	-0,29886	-0,3698	1				
d2	-0,04376	-0,12581	-0,1848	0,85748	1			
d3	0,085429	-0,48324	-0,44464	0,792697	0,735166	1		
V	0,192065	-0,54818	-0,46122	0,580699	0,48307	0,945373	1	
H	0,598894	-0,20205	-0,08206	0,341255	0,466019	0,811823	0,874341	1

Проведенный таким образом корреляционный анализ величин, представленных в табл. 4 позволил описать зависимость пара-

метра эффективности тушения от свойств вносимых в огнетушащий состав частиц уравнением множественной регрессии:

$$P_{э.т.} = (767 \pm 87) \cdot d + (-371 \pm 50) \cdot S_{уд} + (0,48 \pm 0,02) \cdot H. \quad (R^2=0,995)$$

Все параметры являются значимыми, исключение любого из корреляционного уравнения приводит к неудовлетворительному описанию показателя эффективности тушения. Увеличение радиуса частиц и их гидрофобности благоприятно сказывается на эффективности тушения, в то время как увеличение

удельной поверхности оказалось негативным фактором.

Аналогичная математическая процедура позволила удовлетворительно ($R^2=0,995$) описать зависимость параметра кратности пены от свойств частиц кремнезема следующим уравнением множественной регрессии:

$$K_{п.} = (153 \pm 71) \cdot S_{уд} + (2,63 \pm 0,65) \cdot d_2 + (9,78 \pm 5,81) \cdot d_3.$$

В результате проведенных исследований было доказано, что введение частиц кремнезема в огнетушащие составы способствует уменьшению времени тушения, повышает показатель эффективности тушения.

Определяющими кратность пены и эффективность тушения параметрами частиц являются удельная поверхность, диаметры микро-, мезопор и диаметр частиц, удельная поверхность частиц и гидрофобность, соответственно.

Список литературы

1. Review of the Environmental Characteristics of Fire Extinguishing Substances of Different Composition used for Fires Extinguishing of Various Classes V. Loboichenko, V. Strelets, M. Gurbanova [et al.]. Journal of Engineering and Applied Sciences, 2019, vol. 14, issue 16, pp. 5925–5941.

2. Investigation of performance properties of novel composite fire-extinguishing powders based on mineral raw materials. L. Gurchumelia [et al.]. WIT Transactions on Engineering Sciences, 2009, vol. 64, 337 p.

3. Патент 2471527 Российская Федерация RU 2471527 С2. Способ приготовления средства для тушения пожара и сорбирования нефтепродуктов / О. В. Потемкина, И. А. Малый, Н. Ш. Лебедева, Ю. А. Щепочкина, М. В. Акулова; опублик. 10.01.2013. Бюл. № 1.

4. Таратанов Н. А., Лебедева Н. Ш., Потемкина О. В. Способ модификации наноразмерного диоксида кремния для создания огнетушащих составов двойного назначения // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2016. №1. С. 66–70.

5. Таратанов Н. А., Лебедева Н. Ш. Экологически безопасные добавки к огнетушащим средствам, повышающие устойчивость пены // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 4(33). С. 61–73.

6. Влияние добавок кремнезема различной гидрофобности на устойчивость пен для пожаротушения / Н. Ш. Лебедева, Н. А. Таратанов, Е. В. Баранова [и др.]. // Перспективные материалы. 2017. № 5. С. 45–55.

7. Binks B. P. Particles as surfactants-similarities and differences // Current Opinion in

Colloid and Interface Science (COCIS), 2002, Vol. 7, № 1–2, pp. 21–41.

8. Vignati E., Piazza R., Lockhart T. P. Pickering emulsions: Interfacial tension, colloidal layer morphology, and trapped-particle motion, *Langmuir*, 2003, Vol. 19, pp. 6650–6656.

9. Химия привитых поверхностных соединений / Г. В. Лисичкин, А. Ю. Фадеев, А. А. Сердан [и др.]. // М.: Физматлит, 2003. 592 с.

10. Snyder L. R., Ward J. W. The surface structure of porous silicas. *The Journal of Physical Chemistry*. 1966. vol. 70. №. 12. pp. 3941–3952.

11. Opal. Silica mineral [Электронный ресурс] URL: <https://owly.wiki/en/Opal/> (дата обращения: 26.10.2021).

12. Huang W. L., Liang K. M., Gu S. R. Effect of HCl in a two-step sol-gel process using TEOS. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 1999, vol. 258, pp. 234–238.

13. Pajonk G. M. Some applications of silica aerogels. *Colloid and Polymer Science*, 2003, vol. 281, pp. 637–651.

14. Ферстер Э., Ренц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа: Руководство для экономистов. М.: Финансы и статистика, 1983, 302 с.

References

1. Review of the Environmental Characteristics of Fire Extinguishing Substances of Different Composition used for Fires Extinguishing of Various Classes. V. Loboichenko, V. Strelets, M. Gurbanova [et al.]. // *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2019, Vol. 14, №. 16, pp. 5925–5941.

2. Investigation of performance properties of novel composite fire-extinguishing powders based on mineral raw materials. L. Gurchumelia [et al.]. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, 2009, Vol. 64, 337 p.

3. Potemkina O. V., Maly I. A., Lebedeva N. Sh., Shchepochkina Yu. A., Akulova M. V. Sposob prigotovleniya sredstva dlya tusheniya pozhara i sorbirovaniya nefteproduktov [Method of preparation of a fire extinguishing agent and sorption of petroleum products], Patent 2471527 Rossijskaja Federacija RU 2471527 C2. opubl. 10.01.2013, byulleten No. 1.

4. Taratanov N. A., Lebedeva N. Sh., Potemkina O. V. Sposob modifikacii nanorazmernogo

dioksida kremniya dlya sozdaniya ognetchashhix sostavov dvojnogo naznacheniya [A method for modifying nanoscale silicon dioxide to create dual-purpose fire extinguishing compounds]. *Pozhary` i chrezvy`chajny`e situacii: predotvrashhenie, likvidaciya*, 2016, №1, pp. 66–70.

5. Taratanov N. A., Lebedeva N. Sh. E`kologicheski bezopasny`e dobavki k ognetchashhim sredstvam, pov`shayushhie ustojchivost` peny [Environmentally friendly additives to fire extinguishing agents that increase foam stability]. *Sovremennyy`e problemy` grazhdanskoj zashhity*, 2019, № 4 (33), pp. 61–73.

6. Vlijanie dobavok kremnezemov razlichnoj gidrofobnosti na ustojchivost` peny dlya pozharotusheniya [Effect of silica additives of different hydrophobicity on the stability of fire fighting foams] / N. Sh. Lebedeva, N. A. Taratanov, E. V. Barinova [et al.]. *Perspektivnye materialy*, 2017, issue 5, pp. 45–55.

7. Binks B. P. Particles as surfactants-similarities and differences // *Current Opinion in Colloid and Interface Science (COCIS)*, 2002, Vol. 7, issue 1–2, pp. 21–41.

8. Vignati E., Piazza R., Lockhart T.P. Pickering emulsions: Interfacial tension, colloidal layer morphology, and trapped-particle motion, *Langmuir*, 2003, Vol. 19, pp. 6650–6656.

9. *Ximiya privity`x poverxnostny`x soedinenij* [Chemistry of grafted surface compounds] / G. V. Lisichkin, A. Yu. Fadeev, A. A. Serdan, [et al.]. М.: Физматлит, 2003. 592 p.

10. Snyder L. R., Ward J. W. The surface structure of porous silicas. *The Journal of Physical Chemistry*, 1966, vol. 70, issue 12, pp. 3941–3952.

11. Opal. Silica mineral [E`lektronny`j resurs] URL: <https://owly.wiki/en/Opal/> (data obrashheniya: 26.10.2021).

12. Huang W. L., Liang K. M., Gu S. R. Effect of HCl in a two-step sol-gel process using TEOS. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 1999, vol. 258, pp. 234–238.

13. Pajonk G. M. Some applications of silica aerogels. *Colloid and Polymer Science*, 2003, vol. 281, pp. 637–651.

14. Ferster E., Rencz B. *Metody` korrelyacionnogo i regressionnogo analiza: Rukovodstvo dlya e`konomistov* [Methods of correlation and regression analysis: A Guide for Economists]. М.: Финансы` i statistika, 1983, 302 p.

Лебедева Наталья Шамильевна

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

Lebedeva Natalia Shamilevna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Professor head of Department
E-mail: nat.lebede2011@yandex.ru

Таратанов Николай Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, доцент кафедры
E-mail: taratanov_n@mail.ru

Taratanov Nikolay Alexandrovich

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

УДК 614.849

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПОЖАРОВ В РЕГИОНЕ

А. Н. ПЕТРОВ

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

Адекватное прогнозирование пожарной обстановки является необходимым условием для принятия своевременных и качественных управленческих решений, направленных на обеспечение пожарной безопасности региона необходимыми ресурсами. Актуальной и перспективной задачей является разработка математической модели, позволяющей обеспечить процесс управления пожарной безопасностью информацией о ежемесячном количестве пожаров в регионе на плановый период до 12 месяцев, с точностью, приемлемой для практического использования

Впервые в отечественной практике предложено использовать для прогнозирования ежемесячного количества пожаров в регионе математическую модель ARIMA. На примере Ивановской области проведена спецификация, параметризация и верификация модели ARIMA. Показано, что предложенная модель ARIMA (0,1,1) (0,1,1) позволяет с относительной ошибкой менее 11 % прогнозировать ежемесячное количество пожаров в Ивановской области на перспективу до 11 месяцев.

Результаты работы могут использоваться региональными органами МЧС России.

Ключевые слова: пожары, пожарная безопасность региона, временной ряд, математическая модель, прогнозирование.

FORECASTING THE NUMBER OF FIRES IN THE REGION

A. N. PETROV

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

Adequate forecasting of the fire situation is a prerequisite for making timely and high-quality management decisions aimed at ensuring the fire safety of the region with the necessary resources. An urgent and promising task is the development of a mathematical model that makes it possible to provide the fire safety management process with information on the monthly number of fires in the region for a planned period of up to 12 months, with an accuracy acceptable for practical use.

For the first time in domestic practice, it is proposed to use the ARIMA mathematical model to predict the monthly number of fires in the region. On the example of the Ivanovo region, the specification, parameterization and verification of the ARIMA model were carried out. It is shown that the proposed ARIMA (0,1,1) (0,1,1) model makes it possible, with a relative error of less than 11 %, to predict the monthly number of fires in the Ivanovo region for up to 11 months.

The results of the work can be used by the regional bodies of the EMERCOM of Russia.

Key words: fires, regional fire safety, time series, mathematical model, forecasting.

Введение

В настоящее время не только в России, но и во всем мире возникает большое количество чрезвычайных ситуаций, среди которых пожары занимают лидирующие позиции. По-

жар наносит не только большой материальный ущерб, но и невосполнимые потери человеческих жизней. Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства.

В статье 3 Федерального закона «О пожарной безопасности»¹ указано, что «Система обеспечения пожарной безопасности — совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ». Таким образом, одной из основных функций системы обеспечения пожарной безопасности региона является готовность в кратчайшие сроки ликвидировать возникшие пожары.

Это достигается, в том числе, за счет применения современных технологий прогнозирования и тушения пожаров. Адекватное прогнозирование пожарной обстановки является необходимым условием для принятия качественных управленческих решений, направленных на обеспечение пожарной безопасности необходимыми ресурсами.

В современной отечественной литературе сложилось два принципиально разных определения понятия «прогнозирование пожаров». Первое: согласно «ГОСТ Р 22.1.02-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения» под прогнозированием пожаров подразумевается определение вероятности возникновения и динамики развития пожаров. Второе: с точки зрения прогностики (науки о законах и способах разработки прогнозов) — это разработка научно обоснованного суждения [1] о количестве пожаров, которое может произойти на анализируемой территории за определенный интервал времени в будущем. Это суждение хотя и носит вероятностный характер, должно обладать определенной степенью достоверности [2].

В настоящей работе будем придерживаться второго определения. Вопросам прогнозирования числа пожаров необходимо уделять особое внимание, так как от правильности оценки количества чрезвычайной ситуации на плановый период будет зависеть своевременное принятие необходимых мер для их тушения, защиты населения и других мероприятий. В плане обеспечения пожарной безопасности цель прогноза количества пожаров в регионе состоит не в том, чтобы он исполнился, а в том, чтобы обеспечить противопожарные службы необходимыми ресурсами в достаточном количестве для тушения прогнозируемого количества пожаров.

Проведенный анализ работ отечественных авторов [3], опубликованных за по-

следние 10 лет и посвященных прогнозированию количества пожаров в регионе, показал, что большинство авторов публикуют прогнозы годового количества пожаров в регионах на горизонт прогнозирования 1–2 года. В работе [4] показано, что наибольший интерес в информационном обеспечении управления пожарной безопасностью региона представляет временной ряд ежемесячного количества пожаров в регионе. Необходимость составления прогноза пожаров на период до 12 месяцев обусловлена решением задач планирования обеспечения подразделений ГПС МЧС России, решением кадровых вопросов, определением режимов несения службы. В работе [4] показано, что немногочисленные работы отечественных авторов, опубликованные за последние 10 лет и посвященные прогнозированию ежемесячного количества пожаров в регионах, используют математические модели, позволяющие получать прогнозы на следующий месяц с относительной ошибкой 10–13 %, а на второй месяц — 14–90 %.

На основании вышеизложенного можно заключить, что в отечественной литературе предлагаются модели, неспособные в полной мере обеспечить информационные потребности управления пожарной безопасностью региона в прогнозировании ежемесячного количества пожаров по точности (относительная ошибка до 10 %) и горизонту прогнозирования (до года).

Целью работы является разработка математической модели, позволяющей с приемлемой для практического использования точностью (относительная ошибка прогноза не должна превышать 10 %) обеспечить процесс управления пожарной безопасностью информацией о ежемесячном количестве пожаров в регионе на плановый период до 12 месяцев.

Спецификация модели

На рис. 1 приведена динамика ежемесячного количества пожаров в Ивановской области с 2009 по 2019 год. Рисунок построен на основе официальных статистических данных, опубликованных ВНИИПО² за 10 лет.

Основным элементом информационной базы построения прогноза количества пожаров на территории региона служит временной ряд количества пожаров достаточной длины. Анализируемый отрезок временного ряда может рассматриваться как частная реализация (выборка) изучаемого стохастического процесса, генерируемого скрытым вероятностным меха-

¹ Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «О пожарной безопасности».

² Пожары и пожарная безопасность: статистический сборник / под общ. ред. В. И. Климкина. М.: ВНИИПО (2010–2019).

низмом. Практическое изучение временного ряда предполагает выявление свойств ряда и

получение выводов о вероятностном механизме, порождающем этот ряд.

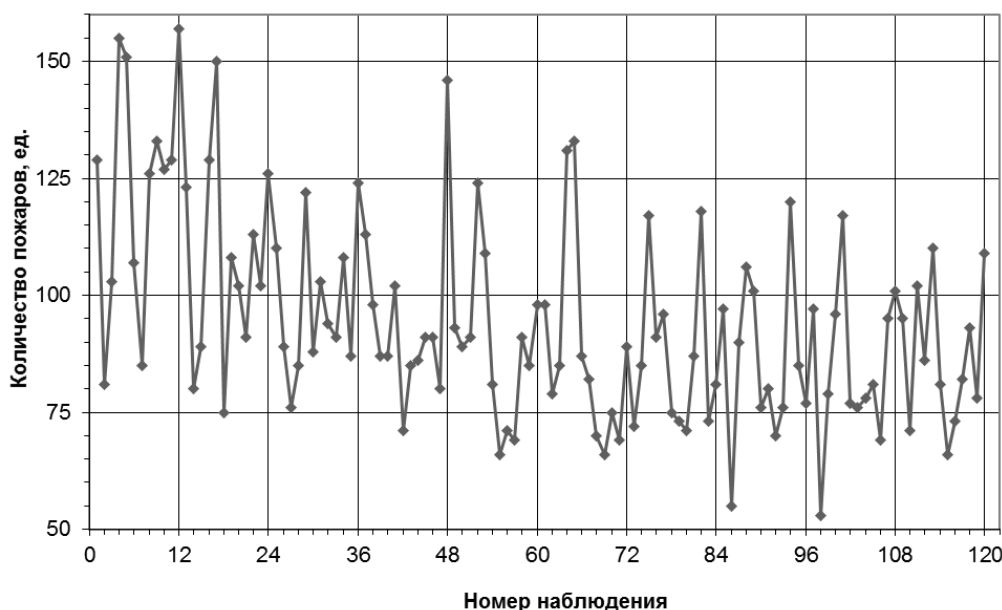


Рис. 1. Динамика ежемесячного количества пожаров в Ивановской области за 10 лет

В общем случае временной ряд представляет собой суперпозицию пяти компонентов [1, 2]:

1. Тренд – плавно изменяющаяся, не циклическая компонента, описывающая чистое влияние долговременных факторов, эффект которых сказывается постепенно.

2. Сезонная компонента временного ряда описывает поведение, изменяющееся регулярно в течение заданного периода. Она состоит из последовательности почти повторяющихся циклов.

3. Циклическая компонента временного ряда описывает относительно длительные периоды подъема и спада. Она состоит из циклов, которые меняются по амплитуде и протяженности.

4. Автокорреляция – корреляция временного ряда с самим собой. Возникает тогда, когда каждое соседнее значение имеет корреляционную связь с предыдущим.

5. Случайная компонента.

Задача анализа состоит в выявлении первых четырех факторов, нейтрализации их эффекта и построении модели, наилучшим образом описывающей временной ряд.

Стационарность является важной характеристикой временных рядов. Временной ряд является стационарным [2, 5], если его статистические свойства не изменяются со временем. Другими словами, ряд имеет постоянное математическое ожидание, а дисперсия и ковариация не зависят от времени. Боль-

шинство временных рядов реальных процессов не являются стационарными, но можно преобразовать, чтобы сделать стационарными. Простейшей математической моделью стационарного временного ряда является «белый шум» [2, 5], т.е. случайный процесс, в котором в разные моменты времени значения независимы и распределены одинаково.

Если нестационарность временного ряда установлена, то необходимо выделить и удалить нестационарную составляющую ряда. Процесс удаления тренда и других компонент ряда, приводящих к нарушению стационарности, проходит в несколько этапов.

Проведенный анализ динамики ежемесячного количества пожаров в Ивановской области за десятилетний период показал [6], что он не является стационарным, а представляет собой комбинацию четырех составляющих: тренда, сезонной, циклической и случайной компоненты. Для прогнозирования подобных временных рядов в мировой практике широко используется модель ARIMA (англ. autoregressive integrated moving average), разработанная Дж. Боксом и Г. Дженкинсом в 1976 году [7].

Спецификация модели

Модель ARIMA представляет значения временного ряда, наблюдаемые в данный момент, в виде конечной линейной комбинации предыдущих значений самого ряда и линейной

комбинации значений временного ряда с независимыми значениями. Фактически она объединяет три модели. Формальное определение модели ARIMA имеет следующий вид:

модель авторегрессии (AR) порядка p :

$$\begin{aligned} x_n &= f_1 x_{n-1} + \dots + f_p x_{n-p} + a_n, \quad n \geq p, \\ x_0 &= a_0, \\ x_1 &= f_1 x_0 + a_1, \\ &\dots \\ x_p &= f_1 x_{p-1} + \dots + f_p a_0 + a_p, \end{aligned}$$

где x_n – уровень временного ряда, f_1, \dots, f_p – параметры модели, s^2 – дисперсия белого шума;

модель скользящего среднего (MA) порядка q определяется, как:

$$\begin{aligned} x_n &= a_n - t_1 a_{n-1} - \dots - t_q a_{n-q}, \quad n \geq q, \\ x_0 &= a_0, \\ x_1 &= a_1 - t_1 a_1, \\ &\dots \\ x_q &= a_q - t_1 a_{q-1} - \dots - t_q a_0, \end{aligned}$$

где t_1, \dots, t_q – константы (параметры модели), s^2 – дисперсия белого шума, которая также является параметром модели;

модель ARIMA:

$$x_n = f_1 x_{n-1} + \dots + f_p x_{n-p} + a_n - t_1 a_{n-1} - \dots - t_q a_{n-q}.$$

Методология построения модели ARIMA (рис. 2) для исследуемого временного ряда включает следующие основные этапы [3, 7]:

- преобразование анализируемого нестационарного временного ряда в стационарный (блоки 1–3);
- идентификацию начальной модели (блок 4);
- оценивание параметров модели и проверка ее адекватности (блоки 5–6);
- использование модели для прогнозирования (блок 7).

Модель ARIMA имеет 6 типов параметров (p, d, q) (P_s, D_s, Q_s), часть из которых необходимо определить априори на основании статистического анализа изучаемого временного ряда:

- p - параметр авторегрессии,
- P_s - сезонный параметр авторегрессии,
- d - порядок конечной разности,
- D_s - сезонная конечная разность,
- q - параметр скользящего среднего,
- Q_s - сезонный параметр скользящего среднего.



Рис. 2. Укрупненная структурная схема алгоритма построения модели ARIMA

На первом этапе построения модели ARIMA проводилось преобразование нестационарного исходного временного ряда в стационарный: вариация ряда уменьшилась путем

логарифмирования уровней ряда; устранение тренда, сезонной и циклической компоненты осуществлялось применением оператора взятия последовательных разностей, тем самым

определялось значение параметра d - порядка

разности.

Далее проводилась идентификация базовой модели (блок 4). Смысл идентификации базовой модели состоит в том, чтобы указать, какие параметры и в каком количестве входят в модель. Поскольку в анализируемом временном ряду автокорреляция не обнаружена [6], начальную модель можно записать в виде:

$$\text{ARIMA}(0,1,1)(0,1,1). \quad (1)$$

Параметризация модели

Оценивание параметров указанной модели проводилось с помощью универсального статистического пакета STATISTICA 6.1.

Оценить возможности полученной модели для прогнозирования ежемесячного количества пожаров в регионе можно только путем сопоставления прогнозных и фактических значений уровней временного ряда. Для этой цели временной ряд построения модели был сокращен до 108 наблюдений (на 12 месяцев), а на оставшиеся месяцы был сделан прогноз.

Результаты оценивания параметров модели (1) по 108 наблюдениям приведены на рис. 3. Расчеты проводились методом максимального правдоподобия.

Параметр	Парам.	Асимпт. Ст.ошиб.	Асимпт. t(93)	p	Нижняя 95% дов.	Верхняя 95% дов.
q(1)	0,947511	0,035604	26,61239	0,000000	0,876809	1,018214
Qs(1)	0,541278	0,144472	3,74659	0,000311	0,254385	0,828170

Рис. 3. Результаты оценивания параметров модели

Проведенные расчеты показали (рис. 3), что параметры полученной модели ARIMA статистически значимы на уровне значимости 0,0003.

Верификация модели

Без оценки адекватности модели нельзя доверять прогнозу, построенному с ее помощью. Проверка полученной модели на адекватность (блок 6) осуществлялась статистическим анализом остатков полученной модели. Остатки представляют собой разности наблюдаемого временного ряда и значений, вычисленных по модели.

При формализации модели ARIMA выдвигались две гипотезы:

- остатки нормально распределены;
- остатки независимы друг от друга, т.е. между ними нет остаточной корреляции.

Для верификации полученной конкретной модели необходимо подтвердить справедливость обеих гипотез. Нормальный вероят-

ностный график остатков (рис. 4) обеспечивает быстрый способ визуальной проверки того, в какой мере распределение остатков подчиняется нормальному закону. Если остатки имеют распределение, отличное от нормального, то точки на графике будут существенно отклоняться от прямой [5]. На рис. 4 видно, что такого не происходит.

Теперь рассмотрим выполнение второй гипотезы – остатки независимы друг от друга. Независимость остатков можно проверить с помощью графика автокорреляционной функции остатков модели (рис. 5).

На рис. 5 видно, что численные значения коэффициентов корреляции не выходят за пределы доверительного интервала для белого шума. Исключением является лаг 13, для которого коэффициент корреляции равен +0,248. Это значение незначительно превышает границу доверительного интервала. Полученные результаты подтверждают адекватность построенной модели ARIMA (0,1,1)(0,1,1).

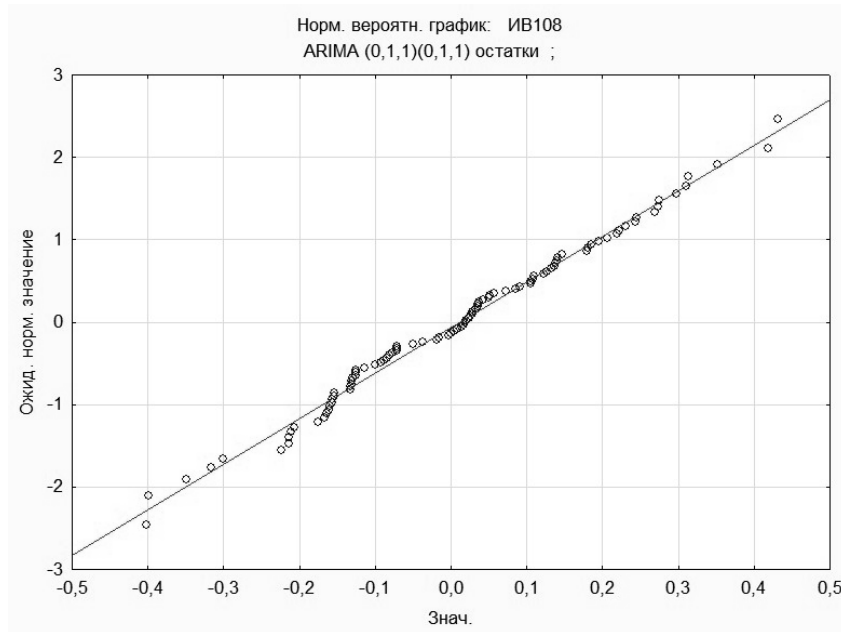


Рис. 4. Нормальный вероятностный график остатков

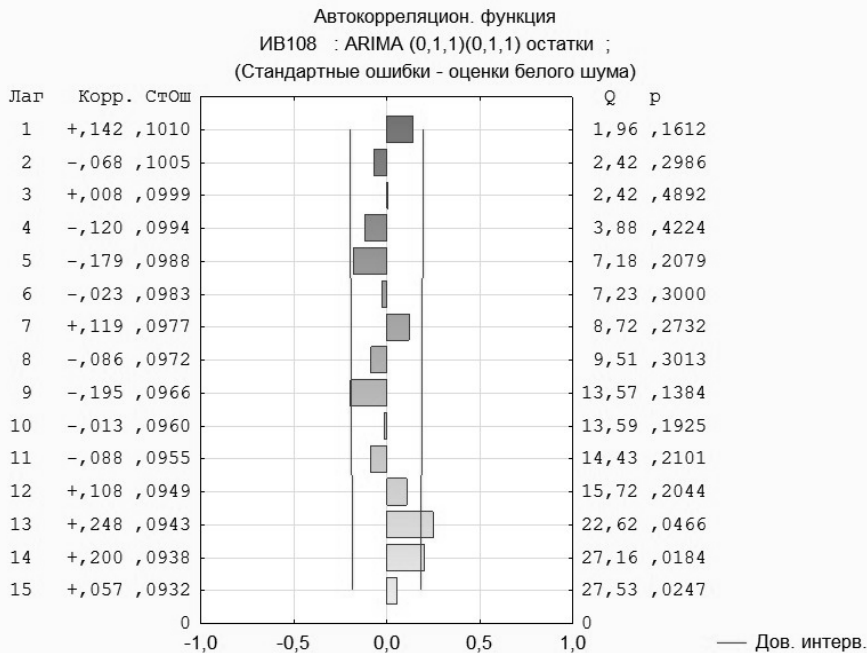


Рис. 5. График автокорреляционной функции остатков модели

Результаты прогнозирования

После выполнения всех этапов 1-6 алгоритма построения модели (рис. 2), можно приступить к построению прогноза. Результаты точечного прогнозирования ежемесячного количества пожаров в Ивановской области по

модели ARIMA (0,1,1) (0,1,1) на перспективу до 12 месяцев приведены на рис. 6.

О точности полученного прогноза можно судить по численному значению относительной ошибки прогноза ежемесячного количества пожаров в регионе на горизонт прогнозирования 12 месяцев (рис. 7).

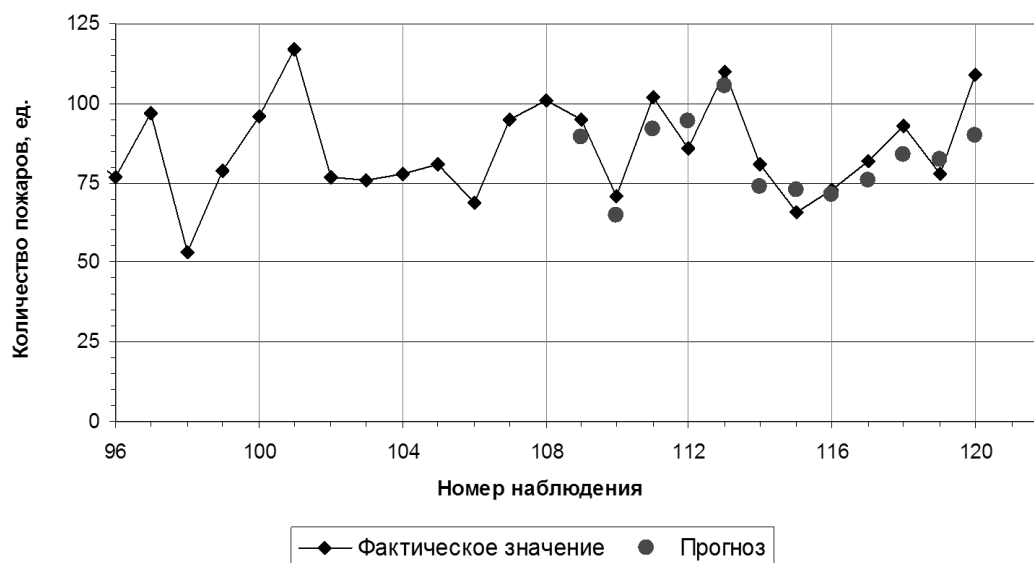


Рис. 6. Фактическое значение и прогноз ежемесячного количества пожаров в Ивановской области

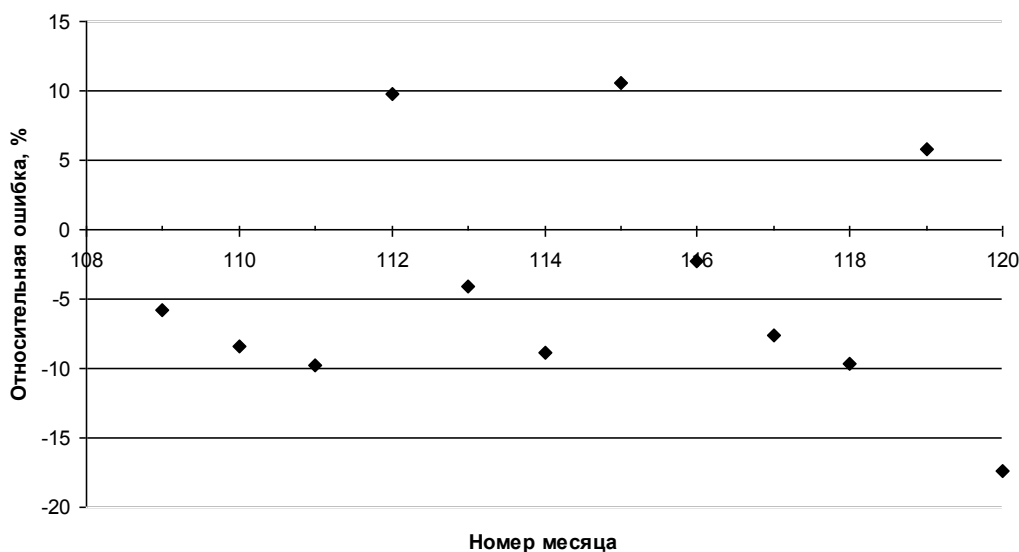


Рис. 7. Динамика относительной ошибки прогноза ежемесячного количества пожаров в Ивановской области

На рис. 7 видно, что на первые 11 месяцев горизонта прогнозирования относительная ошибка прогноза ежемесячного количества пожаров в Ивановской области колебалась от 2,3 до 10,6 %. Средняя относительная ошибка прогноза на горизонт прогнозирования 11 месяцев составила 7,5 %. Следует отметить, что прогноз на декабрь занижил фактическое количество пожаров на 17,4 %. Таким образом, модель ARIMA (0,1,1) (0,1,1) позволяет с приемлемой для практического использования точностью обеспечить процесс управления по-

жарной безопасностью Ивановской области информацией о ежемесячном количестве пожаров в регионе на плановый период до 11 месяцев.

Заключение

В современных условиях управление любой социально-экономической системой невозможно без научно обоснованного планирования, информационной базой которого является прогнозирование. Адекватное прогнозирование пожарной обстановки является необ-

ходимым условием для принятия своевременных и качественных управленческих решений, направленных на обеспечение пожарной безопасности региона необходимыми ресурсами. Разработка математической модели, позволяющей с приемлемой для практического использования точностью, обеспечить процесс управления пожарной безопасностью информацией о ежемесячном количестве пожаров в регионе на плановый период до 12 месяцев является важной и перспективной задачей.

Предложенная математическая модель ARIMA (0,1,1) (0,1,1) позволяет с относительной ошибкой от 2,3 до 10,6 % прогнозировать ежемесячное количество пожаров в Иванов-

ской области на перспективу до 11 месяцев. Проведение модельных экспериментов с изменением длины анализируемого временного ряда и параметров модели ARIMA позволят увеличить точность прогнозов.

Апробация математической модели ARIMA на нескольких регионах России (результаты модельных экспериментов по прогнозированию ежемесячного количества пожаров в регионе на перспективу до 12 месяцев) позволит разработать методические рекомендации по ее использованию для прогнозирования ежемесячного количества пожаров в конкретном регионе.

Список литературы

1. Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М.: Финансы и статистика, 2001. 228 с.
2. Дуброва Т. А. Статистические методы прогнозирования. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 206 с.
3. Петров А. Н. К вопросу о прогнозировании пожаров // Актуальные вопросы естествознания: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иваново, 24 марта 2020 года. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 315–320.
4. Петров А. Н., Разводов М. А. Прогнозирование количества чрезвычайных ситуаций в связи с пожарами в обеспечении пожарной безопасности региона // Пожарная и аварийная безопасность. № 3. 2020. С. 33–39.
5. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1998. 1022 с.
6. Петров А. Н. Анализ динамики количества пожаров в Ивановской области // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 17–18 ноября 2020 г. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 343–348.
7. Box G. E. P. and Jenkins G. M. Time Series Analysis, Forecasting and Control, rev. Ed., San Francisco: Holden-Day, 1976.

References

1. Afanas'ev V. N., Yuzbashev M. M. *Analiz vremennyh ryadov i prognozirovaniye* [Time series analysis and forecasting]. M.: Finansy i statistika, 2001. 228 p.
2. Dubrova T. A. *Statisticheskie metody prognozirovaniya* [Statistical forecasting methods]. M.: YUNITI-DANA, 2003. 206 p.
3. Petrov A. N. K voprosu o prognozirovanii pozharov [On the issue of forecasting fires]. *Aktual'nye voprosy estestvoznaniya: materialy V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*, Ivanovo, 24 marta 2020 goda. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2020, pp. 315–320.
4. Petrov A. N., Razvodov M. A. Prognozirovaniye kolichestva chrezvychajnyh situacij v svyazi s pozharami v obespechenii pozharnoy bezopasnosti regiona [Forecasting the number of emergency situations in connection with fires in ensuring the fire safety of the region]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'*, issue 3. 2020. pp. 33–39.
5. Ajvazyan S. A., Mhitaryan V. S. *Prikladnaya statistika i osnovy ekonometriki* [Applied Statistics and Fundamentals of Econometrics]. M.: YUNITI-DANA, 1998. 1022 p.
6. Petrov A. N. Analiz dinamiki kolichestva pozharov v Ivanovskoj oblasti [Analysis of the dynamics of the number of fires in the Ivanovo region]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': sbornik materialov XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 30-j godovshchine MCHS Rossii*, Ivanovo, 17–18 noyabrya 2020 g. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2020, pp. 343–348.
7. Box G. E. P. and Jenkins G. M. Time Series Analysis, Forecasting and Control, rev. Ed., San Francisco: Holden-Day, 1976.

Петров Александр Николаевич

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

E-mail: petrov_a-n@mail.ru

Petrov Aleksandr Nikolaevich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of chemical sciences, associate professor

E-mail: petrov_a-n@mail.ru

УДК 62-234

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ШАССИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ СРЕДНЕГО КЛАССА

А. А. ПОКРОВСКИЙ, В. П. ЗАРУБИН, П. В. ПУЧКОВ

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

E-mail: aapokrovsky@mail.ru, docent432@yandex.ru, palpuch@mail.ru

В статье представлена классификация и рассмотрены основные конструкции съемников, предназначенных для проведения технического обслуживания и ремонта ходовой части пожарных автомобилей среднего класса. На основе проведенных расчетов была предложена конструкция съемника отличающегося от существующих аналогов меньшими габаритами и массой при неизменной нагрузке в передаче винт-гайка. Разработка конструкции устройства основывалась на применении в паре трения материалов с более высокими прочностными характеристиками. Разработанная конструкция представлена трехмерной моделью, в которой показано, что конструкция устройства включает в себя дополнительные крепежные отверстия для изменения конфигурации захватов, а винт съемника оснащен двумя головками под торцевые ключи. Методом конечных элементов проведена оценка работоспособности разработанной конструкции съемника. Полученные на основе данного метода рабочие напряжения в захватах не превышают допустимых. Применение разработанного устройства позволит повысить эффективность проведения технического обслуживания ходовой части пожарных автомобилей на базе шасси среднего класса.

Ключевые слова: съемник, захват, винт, гайка, напряжение, резьба, ходовая часть, пожарный автомобиль, работоспособность.

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF THE DEVICE FOR CARRYING OUT MAINTENANCE OF THE CHASSIS OF FIRE VEHICLES MIDDLE CLASS

A. A. POKROVSKY, V. P. ZARUBIN, P. V. PUCHKOV

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

E-mail: aapokrovsky@mail.ru, docent432@yandex.ru, palpuch@mail.ru

The article presents a classification and considers the main designs of pullers designed for maintenance and repair of the chassis of middle class fire trucks. On the basis of the calculations, the design of the puller was proposed, which differs from the existing analogues in smaller dimensions and weight with a constant load in the screw-nut transmission. The development of the device design was based on the use of materials with higher strength characteristics in a friction pair. The developed design is represented by a three-dimensional model, which shows that the design of the device includes additional mounting holes for changing the configuration of the grippers, and the puller screw is equipped with two socket wrench heads. The efficiency of the developed design of the stripper was evaluated by the finite element method. The working stresses in the grips obtained on the basis of this method do not exceed the permissible ones. The use of the developed device will increase the efficiency of maintenance of the chassis of fire trucks based on a middle class chassis.

Key words: puller, gripper, screw, nut, tension, thread, chassis, fire truck, performance.

Пожарные автомобили представляют собой средства транспорта на базе автомобильных шасси, которые оснащены оборудованием, используемым при пожарно-спасательных работах. К среднему классу относятся пожарные автомобили с полной массой от 7500 до 14000 кг.

Шасси автомобиля представляет собой единую систему узлов трансмиссии, ходовой части и механизмов управления. К одним из элементов шасси пожарных автомобилей относится ходовая часть, которая состоит из рамы, передней оси, задней оси, подвески, амортизаторов, колес и шин. Ходовая часть автомобиля в первую очередь отвечает за его безопасную эксплуатацию как при движении по дорогам с качественным покрытием, так и в условиях бездорожья. В процессе эксплуатации элементы ходовой части пожарного автомобиля зачастую испытывают существенные нагрузки и требуют своевременного и качественного технического обслуживания. При проведении технических обслуживаний узлов ходовой части проверяют состояния и крепления передних и задних подвесок и амортизаторов, измеряют люфты в подшипниковых узлах колёс и поворотных цапфах, проводят оценку состояния рамы и балки передней оси. Также в соответствии с картой смазки смазывают шаровые опоры. При необходимости создают требуемое давление воздуха в колесах при проверке их состояния. Для проведения технического обслуживания элементов ходовой части автомобиля необходимо наличие специального оборудования. В настоящее время технологическое оборудование для технического обслуживания автомобилей очень разнообразно по типам, видам и сложности конструкции. К одному из таких видов оборудования относятся съемные устройства [1].

Съемник — это приспособление для снятия деталей или узлов (шкивов, подшипников, втулок, шестерен) запрессованных с разным усилием на вале, оси с натягом.

На сегодняшний день существует два основных типа съемников: гидравлические и механические. Гидравлические съемники более просты и удобны в использовании, позволяют с большей скоростью выполнять требуемые операции и создавать очень большие усилия. Но конструкция гидравлических съемников достаточно сложная и их стоимость высокая.

Механические съемники подразделяются на рычажные и винтовые. По способу за-

крепления на демонтируемой детали съемники разделяются на следующие основные типы:

- закрепляемые резьбовыми соединениями со снимаемой деталью;
- навинчиваемые на снимаемую деталь;
- с захватом детали или упором в нее;
- с фрикционным зажимом детали, где ее снятие происходит за счет силы трения.

Рычажные съемники увеличивают силу тяги за счет отношения плеч рычага, который является одним из основных элементов конструкции. Достоинством рычажных съемников является простота конструкции и относительно низкая стоимость. Но при этом данные устройства не способны создавать больших тяговых усилий. Конструктивные особенности приводят к возникновению боковых сил, способствующих перекашиванию снимаемой детали. По данным причинам рычажные съемники имеют ограниченную область применения.

Большими достоинствами и разнообразием конструктивных исполнений обладают винтовые съемники. Основными деталями винтового съемника являются силовой винт 1 и траверса 2, соединенные между собой трапецеидальной или прямоугольной резьбой. Траверса при помощи захватов соединяется с демонтируемой деталью (рис. 1). Перемещение траверсы вместе с демонтируемой деталью осуществляется при вращении винта.

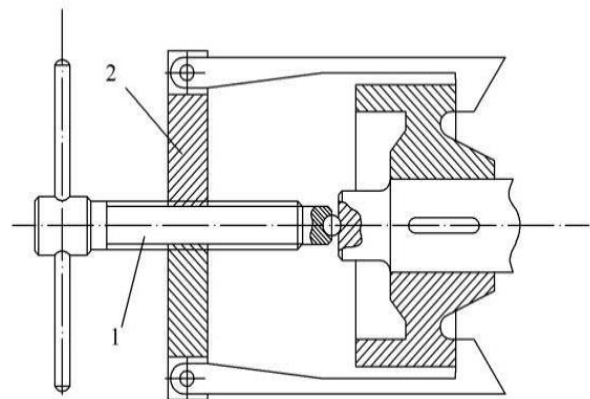


Рис. 1. Винтовой съемник:

1 – силовой винт, 2 – подвижная траверса

Из перечисленных конструктивных исполнений съемников наибольший интерес представляет съемник с Т – образной планкой (рис. 2).

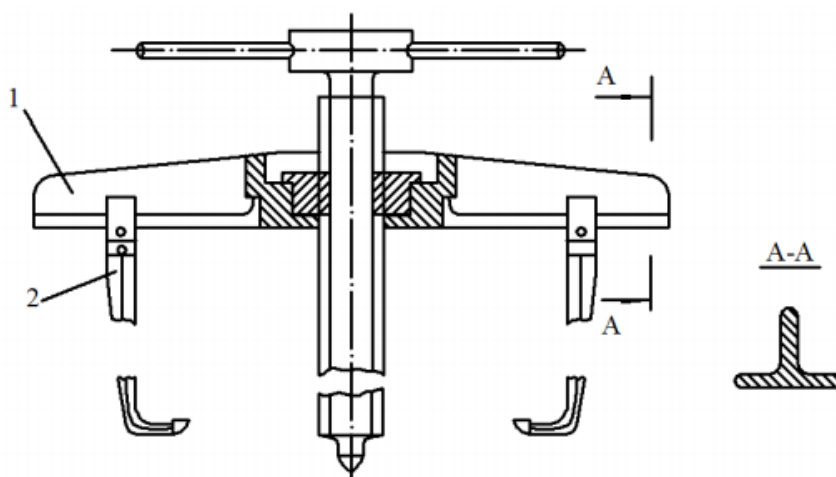


Рис. 2. Съемник с Т – образной планкой: 1 – планка, 2 – передвижная лапка

Т-образные съемники могут оснащаться двумя или тремя лапками, которые могут перемещаться по Т-образной планке. Это позволяет производить демонтаж деталей различных габаритов. При этом лапки, устанавливаемые на съемник, могут быть различных размеров, что в свою очередь делает съемник достаточно универсальным изделием.

Для разъединения соединения деталей при техническом обслуживании или ремонте механических передач можно использовать съемники других конструкций. В каждом конкретном случае следует использовать устройства, обеспечивающие наиболее эффективное производство работ. Все разнообразие конструктивных исполнений съемников предусмотреть невозможно.

В качестве разрабатываемого устройства, предназначенного для ремонта ходовой части пожарных автомобилей нами выбран винтовой съемник. Это обусловлено тем, что в условиях проведения ремонта в пожарно-спасательных подразделениях данное устройство в наибольшей степени отвечает всему комплексу технических характеристик, таких как низкая материалоемкость и малые габариты при высокой нагрузочной способности, широкая область применения, определяемая размерами демонтируемых деталей за счет возможности изменения конфигурации захватов. В процессе расчета винтового съемника можно выделить следующие основные этапы: определение диаметра винта; выбор и обоснование параметров резьбы; расчет размеров рукоятки; проверочный расчет винта; проектирование гайки; определение коэффициента полезного действия съемника; проверка параметров резьбы на износостойкость.

При проектировании съемника задаем материал винта и гайки. Материал винта – сталь 40ХН; материал гайки бронза БрО10Ф1; грузоподъемность 500 кг или 5000 Н. Содержание в материале винта легирующего элемента хрома в количестве 1% позволит повысить прокаливаемость и способствует получению высокой и равномерной твердости стали, повышает коррозионную стойкость и порог хладноломкости. Никель придает высокую прочность, пластичность и коррозионную стойкость сталям. Хромоникелевые стали обладают наилучшим комплексом свойств. Для передачи принимаем трапецеидальную резьбу, конструкцию гайки выбираем цельную [1,2,3].

Средний диаметр резьбы d_2 , мм;

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \psi_d \cdot \nu \cdot [p]}}, \quad (1)$$

где ψ_d – коэффициент, зависящий от формы гайки, для неразъемных гаек $\psi_d = 1,5 \dots 2$. Примем $\psi_d = 2$;

ν – коэффициент, зависящий от вида резьбы (трапецеидальная резьба $\nu = 0,5$; метрическая резьба $\nu = 0,541$); $\nu = 0,5$;

$[p]$ – допустимое давление в витках резьбы; сталь-бронза $[p] = 10 \dots 12$ МПа; сталь-чугун $[p] = 8 \dots 9$ МПа.

$$d_2 = \sqrt{\frac{5000}{3,14 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10}} = 14,6 \text{ мм}$$

Принимаем стандартные размеры резьбы наружный диаметр резьбы $d = 16$ мм; внутренний диаметр резьбы $d_1 = 14$ мм; средний диаметр резьбы $d_2 = 15$ мм; шаг резьбы $p = 2$ (рис. 3).

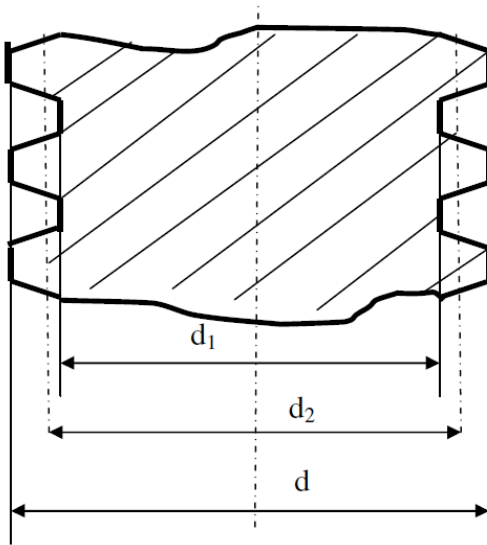


Рис. 3. Трапецеидальная резьба

Определим высоту гайки H , мм:

$$H = \psi_d \cdot d_2 = 2 \cdot 15 = 30 \text{ мм.}$$

Число витков в гайке:

$$z = \frac{H}{p} = \frac{30}{2} = 15.$$

Наружный диаметр гайки:

$$D = \sqrt{\frac{5 \cdot F}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2}, \quad (2)$$

где $[\sigma_p]$ – допустимое напряжение на растяжение или сжатие; $[\sigma_p] = 22$ МПа.

$$D = \sqrt{\frac{5 \cdot 5000}{3,14 \cdot 22} + 16^2} = 24,9 \text{ мм.}$$

Принимаем $D = 25$ мм.

Диаметр буртика D_6 , мм:

$$D_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2}, \quad (3)$$

$$D_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot 5000}{3,14 \cdot 22} + 25^2} = 30,25 \text{ мм.}$$

Принимаем $D_6 = 32$ мм.

Проверочный расчет из условия прочности.

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{эжб}}, \quad (4)$$

где σ_t – предел текучести. Для стали 45 предел текучести $\sigma_t = 600$ МПа.

$$\sigma_{эжб} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}, \quad (5)$$

где σ – нормальное напряжение, МПа, τ – касательное напряжение, МПа.

$$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_2^2}, \quad (6)$$

где N – продольная сила, S – площадь поперечного сечения.

$$\sigma = \frac{4 \cdot 5000}{3,14 \cdot 14^2} = 32,5 \text{ МПа.}$$

$$\tau = \frac{T}{W_p}, \quad (7)$$

где T – момент от сил трения на торце винта, Н·м; W_p – полярный момент сопротивления сечения, мм³.

$$T = f \cdot F \cdot R, \quad (8)$$

где f – коэффициент трения; $f = 0,16$; R – приведенный радиус, мм.

$$R = \frac{1}{3} \cdot d_1 = \frac{1}{3} \cdot 14 = 4,7 \text{ мм.}$$

$$T = 0,16 \cdot 5000 \cdot 4,7 = 3760 \text{ Н·м.}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 14^3}{16} = 538,5 \text{ мм}^3$$

$$\tau = \frac{3760}{538,5} = 7,0 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{32,5^2 + 7^2} = 33,2 \text{ МПа}$$

$$n = \frac{600}{33,2} = 18,1 < 2,5 = [n] \text{ условие прочности}$$

соблюдается.

Расчет винта на устойчивость.

Определяем гибкость винта λ :

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{\sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}}, \quad (9)$$

где: μ – коэффициент приведения длины, $\mu=2$; l – длина выступающей, $l=100$ мм; I_{\min} – минимальный момент инерции сечения, мм⁴;

$$I_{\min} = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \quad (10)$$

$$I_{\min} = \frac{3,14 \cdot 14^4}{64} = 1885 \text{ мм}^4$$

A – площадь поперечного сечения, мм²

$$A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \quad (11)$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} = 153,8 \text{ мм}^2$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 100}{\sqrt{\frac{1885}{153,9}}} = 57$$

Гибкость винта $\lambda = 57 < 85$. Где 85 – критическая гибкость.

Расчет ведем по формуле Ясинского:

$$F_{кр} = (a - b \cdot \lambda) \cdot A$$

где: $F_{кр}$ – критическая сила, Н; a – эмпирический коэффициент; $a = 589$ b – эмпирический коэффициент; $b = 3,82$.

$$F_{кр} = (589 - 3,82 \cdot 57) \cdot 153,8 = 46524 \text{ Н}$$

Коэффициент устойчивости.

$$n_y = \frac{F_{кр}}{F_a} \quad (12)$$

$$n_y = \frac{46524}{5000} = 9,3 > 2,5 \text{ (устойчи-}$$

вость достаточна)

На основе произведенных расчетов была разработана трехмерная модель винтового съемника для технического обслуживания пожарных автомобилей (рис. 4).

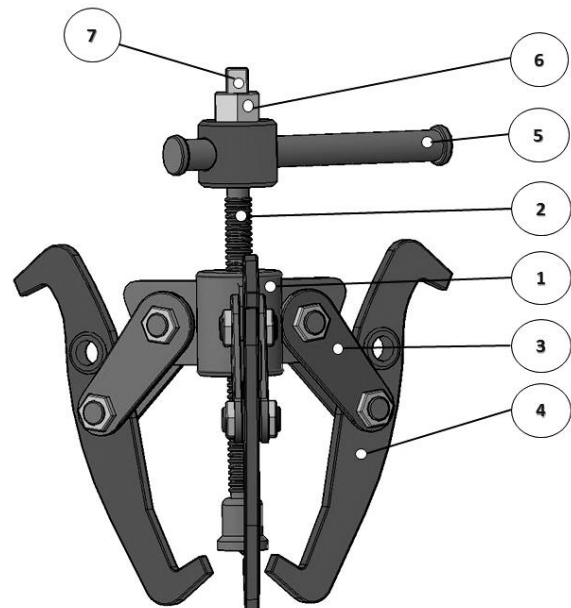


Рис. 4. Принципиальная схема винтового съемника

1 – гайка, 2 – винт силовой, 3 – направляющие штифты, 4 – захваты, 5 – рукоятка, 6, 7 – головки под торцевые ключи («квадрат», «шестигранник»)

Состав основных элементов включает тяговый орган (винт) и траверсу на которой установлены захваты, или тяги в виде болтов или шпилек, захватывающих деталь. На основе принципиальной схемы и проведенных расчетов была разработана трехмерная модель винтового съемника. В разработанной конструкции устройства подвижная траверса включает в себя дополнительные крепежные отверстия для изменения конфигурации захватов, а винт съемника оснащен двумя головками под торцевые ключи. Конструкция за счет передачи винт-гайка – позволяет преобразовывать вращательное движение силового винта в поступательное движение траверсы с захватами и демонтируемой деталью. Съемник

обеспечивают большое тяговое усилие с возможностью получения медленного движения, обладает простотой конструкции и изготовления. Данный винтовой съемник может быть использован при разборе соединений деталей с натягом. В качестве демонтируемых деталей могут быть подшипники качения, шкивы, звездочки, зубчатые и червячные колеса, диски и другие детали. Снятие деталей с избыточным натяжением осуществляется созданием статического тягового усилия за счет поступательного движения винта в гайке. Поступательное перемещение достигается вращением винта вручную. В чугунной литой опоре (корпусе) съемника запрессована бронзовая втулка с ленточной резьбой, в которой перемещается полый стальной винт. Внутрь полого винта входит на ленточной резьбе винт опорной пяты для груза.

При повороте рукоятки винт вращается вокруг вертикальной оси, вывинчивается при подъеме и закручивается при его опускании. Винт снабжен свободно сидящим на нем оголовком, который остается неподвижным при вращении винта. Угол подъема винтовой линии резьбы винта делается меньше, чем угол трения, благодаря чему обеспечивается самоторможение съемника без дополнительных устройств [6,8,9].

На рис. 5 представлено распределение напряжений по сечению захвата. Методом конечных элементов было обнаружено, что максимальное напряжение было меньше, чем расчетное напряжение, полученное на этапе проектирования. Самые высокие значения напряжений получены для наиболее тонкой части захвата съемника [4,5,7].

Таким образом, на основе проделанной работы были получены следующие результаты:

1. Определены основные силовые и геометрические параметры винтового съемника;
2. Выполнена трехмерная модель устройства;

Список литературы

1. Решетов Д. Н. Детали машин. М.: Машиностроение, 1989. С. 348.
2. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3-х томах. М.: Машиностроение, 2002.
3. Детали машин. Учебник для вузов / Л. А. Андриенко [и др.]. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 544 с.
4. Дунаев П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высшая школа, 2003. 352 с.



Рис. 5. Распределение напряжений по сечению захвата

3. Конструкция винта съемника предусматривает две головки («квадрат» и «шестигранник») под торцевые ключи;

4. Устройство оснащено дополнительными крепежными отверстиями для изменения конфигурации захватов и снабжено вращающейся центровочной опорой упорного винта;

5. Винтовой съемник обладает высокой нагрузочной способностью при минимальных габаритах и металлоемкости изделия, вследствие применения для его расчета и проектирования низколегированной стали с высокими прочностными характеристиками.

5. Чернилевский Д. В. Курсовое проектирование деталей машин и механизмов. М.: Высшая школа, 1980. 426 с.

6. Лахтин, Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. Репринтное издание. М.: Альянс, 2013. 528 с.

7. Пучков П. В., Исраилов М. И. Разработка мобильного поста для технического обслуживания и ремонта пожарных рукавов // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. Иваново: Ивановская пожар-

но-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 44–46

8. Пучков П. В., Жашуев А. Ж. Разработка конструкции подкатного автослесарного лежака с регулируемой высотой подъема // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 36–41

9. Пучков П. В. Способ диагностики усталостного разрушения тяжело нагруженных деталей машин и конструкций // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием посвященная 90-летию ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д. К. Беляева». Том II: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференций Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2020. С. 139–141

References

1. Reshetov D. N. *Detali mashin* [Machine parts]. M.: Mashinostroenie, 1989, 348 p.

2. Anuryev V. I. *Spravochnik konstruktora mashinostroitelya. V 3-kh tomakh* [Handbook of the designer of the machine builder. In 3 volumes]. M.: Mechanical Engineering, 2002.

3. *Detali mashin. Uchebnik dlya vuzov* [Machine parts. Studies for universities] / L. A. Andrienko [et al.]. M.: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2002. 544 p.

4. Dunaev P. F. *Konstruirovaniye uzlov i detaley mashin* [Designing of components and machine parts]. M.: Higher School, 2003. 352 p.

5. Chernilevsky D. V. *Kurovoye proyektirovaniye detaley mashin i mekhanizmov* [Course

design of machine parts and mechanisms]. M.: Higher School, 1980. 426 p.

6. Lakhtin, Yu. M., Leontieva V. P. *Materi-alovedeniye: uchebnik. 3-ye izd., pererab. i dop. Reprintnoye izdaniye* [Materials Science: textbook 3rd ed., reprint. and add. Reprint edition]. M.: Alliance, 2013. 528 p.

7. Puchkov P. V., Israilov M. I. *Razrabotka mobil'nogo posta dlya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta pozharnykh rukavov* [Development of a mobile post for maintenance and repair of fire hoses]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov XI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ivanovo, 15 aprelya 2021 g.* Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2021, pp. 44–46

8. Puchkov P. V., Zhashuev A. Zh. *Razrabotka konstruksii podkatnogo avtoslesarnogo lezhaka s reguliruyemoy vysotoy pod'yema* [Development of the design of a rolling car mechanic lounge with adjustable lifting height]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov XI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ivanovo, 15 aprelya 2021 g.* Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2021, pp. 36–41

9. Puchkov P. V. *Sposob diagnostiki ustalostnogo razrusheniya tyazhelonagruzhennykh detaley mashin i konstruksiy* [A method for diagnosing fatigue failure of heavily loaded machine parts and structures]. *Agrarnaya nauka v usloviyakh modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya APK Rossii. Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem posvyashchennaya 90-letiyu FGBOU VO «Ivanovskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya imeni D. K. Belyayeva». Tom II: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsiy Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya GSKHA2020. pp. 139–141*

Покровский Аркадий Алексеевич

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

кандидат технических наук, доцент

E-mail: aapokrovsky@mail.ru

Pokrovsky Arkady Alekseevich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of tech. sciences, senior lecturer

E-mail: aapokrovsky@mail.ru

Зарубин Василий Павлович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: docent432@yandex.ru

Zarubin Vasily Pavlovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of tech. sciences, senior lecturer
E-mail: docent432@yandex.ru

Пучков Павел Владимирович

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

Puchkov Pavel Vladimirovich

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

УДК 614.843.27; 614.843.3

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ К НАПОРНОМУ ПОЖАРНОМУ РУКАВУ

И. В. САРАЕВ, А. Д. СЕМЕНОВ

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

В статье представлена разработка совершенно нового устройства, позволяющего уйти от устарелой проволочной намотки напорного пожарного рукава к соединительной головке. Представлено общее устройство и планируемые элементы конструкции разработанного устройства. Вместе с тем, представлен расчёт прочностных характеристик основных элементов конструкции разработанного устройства. Также показано, что разработанное устройство не требует изменения конструктивных элементов, существующих соединительных головок, а лишь дополняет и расширяет их функционал.

Ключевые слова: соединительная головка, рукав, пожар, отказ, пожарный рукав, устройство крепления.

DEVELOPMENT OF THE DEVICE FOR FIXING THE CONNECTING HEAD TO THE PRESSURE FIRE HOSE

I. V. SARAEV, A. D. SEMENOV

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: saraev-i-v@mail.ru sad8_3@mail.ru

The article presents the development of a completely new device that allows you to get away from the outdated wire winding of the pressure head fire hose to the connecting head. The general device and planned structural elements of the developed device are presented. At the same time, the calculation of the strength characteristics of the main structural elements of the developed device is presented. It is also shown that the developed device does not require changes in structural elements, existing connecting heads, but only supplements and expands their functionality.

Key words: connecting head, hose, fire, failure, fire hose, fastening device.

Введение

Аварии и чрезвычайные ситуации (ЧС) – далеко не редкость в современном мире. Зачастую они сопровождаются значительными разрушениями и ущербом для общества и государства¹ [1]. При этом, для минимизации ущерба от аварий и ЧС необходимо не только своевременно реагировать на такие вызовы, но и сохранять высокий темп проведения работ.

Темп и эффективность тушения пожара, а также проведения спасательных работ зави-

сят от множества факторов, определяющих боевую готовность пожарно-спасательного подразделения, поэтому выбор оптимальных мер противодействия последствиям ЧС в условиях ограниченных ресурсов имеет одно из наиболее важных значений [2–5]. Пожарные рукава, наряду с другим пожарно-техническим оборудованием, можно отнести к наиболее часто применяемому его виду.

Вместе с тем, известно, что до 85 % отказов от всей пожарной техники приходится именно на долю пожарных рукавов [6]. Таким образом, от их надёжности во многом зависит эффективность и успешность действий пожарно-спасательных подразделений МЧС России (ПСР) при тушении пожара. Наиболее часто встречающиеся отказы пожарных рукавов приходятся на деформацию пожарных соедини-

© Сараев И. В., Семенов А. Д., 2021

¹Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 264 с.

тельных головок и перетиравание поверхности пожарного рукава в месте его крепления к соединительной головке. В связи с этим характер их эксплуатации предъявляет повышенные требования к безотказности работы. Возникновение отказов пожарных рукавов на пожаре наиболее опасно, т.к. вследствие такого деструктивного события увеличивается среднее время тушения на 5–8 мин [7], что, в свою очередь, приводит к снижению эффективности действий ПСП и увеличению причинённого ущерба обществу и государству.

Ремонт пожарных рукавов осуществляется исключительно в условиях ПСП и подразумевает наложение заплат, вулканизацию, а также сокращение длины рукава, но не менее 17 метров². Пожарные соединительные головки в настоящее время крепятся к пожарному рукаву путём намотки проволокой, а ремонт пожарного рукава с деформированной соединительной головкой подразумевает извлечение соединительной головки с последующей её заменой при помощи специализированного оборудования и инструмента, что сопровождается значительными трудовыми и временными затратами. Все эти технологические операции снижают эффективность процесса восстановления технической готовности рукавов к использованию.

Таким образом, разработка устройства для крепления соединительных головок к напорному пожарному рукаву является важной и актуальной задачей.

Цель исследования

цель исследования – разработка универсальной конструкции устройства, повышающего безотказность и техническую готовность пожарных рукавов при эксплуатации.

Материал и методы исследования

При решении задач, поставленных в исследовании, использовались основные положения теории надёжности, элементы сопромата, трибологии и 3D моделирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Напорные соединительные головки предназначены для быстрого и прочного соединения напорных пожарных рукавов между собой, а также для присоединения их к пожарному оборудованию.

Для быстрой замены соединительной головки, при возникновении деструктивного события, выраженного в выходе из строя (отказа)

напорного пожарного рукава, в ходе проведения боевых действий по тушению пожара, разработано устройство, которое имеет сборно-разборную конструкцию, позволяющую крепить и фиксировать соединительные головки на пожарные напорные рукава.

Разработанное устройство состоит из двух симметричных частей и представляет собой конусовидный насадок (рис. 1), крепящийся на штуцер пожарной соединительной головки, тем самым закрепляя соединительную головку на пожарном рукаве.

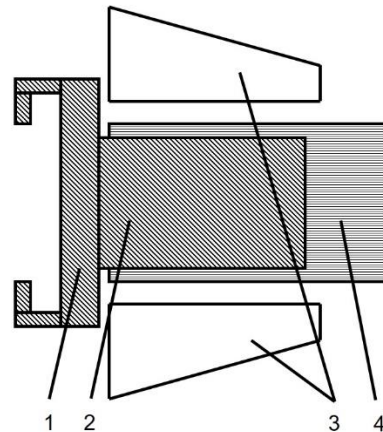


Рис. 1. Общее устройство и спецификация разработанного устройства:

- 1 – соединительная головка;
- 2 – штуцер соединительной головки;
- 3 – устройство крепления соединительной головки;
- 4 – пожарный рукав

Процесс крепления соединительной головки к пожарному рукаву выглядит следующим образом:

- 1) подготовка напорного пожарного рукава, соединительной головки и устройства крепления;
- 2) надевание напорного пожарного рукава на штуцер соединительной головки;
- 3) установка устройства крепления на штуцер соединительной головки;
- 4) фиксация устройства на соединительной головке.

Стоит отметить, что конструкция устройства подразумевает возможность протяжки соединительных головок в местах соединения специальными ключами, а также удобство их соединения вручную. Конусовидная форма (рис. 2) обеспечит беспрепятственную прокладку рукавной линии по неровной поверхности путём обеспечения скольжения соединительных головок исключая какие-либо зацепления.

² Приказ МЧС России от 01.10.20 № 737 «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

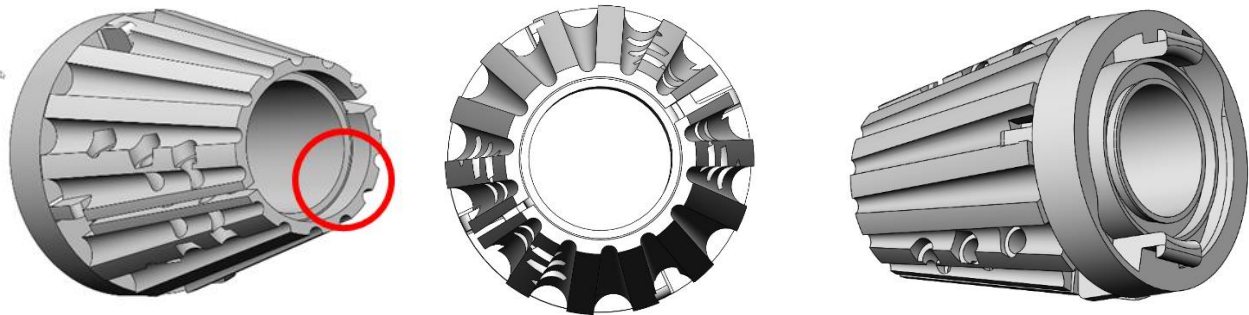


Рис. 2. Общий вид разработанного устройства в установленном на напорный пожарный рукав виде

Конструкция устройства также подразумевает небольшой отступ от края штуцера соединительной головки, что предотвращает абразивный износ напорного пожарного рукава в месте крепления.

Отличительной особенностью разработанного устройства является простота конструкции, существенное снижение времени и средств на ремонт (замену соединительных головок) напорных пожарных рукавов, а также отсутствие аналогов.

Следует отметить, что разработанное устройство может быть изготовлено из алюминиевых сплавов не выше II группы по ГОСТ 1583-93³ или латуни по ГОСТ 17711-93⁴, а также из других материалов, устойчивых к условиям эксплуатации.

После разработки конструкции устройства возникла задача определения усилия, необходимого для прочного крепления напорного пожарного рукава к соединительной головке.

Для определения требуемого усилия прижатия проводился расчёт прочностных характеристик основных элементов конструкции устройства для крепления соединительных головок к напорному пожарному рукаву.

В первую очередь определили требуемое усилие прижатия рукава к штуцеру соединительной головки. Приняли допущение, что соединительная головка не имеет выступов и ее поверхность гладкая (рис. 3).

На рукав, одетый на соединительную головку в осевом направлении, будет действовать сила F_p , обусловленная давлением перекачиваемой жидкости P .

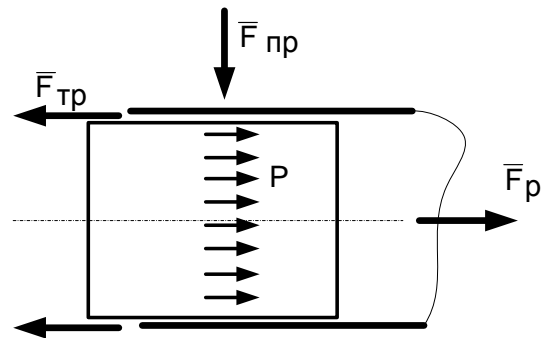


Рис. 3. Расчетная схема по определению усилия прижатия

Величина силы будет определяться следующим образом [9]:

$$\bar{F}_p = P \cdot S, \quad (1)$$

где S – площадь проходного сечения рукава.

$$\bar{F}_p = 600 \cdot 10^3 \cdot 0,004 = 2400(\text{H}).$$

Площадь проходного сечения будет определяться по формуле:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (2)$$

где d - рабочий диаметр рукава.

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,051^2}{4} = 0,004 (\text{м}^2).$$

³ ГОСТ 1583-1993. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия. Межгосударственный стандарт. Введ. 1997-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1993. 48 с.

⁴ ГОСТ 17711-1993 Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Межгосударственный стандарт. – Введ. 1995-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1993. – 8 с.

Что бы предотвратить соскальзывание рукава со штуцера соединительной головки сила F_p должна компенсироваться силой трения $F_{тр}$ материала рукава о материал соединительной головки:

$$\overline{F_{тр}} > \overline{F_p} \quad (3)$$

В свою очередь сила трения определяется следующим образом:

$$\overline{F_{тр}} = k \cdot \overline{F_{пр}}, \quad (4)$$

где k – коэффициент трения материала рукава о материал соединительной головки;

$F_{пр}$ – усилие прижатия рукава к штуцеру соединительной головки.

$$\overline{F_{тр}} = 0,8 \cdot 1,5 \cdot 10^3 = 1225 \text{ (Н)}.$$

Выразим усилие прижатия подставив в уравнение соответствующие величины и заменив силу трения $F_{тр}$ осевой силой F_p , определив, таким образом критическую величину силы прижатия:

$$\overline{F_{пр}} = \frac{p \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot k} \quad (5)$$

Примем величину давления в пожарном рукаве 600 кПа^5 . Примем величину коэффициента трения $k = 0,8$ для пары трения резина – алюминий [9]. По данной формуле определим величину требуемого усилия прижатия:

$$\overline{F_{пр}} = \frac{600 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 0,051^2}{4 \cdot 0,8} = 1531 \text{ (Н)}.$$

Поскольку в данной конструкции планируется 6 болтов, предполагаем, что усилие прижатия от них распределяется равномерно по площади, при расчете момента затяжки одного болта уменьшим величину $F_{пр}$ в 6 раз. Так же будем пренебрегать возможным снижением усилия прижатия в плоскости перпендикулярной стержням болтов.

Тогда, величина момента завинчивания на гайке для одного болта составит:

$$T_{зав} = F_{пр} \cdot R_{np} / 6, \quad (6)$$

где $T_{зав}$ – момент завинчивания, приложенный к гайке, Нм;

⁵ ГОСТ Р 51049-2019 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

R_{np} – величина, определяемая геометрическими параметрами болтового соединения, мм.

$$R_{np} = \frac{d_2}{2} \cdot (tg(\beta + \rho^I) + f_{\tau} \frac{D_1}{d_2}), \quad (7)$$

где d_2 – средний диаметр резьбы, мм;

β – угол подъема витка резьбы, град.

При расчетах принять значение $\beta = 2^{\circ} \div 3^{\circ}$;

ρ^I – приведенный угол трения в резьбе, град.;

f_{τ} – коэффициент трения на торце гайки ($f_{\tau} = 0,2$ без смазки, $f_{\tau} = 0,09$ для жидкой смазки с присадками, $f_{\tau} = 0,14$ для пластичной смазки);

D_1 – наружный диаметр опорной поверхности гайки (равный размеру «под ключ»), мм.

$$R_{np} = \frac{5,3}{2} \cdot (tg(2 + 0,53) + 0,2 \cdot \frac{12}{5,3}) = 0,99.$$

Приведенный угол трения в крепёжной метрической резьбе подсчитывают по приближенной зависимости:

$$\rho_0^I = \frac{\rho}{0,87}, \quad (8)$$

где ρ – угол трения для материалов резьбовой пары, град.

$$\rho_0^I = \frac{0,46}{0,87} = 0,53 \text{ (град.)}$$

$$\rho = \arctg(f), \quad (9)$$

где f – коэффициент трения для материалов резьбовой пары (для стали принять $f = 0,3 \div 0,5$).

$$\rho = \arctg(0,5) = 0,46 \text{ (град.)}$$

Определим требуемый момент затяжки болтов в предложенной конструкции для рукава условным проходным диаметром 51 мм:

$$T_{зав} = \frac{1531 \cdot 0,0013}{6} = 0,3 \text{ (Нм)}.$$

Проведенный расчёт подтверждает, что разработанное устройство и соединение обеспечит:

- 1) возможность создания больших осевых нагрузок при малых усилиях;
- 2) возможность фиксации в затянутом состоянии (самоторможение);
- 3) удобство сборки и разборки с применением стандартных инструментов;
- 4) простоту конструкции и возможность точного изготовления;

5) низкую стоимость крепёжных изделий благодаря массовости и высокой степени автоматизации производства.

Заключение

Таким образом, разработана и спроектирована конструкция устройства крепления соединительной головки к напорному пожарному рукаву, обеспечит надёжную фиксацию последнего, что подтверждается расчётами прочностных характеристики основных элементов конструкции.

Разработанное устройство позволит:

1) минимизировать последствия аварий и ЧС, в частности, позволит сократить ущерб от пожаров, путём оперативного («горячего») ремонта пожарных рукавов на месте

пожара, что позволит сохранять высокий темп работы ПСП даже при отказах пожарных рукавов;

2) сократить финансовые затраты на приобретение и содержание специализированного оборудования для намотки соединительных головок на пожарные рукава;

3) сократить время и трудозатраты на проведение ремонта (замена соединительных головок) пожарных рукавов.

Наряду с этим следует отметить, что разработанное устройство не требует изменения конструктивных элементов, существующих соединительных головок, а лишь дополняет и расширяет их функционал.

Список литературы

1. Рыбаков А. В., Арефьева Е. В., Матюшкин Д. И. Оценка степени разрушения конструкции зданий от взрывной нагрузки // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2014. № 3. С. 35–41.

2. Statheropoulos M., Agapiou A., Pallis G. C., Mikedi K., Karma S., Vamvakari J., Dandoulaki M., Andritsos F. and Paul Thomas C. L. Factors that affect rescue time in urban search and rescue (USAR) operations. *Natural Hazards*, 2014, vol. 75, pp. 57–69. DOI: 10.1007/s.11069-014-1304-3.

3. George Psarros, Rolf Skjong and Magnus S. Eide. The acceptability of maritime security risk. *Journal of Transportation Security*, 2009, vol. 2, pp. 149–163. DOI: 10.1111/j.1541-1338.2004.00080.x.

4. Lemańska K., Głowska S. Review, application and development trends of firefighting equipment. *Bezpieczeństwo i technika pożarowa*, 2013, issue 30, pp. 91–99.

5. Matteini L., Schwartz S. J., Hellinger P., Landl S. Fire hose instability driven by alpha particle temperature anisotropy. *The astrophysical journal*, 2015, issue 1, pp. 13–16.

6. Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И. В. Сараев, А. Г. Бубнов, В. Ю. Курочкин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24 (№ 4). С. 66–71.

7. Полозов А. А., Самохвалов Ю. П. Определение относительных частот использования пожарного оборудования на пожарах // Пожаровзрывобезопасность. 2006. Т. 15 (№ 4). С. 62–65.

8. Богданович П. Н., Прушак В. Я. Трение и износ в машинах: Учебник для вузов. Мн.: Выш. Школа, 1999. 374 с.

References

1. Rybakov A. V., Aref'yeva Ye. V., Matyushkin D. I. Otsenka stepeni razrusheniya konstruktsii zdaniy ot vzryvnoy nagruzki [Assessment of the degree of destruction of buildings from an explosive load]. *Nauchnyye i obrazovatel'nyye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2014, issue 3, pp. 35–41.

2. Statheropoulos M., Agapiou A., Pallis G. C., Mikedi K., Karma S., Vamvakari J., Dandoulaki M., Andritsos F. and Paul Thomas C. L. Factors that affect rescue time in urban search and rescue (USAR) operations. *Natural Hazards*, 2014, vol. 75, pp. 57–69. DOI: 10.1007/s.11069-014-1304-3.

3. George Psarros, Rolf Skjong and Magnus S. Eide. The acceptability of maritime security risk. *Journal of Transportation Security*, 2009, vol. 2, pp. 149–163. DOI: 10.1111/j.1541-1338.2004.00080.x.

4. Lemańska K., Głowska S. Review, application and development trends of firefighting equipment. *Bezpieczeństwo i technika pożarowa*, 2013, issue 30, pp. 91–99.

5. Matteini L., Schwartz S. J., Hellinger P., Landl S. Fire hose instability driven by alpha particle temperature anisotropy. *The astrophysical journal*, 2015, issue 1, pp. 13–16.

6. Otnositel'naya obshchaya pol'za – dopolnitel'nyy kompleksnyy kriteriy vybora pozharnykh rukavov [Relative overall benefit - additional comprehensive criterion for the selection of fire hoses] / I. V. Sarayev, A. G. Bubnov, V. Yu. Kurochkin [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2015, vol. 24 (issue 4), pp. 66–71.

7. Polozov A. A., Samokhvalov Yu. P. Opredeleniye otnositel'nykh chastot ispol'zovaniya pozharnogo oborudovaniya na pozharakh [Determination of the relative frequencies of use of fire

fighting equipment on fires]. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2006, vol. 15, (issue 4), pp. 62-65.

8. Bogdanovich P. N., Prushak V. Ya. *Treniye i iznos v mashinakh: Uchebnik dlya vuzov* [Friction and Wear in Machines: A Textbook for High Schools]. Mn.: Vysh. Shk., 1999, 374 p.

Сараев Иван Витальевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, преподаватель

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

Saraev Ivan Vitalievich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, lecturer

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

Семенов Андрей Дмитриевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры

E-mail: sad8_3@mail.ru,

Semenov Andrey Dmitrievich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, deputy chief of chair

E-mail: sad8_3@mail.ru.

УДК 614.84

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УМЕНЬШЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЭВАКУАЦИИ ПАССАЖИРОВ ИЗ ВОЗДУШНОГО СУДНА

С. В. СКОДТАЕВ

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149
E-mail: ugps.ssv@mail.ru

В работе рассмотрены технические решения, направленные на обеспечение условий безопасной эвакуации людей из салона пассажирского воздушного судна. Установлена зависимость времени эвакуации от наличия препятствий в проходах, расположения выходов и направления движения потоков людей. Предложена имитационная модель эвакуации пассажиров из воздушного судна в численной среде, которая позволяет эффективно спрогнозировать поведение людей при различных сценариях.

Ключевые слова: эвакуация пассажиров, расчетное время эвакуации, пожар на воздушном судне, анализ авиационных катастроф, пожар, судебная пожарно-техническая экспертиза.

DEVELOPMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS AIMED AT REDUCING THE ESTIMATED EVACUATION TIME OF HUMAN BEINGS USING A SIMULATION MODEL FOR PASSENGERS EVACUATION FROM AIRCRAFT

S. V. SKODTAEV

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia»,
Russian Federation, St. Petersburg, Moskovsky pr., 149
E-mail: ugps.ssv@mail.ru

The paper considers technical solutions aimed at ensuring conditions for the safe evacuation of people from the passenger aircraft cabin. The dependence of the evacuation time on obstacles in the aisles, the location of exits and the direction of the flow of people has been established. A simulation model for the evacuation of passengers from an aircraft in a numerical environment is proposed, which makes it possible to effectively predict the behavior of people under various scenarios of its development.

Key words: evacuation of passengers, estimated time of evacuation, fire on an aircraft, analysis of aviation crash, fire, forensic fire-technical expertise.

Одним из основных показателей экономического развития государства является состояние транспортной инфраструктуры. В единой транспортной структуре Российской Федерации значительное место занимают воздушные пассажирские перевозки. В современном динамичном мире воздушный транспорт становится все приоритетнее за счет скорости преодоления больших расстояний. Согласно статистике Федерального агентства воздушного транспорта России¹, ежегодный пассажиропоток российских авиакомпаний составляет более пятидесяти миллионов человек. Одно-

значно, пассажиропоток со временем будет только увеличиваться.

Учитывая ответственность, возложенную на перевозчиков, большое значение уделяется обеспечению безопасности пассажиров при авиаперевозках. Несмотря на прилагаемые усилия, ежегодно по всему миру происходят авиакатастрофы, которые приводят к человеческим жертвам и значительному материальному ущербу.

¹ Статистические данные перевозки пассажиров [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://favt.gov.ru/deyatelnost-vozdushnye-perevozki-perevozki-passazhirov/>, свободный. (Дата обращения: 15.11.2021 г.).

Согласно статистике расследования авиационных происшествий Межгосударственного авиационного комитета², на территории государств-участников Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства³, в период с 2004 по 2020 год произошло 759 авиационных происшествий, 375 из которых закончились катастрофой, погибло 2197 человек. Наряду с воздействием на человека энергии удара о землю воздушного судна, пожар и сопровождающие его опасные факторы (пламя, пониженная концентрация кислорода, токсичные продукты термического разложения, тепловое излучение и др.) являются основной причиной гибели людей при авиакатастрофах.

По результатам исследования обстоятельств авиакатастроф можно заключить, что наибольшую опасность представляет пожар, возникающий при разрушении топливных баков самолета и струйном истечении авиационного топлива.

К сожалению, большинство нововведений, в том числе направленных на обеспечение пожарной безопасности, разрабатываются и внедряются в практику только по результатам проведения тщательных расследований причин уже произошедших авиакатастроф.

Одной из основных проблем для внедрения технических решений, предлагаемых специалистами для повышения пожарной безопасности авиалайнеров, является высокая стоимость работ по оснащению и обслуживанию данных решений.

Например, по расчетам специалистов, суммарные затраты в Великобритании на укомплектование авиалайнеров противодымными колпаками оцениваются в 16,4 миллиона фунтов стерлингов, а устройствами для создания водяных завес - в 9,4 миллиона фунтов стерлингов, в расчете на 1 спасенную, по оценочным прогнозам, жизнь авиапассажира [1].

В свою очередь основным критерием оценки эффективности воздушных судов являются приведенные затраты, в основе которых лежит себестоимость тонна-километра при перевозках пассажиров и груза. Считается, что гражданский самолет тем эффективнее, чем [2]:

- больше величина коммерческой нагрузки;
- больше рейсовая скорость;

² База по расследованиям авиационных происшествий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/>, свободный. (Дата обращения: 15.11.2021 г.).

³ Международное соглашение о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства от 21.12.1991 г. Бюллетень международных договоров, № 7, 2000 г.

- меньше расходы на эксплуатацию самолета в течение одного летного часа.

Соответственно, необходимо, чтобы разрабатываемые технические решения, направленные на повышение безопасности пассажиров, оказывали минимальное влияние на рост приведенных затрат.

В настоящее время в требованиях по сертификации пассажирских воздушных судов отсутствуют положения, регламентирующие запыление отсеков для размещения предметов ручной клади⁴. Однако, при возникновении пожара или аварийной посадке самолета предметы ручной клади нередко становятся препятствием для безопасной эвакуации пассажиров. В качестве примера можно привести пожар, произошедший 5 мая 2019 года в международном аэропорту «Шереметьево», когда при жесткой посадке воздушного судна «Sukhoi SuperJet 100» (RRJ-95B) стойки шасси пробивали топливные баки, и на землю пролилось несколько тонн авиационного топлива. В результате возникшего пожара погиб 41 пассажир. Все погибшие пассажиры умерли от воздействия опасных факторов пожара.

Одной из причин такого большого количества погибших и пострадавших в данной катастрофе стало то, что при посадке вывалилась часть предметов ручной клади из отсеков для хранения и загромождала центральный проход – основной путь эвакуации. Также в объяснениях некоторых пострадавших содержится информация о том, что пассажиры передних рядов пытались достать свою ручную кладь, тем самым создавая помеху для эвакуирующихся с горячей задней части воздушного судна⁵.

Законодатель не регламентирует размеры и максимальную массу ручной клади, а возлагает данную функцию на перевозчика⁶.

⁴ Межгосударственный авиационный комитет. «Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории» (утв. Постановлением 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 11.12.2008).

⁵ Техническое заключение по факту пожара, произошедшего 05 мая 2019 года в самолете Sukhoi Superjet 100-95 В при посадке на взлетно-посадочную полосу 24Л Международного аэропорта Шереметьево. ИЦЭП СПб университета ГПС МЧС России. 2020. 101 с.

⁶ Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 28 июня 2007 года № 82 Об утверждении Федеральных авиационных правил «Общие правила воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов и требования к обслуживанию пассажиров, грузоотправителей, грузополучателей» (с изменениями на 15 сентября 2020 года).

Так, в ПАО «Аэрофлот» габариты одного места ручной клади не должны превышать размеры 55x40x25 см, в ООО «Авиакомпания «Победа» - 36x30x27 см. В любом случае, даже маленькая дамская сумка может стать причиной падения эвакуирующегося в спешке пассажира и привести к затору, давке и жертвам. Для исключения подобного неблагоприятного сценария можно предусмотреть устройства блокировки отсеков для размещения предметов ручной клади.

Также на сегодняшний день отдельной статьей дохода многих авиакомпаний является платная регистрация. Правила воздушных перевозок пассажиров⁶ не запрещают рассаживать членов одной семьи старше 12 лет в разные концы салона воздушного судна. Казалось бы, в этом нет ничего страшного, однако, рассмотрим сценарий, когда мать с ребенком разместили в хвостовой части салона воздушного судна, а отца семейства - в передней. В это время обстоятельства складываются по аналогии с вышеописанной катастрофой, и пассажирам необходимо срочно эвакуироваться. В такой ситуации счёт идёт на секунды. Довольно высока вероятность того, что отец пойдёт спасать свою семью, а, при сложившихся обстоятельствах, его решение, однозначно, будет способствовать торможению всех остальных людей, направляющихся в противоположную сторону к эвакуационным выходам, тем самым уменьшая шансы на успешную эвакуацию.

Для исключения подобного неблагоприятного сценария необходимо внести поправки в правила воздушных перевозок⁶, запрещающие рассаживать членов одной семьи. В случае отсутствия возможности совместной посадки предлагается максимально компактно группировать членов одной семьи, то есть рассадить их на ближайšie свободные места.

В соответствии с п. 25.803(с)⁷ время эвакуации пассажиров и экипажа, для авиалайнеров с количеством пассажирских мест более 44, не должно превышать 90 с. Демонстрация проводится в соответствии с приложением J, данного нормативного документа. В эвакуации используется один выход из каждой пары выходов. Из анализа авиационных катастроф известно⁸, что в большинстве случаев

при пожаре, возникшем вследствие разрушения топливных баков и струйном истечении авиационного топлива, аварийные выходы, расположенные в хвостовой и центральной части воздушного судна (над и за топливными баками) блокируются пламенем. Соответственно, рассматривать выходы, которые с большой вероятностью могут быть заблокированы при пожаре, во время демонстрации эвакуации нецелесообразно. Более реально выглядит сценарий эвакуации через одну пару выходов, расположенных в передней или хвостовой части воздушного судна, в ситуации, когда остальные выходы заблокированы.

Реальное проведение учений с членами экипажа и пассажирами сопряжено со значительными трудностями. Речь идет не только о материальных затратах, но и о возможности получения пассажирами травм.

Соответственно, оценка времени эвакуации в нештатной ситуации может быть получена в ходе проведения численных экспериментов - компьютерного моделирования с помощью программного обеспечения, позволяющего эффективно спрогнозировать эвакуацию пассажиров, сократить сроки и расходы проводимых исследований.

Соответственно, для проверки эффективности предложенных технических решений было проведено имитационное моделирование процесса эвакуации из воздушного судна в численной среде.

Для наиболее приближенного к реальности воспроизведения процесса эвакуации из самолета была выбрана индивидуально-поточная модель движения, описанная в^{9,10}, в которой объектом моделирования является отдельный человек, что дает определенные возможности учета различных факторов, влияющих на его перемещение в пространстве [3].

Построенная модель позволяет обрабатывать различные сценарии эвакуации, дает возможность внесения необходимых изменений в изучаемый процесс, рассмотреть влияние различных новых вводных обстоятельств на движение людского потока.

ступа: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/>, свободный. (Дата обращения: 15.11.2021 г.).

⁹ Приложение к Приказу МЧС России № 382 от 30.06.2009г. «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности» (ред. от 02.12.2015 г.).

¹⁰ Приложение к Приказу МЧС России № 404 от 10.07.2009г «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (ред. от 14.12.2010).

⁷ Межгосударственный авиационный комитет. «Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории» (утв. Постановлением 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 11.12.2008).

⁸ База по расследованиям авиационных происшествий [Электронный ресурс] – Режим до-

Стоит отметить, что в настоящее время отсутствует алгоритм расчета времени эвакуации из салона воздушного судна. В существующих методиках определения расчетных величин пожарного риска описываются идентичные модели движения людских потоков при эвакуации. Однако, использование параметров движения людей, приведенных в^{9,10}, при моделировании эвакуации людей из салона воздушного судна вызывает сомнения. Дело в том, что согласно п. 2 Приложения 5 Методики⁹ пути движения людей и выходы высотой менее 1,9 м и шириной менее 0,7 м при составлении расчетной схемы эвакуации не учитываются. Ширина же основных проходов к эвакуационным выходам из салона воздушного судна, как правило, менее указанных значений.

Типовой состав пассажиров, используемый для демонстрации безопасной эвакуации в соответствии с¹¹, состоит из 60 % мужчин, 40 % женщин, 3 младенцев до 2-х лет, при этом 35 % из общего числа пассажиров составляют лица старше 50 лет (15 % женщины, 20 % мужчины). Параметры эвакуации всех перечисленных контингентов людей в расчете реализовать не представляется возможным, ввиду отсутствия необходимых данных.

Для моделирования эвакуации были использованы данные, приведенные в [4], применяемые авторами статьи при исследовании эвакуации людей из Airbus A330 и полученные на основе замеров реальных параметров движения людей при эвакуации. Параметры приводились для мужчин и женщин без ограничений по здоровью.

Использованные при моделировании параметры эвакуации людей, их проекции, скорость движения приведены в табл. 1.

При моделировании также были приняты следующие допущения:

- расчетное время эвакуации людей составляло время от начала эвакуации до выхода последнего человека из воздушного судна + 10 сек., необходимые для открытия аварийных выходов (интервал времени от момента приведения в действие средств открытия до момента полного открытия выхода, в соответствии с п. 25.809.¹¹);

- все пассажиры и члены экипажа до начала эвакуации располагались на своих местах.

Таблица 1. Параметры эвакуации людей

Параметр	Мужчина	Женщина
Соотношение, %	60	40
Рост, м	1,691	1,57
Ширина в плечах, м	0,441	0,405
Скорость движения, м/с	2,44	
Скорость прохождения человека в дверном проеме, чел/с	2,105	

В качестве объекта исследования рассмотрено воздушное судно «Sukhoi SuperJet 100» (RRJ-95B) в двухклассной компоновке на 87 пассажирских мест (рис. 1).

Основные геометрические характеристики рассматриваемого воздушного судна:

- длина - 29,94 м.;
- размах крыла - 27,8 м.;
- длина фюзеляжа - 29,94 м.;
- ширина фюзеляжа - 3,46 м.;
- высота фюзеляжа - 3,62 м.;
- высота уровня пола кабины - 2,8 м.;
- высота пассажирского салона - 2,112 м.;
- ширина пассажирского салона - 3,24 м.;
- длина пассажирского салона (расстояние от 10 до 51 шпангоута) - 20,417 м.;
- ширина основного прохода - 0,508 м.;
- передняя входная дверь (П-В) - 0,86x1,83 м.;
- передняя сервисная дверь (П-С) - 0,765x1,65 м.;
- задняя входная дверь (З-В) - 0,765x1,65 м.;
- задняя сервисная дверь (З-С) - 0,765x1,65 м.

Входные и сервисные двери левого и правого бортов являются также и аварийными выходами и оснащаются встроенными аварийными трапами.

Под аварийными в данной статье понимаются выходы, используемые людьми для эвакуации.

При моделировании рассматривались четыре сценария эвакуации.

Сценарий 1. Ручная кладь отсутствует в проходах. При составлении расчетной схемы эвакуации один из каждой пары выходов (передние и задние) считался заблокированным.

¹¹ Межгосударственный авиационный комитет. «Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории» (утв. Постановлением 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 11.12.2008).

Сценарий 2. Расчет эвакуации с учетом требований¹² – 50 % ручной клади распределено в различных местах в проходах, подходах к аварийным выходам для создания неболь-

ших препятствий. При составлении расчетной схемы эвакуации один из каждой пары выходов (передние и задние) считался заблокированным.



Рис. 1. Схема компоновки воздушного судна «Sukhoi SuperJet 100» (RRJ-95B)

Сценарий 3. Расчет эвакуации с учетом требований¹² – 50 % ручной клади распределено в различных местах в проходах, подходах к аварийным выходам для создания небольших препятствий. При составлении расчетной схемы эвакуации один из каждой пары выходов (передние и задние) считался заблокированным. Два человека идут против потока.

Сценарий 4. Расчет эвакуации с учетом требований¹² – 50 % ручной клади распределено в различных местах в проходах, подходах к аварийным выходам для создания небольших препятствий. При составлении расчетной схемы эвакуации задние выходы считались заблокированными.

Моделирование эвакуации проводилось в программном продукте Pathfinder, в котором реализована индивидуально-поточная модель эвакуации [5]. В программе базовая скорость человека определяется как функция плотности и объемно-планировочных решений:

$$v_b = v_{max} \cdot v_f(D) \cdot v_{ft} , \quad (1)$$

где v_{max} - максимальная скорость человека;
 $v_f(D)$ - зависимость скорости от плотности, выражающаяся следующим образом:

$$v_f(D) = \begin{cases} \frac{1}{max} [v_{fmin} \frac{1}{0,85} (1 - 0,266D)] , & D < 0,55 \text{ чел/м}^2 \\ D \geq 0,55 \text{ чел/м}^2 \end{cases} \quad (2)$$

v_{fmin} - минимальная доля скорости (по умолчанию 0,15);

D - плотность людей в определенной области

v_{ft} - доля скорости, зависящая от объемно-планировочных решений пути

Численная 3-D модель части воздушного судна с рассажеными пассажирами различной гендерной принадлежности приведена ниже (рис. 2). На рисунке выделены те выходы, которые считались по сценарию заблокированными и в расчете времени эвакуации не учитывались.

Максимальная плотность людей в сценарии 1 при движении к противоположным выходам наблюдается в середине салона (рис. 3).

Результаты моделирования представлены в табл. 2.

В случае наличия ручной клади в проходе, время эвакуации в два противоположных выхода (в один передний и один задний) увеличивается примерно на 30 с.

Когда предполагается, что в условиях наличия ручной клади в проходах еще два человека идут против потока (сценарий 3), например, с носа салона в сторону задних дверей, то возникает еще большее скопление (рис. 4), и время эвакуации достигает более 2 минут (132,4 с).

¹² Межгосударственный авиационный комитет. «Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории» (утв. Постановлением 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 11.12.2008).

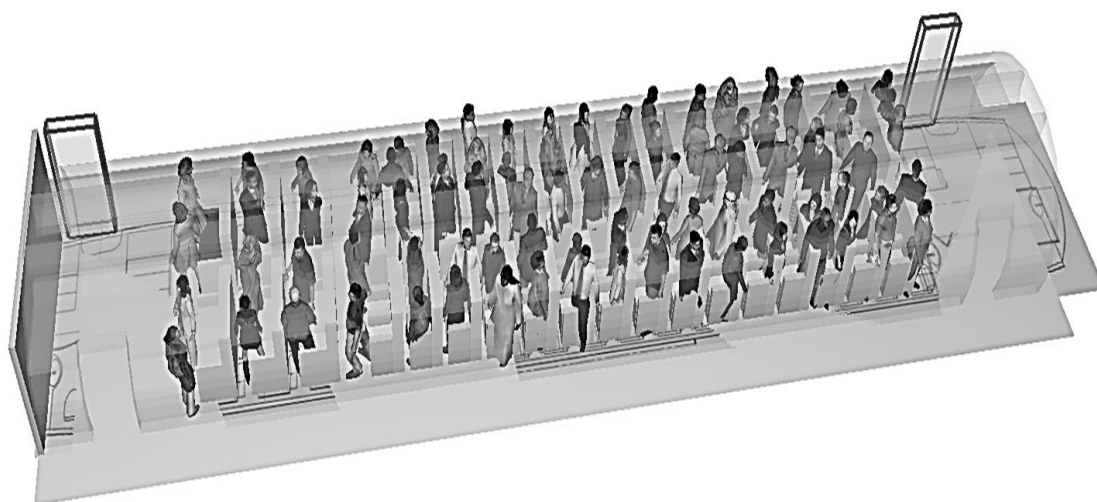


Рис. 2. Численная модель эвакуации в Pathfinder

Вышло: 53/87

Плотность
(чел./м²)

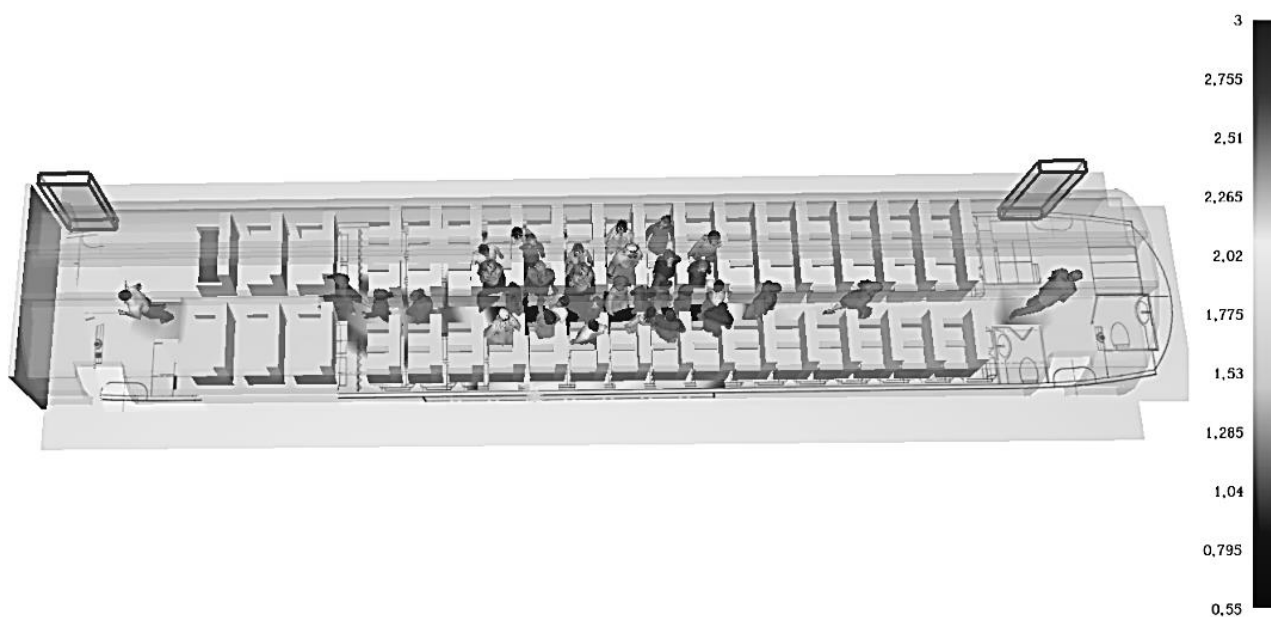


Рис. 3. Скопление людей в центре салона, сценарий 1

Таблица 2. Времена эвакуации для различных сценариев

Сценарий	Время эвакуации, с			
	П-В	П-С	З-В	З-С
1	-	67,8	65,0	-
2	-	96,3	90,9	-
3	-	125,5	132,4	-
4	186,7	189	-	-

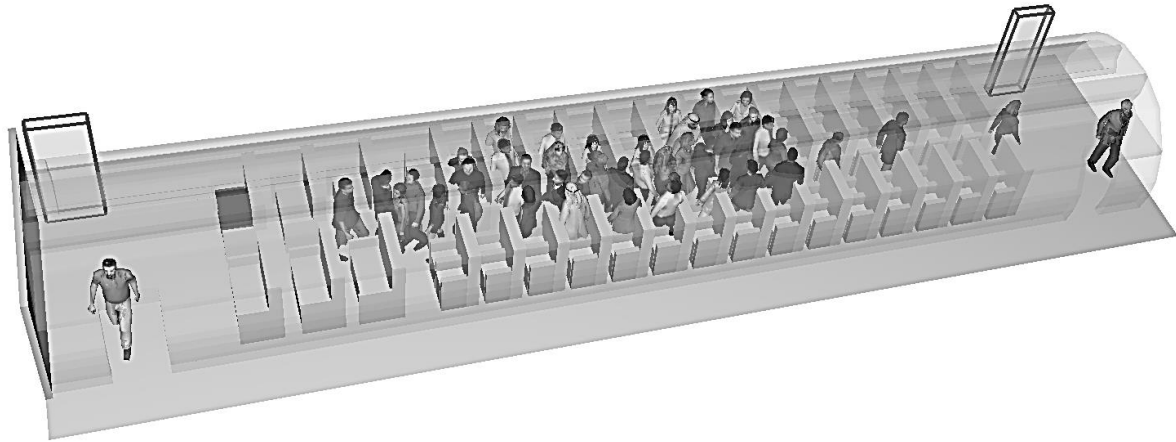


Рис. 4. Скопление людей в центре салона, сценарий 3

В сценарии 4, когда предполагаются заблокированными два задних выхода и эвакуация людей осуществляется в два передних выхода, время эвакуации по сравнению со случаем, при котором отсутствует ручная кладь в проходе и эвакуация осуществляется в два противоположных выхода (сценарий 1), увеличивается в 2,8 раза и достигает более 3 минут. В этом случае люди скапливаются в

хвостовой части салона и не могут эвакуироваться (рис. 5).

Очевидно, что, если в условиях, соответствующих сценарию 4, несколько человек будет двигаться против потока для оказания помощи членам своей семьи, процесс эвакуации замедлится, что может привести к значительным потерям.

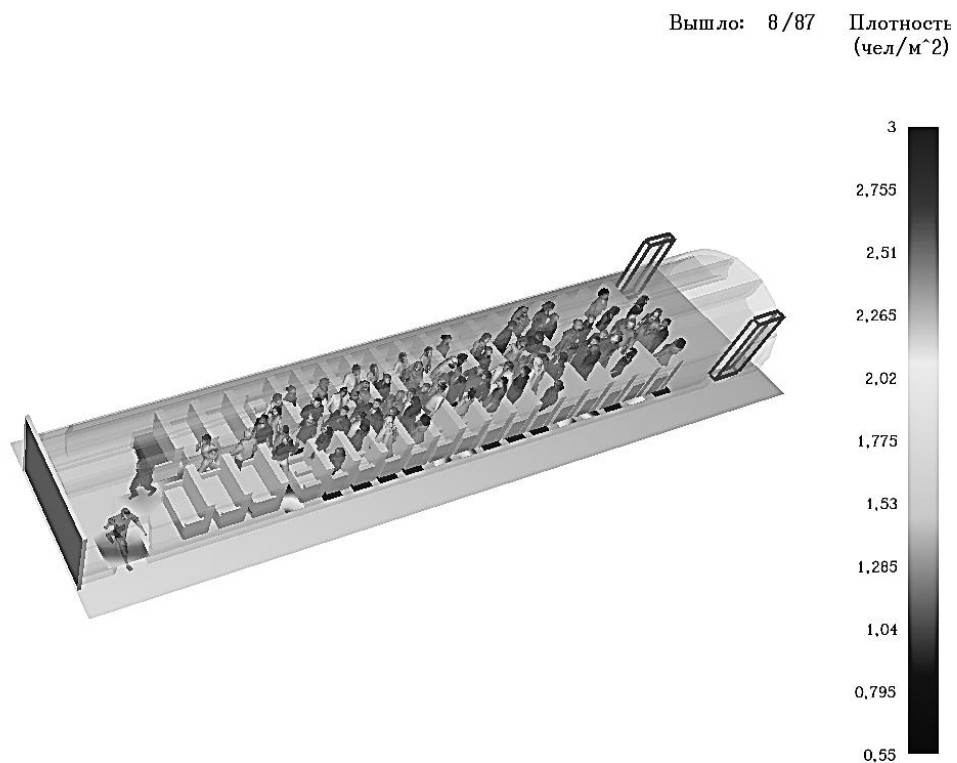


Рис. 5. Скопление людей в хвостовой части салона, сценарий 3

Заключение

Использование имитационной модели эвакуации пассажиров из воздушного судна в численной среде позволяет эффективно спрогнозировать поведение людей в случае эвакуации при различных сценариях ее развития.

Проведенное компьютерное моделирование процесса эвакуации показало наличие зависимости времени эвакуации от наличия препятствий в проходах, расположения выходов и направления движения потоков людей.

Приведёнными численными экспериментами подтверждена необходимость разработки дополнительных противопожарных мероприятий, направленных на обеспечение условий безопасной эвакуации людей из сало-

на воздушного судна и исключаящих факторы, увеличивающие время эвакуации:

1. Для исключения загромождения эвакуационных путей предметами ручной клади необходимо предусмотреть устройства блокировки отсеков для ее размещения.

2. Для исключения возникновения разнонаправленных потоков людей необходимо внести в¹³ поправки, запрещающие рассаживать в разные части салона воздушного судна членов одной семьи.

Также необходимо добавить в Сертификационный базис¹⁴ дополнительный сценарий демонстрации аварийной эвакуации через пару выходов, расположенных в передней или хвостовой части воздушного судна, при условии блокировки остальных выходов.

Список литературы

1. Smith K. Design for survival from toxic fumes in aircraft cabin fires // Fire., Basel, Switzerland. 1982, 74, № 922, pp. 625–636.

2. Проектирование самолетов: Учебник для вузов / С. М. Егер, В. Ф. Мишин, Н. К. Лисейцев [и др.]. 3-е изд. М.: Машиностроение, 1983. 616 с.

3. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учебное пособие / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин, А. П. Парфененко [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.

4. Panupong Choochart, Chinnapat Thip-yopas. Study of Passenger Evacuation from the Airbus A330-300 Aircraft// Proceedings International Conference 2020-Innovation Aviation & Aerospace Industry.13–17 Jan 2020, Chumphon, Thailand, 2020. pp. 21–30.

5. Pathfinder User Manual.Version: 2021-3. Last Modified: 2021-09-14/ 403 Poyntz Ave., Suite B. Manhattan, KS 66502, USA: Thunderhead Engineering.

References

1. Smith K. Design for survival from toxic fumes in aircraft cabin fires // Fire., Basel, Switzerland.- 1982, 74, № 922, pp. 625–636.

2. *Proektirovanie samoletov: Uchebnik dlya vuzov* [Aircraft Design: A University Textbook]. S. M. Eger, V. F. Mishin, N. K. Lisejcev [et al.]. 3-e izd. M.: Mashinostroenie, 1983. 616 p.

3. *Evakuaciya i povedenie lyudej pri pozharah: uchebnoye posobie* [Evacuation and behavior of people in case of fire: a tutorial] / V. V. Holshchevnikov, D. A. Samoshin, A. P. Parfenenko [et al.]. M.: Akademiya GPS MCHS Ros-sii, 2015. 262 p.

4. Panupong Choochart, Chinnapat Thip-yopas. Study of Passenger Evacuation from the Airbus A330-300 Aircraft// Proceedings International Conference 2020-Innovation Aviation & Aerospace Industry.13–17 Jan 2020, Chumphon, Thailand, 2020. pp. 21–30.

5. Pathfinder User Manual.Version: 2021-3. Last Modified: 2021-09-14/ 403 Poyntz Ave., Suite B. Manhattan, KS 66502, USA: Thunderhead Engineering.

¹³ Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 28 июня 2007 года № 82 Об утверждении Федеральных авиационных правил «Общие правила воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов и требования к обслуживанию пассажиров, грузоотправителей, грузополучателей» (с изменениями на 15 сентября 2020 года).

¹⁴ Межгосударственный авиационный комитет. «Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории» (утв. Постановлением 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 11.12.2008).

Скодтаев Сослан Владиславович

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

старший научный сотрудник

E-mail: ugps.ssv@mail.ru

Skodtaev Soslan Vladislavovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia»,

Russian Federation, St. Petersburg

E-mail: ugps.ssv@mail.ru

УДК 542.8

ВОЗМОЖНОСТИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОПОТИ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ПРИЧИН ВОЗГОРАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

О. Е. СТОРОНКИНА, Т. А. МОЧАЛОВА, А. А. КОЧЕТОВА¹

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

¹ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы
«Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: oleg1968@mail.ru, mihailmochalov@mail.ru, kochetova-a-a@mail.ru

При расследовании пожаров и поджогов автомобилей, а также дорожно-транспортных происшествий объектами для изучения часто становятся моторные топлива и различные технические жидкости, являющиеся продуктами нефтепереработки и относящиеся к горючим и легковоспламеняющимся жидкостям. Важное значение при этом приобретает ответ на вопрос – является ли горючая жидкость, найденная на автомобиле, на одежде потерпевшего или подозреваемого, на дороге частью самого транспортного средства или она занесена извне. В работе сообщаются результаты обнаружения следов горючих жидкостей в отложениях копоти снятых с деталей автомобиля методом флуоресцентной спектроскопии.

Ключевые слова: копоть, флуоресцентная спектроскопия, автотранспортные средства, пожарно-техническая экспертиза.

POSSIBILITIES OF SPECTRAL STUDIES OF KOPOTI IN IDENTIFICATION OF CAUSES OF FIRE OF MOTOR VEHICLES

O. E. STORONKINA, T. A. MOCHALOVA, A. A. KOCHETOVA¹

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

¹Federal state budgetary institution judicial-expert institution of The State Fire Service
«Test Fire Laboratory of The Ivanovo Region»

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: oleg1968@mail.ru, mihailmochalov@mail.ru, kochetova-a-a@mail.ru

When investigating fires and arson of cars, as well as road accidents, objects for study are often motor fuels and various technical fluids that are refined products and related to flammable and flammable liquids. In this case, it is important to answer the question - is the flammable liquid found on the car, on the clothes of the victim or suspect, on the road part of the vehicle itself, or is it brought in from the outside. The paper reports the results of detecting traces of flammable liquids in soot deposits removed from car parts by fluorescence spectroscopy.

Key words: soot, fluorescence spectroscopy, vehicles, fire-technical expertise.

Количество пожаров на авто-транспорте занимает второе место после пожаров в жилых зданиях. Но последствия от таких возгораний в подавляющем большинстве случаев не такие значительные по сравнению с пожарами в жилом секторе. Меньшее количество погибших и травмированных при

возгорании транспортных средств объясняется более высоким шансом выйти из горящего автомобиля, тогда как в многоэтажном здании эвакуация людей представляется довольно затруднительной. Тем не менее, пожар автомобиля наносит материальный ущерб, который владелец автомобиля будет стремиться возместить. Для решения данной задачи необходимо установить причину

возникновения горения, для чего и назначается пожарно-техническая экспертиза.

Чаще всего в качестве инициатора горения поджигатели используют легко-воспламеняющиеся и горючие жидкостные составы. На месте происшествия данные жидкости возможно обнаружить в салоне машины, на корпусе автотранспортного средства, а также в почве рядом с объектом. Но в случаях, когда объекты исследования могут быть повреждены или удалены с места пожара, актуальным становится выявление и диагностика следов легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ) в отложениях копоти на сохранившихся конструктивных элементах автомобиля [1]. Обнаружение с внешней стороны кузовных элементов автомобиля остатков ЛВЖ и (или) ГЖ является одним из квалификационных признаков версии искусственного инициирования горения (поджога) [2].

Цель проведенного исследования заключалась в установлении причины пожара на автотранспорте путем выявления и диагностики следов нефтепродуктов в отложениях копоти, образующихся на конструкциях кузова автомобиля в ходе пожара.

Эффективным методом обнаружения остатков ЛВЖ и ГЖ на сильно выгоревшем пожаре является флуоресцентная спектроскопия [2]. Данный метод основан на способности светиться под действием ультрафиолетовых лучей моноциклических и полициклических ароматических углеводородов, присутствующих в нефтепродуктах и смесевых растворителях не нефтяной природы [3–5].

Для получения проб копоти использовались: бензин неэтилированный АИ-92-К5 по ГОСТ 32513-2013 (автомобильный бензин экологического класса К5 марки АИ-92-К5), автомобильная шина, пластиковый бампер, окрашенное крыло автомобиля. Автомобильный бензин относится к группе легковоспламеняющихся жидкостей [3, 4].

Каждый образец обжигался на лабораторной установке, представляющей собой лабораторный штатив, на который закреплен металлический лист. Под листом размещался сжигаемый образец. Сформировавшийся в результате обжига материала слой копоти на металлическом листе отбирался с использованием шпателя. Полученные образцы копоти подвергались экстракции, т. е. растворению в подходящем для этой цели органическом растворителе и выделению остатков ЛВЖ. В работе использовался гексан для хроматографии нормализованный (1 н-

гексан ОСЧ), он не флуоресцирует и поэтому может использоваться при проведении исследований методом флуоресцентной спектроскопии с помощью спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама» (Люмекс, Россия). Метод флуоресцентной спектроскопии на практике оказался простым и очень чувствительным исследованием обнаружения горючих жидкостей в объектах носителях [3, 4].

В ходе исследования были получены спектры выгоревшей резины, бампера и краски от крыла автомобиля, а также спектры возбуждения флуоресценции деталей, облитых неэтилированным бензином АИ-92-К5.

При обработке полученных результатов использовалось программное обеспечение «PANORAMA PRO».

Спектры флуоресценции исследованных объектов представлены на рис. 1–3. Спектр флуоресценции экстрактов бензина АИ-92, сожженного на окрашенной поверхности крыла автомобиля, отличается от спектра флуоресценции исходной сожженной поверхности (рис. 1). В образце топлива, сожженного на поверхности крыла машины практически исчезает основной максимум флуоресценции в диапазоне 360–380 нм. Самый интенсивный максимум флуоресценции в образце сожженного топлива наблюдается при длинах волн 375, 405 и 425 нм. Максимумы люминесценции в диапазоне длин волн выше 400 нм связаны с наличием в экстрактах смолистых компонентов и окисленных структур. Максимум при 375 нм характерен для полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Можно сделать вывод о том, что в копоти, полученной при горении бензина, содержится значительное количество ПАУ и смол, являющихся продуктами пиролиза бензина. Данный диагностический признак может быть использован для выявления следов горения бензина на кузовных элементах автомобиля.

Спектры флуоресценции экстрактов полимерных материалов имеют сложный характер. Во многих случаях спектры имеют вид схожий со спектрами ЛВЖ (рис. 2) [3–5]. Так, спектр флуоресценции экстрактов копоти при сжигании бампера практически идентичен спектру АИ-92 с основным максимумом при 370 нм и двумя дополнительными максимумами при 405 и 435 нм. После выгорания автомобильного топлива на поверхности бампера спектр флуоресценции не схож с выгоревшим топливом, максимумы в области 370–430 нм исчезают. Появляется пик в области 340–360 нм, т. е. трициклических ароматических углеводородов.

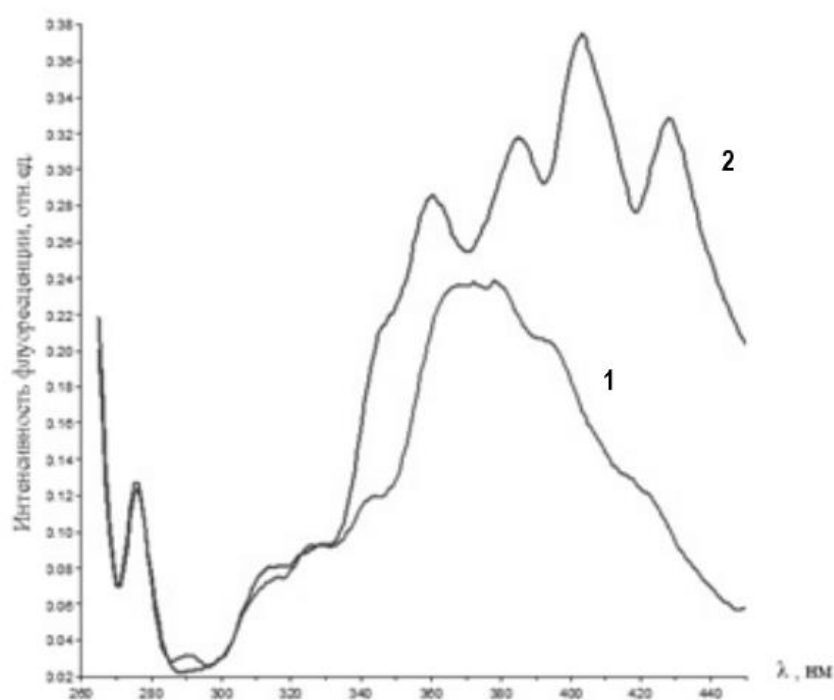


Рис. 1. Спектры флуоресценции копоти: 1 - окрашенное автокрыло; 2 - неэтилированный бензин АИ-92-К5, сожженный на поверхности крыла

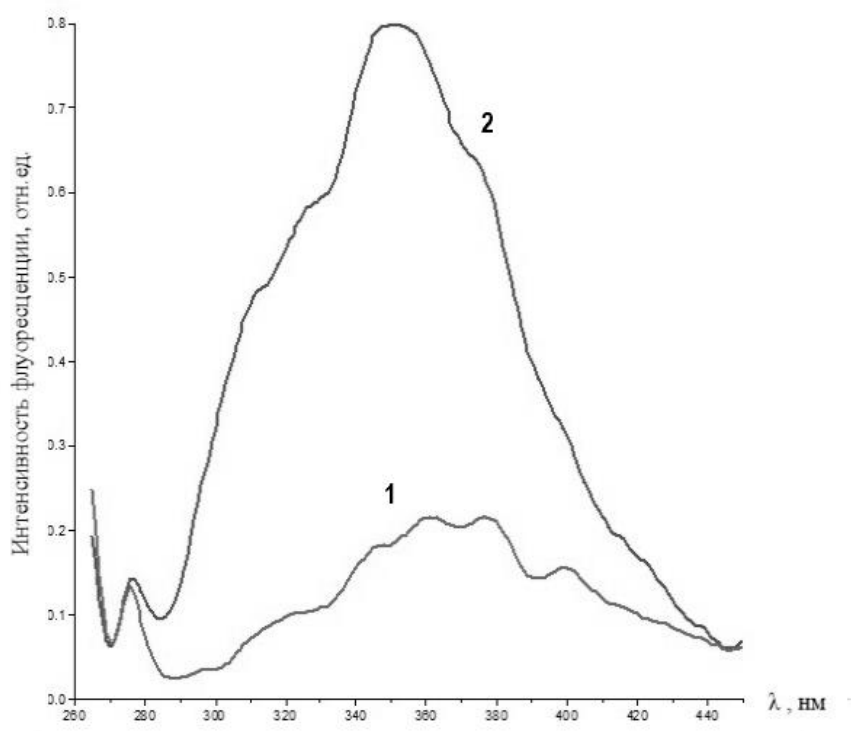


Рис. 2. Спектры флуоресценции: 1 - пластиковый бампер; 2 - неэтилированный бензин АИ-92-К5, сожженный на поверхности бампера

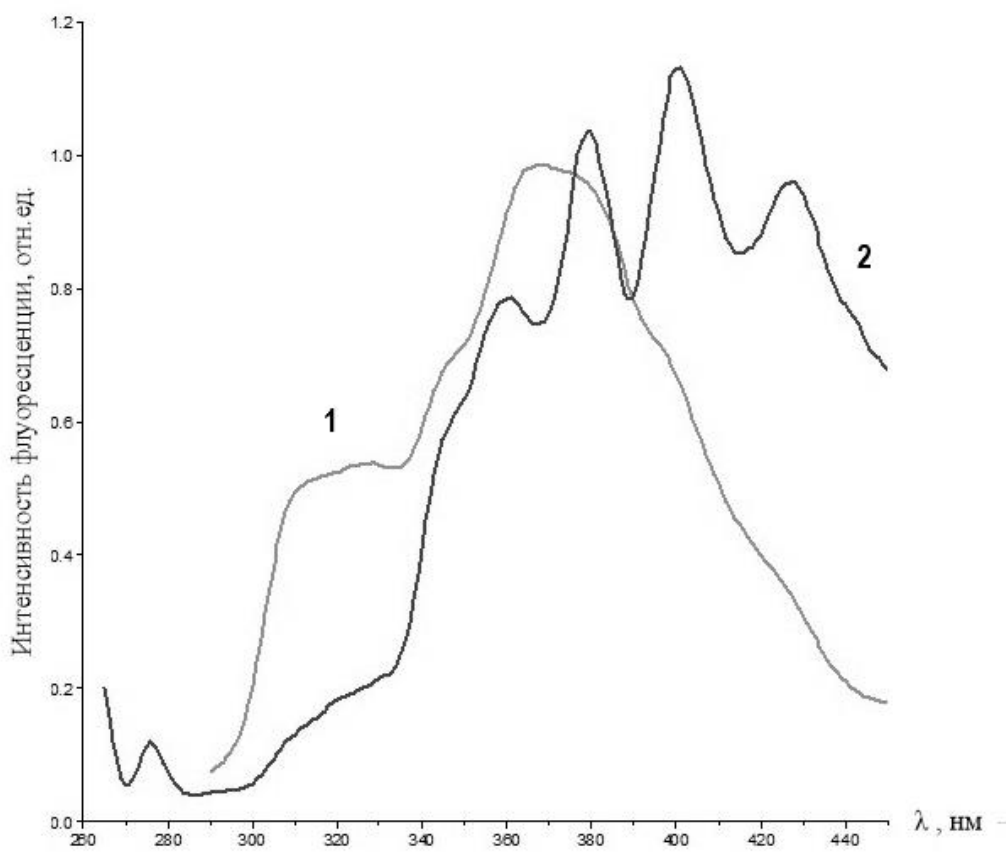


Рис. 3. Спектры флуоресценции: 1 - резиновая автопокрышка; 2 - неэтилированный бензин АИ-92-К5, сожженный на поверхности автопокрышки

В спектре экстракта копоти, полученной при сгорании резины (рис. 3), наиболее интенсивным является максимум флуоресценции в области 360–380 нм. Имеются также достаточно хорошо выраженный максимум в области 300–320 нм, характерный для дифенила, гомологов нафталина. В целом экстракт копоти резины схож с тяжелыми нефтепродуктами, которые используются в производстве автомобильных покрышек. В экстракте копоти резины, на поверхности которой были сожжены моторные топлива, в этих спектрах наблюдается характерный вид спектра флуоресценции моторных топлив. По-видимому, при горении резиновых изделий, находящиеся на их поверхностях горючие жидкости частично сохраняются. Можно констатировать, что диагностика следов автомобильных топлив на резиновых объектах-носителях весьма вероятна.

Эффективность используемого метода для выявления следовых количеств моторных топлив при исследовании копоти выгоревших отдельных элементов автомобиля повышена

за счет увеличения концентрации исследуемых экстрактов при снятии спектров флуоресценции в сравнении с рекомендуемыми [4]. При этом в ходе экспериментов оказалось, что в спектрах флуоресценции не происходит так называемое гашение люминесценции и, соответственно, полученные зависимости интенсивности флуоресценции от длины волны являются достоверными.

По результатам проведенного методом флуоресцентной спектроскопии исследования можно констатировать, что в исследованных образцах обнаружены продукты, свойственные для бензина АИ-92-К5. Таким образом, полученные экспериментально особенности химического состава экстрактов копоти при сгорании нативного АИ-92-К5 и сожженного на конструктивных элементах автомобиля, демонстрируют возможность выявления и диагностики следов моторных топлив, оседающих с сажевыми частицами на различных поверхностях.

Список литературы

1. Таратанов Н. А., Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А. Исследование копоти при горении нефтепродуктов методом флуоресцентной спектроскопии в целях судебной пожарно-технической экспертизы // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2020. № 4(37). С.154–159.
2. Применение инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: сб. метод. рекоменд. / под ред. И. Д. Чешко, А. Н. Соколовой. СПб.: СПб филиал ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008. 279 с.
3. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. СПб.: СПб. ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2012. 364 с.
4. Чешко И. Д., Принцева М. Ю., Яценко Л. А. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах: метод. пособие. М.: ВНИИПО, 2010. 90 с.
5. Аксенов А. А., Воронцова А. А., Таратанов Н. А. Исследование нативных и выгоревших нефтепродуктов спектрофлуориметрическим методом // *Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны*. 2017. С. 4–7.
- spektroskopii v celyah pogarno-tehnicheskoy ekspertizy [Investigation of soot during the combustion of petroleum products by the method of fluorescence spectroscopy for the purpose of forensic fire-technical expertise]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashity*, 2020, vol. 37, issue 4, pp. 154–159.
2. *Primenenie instrumental'nyh metodov i tehnicheskikh sredstv v ekspertize pogarov: sb. metod. rekomend.* [Application of instrumental methods and technical means in the examination of fires: collection of articles. method. recommend.]. pod. red. I. D. Cheshko, A. N. Sokolovoy. SPb.: SPb. Filial FGU VNI IPO MCHS Rossii, 2008. 279 p.
3. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. *Analiz expertnyh versi' vozniknoveniay pogara* [Analysis of expert versions of a fire]. V 2-h knigah. SPb.: SPb. Filial FGU VNI IPO MCHS Rossii, 2012. 364 p.
4. Cheshko I. D., Princeva M. U., Yacenko L. A. *Obnaruzheniye i ustanovleniye sostava legkovosplamenyayushchikhsya i goryuchikh zhidkostey pri podzhogakh: metod. posobiye* [Detection and establishment of the composition of flammable and combustible liquids during arson: method. allowance]. M.: VNI IPO, 2010. 90 p.
5. Aksenov A. A., Voroncova A. A., Taratanov N. A. *Issledovanie nativnyh i vygorvshih nefteproduktov spektrofluometricheskim metodom* [Investigation of native and burnt oil products by spectrofluorimetric method]. *Pozarnaya i avarinaya bezopasnost': sbornik materialov XII Mezdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashennoy Godu grazdanskoy oborony*, 2017, pp. 4–7.

References

1. Taratanov N. A., Storonkina O. E., Mochalova T. A. *Issledovanie kopoti pri gorenii nefteproduktov metodom fluorescentnoy*

Сторонкина Ольга Евгеньевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, доцент кафедры
E-mail: oleg1968@mail.ru

Storonkina Ol'ga Evgen'evna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of chemical sciences, associate professor
E-mail: oleg1968@mail.ru

Мочалова Татьяна Александровна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат биологических наук, заместитель начальника кафедры
E-mail: mihailmochalov@mail.ru

Mochalova Tat'jana Aleksandrovna

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of biological sciences, deputy head of department

E-mail: mihailmochalov@mail.ru

Кочетова Анна Анатольевна

ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы

«Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»,

Российская Федерация, г. Иваново

старший эксперт сектора судебных экспертиз

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

Kochetova Anna Anatol'evna

Federal state budgetary institution judicial-expert institution of The State Fire Service «Test Fire Laboratory of The Ivanovo Region»,

Russian Federation, Ivanovo

senior forensic expert

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

УДК 614.841.415:621.31

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕРМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОКАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

С. Н. УЛЬЕВА, А. Л. НИКИФОРОВ, С. А. ШАБУНИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: jivotjagina@mail.ru, anikiforoff@list.ru, sergeyshabunin@yandex.ru

В работе проведена оценка пожарной опасности полимерных электроизоляционных материалов для выявления дефектов и уровня пожарной опасности электрокабельных линий, эксплуатируемых на объектах защиты. Предложен метод оценки пожарной опасности изоляционных материалов электрокабельных изделий, основанный на анализе термогравиметрических исследований.

Ключевые слова: Изоляция, деструкция, возгорание, воздействия окружающей среды, термогравиметрия.

POSSIBILITIES OF THERMAL ANALYSIS METHODS IN DETERMINING THE FIRE HAZARD OF POLYMERIC INSULATING MATERIALS FOR ELECTRICAL CABLE PRODUCTS

S. N. ULIEVA, A. L. NIKIFOROV, S. A. SHABUNIN

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: jivotjagina@mail.ru, anikiforoff@list.ru, sergeyshabunin@yandex.ru

In this work, an assessment of the fire hazard of polymeric electrical insulating materials was carried out to identify defects and the level of fire hazard of electrical cable lines operated at the objects of protection. A method for assessing the fire hazard of insulating materials for electrical cable products, based on the analysis of thermogravimetric studies, is proposed.

Key words: Insulation, destruction, fire, environmental influences, thermogravimetry.

Как показывает многолетняя статистика, практически каждый пятый пожар в нашей стране обусловлен неисправностью или нарушением правил эксплуатации электрокабельных линий. При этом львиная доля таких пожаров происходит в жилом секторе. Если обратиться к официальным источникам информации, в которых дается разъяснение причин возникновения пожара, то нетрудно заметить, что большинство экспертов указывают на возникновение короткого замыкания, как конечную фазу неисправности электропроводок¹. При-

чем короткое замыкание бывает спровоцировано, как правило, перегрузкой линии при неправильном выборе аппарата защиты сечению проводника, либо возникновением больших переходных сопротивлений, связанных с некачественным соединением проводников, нарушением площади контакта в местах их соединения, либо уменьшением площади сечения проводника по причине коррозии или механического повреждения. Следует отметить, что короткие замыкания, возникающие при меха-

© Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Шабунин С. А., 2021

¹ Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник, под общей редакцией А. В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2015,

124 с.; Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник, под общей редакцией Д. М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2017, 124 с.; Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник, под общей редакцией Д. М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2019, 125 с.

ническом повреждении проводов, существенно реже приводят к пожару, так как в данном случае не происходит воспламенения самой изоляции проводов. Это можно объяснить тем, что тепловой энергии, выделяющейся при коротком замыкании проводов, имеющих собственную температуру ниже 50°C , оказывается недостаточно для воспламенения изоляции. Воспламенение происходит лишь в том случае, если изоляция электрокабельного изделия имеет температуру близкую к температуре плавления (в данном случае речь идет лишь о термопластичных полимерах). Последнее утверждение требует проведения отдельного исследования, так как условия воспламенения изоляции зависят от большого количества факторов, основными из которых являются химический состав материала изоляции, сечение токоведущей жилы, температура изделия, длительность выделения тепла при коротком замыкании (зависит от используемого аппарата защиты и его характеристик). К качеству полимера, используемого в качестве изоляции электрокабельных изделий, предъявляется ряд требований, которые должны неукоснительно соблюдаться производителями готовой продукции.

Однако в действительности дело может обстоять иначе. В погоне за прибылью недобросовестные производители идут на различные уловки, стремясь снизить цену на товар за счет снижения себестоимости. Это становится возможным при замене ГОСТированной продукции на более дешевые аналоги и суррогаты, которые способны обеспечить качество изделия лишь в ограниченных рамках (например в узком диапазоне температур). То есть речь идет о производстве и последующем использовании фальсифицированной продукции. При оценке фальсифицированных проводов чаще всего отмечают несоответствующее качество изготовления токоведущих жил – они могут иметь меньшее сечение и выполнены не из электротехнической меди, а медьсодержащих сплавов. В тоже время изоляции уделяется меньшее внимание, хотя с точки зрения оценки пожарной опасности электрических проводов именно изоляция является ключевым элементом. В данном случае факт фальсификата может заключаться в замене материала изоляции на суррогаты, которые при низких температурах могут соответствовать требованиям, предъявляемым соответствующими ГОСТами к показателям электрической прочности и сопротивлению изоляции, но, в отличие от сертифицированных материалов, при повышенных температурах резко снижают свои диэлектрические показатели. Актуальными задачами профилактической работы по обеспече-

нию пожарной безопасности в настоящее время являются борьба с фальсификатом электрокабельной продукции и разработка прикладных научно-обоснованных методов выявления несоответствия качества электрической изоляции требованиям нормативных документов.

Наше исследование было посвящено исследованию электрокабельных изделий, которые наиболее часто фигурируют в пожарных сводках, а именно – проводам, используемым в частном секторе. В данной сфере наибольшее распространение получили провода с изоляцией из поливинилхлорида, имеющие медную (ПВ, ПГВ, ППВ) или алюминиевую (АПВ, АППВ) токоведущую жилу сечением от $1,5$ до $2,5 \text{ мм}^2$, выпускаемые в соответствии с требованиями ГОСТ 6323-62². Данные проводные изделия рассчитаны на номинальное напряжение до 500В и служат для монтажа электрического оборудования, питания силовых и осветительных установок. Допускается их наружная и внутренняя прокладка, в том числе в металлических и полимерных трубах. Рекомендуемый диапазон температуры окружающей среды составляет от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$ ³.

На наш взгляд одной из основных причин приводящих к пожару аварий на данных электротехнических изделиях является пробой изоляции, возникающий вследствие перегрева проводок. Следует подчеркнуть, что данное утверждение касается только открытых проводок, проложенных как с соблюдением нормативных требований по поверхности из горючих материалов, так и находящихся в непосредственном контакте с горючими изделиями при нарушении правил пожарной безопасности. При этом именно электрический пробой инициирует возникновение короткого замыкания и последующего воспламенения изоляции с вовлечением в пожар расположенных в непосредственной близости горючих сред.

В электротехнике пробой изоляции ассоциируют с ее электрической прочностью. То есть электрическая прочность изоляции кабелей есть не что иное, как минимальное напряжение, при котором наступает пробой изоляции. При этом различают два вида пробоя – электрический и тепловой.

Электрический пробой обусловлен такими явлениями, как наличие дефектов в молекулярной структуре полимера из которого изготовлена изоляция, либо локальным меха-

² ГОСТ 6323-79 Провода с поливинилхлоридной изоляцией для электротехнических установок.

³ Proelectro.ru - электротехнический портал elrekl@yandex.ru (дата обращения 10.11.21).

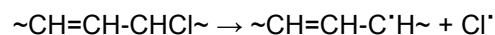
ническим дефектом. Электрический пробой называют также прокалывающим, что обусловлено малыми локальными повреждениями изоляции и короткими промежутками времени его реализации.

Тепловой пробой изоляции связан с теплообменными процессами и происходит в том случае, когда перестает осуществляться нормальный отвод выделяющегося в кабеле или проводе тепла от его поверхности. Данное явление проявляется при повышенной температуре окружающей среды но также это возможно при искусственном снижении эффективности охлаждения изоляции за счет нарушения способа прокладки или экранирования провода посторонними предметами. Процесс прогрева изоляции в данном случае протекает с некоторой скоростью и растянут во времени. Сам пробой происходит в местах наибольшего перегрева.

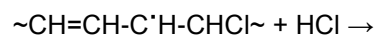
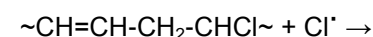
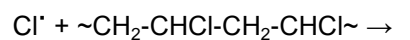
На наш взгляд данное разделение пробоя изоляции не всегда выполняется в чистом виде. Чаще всего при пробое задействованными оказываются оба механизма. При этом время наступления пробоя может составлять от нескольких секунд до дней, недель и даже месяцев, что определяется рядом факторов, основными из которых являются химический состав изолирующей оболочки и температура. В меньшей степени на процесс оказывают влажность и наличие агрессивных сред в окружающей проводник атмосфере. Механизм явления можно представить в следующем виде – температурное воздействие на полимер запускает в нем деструктивные процессы, которые протекают ступенчато и приводят к образованию дефектов структуры полимера и снижению диэлектрических свойств, которые, в свою очередь, существенно зависят от температуры. В нашем случае для исследования нами были выбраны провода с изоляцией из винилхлорида. Априори известно, что поливинилхлорид, получаемый в промышленных масштабах, обладает большим количеством дефектов молекулярной структуры к которым относятся наличие ответвленных цепей, концевых групп, ненасыщенных связей. На диэлектрических свойствах полимера сказывается наличие в его составе непрореагировавших компонентов (эмульгаторов, инициаторов полимеризации и пр.). Все это крайне негативно сказывается на стабильности хлоридных групп, находящихся в непосредственном контакте с перечисленными дефектами. Авторы [1] отмечают, что благодаря наличию дефектов при температуре чуть выше 100°C ПВХ начинает разрушаться с выделением HCl, причем скорость деструкции возрастает по мере увеличения температуры. Здесь же приводится ради-

кальный механизм дегидрохлорирования ПВХ, протекающий в несколько стадий:

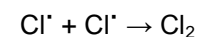
– Инициирование:



– Рост цепи:



– Обрыв цепи (рекомбинация):



Наличие кислорода воздуха существенно увеличивает скорость деструкции, что негативно сказывается на сопротивлении ПВХ изоляции электрическому пробую.

Таким образом, подмена качественного винилхлоридного сырья на суррогатные продукты (вторичные полимеры в чистом виде или в виде удешевляющих добавок, введение в состав нерегламентированных наполнителей или других полимеров) будет существенно сказываться на качестве готовой изоляции, что особенно ярко будет проявляться при температурах выше 100°C. В данном случае сертифицированная продукция в отличие от фальсификата сохраняет свои диэлектрические свойства более длительное время и при больших показателях температуры.

Деструкцию ПВХ можно обнаружить визуально по изменению цвета изоляции – в процессе теплового воздействия окраска приобретает оттенки от светло-желтого до темно-коричневого.

В процессе производства сертифицированной электрокабельной продукции с ПВХ изоляцией для обеспечения необходимых эксплуатационных показателей в ее состав кроме полимера вводят стабилизаторы, пласификаторы, пигменты, антипирены и ряд других продуктов. При этом особые требования предъявляются к полимерному материалу. В настоящее время для изготовления изоляции используется суспензионный ПВХ, отличающийся малой разветвленностью и узким молекулярно-массовым распределением полимерной цепи. Молекулярная масса сертифицированного кабельного ПВХ пластиката лежит в пределах 60000-100000. Стабильность молекулярного

строения является необходимым условием обеспечения надежности и долговечности готовой продукции [2].

Следует отметить тот факт, что введение в состав полимера различных добавок существенно повышают химическую инертность и термическую устойчивость изолирующего покрытия. В то же время присутствие таких добавок при повышении температуры проводника приводит к снижению удельного объемного электрического сопротивления и диэлектрических показателей изоляции [3].

В связи с этим стандартные испытания сопротивления изоляции, диэлектрических свойств и устойчивости к электрическому пробую проводят при 20 и 70^oC [4].

Все отмеченное выше показывает, что несоблюдение требований ГОСТов и нарушения технических регламентов при производстве электрокабельной продукции в процессе эксплуатации негативно сказывается на пожарной безопасности данных материалов.

Стабильность изоляционных ПВХ материалов определяется их термостойкостью, т.е. способностью сохранять состав и строение при повышенной температуре. Однако данное условие связано с выполнением ряда условий, основными из которых являются стабильность молекулярного состава полимера, наличие стабилизирующих процессы термоокислительной деструкции добавок, а также выполнение требований, предъявляемых к эксплуатации проводок. Любое превышение номинальных температур будет способствовать развитию динамики процесса старения. В фальсифицированных продуктах несоблюдение технологических норм производства изначально делает продукцию ненадежной и крайне опасной.

Деструктивные явления в изоляционных поливинилхлоридных покрытиях проводков и кабелей связаны с нагревом проводков при протекании по ним электрического тока и неблагоприятным воздействием агрессивных сред и влаги. В результате старения изоляции электрической пробой в проводках, находящихся долгое время в эксплуатации, может происходить при более низких температурах, чем у свежесыпущенной продукции.

Данный вывод находит свое подтверждение в материалах диссертационного исследования Х.Х. Сапаева [4], где на основе анализа исследований термических характеристик антипирированных ПВХ-пластикатов, подвергшихся действию термоокислительной деструкции, отмечается смещение начала негативных процессов в полимере на 20-40^oC.

В работе [5] авторами было показано влияние условий термического старения на

снижение структурно-механических свойств ПВХ пластиката.

Таким образом, для определения изменения характеристик электрической изоляции проводов, протекающих в процессе их эксплуатации, равно как и для выявления фальсифицированной продукции, может быть использован термогравиметрический метод анализа.

Сущность метода заключается в оценке термостойкости исследуемой полимерной композиции, основанной на фиксации изменения массы образца в процессе его нагрева. Это позволяет отследить процесс деструкции материала от начала до окончания термического разложения всех его компонентов. Соответственно, если мы имеем дело с полимером, то любые изменения молекулярной и химической структуры и состава будут оказывать влияние на скорость убыли массы контролируемого образца в процессе выгорания.

Теоретические основы термогравиметрического анализа и возможности практического использования результатов термогравиметрического анализа представлены в работе [3]. В этой связи следует особо выделить диссертационную работу К.В. Волковой [6] в которой приведены результаты комплексного эксперимента по исследованию термических характеристик ПВХ пленок различного состава. Автор особо указывает на низкую термостабильность поливинилхлорида, что негативно отражается на технологии его переработки, связанной с резким ухудшением физико-механических характеристик. Собственно, в результате старения полимера протекают аналогичные процессы, так как старение электропроводок инициировано, в первую очередь, их нагревом в процессе эксплуатации. Причем чем выше температура, тем быстрее и более полно протекает процесс деструкции.

Анализ термогравиметрических кривых позволяет определять температуры начала и окончания процесса деструкции полимеров, что позволяет оценить термостойкость материала и сравнить ее с аналогами, что и предлагается нами использовать при выявлении фальсифицированной продукции, а также для оценки изменения реологических характеристик ПВХ изоляции в результате естественного старения.

В качестве объектов исследования нами были выбраны наиболее часто используемые проводки от разных производителей (таблица) и широко представленные в специализированных торговых организациях, торгующих электрокабельной продукцией оптом и в розницу.

Таблица. Провода, представленные на испытания

№	Образец	Наличие сертификата	Характеристика
1	АПВ 1x2,5 (ООО «Калужский кабельный завод»)	Сертификат представлен	Провод с одной алюминиевой жилой, сечением 2,5 мм
2	ПВ 1x1,5 (ООО «Экокабель»)	Сертификат представлен	Провод с одной медной жилой, сечением 1,5 мм
3	АПВ 1x2,5 (ЗАО «Сиб-кабель»)	Сертификат представлен	Провод с одной алюминиевой жилой, сечением 2,5 мм
4	ПВ 1x1,5 (ООО «Калужский кабельный завод»)	Сертификат представлен	Провод с одной медной жилой, сечением 1,5 мм.
5	ПВ 1x2,5 (Неизвестный производитель,	Сертификат не представлен	Провод с одной медной жилой, сечением 2,5 мм

Из представленной в таблице информации видно, что все провода имеют винилхлоридную изоляцию и выпущены различными производителями. Поступившие на испытание образцы ранее не эксплуатировались, сроки с момента их выпуска не превышали одного года, складское хранение осуществлялось в соответствии с требованием производителя. Качество четырех из них было подтверждено соответствующими сертификатами. На один из образцов продавец не смог представить какой-либо информации. Тем не менее, данная продукция находится в открытой продаже и имеет минимальную стоимость.

Исследование термических характеристик изолирующих поливинилхлоридных по-

крытий всех выбранных образцов проводилось методом синхронного термического анализа (ТГ+ДСК) в атмосфере аргона в интервале температур от 20 до 650⁰С при помощи термического анализатора Setsys Evolution. Скорость нагрева составляла 5⁰С/мин. Достоверность данных подтверждалась пятью параллельными испытаниями для каждого образца исследуемой продукции. По результатам эксперимента получали зависимость изменения массы и теплового эффекта от температуры образца. Пример исходного вида полученных зависимостей приведен на рис.1.

Аналогичные зависимости были получены для всех выбранных образцов.

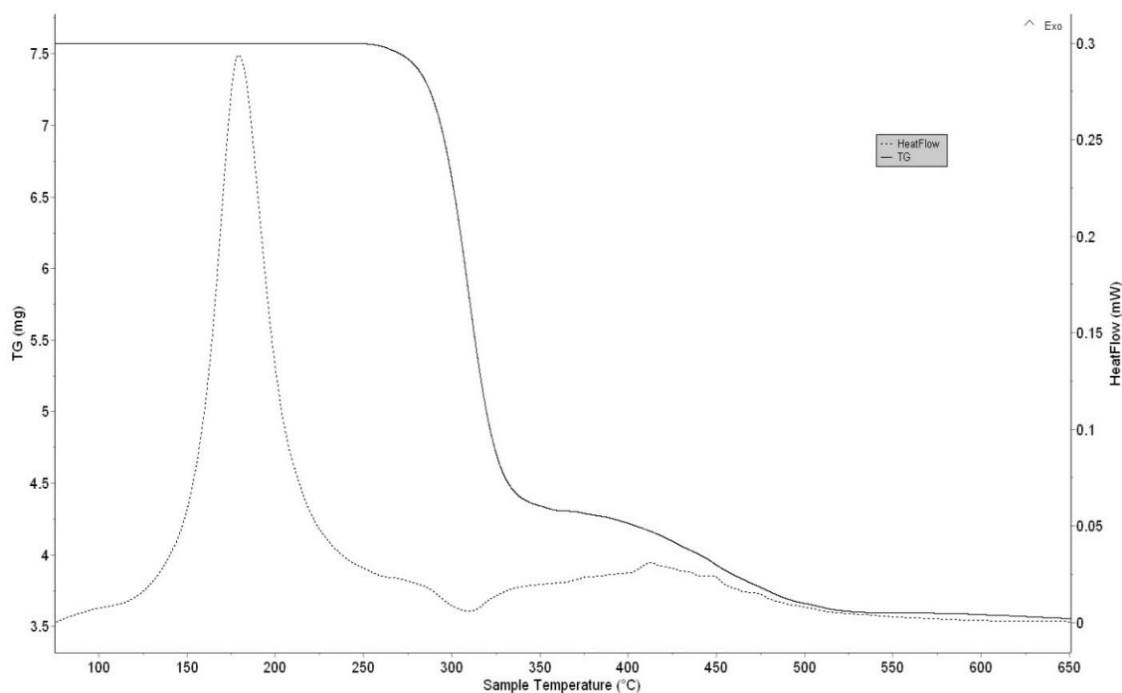


Рис. 1. Результаты термографического исследования ПВХ изоляции провода ПВ 1x1,5

Для сравнения показателей термостойкости изоляции первичные экспериментальные результаты были обработаны, что позволило их представить в одинаковых координатах. Сравнительное исследование поведения изоляционных материалов тестируемых образцов электропроводок проводили путем сопоставления относительной потери массы для каждого образца рис. 2.

Из результатов, представленных на рис. 2, видно, что для пятого образца ПВХ-

изоляции провода, не имеющего сертификата, интервал термодеструкции полимера смещен в область более низких температур и лежит в пределах 240-300⁰С. Для сертифицированных материалов термодеструкция полимера происходит при температурах от 260 до 350⁰С (образцы 1-4). Уже один этот факт позволяет предположить, что и другие температурные характеристики данного материала будут ниже, что, в конечном счете, скажется на его диэлектрических показателях.

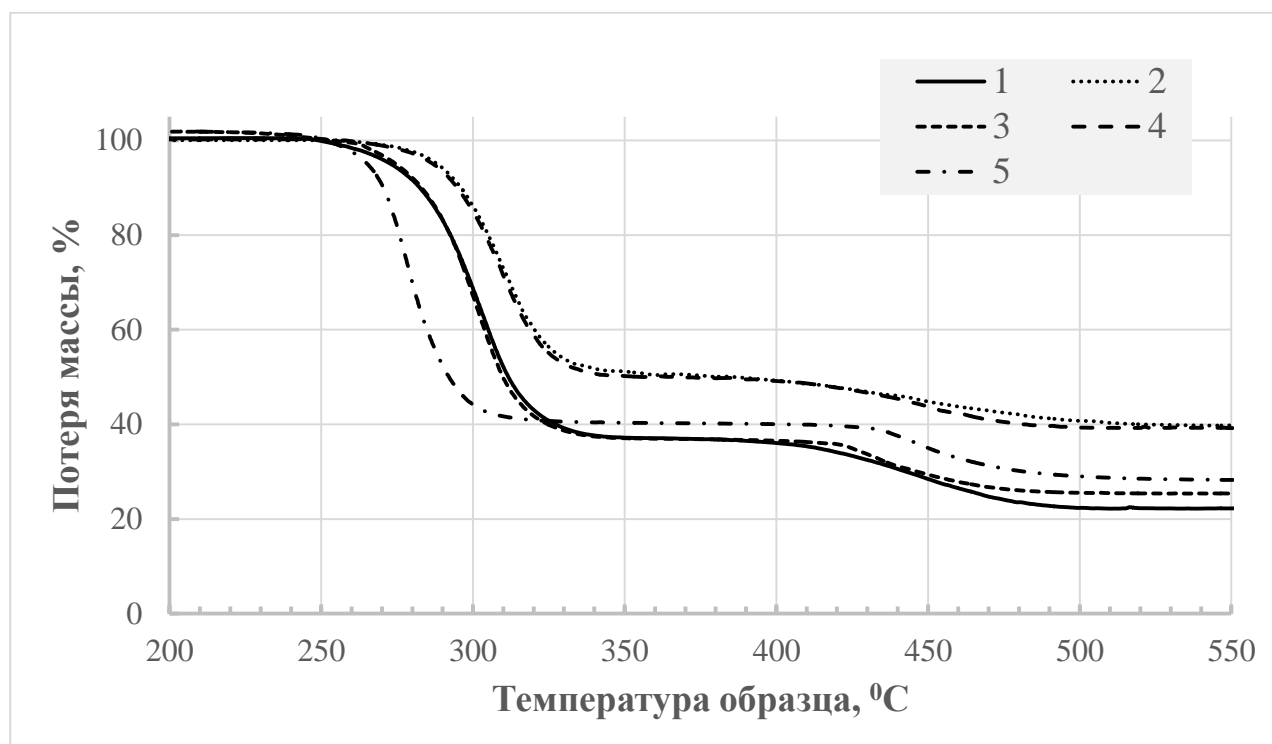


Рис. 2. Зависимость изменения массы исследованных образцов ПВХ изоляции от температуры

Это означает, что вероятность возникновения электрического пробоя такой изоляции будет происходить при более низких температурах провода. Из сказанного следует, что фальсифицированная продукция является потенциально опасной с точки зрения обеспечения пожарной безопасности и опасность эта связана с тем, что при температурах утвержденных ГОСТами для проведения сертификации и испытаний электропроводок данные провода могут соответствовать требованиям. Однако при нештатных режимах работы, когда температура провода может превышать требуемые нормы, фальсифицированная продукция будет представлять реальную угрозу.

Подводя итог проделанной работе можно сделать вывод, что термический анализ может эффективно использоваться для определения пожароопасных характеристик горю-

чих материалов и их изменении в процессе эксплуатации, выявления пожароопасного фальсификата, а также проведения пожарно-технической экспертизы при расследовании пожаров.

Представленная работа является начальным этапом масштабного исследования и показывает технические возможности методов термического анализа для выявления фальсификата при проведении расследования причин возникновения пожаров. Предполагается аппроксимировать эти данные с результатами спектральных исследований состава полимера, изучением диэлектрических свойств и исследованиями пожароопасных характеристик. Возможно, что проведение подобных исследований позволит внести ряд корректировок в соответствующие ГОСТы.

Список литературы

1. Поливинилхлорид / Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниэлс Ч. Пер. с англ; под ред. Г.Е.Заикова. СПб.: Профессия, 2007. 728 с.
2. Энциклопедия Полимеров. Свойства ПВХ-Пластиков Ред. коллегия: В. А. Каргин (глав. ред.) [и др.] Т.1 А–К. М., Сов. Энци., 1972. 1224 стб. с илл
3. Термический анализ полимеров. Казан. гос. технол. ун-т; Сост.: А. М. Кочнев и др. Казань, 2007. 37 с.
4. Сапаев Х. Х. Исследование влияния компонентов ПВХ композитов на их физико-химические свойства и разработка кабельных пластиков пониженной горючести: автореферат дис. ... д-ра техн. наук 02.00.06. Нальчик, 2015. 48 с.
5. Лямкин Д. И., Жемерикин А. Н., Кобец А. В. [и др.]. Влияние условий термического старения на структурно-механические свойства ПВХ пластика // Пластические массы № 8, 2007. С. 22–25
6. Волкова К. В. Деградируемые полимерные композиционные материалы на основе ПВХ: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06. Санкт-Петербург, 2018. 179 с.

References

1. *Polivinilhlorid* [Polyvinylchloride] / Uilki Ch., Sammers Dzh., Daniels Ch. Per. s angl; pod red. G.E.Zaikova. SPb.: Professiya, 2007. 728 p.
2. *Entsiklopediya Polimerov. Svoystva PVKH-Plactikatov* [Encyclopedia of Polymers. Properties of PVC-Plastics]. Red. kollegiya: V. A. Kargin (glav. red.) [i dr.] Vol.1 A–K. M., Sov. EHnts., 1972. 1224 stb. s ill.
3. *Termicheskij analiz polimerov* [3. Thermal analysis of polymers]. Kazan. gos. tekhnol. un-t; Sost.: A. M. Kochnev i dr. Kazan', 2007. 37 p.
4. Sapaev Kh. Kh. Issledovanie vliyaniya komponentov pvkh kompozitov na ikh fiziko-khimicheskie svoystva i razrabotka kabel'nykh plastikov ponizhennoj goryuchesti [Investigation of the influence of PVC composites components on their physicochemical properties and the development of cable compounds of low flammability. Dr. tekhn. nauk avtoreferat diss]. Nal'chik, 2015. 48 p.
5. Lyamkin D.I., ZHemerikin A.N., Kobets A.V., CHerkashin P.A., CHerepennikov S.V., SHed'ko V.M. Vliyanie uslovij termicheskogo stareniya na strukturno-mekhanicheskie svoystva PVKH plastikata // *Plasticheskie massy* №8, 2007. S.22-25.11.
6. Volkova K.V. Degradiruemye polimernye kompozitsionnye materialy na osnove PVKH. Diss. kand. tekhn. nauk [Degradable PVC-based polymer composites]. Sankt-Peterburg, 2018. 179 p.

Ульева Светлана Николаевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, доцент
E-mail: jivotjagina@mail.ru

Ulieva Svetlana Nikolaevna

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

Никифоров Александр Леонидович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, профессор
E-mail: anikiforoff@list.ru

Nikiforov Alexander Leonidovich

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

Doctor of Technical Sciences, professor
E-mail: anikiforoff@list.ru

Шабунин Сергей Александрович

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

Shabunin Sergey Alexandrovich

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

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**
ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND URBAN MANAGEMENT

УДК 504.064

**РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ
МЕЖДУ ПОЧВОЙ И СОПРЕДЕЛЬНЫМ СЛОЕМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
ПРИ АНАЛИЗЕ ЧС НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

М. И. ВЕДЗИЖЕВ

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский проспект 149
mi.pro90@mail.ru

В представленной работе проанализированы процессы взаимного перехода летучих компонентов нефтепродуктов из почвы в приземный слой атмосферы, во многом определяющие долговременное состояние воздушной среды в опасных зонах объектов нефтегазового комплекса. В качестве объектов исследования выбраны образцы почвенных отложений различных морфологических типов: черноземная почва, суглинистая почва.

Изучены летучие компоненты нефтепродуктов, выделяющихся в газовую фазу из загрязненных почв или грунтов и влияющие на экологическое состояние воздушного бассейна на территориях объектов нефтегазового комплекса. Анализ проводили с применением фотоионизационного газоанализатора. Представлены результаты измерения концентрации паров дизельного топлива над слоем загрязненной почвы спустя сутки после занесения в почву нефтепродукта. Анализ показал, что с ростом концентрации нефтепродуктов в почве растет концентрация летучих компонентов в воздушной среде. При этом установлено, что загазованность воздуха химическими загрязнителями нефтяного типа гораздо интенсивнее происходит в случае суглинистых почв по сравнению с черноземными почвами. Полученные результаты могут послужить основой для построения многофакторной регрессии и выявления наиболее существенных факторов, влияющих на загазованность воздушного пространства за счет эмиссии загрязняющих веществ из почвы.

Ключевые слова: почва, нефтяное загрязнение, фотоионизационные газоанализаторы, безразмерный коэффициент распределения компонентов.

**REGRESSION MODEL OF REDISTRIBUTION OF PETROLEUM PRODUCTS
BETWEEN SOIL AND CONTINUOUS LAYER OF ATMOSPHERIC AIR
IN ANALYSIS OF OIL POLLUTION EMERGENCIES**

M. I. VEDZIZHEV

St. Petersburg University 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, St. Petersburg, Moskovsky prospect, 149
mi.pro90@mail.ru

In the presented work, the processes of mutual transfer of volatile components of oil products from the soil to the surface layer of the atmosphere are analyzed, which largely determine the long-term state of the air in hazardous areas of oil and gas facilities. The objects of study were samples of soil deposits of various morphological types: chernozem soil, loamy soil.

The volatile components of petroleum products released into the gas phase from contaminated soils or grounds and affecting the ecological state of the air basin in the territories of the oil and gas complex have been studied. The analysis was carried out using a photoionization gas analyzer. The results of measuring the concentration of diesel fuel vapor over a layer of contaminated soil a day after the introduction of oil into the soil are presented. The analysis showed that with an increase in the concentration of oil products in the

soil, the concentration of volatile components in the air increases. At the same time, it was found that the air pollution with chemical pollutants of the petroleum type occurs much more intensively in the case of loamy soils in comparison with chernozem soils. The results obtained can serve as a basis for constructing a multi-factorial regression and identifying the most significant factors affecting the gas content of the air space due to the emission of pollutants from the soil.

Key words: soil, oil pollution, photoionization gas analyzers, dimensionless distribution coefficient of components.

Негативное воздействие химических загрязнителей затрагивает все компоненты природной среды: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвенный слой, донные отложения, геологическую среду, растительный, животный мир и иные организмы¹. При изучении химического загрязнения особое внимание следует обратить не только на наличие загрязнителей в компонентах окружающей среды, но и на процессы их взаимного перехода. Одно из решающих влияний на протекание этих процессов оказывает почва. Почва, являясь многофазной системой, содержит твердые частицы грунта, почвенную влагу, почвенный воздух, живые организмы, а также непосредственно контактирует с приземным слоем атмосферы, поверхностными водами, наземными растениями. Для оценки допустимого содержания химических загрязнителей в водной фазе почвы проводят сравнение степени загрязнения почвенной влаги с соответствующими допустимыми концентрациями нефтепродуктов в природных водоемах, определяя при этом миграционный водный показатель вредности. Миграционный воздушный показатель вредности лимитируется концентрациями вредных веществ в почве, способными создать их концентрацию в атмосфере выше уровня ПДК для воздушной среды. Процессы изменения количества и состава загрязнений, в частности просачивание, вымывание, биологическая и химическая деградация, выветривание в почве идут существенно более низкими темпами, чем в атмосфере и гидросфере. В связи с этим почва достаточно инертна по отношению к загрязнителям и способна накапливать загрязняющие вещества и содержать их в ощутимых количествах в течение длительного времени. Огромное воздействие оказывает почва на растительный и животный мир. Поступление вредных веществ в организм человека из воздуха и воды осуществляется напрямую. В то время как из почвы поступление вредных веществ происходит опосредованно по цепочкам пищевых цепей

через растения и питающихся этими растениями животных. Загрязнение почвы приводит к отрицательному воздействию на санитарно-гигиеническое состояние всей природной среды [1, 2]. Указанные обстоятельства требуют особого внимания к изучению функционирования химических загрязнителей в почвах. Анализ содержания в почвах химических загрязнителей должен играть ведущую роль в экологическом мониторинге. Одним из опаснейших загрязнителей природной среды являются нефть и нефтепродукты. Данные вещества входят в перечень приоритетных загрязнителей наряду со стойкими пестицидами, солями тяжелых металлов, сернистыми соединениями, минеральными удобрениями и другими веществами, систематически поступающими в почву². Для оценки влияния почвы на атмосферный воздух установлен миграционный воздушный показатель вредности, лимитирующийся концентрациями вредных веществ в почве, способными создать их концентрацию в атмосфере выше уровня ПДК для воздушной среды³.

Изучение интенсивности поступления в воздушную среду летучих компонентов нефтепродуктов из почвы, во многом определяющей долговременное состояние воздушной среды в опасных зонах объектов нефтегазового комплекса является важным элементом создания и совершенствования систем и средств прогнозирования и мониторинга чрезвычайных ситуаций. Система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в качестве одной из важных составляющих должна включать комплекс методов наблюдений и обработки данных⁴.

¹ Федеральный закон «Об охране окружающей среды». № 7-ФЗ от 10.01.2002. Российская газета № 6. от 12 января 2002.

² Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве. 2011. URL: <http://www.bestpravo.ru/sss/eh-normy/f3r.htm> (дата обращения: 29.07.2011).

³ РД 39-0147098-015-90. Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах Миннефтегазпрома. М., 1989.

⁴ ГОСТ Р 22.1.01-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения.

В качестве объектов исследования были выбраны образцы почвенных отложений различных морфологических типов: черноземная почва, суглинистая почва. Чернозем представляет собой темноокрашенный тип почвы, обладающий богатым содержанием гумуса, сформировавшийся на лёссовидных суглинках или глинах в условиях суббарельного и умеренно-континентального климата при периодически промывном или непромывном водном режиме под многолетней травянистой растительностью. Структуру чернозема состоит из комковатых и зернистых комочков, отличительным свойством чернозема является хороший водно воздушный обмен с атмосферой. Суглинок - это почва с преимущественным содержанием глины и значительном количестве песка, содержащая малую долю (около 1 %). органического вещества. Структура суглинка состоит из зернистых комков. Отличительным признаком суглинистой почвы является высокий уровень водопроницаемости и воздухопроницаемости. Данный тип почвы имеет сбалансированный водный и тепловой режим [3].

Перед началом эксперимента почва была высушена при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Далее из образцов почвы были отделены гранулометрические фракции с размером частиц менее 2 мм. Фракция была выделена путем ситового разделения на ситах RETSCH. Сито представляет собой прочную цельнопрессованную обечайку из нержавеющей стали. Диаметр отверстий в сите, использованный для просеивания почвы, 2 мм. После отсеивания образцы почвы распределяли в заранее подготовленные контейнеры. Каждый тип почвы размещали в 6 контейнеров. Использовались пластмассовые контейнеры прямоугольной формы, объемом 140 мл. В крышке контейнера имелось отверстие для внесения нефтепродуктов в почву и изъятия, дегазированных в атмосферу летучих компонентов. После внесения нефтепродукта отверстия заклеивались клейкой лентой. Почву в контейнере размещали высотой 1 см, что занимало объем контейнера 30 см³. Остальной объем в контейнере занимала газовая среда объемом 110 см³. Контейнеры взвешивали до и после размещения в них почвы, и определяли массу почвы.

Следует отметить, что все эксперименты проводились при комнатной температуре. Эмиссия летучих компонентов из почвы в воздушную среду определяется давлением насыщенных паров компонентов. Помимо давления насыщенных паров состав газовой (паровой) фазы существенно зависит от парциального давления компонентов и их коэффициентов активности. В свою очередь, значения

коэффициентов активности для каждого компонента смеси определяется его мольной долей, температурой и давлением [4, 5]. Достоверный теоретический расчет коэффициентов активности возможен только для бинарных смесей. В связи с этим, для установления закономерностей состава летучих компонентов таких сложных смесей, какими являются нефтепродукты, при различных температурах окружающей среды необходимо проводить серию соответствующих экспериментов.

В качестве нефтепродукта было выбрано дизельное топливо (ДТ) летнее топливной компании «Лукойл». В каждый контейнер с почвой через отверстие в крышке в разном объеме медицинским шприцом вводился нефтепродукт в виде дизельного топлива компании «Лукойл». Объем вносимого нефтепродукта определялся исходя из установленных критериев экологической оценки состояния почв в соответствии с унифицированными показателями для принятия административных решений при определении размеров ущерба от загрязнения земель⁵. Причиной, по которой данные показатели не могут лежать в основе экологического нормирования, является отсутствие в них учета генетических особенностей почв. Условно чистыми по этой группировке считаются земли с содержанием загрязняющих химических веществ, не превышающим их ПДК. Примерно соответствуют приводимой градации так называемые ориентировочно допустимые концентрации нефтепродуктов в почвах, не имеющие законодательного утверждения [6]. Максимальной концентрацией выбрана концентрация для суглинка 4000 мкг/г, для чернозема — 8000 мкг/г. Более низкие концентрации соответствуют различным степеням загрязнения почв. Концентрация 2000 мкг/г соответствует среднему уровню загрязнения. Более низкие концентрации находятся в пределах допустимого уровня.

В таблице приводятся расчетные значения необходимого количества дизельного топлива для создания выбранных концентраций.

⁵ Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия / утверждено Министерством природных ресурсов Рос. Федерации 30 ноября 1992 г.

Таблица. Значения концентраций дизельного топлива в образцах почвы и воздушной среды

Масса образца почвы, г	концентрация ДТ в почве, $C_{\text{п}}$, мкг/г	$Ig C_{\text{п}}$	концентрация паров ДТ в воздухе, $C_{\text{в}}$		$K_{\text{в/п}}$
			мкг/дм ³	мкг/г	
Суглинистая почва					
41,5	10	1,00	5	4,2	0,5
43	50	1,70	10,5	8,9	0,21
43,9	300	2,48	53,7	45,5	0,18
40,5	600	2,78	94	79,7	0,16
42,1	2000	3,30	320	271	0,16
42,1	4000	3,60	584	495	0,15
Черноземная почва					
12,9	10	1,00	2,0	1,7	0,17
14,6	50	1,70	6,5	5,5	0,11
12,3	300	2,48	28,3	24	0,08
12,9	600	2,78	49,6	42	0,07
13,9	2000	3,30	165	140	0,07
13,8	8000	3,90	566	480	0,06

Расчет производился по формуле (1).

$$V_{\text{нп.}} = \frac{m \cdot C}{\rho \cdot 1000}, \quad (1)$$

где $V_{\text{нп.}}$ – необходимый объем нефтепродукта для создания нужной концентрации, см³;

m – масса образца почвы, г;

C – концентрация, мкг/г;

ρ – плотность дизельного топлива, г/см³.

Плотность дизельного топлива принималась равной 0,86 г/см³.

Спустя сутки газоанализатором замерили концентрацию выделившихся паров нефтепродукта в свободный объем контейнеров. Измерения проводились фотоионизационным газоанализатором АНТ. Фотоионизационные детекторы способны фиксировать любые вещества с потенциалом ионизации менее 10,8 Эв, в число которых входят органические вещества различных классов – предельные углеводороды (от бутана и выше), спирты, простые эфиры, сложные эфиры, кислоты, ароматические углеводороды и др. [7]. В «табл.» представлены результаты измерения концентрации паров дизельного топлива над слоем загрязненной почвы спустя сутки после занесения в почву нефтепродукта. Результаты даны в единицах мкг/дм³, то есть в значениях, снимаемых с показаний газоанализатора. Эти результаты пересчитаны на единицы мкг/г, с учетом веса 1 дм³ воздуха, составляющего при 0 °С и давлении 760 мм рт. ст. в среднем 1,293 г. При пересчете на 25 °С (стандартная

температура в лаборатории) вес 1 дм³ воздуха составляет 1,18 г.

По результатам измерений рассчитан безразмерный коэффициент распределения компонентов дизельного топлива между воздухом и почвой - $K_{\text{в/п}}$ (2) [8].

$$K_{\text{в/п}} = \frac{C_{\text{в}}}{C_{\text{п}}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{в/п}}$ – коэффициент распределения компонентов дизельного топлива между воздухом и почвой,

$C_{\text{в}}$ – концентрация паров дизельного топлива в воздухе, мкг/г,

$C_{\text{п}}$ – концентрация дизельного топлива в почве, мкг/г.

Данный коэффициент служит миграционным воздушным показателем перехода загрязняющих веществ из почвы в воздушное пространство. Прослежена динамика изменения данного коэффициента в зависимости от концентрации нефтепродукта в почве. На рис. 1 представлена зависимость концентрации паров дизельного топлива в воздухе над слоем загрязненной черноземной почвы от величины концентрации дизельного топлива в образцах почвы. Регрессионная зависимость носит линейный характер:

$$C_{\text{в}} = 0,04C_{\text{п}} + 18,1 \quad (3)$$

при достоверности аппроксимации $R^2=0,98$.

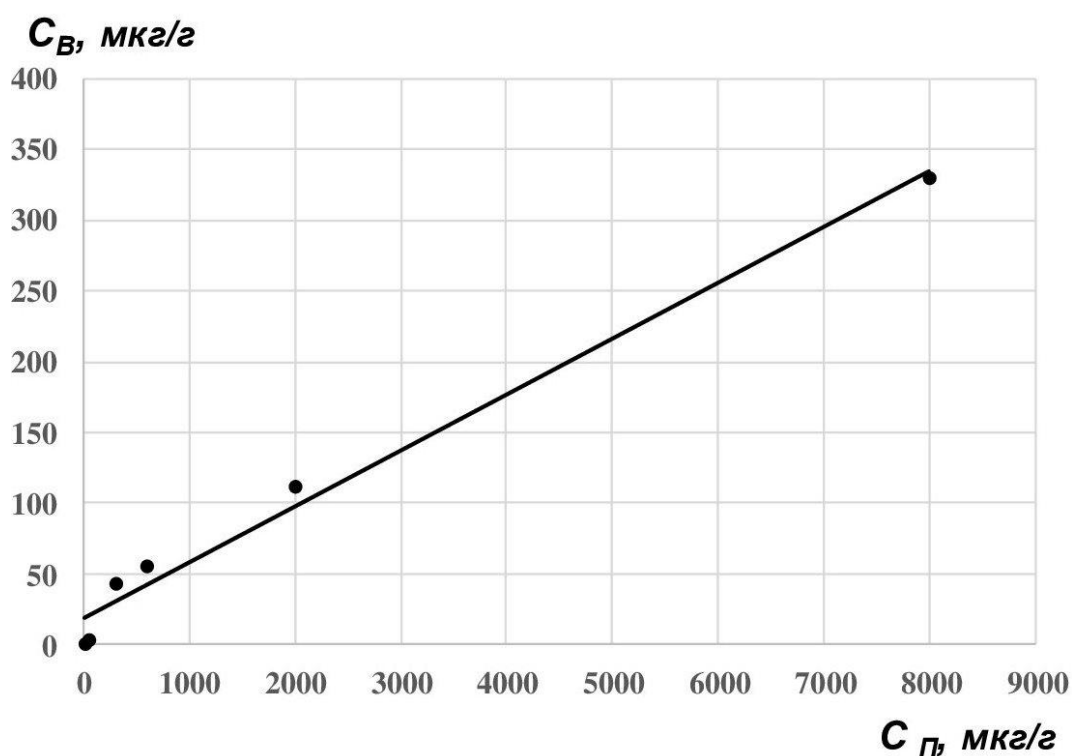


Рис. 1. Зависимость концентрации паров дизельного топлива, над слоем черноземной почвы от концентрации дизельного топлива в почве

Диапазон выбранных концентраций дизельного топлива в черноземной почве весьма значителен, и составляет величину от 10 до 8000 мкг/г, то есть концентрации различаются в 800 раз. Поэтому в области низких концентрации экспериментальные точки на графике сливаются. Такие данные удобнее представлять в логарифмической форме (таблица). Аналогичные результаты получены и для суглинистой почвы. На рис. 2 показана зависимость концентрации паров дизельного топлива над слоем загрязненной почвы от десятичного логарифма концентрации дизельного топлива в образцах суглинистой и черноземной почвы.

Найдены аналитические выражения полученных регрессионных зависимостей для суглинистой почвы (4) и черноземной почвы (5). Зависимости концентрации паров дизельного топлива в воздухе от десятичного логарифма концентрации ДТ в почве, как для суглинистой, так и для черноземной почвы носят экспоненциальный характер.

$$C_{В} = 0,47 \exp(1,9 \lg C_{П}) \quad (4)$$

с достоверностью $R^2 = 0,99$.

$$C_{В} = 0,21 \exp(2,0 \lg C_{П}) \quad (5)$$

с достоверностью $R^2 = 0,99$.

Сравнение полученных результатов для двух изученных типов почв показывает, что процессы испарения летучих нефтепродуктов с суглинистой почвы идут значительно интенсивнее, чем с черноземной почвы. При одинаковых значениях концентраций дизельного топлива в обоих типа почв, их концентрация в воздушной среде различается в среднем в два раза. Это обстоятельство сказалось и на значениях коэффициента распределения компонентов нефтепродуктов между воздушной средой и почвой. Регрессионные зависимости данного коэффициента от десятичного логарифма концентрации нефтепродуктов в почвах показаны на рис. 3, 4.

Полученные результаты позволяют судить о том, что с увеличением концентрации загрязняющих почву нефтепродуктов снижается интенсивность эмиссии летучих компонентов в приземный слой атмосферы. Регрессионные зависимости для суглинистой и черноземной почвы носят экспоненциальный характер. Аналитические выражения для найденных регрессионных зависимостей представлены формулами 6 для суглинистой почвы и 7 для черноземной почвы.

$$K_{В/П} = 0,06 + 0,34 \exp(-1,1 \lg C_{П}) \quad (6)$$

с достоверностью $R^2 = 0,99$

$$K_{B/П} = 0,16 + 4,7 \exp(-2,6 \lg C_{П}) \quad (7)$$

с достоверностью $R^2 = 0,99$.

Значения коэффициента распределения компонентов нефтепродуктов между воз-

душной средой и почвой также, как и значения концентрации летучих компонентов нефтепродуктов над слоем почвы для черноземной почвы значительно ниже, чем для суглинистой почвы.

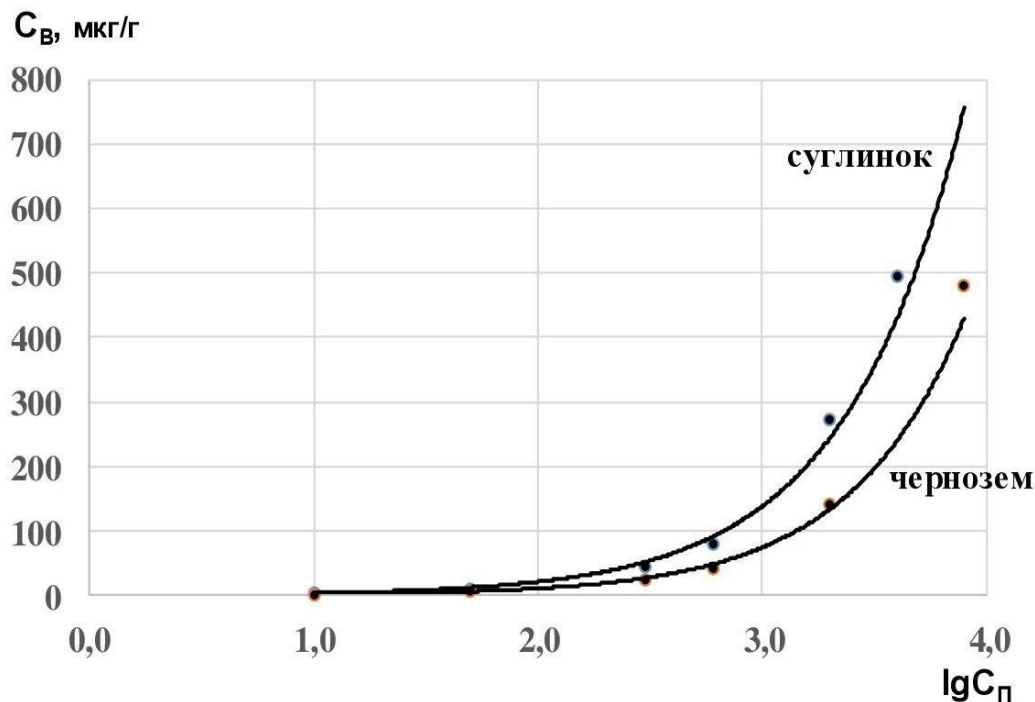


Рис. 2. Регрессионные зависимости концентрации паров ДТ в воздухе над суглинистой и черноземной почвой от десятичного логарифма концентрации ДТ в почве

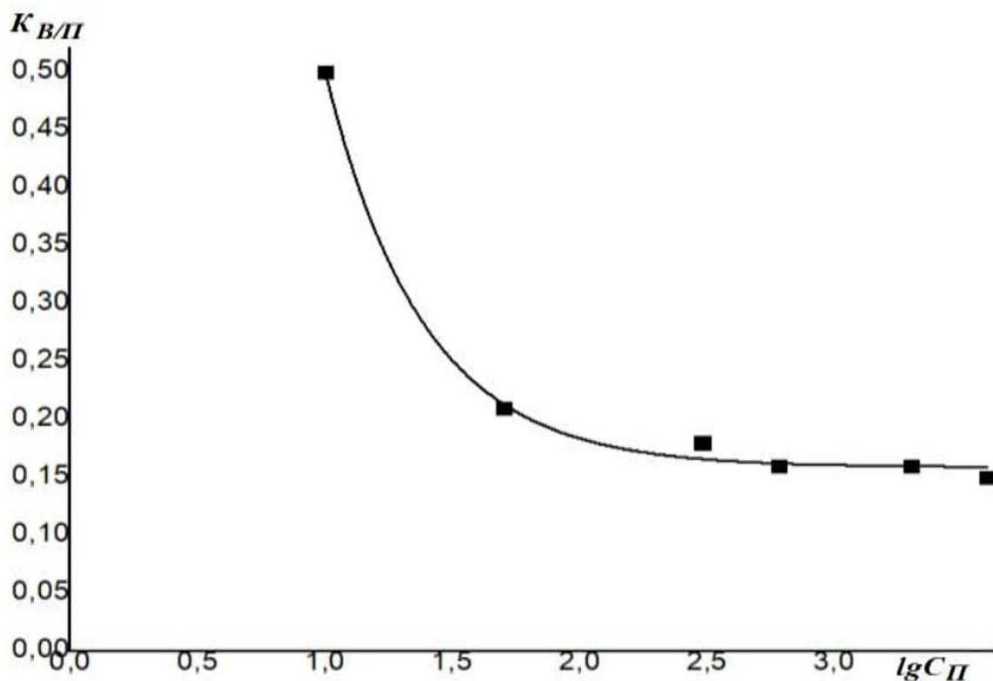


Рис. 3. Регрессионная зависимость коэффициента распределения компонентов ДТ между воздухом и суглинистой почвой от десятичного логарифма концентрации ДТ в почве

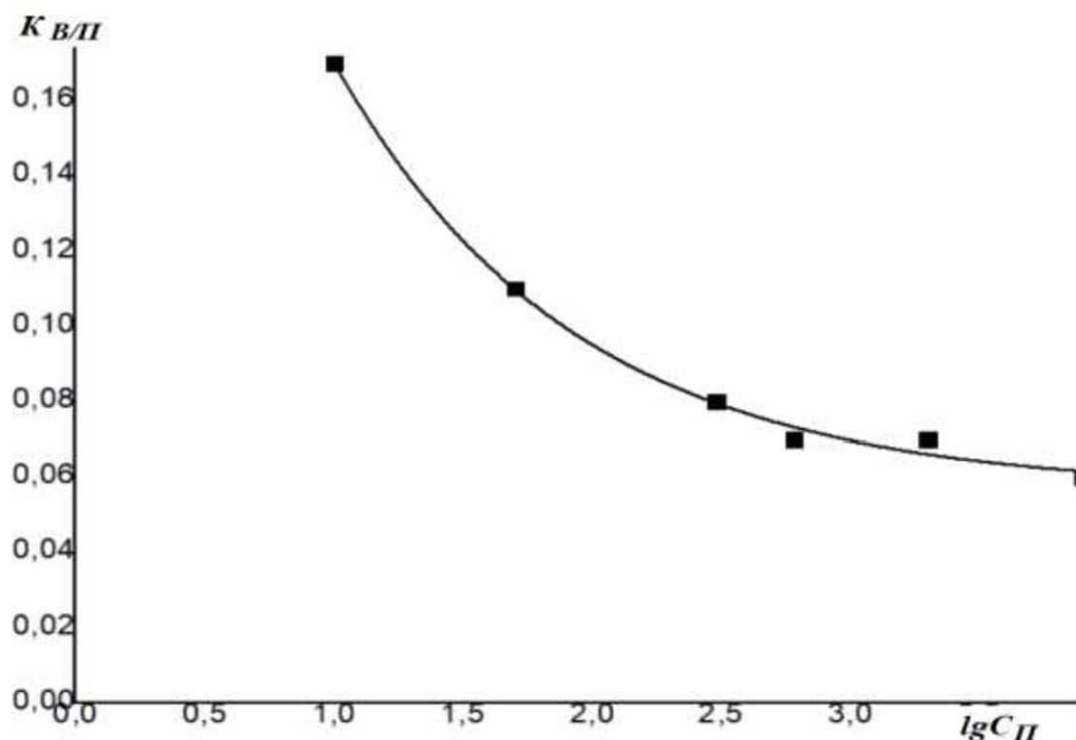


Рис. 4. Регрессионная зависимость коэффициента распределения компонентов ДТ между воздухом и черноземной почвой от десятичного логарифма концентрации ДТ в почве

Выводы

Экспериментально обоснована методика определения интенсивности поступления летучих компонентов загрязняющих почву нефтепродуктов из почвы в приземный слой атмосферы. С ростом концентрации нефтепродуктов в почве растет концентрация летучих компонентов в воздушной среде. При представлении концентрации нефтепродуктов в почве в виде десятичных логарифмов их рост в воздухе над почвой растет экспоненциально. Отражением интенсивности эмиссии летучих компонентов загрязняющих веществ из почвы в атмосферу служит безразмерный коэффициент распределения, равный отношению концентраций компонентов нефтепродуктов в воздухе к концентрации нефтепродуктов в почве (формула 2). При этом установлено, что загазованность воздуха химическими загрязнителями нефтяного типа гораздо ин-

тенсивнее происходит в случае суглинистых почв по сравнению с черноземными почвами.

Предлагаемая методика определения значений коэффициентов распределения компонентов нефтепродуктов между почвой и воздушной средой осуществленная в работе на примере дизельного топлива и двух типов почв может служить основой для постановки серии экспериментов. В качестве вариативных факторов следует рассмотреть широкий спектр температурных условий, моделирующих, в частности, условия арктической зоны, разнообразие нефтепродуктов с различными диапазонами температур кипения компонентов, почвы с различным генетическим и физическим составом. Полученные результаты могут послужить основой для построения многофакторной регрессии и выявления наиболее существенных факторов, влияющих на загазованность воздушного пространства за счет эмиссии загрязняющих веществ из почвы.

Список литературы

1. Абакумов В. А., Суценя Л. М. Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования // Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Труды международ-

ного симпозиума. Л.: Гидрометеиздат, 1991. С. 41–51.

2. Добровольский Г. В., Шеремет Б. В., Афанасьева Т. В. Почвы. Энциклопедия природы России. М.: «АВФ», 1998. 368 с.

3. Хахенберг Х., Шмидт А. Газохроматографический анализ равновесной паровой фазы. М.: «Мир», 1979. 160 с.

4. Kolb B., Ettre L. S. Static headspace-gas chromatography: theory and practice. John Wiley & Sons, 2006.

5. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1 Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина [и др.] М.: Высш. шк., 1988. 400 с.

6. Другов Ю. С., Родин А. А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. Практическое руководство. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. 270 с.

7. Чешко И. Д. Возможности использования газоанализаторов при расследовании пожаров / Расследование пожаров: сборник статей. М.: ВНИИПО, 2005. С. 118–129.

8. Витенберг А. Г. Равновесная модель в описании процессов газовой экстракции и парофазного анализа / Журнал аналитической химии. 2003, т. 58, № 1. С. 6–12.

References

1. Abakumov V. A., Suschenya L. M. Gidrobiologicheskiy monitoring presnovodnykh ekosistem i puti yego sovershenstvovaniya [Hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems and ways to improve it]. *Ekologicheskiye modifikatsii i kriterii ekologicheskogo normirovaniya. Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma*. L.: Gidrometeoizdat, 1991, pp. 41–51.

2. Dobrovolsky G. V. *Pochvy. Entsiklopediya prirody Rossii* [Soils. Encyclopedia of the Nature of Russia]. M.: «ABF», 1998. 368 p.

3. Hachenberg H., Schmidt A. *Gazokhromatograficheskiy analiz ravnovesnoy parovoy fazy* [Gas chromatographic analysis of the equilibrium vapor phase]. M.: «Mir», 1979. 160 p.

4. Kolb B., Ettre L. S. Static headspace-gas chromatography: theory and practice. John Wiley & Sons, 2006.

5. *Pochvovedeniye*. Ucheb. dlya un-tov. V 2 ch. [Soil science. Textbook. for un-tov. In 2 hours]. Ed. V. A. Kovdy, B. G. Rozanov. Part 1 *Pochva i pochvoobrazovaniye* / G. D. Belitsin, V. D. Vasilievskaya, L. A. Grishina [et al.]. M.: Vyssh. shk., 1988. 400 p.

6. Drugov Yu. S., Rodin A. A. *Ekologicheskiye analizy pri razlivakh nefi i nefteproduktov. Prakticheskoye rukovodstvo* [Ecological analyzes during oil spills and oil products. A practical guide]. M.: Binom. Laboratoriya znaniy, 2009. 270 p.

7. Cheshko I. D. *Vozmozhnosti ispol'zovaniya gazoanalizatorov pri rassledovanii pozharov* [Possibilities of using gas analyzers in the investigation of fires]. *Rassledovaniye pozharov: sbornik statey*. M.: VNIPO, 2005, pp. 118–129.

8. Vitenberg A. G. Ravnovesnaya model' v opisani protsessov gazovoy ekstraktsii i parofaznogo analiza [Equilibrium Model in the Description of Gas Extraction and Headspace Analysis]. *Zhurnal analiticheskoy khimii*. 2003, vol. 58, issue 1, pp. 6–12.

Ведзижев Магомед Иссаевич

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский проспект 149
соискатель

E-mail: mi.pro90@mail.ru

Vedzizhev Magomed Issaevich

St. Petersburg University 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, St. Petersburg, Moskovsky prospect 149
applicant

E-mail: mi.pro90@mail.ru

УДК 502:061

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ АВАРИЯХ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

О. Г. ЗЕЙНЕТДИНОВА, П. В. ДАНИЛОВ

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

Авторами рассмотрены существующие методики расчёта эколого-экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом химически опасных веществ. Обоснована необходимость совершенствования экономических методов расчёта ущерба от загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: негативное воздействие на окружающую среду; экологический ущерб; плата за негативное воздействие на окружающую среду; чрезвычайная ситуация; загрязнение окружающей среды.

METHODS FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL DAMAGE IN ACCIDENTS AT POTENTIALLY HAZARDOUS FACILITIES

O. G. ZEYNETDINOVA, P. V. DANILOV

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

The authors consider the existing methods of calculating ecological and economic damage from emergencies associated with the release of chemically hazardous substances. The necessity of improving economic methods for calculating damage from environmental pollution is substantiated.

Key words: negative impact on the environment; environmental damage; payment for negative impact on the environment; emergency; environmental pollution.

На данный момент на территории Российской Федерации функционирует 5 634 предприятия химической промышленности, в том числе:

- I класса опасности (чрезвычайно высокой степени опасности) – 177 предприятий;
- II класса опасности (высокой степени опасности) – 443 предприятий;
- III класса опасности (средней степени опасности) – 3 630 предприятий;
- IV класса опасности (низкой степени опасности) – 1 384 предприятий.

Помимо этого, насчитывается 8 019 ОПО нефтегазодобычи (537 предприятий I класса опасности; 1 137 предприятий II класса опасности; 4 528 предприятий III класса опасности; 1 817 предприятий IV класса опасности) и 4 140 ОПО нефтехимических, нефтегазопе-

рерабатывающих производств и объектов нефтепродуктообеспечения¹.

Любая авария, связанная с выбросом (сбросом) химических веществ в окружающую среду, несет значительные риски деградации, в том числе и полного разрушения) экосистем и причинения значительного экологического вреда [2, 3].

Если количество аварий на магистральных и внутрипромысловых нефтепроводах и магистральных газопроводах варьирует в определенных пределах на протяжении по крайней мере последних десяти лет с тенденцией к увеличению материального ущерба (рис. 1), то в последние годы наблюдается устойчивая динамика к увеличению количества

¹ Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году» // <https://w.cww.mchs.gov.ru/dokumenty/5304> (дата обращения 27.07.2021)

аварий с выбросом (сбросом) химически опасных веществ на аварийно-опасных промышленных объектах (рис. 2).

Хотя следует отметить, что в официальных отчетах ущерб от аварий с выбросом

(разливом) АХОВ за последние годы, кроме 2020 определяется, как нулевой. И только в 2020 году материальный ущерб от данной категории аварий определяется в 148181,149 млн. рублей.



Рис. 1. Количество аварий и нанесенного ущерба на магистральных и внутрипромысловых нефтепроводах на территории России

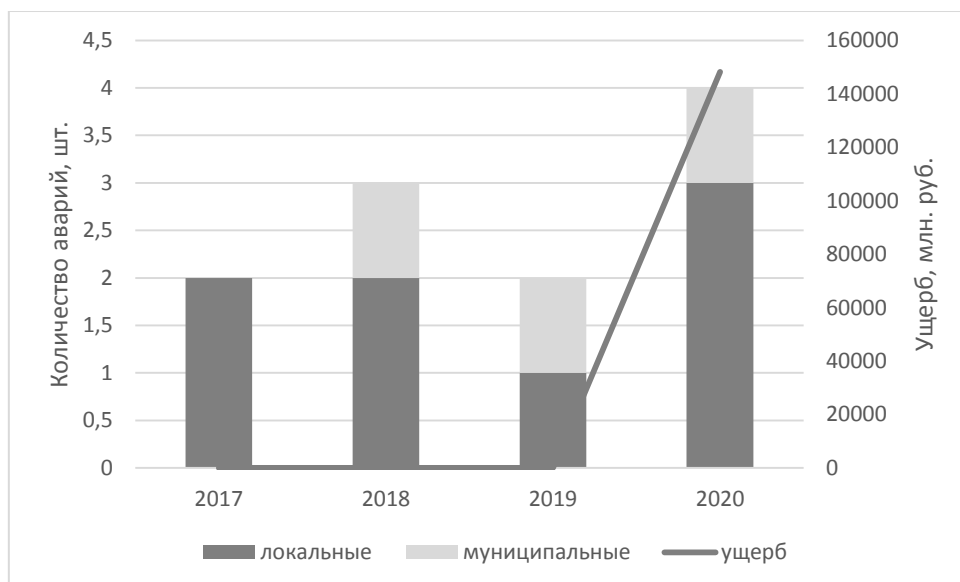


Рис. 2. Количество аварий и нанесенного ущерба на химически опасных объектах на территории России

В 2020 г. на предприятиях химической отрасли в России зарегистрировано 8 аварий. Львиную долю в ущерб от ЧС на химически опасных объектах внесла авария с разливом дизельного топлива в Красноярском крае на ОАО «Норильско-Таймырская энергетическая компания» (г. Норильск). 29 мая 2020 г. произошла ЧС федерального характера – разлив нефтепродуктов объемом более 20 000 тонн на ТЭЦ-3. Причиной аварии стала разгерметизация резервуара с дизельным топливом с последующим попаданием нефтепродуктов в акватории рек Далдыкан и Амбарная. Это одна из крупнейших утечек нефтепродуктов в Арктической зоне, создавшая угрозу для экосистемы Северного Ледовитого океана.

Причинами аварии явились:

- недостаточная несущая способность отдельных конструктивных элементов;
- недостатки проектирования при конструировании сооружения;
- дефекты строительного пространства и нарушение обязательных требований при проведении в 2018 г. экспертизы промышленной безопасности объекта.

К ликвидации последствий ЧС привлекались 743 чел. и 300 ед. техники, в том числе от МЧС России – 144 чел. и 17 ед. техники. Экономический ущерб от аварии составил 146 107 млн рублей. При этом сумма компенсации была беспрецедентной и соответствовала примерно восьми годовым бюджетам города Норильск. По требованию Росприроднадзора «Норильско-Таймырская энергетическая компания» должна была возместить нанесенный ущерб. Но компания не согласилась с методикой его оценки, делая акцент на неоправданно завышенных коэффициентах. По мнению руководства компании ущерб составил 21,4 млрд руб.

Именно прецедент оценки экологического ущерба в результате аварии на ОАО «Норильско-Таймырская энергетическая компания» очень остро поставил вопрос о совершенствовании действующих методик расчета экологического ущерба, произошедшего не только в результате чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах, но и в результате повседневной деятельности промышленного сектора, влекущей загрязнение окружающей среды. По большому счету необходима разработка единой методики, обеспечивающей абсолютно прозрачное правовое поле. Так же необходимо создание правовых и экономических механизмов, которые будут неукоснительно выполняться субъектами экономических отношений, в том числе и в случае загрязнения в результате аварии.

Для разработки обучающей программы по оценке экологического ущерба от загрязнения окружающей среды при авариях с выбросом (разливом) АХОВ перед нами встала острая необходимость составления алгоритма на основании существующих методик. При этом нам было необходимо не только рассмотреть достаточное большое количество нормативных документов, принятых как на правительственном уровне, так и ведомственном, так и проанализировать международный опыт оценки последствий загрязнения окружающей среды.

На данный момент в России оценка экологического ущерба заключается в определении в денежном выражении негативных последствий для окружающей среды. В правовом поле понятие экологического ущерба зачастую заменяется на понятие вреда окружающей среде или её отдельным компонентам. Так, в федеральном законе «Об охране окружающей среды»² вред окружающей среде определен как «негативное изменение окружающей среды в результате её загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов».

В соответствие с приказом МЧС России «Об утверждении Методики оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций»³ экологический ущерб в результате аварий складывается из следующих компонентов:

- размера вреда, нанесенного поверхностным и подземным водам;
- размера вреда, нанесенного животным и растениям, за исключением сельскохозяйственных;
- размера вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам (по оперативным данным);
- размера вреда, нанесенного атмосферному воздуху, поверхностному слою почвы, недрам, а также объектам растительного и животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, красные книги субъектов Российской Федерации, водным биологическим ресурсам, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания.

При этом расчет составляющих вреда окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений (при наличии такой возможности) осуществляется соответствующими ис-

² Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (дата обращения 15.09.2021)

³ Приказ МЧС России от 01.09.2020 № 631 «Об утверждении Методики оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций» (дата обращения 16.09.2021)

полнительными органами государственной власти субъекта Российской Федерации на основании методических и иных документов Правительства Российской Федерации, Минприроды России и Росрыболовства.

Мировая экономика прошла несколько этапов формирования механизмов взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду: от системы прямых административных запретов и установления базовых нормативов предельно-допустимых концентраций, через введение экологических налогов, установки общих допустимых норм выбросов до разработки теории управления рисками и компенсационного характера платежей за экологические правонарушения [1, 5, 6, 9].

Сейчас в мире существует 2 основных подхода к оценке экологического ущерба:

- методики, определяющие затраты на устранение вреда, включая компенсацию убытков третьих лиц - так называемый реципиенты подход;

- оценка экологического вреда, основанная на нерыночных оценках природных компонентов, получившая название экосистемных услуг [1, 6, 8, 9].

Мировая практика оценки экологического ущерба делает упор на затратный подход. Результаты стоимостной оценки считаются достаточно доказательными и поэтому как правило признаются в ходе судебных разбирательств [6, 8, 9].

Для наиболее экономически развитых странах, таких как США, Япония, страны ЕС характерна поэтапная процедура оценки ущерба окружающей среде в результате аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ. Обязательными компонентами такой процедуры являются:

- оценка исходных показателей состояния окружающей среды (основана на данных экологического мониторинга, данных кадастрового учета, картах чувствительности);

- оценка изменений исходных показателей состояния окружающей среды (проводится на основании выявления областей распространения загрязнения окружающей среды, уровня загрязнения, анализа данных по характеру влияния загрязнителя на компоненты окружающей среды);

- оценка реакции реципиентов, или так называемого натурального ущерба;

- экономическая оценка натурального ущерба [1, 8, 9].

При этом в количественную оценку последствий от загрязнения окружающей среды включаются следующие виды ущерба:

- экологический (ущерб природно-ресурсной системе);

- материальный (ущерб от воздействия на материальные объекты);

- экономический (ущерб от недополучения прибыли);

- социально-экономический (ущерб от увеличения заболеваемости, смертности, снижения продолжительности жизни).

В России прерогатива принадлежит «таксовым» способам расчёта экологического ущерба [3, 4, 5, 7]. Этот метод прост в применении и не требует детального анализа. Для проведения расчётов необходимо знать размер произведенных выбросов, сбросов, количество поврежденных компонентов приводной среды и их стоимостную оценку, которая в табличных вариантах содержится в соответствующих нормативных источниках.

Работая над обучающей программой по оценке экологического ущерба при авариях и пожарах, мы столкнулись с достаточно серьезной проблемой. В России, несмотря на большое количество официально признанных методических указаний по оценке ущерба, единые методические принципы оценки экологического ущерба отсутствуют. Данный факт, по моему мнению, является одним из основных пробелов в области оценки экологического ущерба. Более того огромное количество ведомственных методик содержат противоречащие друг другу подходы. В большей степени это касается вновь созданных документов и документов, разработанных в более раннее время. В результате полученные оценки экологического ущерба ни в коей мере не отражают величину причинённого окружающей среде вреда. По мимо этого серьезной проблемой, является невозможность прийти к консенсусу при оспаривании в суде экономически необоснованных такс и приёмов расчета.

И здесь мы вынуждены обратиться к существующей на данный момент нормативной базе, содержащей рекомендации по оценке ущерба компонентам окружающей среды.

Порядок расчета и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду с 2003 по 2016 г. был определен постановлением Правительства РФ «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия»⁴, а нормативы платы указаны в постановлении Правительства РФ

⁴ Постановление Правительства РФ от 28.08.92 № 632 «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» (дата обращения 25.09.2021);

«О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления»⁵. Данные нормативные документы определяли порядок возмещения вреда от загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов и почвы в том числе при аварийных выбросах и сбросах.

В сентябре 2016 года вступило в силу постановление Правительства «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах»⁶, которое установило новые ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду. В марте 2017 года вступило в силу Постановление Правительства РФ № 255 от 03.03.2017 г. «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду»⁷. Были установлены ставки в пределах нормативов на 2016, 2017 и 2018 годы, но с 2019 года был введен опять введен поправочный коэффициент (1,04), учитывающий изменение цен с учетом инфляции. В 2020 и в 2021 гг. этот коэффициент составил 1,08. Не изменился коэффициент за сверхлимитные в том числе аварийные выбросы и сбросы. Он составил 25 по отношению к нормативу платы и по-прежнему никак не учитывает разницу между залповыми сверхлимитными выбросами и чрезвычайной ситуацией, растянутой во времени. Из методики расчета были убраны коэффициенты, отражающие экологическую значимость регионов. Остался только коэффициент для особо охраняемых территорий равный двум.

⁵ Постановление Правительства РФ от 12.06.2003 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления» (дата обращения 25.09.2021).

⁶ Постановление Правительства № 913 от 13.09.2016 г. «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» (дата обращения 25.09.2021).

⁷ Постановление Правительства РФ № 255 от 03.03.2017 г. «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» (дата обращения 25.09.2021).

В результате внесенных изменений по экспертным оценкам плата предприятия за одни и те же выбросы уменьшилась почти в 2,5 раза [4, 7, 6]. Кроме того, например, перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, за которые взимается плата сократился до 159 наименований, вместо прежних 225. Все вновь введенные изменения явно противоречат целям защиты окружающей среды от различных форм деградации.

Таким образом, как было уже сказано явно прослеживается необходимость в совершенствовании методов, а соответственно и методик расчёта экологического ущерба, в том числе и при авариях. Основным недостатком современной методологической базы по-прежнему является сохранение ранее принятых стереотипных шаблонов по методам расчёта ущерба окружающей среде. В имеющихся на настоящий момент методических указаниях нет корректно обозначенных условий применения вспомогательных коэффициентов для проведения количественной оценки поступающих в окружающую среду загрязняющих веществ. Отдельные ведомства, субъекты, крупные компании явно завышают ставки платежей в частных методиках, и в то же время отмечают низкие базовые ставки платежей за различный формы негативного воздействия на окружающую среду, устанавливаемые Правительством РФ. На данный момент фактически отсутствуют методики определения ущерба от загрязнения окружающей среды физическими компонентами (радиационное, электромагнитное, шумовое воздействие и т.п.). Актуальность устранения перечисленных недостатков очевидна, но в доступной литературе сведения о разработке методик расчета эколого-экономического ущерба от пожаров, аварий и чрезвычайных ситуаций, отличающихся комплексным подходом, очень ограничены.

В конечном итоге в России должна появиться комплексная система взаимоотношений государства и бизнеса, которая бы позволила учесть все вопросы экономических составляющих, связанных с экологическими последствиями техногенных аварий. В ней должно быть предусмотрено все от механизмов предупреждения аварий до порядка расчета экологического вреда и ликвидации его последствий.

Список литературы

1. Витухин А. Д. Зарубежный опыт эколого-экономического регулирования и оценки ущерба от загрязнения окружающей среды (на примере Европы, США, Японии) // Проблемы рыночной экономики. 2018. № 4. С. 69–76.

2. Зейнетдинова О. Г., Данилов П. В., Тяпочкин С. П. Анализ риска возникновения техногенных аварий на химически опасных объектах в Центральном федеральном округе // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, посвященная 30-й годовщине МЧС России. Иваново. 2020. С. 454–456.

3. Исаева Л. К. Состояние нормативной базы по расчёту эколого-экономического ущерба от пожаров и аварий // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2014. № 1. С. 44–50.

4. Медведева О. Е., Артеменков А. И. Оценка ущерба (вреда) от загрязнения атмосферного воздуха для стимулирования внедрения наилучших доступных технологий в России // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2020. № 12 (231). С. 31–42.

5. Медведева О. В., Соловьева С. В. Методика стоимостной оценки ущерба, причиняемого загрязнением атмосферного воздуха // Вопросы оценки. 2016. Т. 86. № 4. С. 2–6.

6. Медведева О. Е. Задачи оценки экологического ущерба в Арктической зоне // Арктика и Север. 2015. № 18, С. 131–147.

7. Петрова Н. В., Дьяченко О. В. К вопросу о новых правилах взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. № 1. Т. 3, С. 218–223.

8. Executive Summary – CERCLA Natural Resource Damage Assessment Regulations, Office of Environmental Policy and Compliance, 2002. URL: <https://www.epa.gov/enforcement/comprehensive-environmental-response-compensation-and-liability-act-cercla-and-federal#Summary> (дата обращения 30.10.2021)

9. Porfiryev B. N., Tulupov A. S. Environmental Hazard Assessment and Forecast of Economic Damage from Industrial Accidents // Studies on Russian Economic Development. 2017. № 6. P. 600–607.

References

1. Vituhin A. D. Zarubezhnyj opyt ekologo-ekonomicheskogo regulirovaniya i ochenki ushcherba ot zagryazneniya okruzhayushchej sredy (na primere Evropy, SSHA, YAponii) [Foreign experience of ecological and economic regulation and assessment of damage from environmental

pollution (on the example of Europe, USA, Japan)]. *Problemy rynochnoj ekonomiki*, 2018, issue 4, pp. 69–76.

2. Zejnetdinova O. G., Danilov P. V., Tyapochkin S. P. Analiz riska vzniknoveniya tekhnogennyh avarij na himicheski opasnyh ob»ektah v Central'nom federal'nom okruge [Analysis of the risk of man-made accidents at chemically hazardous facilities in the Central Federal District]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': sbornik materialov XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennaya 30-j godovshchine MCHS Rossii*, 2020, pp. 454–456.

3. Isaeva L. K. Sostoyanie normativnoj bazy po raschyotu ekologo-ekonomicheskogo ushcherba ot pozharov i avarij [The state of the regulatory framework for the calculation of ecological and economic damage from fires and accidents]. *Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya*, 2014, issue 1, pp. 44–50.

4. Medvedeva O. E., Artemenkov A. I. Ocenka ushcherba (vreda) ot zagryazneniya atmosfernogo vozduha dlya stimulirovaniya vnedreniya nailuchshih dostupnyh tekhnologij v Rossii [Assessment of damage (harm) from atmospheric air pollution to stimulate the introduction of the best available technologies in Russia]. *Imushchestvennye otnosheniya v Rossijskoj Federacii*. 2020, vol. 12 (131), pp. 31–42.

5. Medvedeva O. V., Solov'eva S. V. Metodika stoimostnoj ochenki ushcherba, prichinyaemogo zagryazneniem atmosfernogo vozduha [Methodology of cost estimation of damage caused by atmospheric air pollution]. *Voprosy ochenki*. 2016, vol. 86, issue 4, pp. 2–6.

6. Medvedeva O. E. Zadachi ochenki ekologicheskogo ushcherba v Arkticheskoj zone [Tasks of environmental damage assessment in the Arctic zone]. *Arktika i Sever*. 2015, issue 18, pp. 131–147.

7. Petrova N. V., D'yachenko O. V. K voprosu o novyh pravilah vzimaniya platy za negativnoe vozdejstvie na okruzhayushchuyu sredu [On the issue of new rules for charging fees for negative environmental impact]. *Interespo Geo-Sibir'*. 2017, issue 1, vol. 3, pp. 218–223.

8. Executive Summary – CERCLA Natural Resource Damage Assessment Regulations, Office of Environmental Policy and Compliance, 2002. URL: <https://www.epa.gov/enforcement/comprehensive-environmental-response-compensation-and-liability-act-cercla-and-federal#Summary>.

9. Porfiryev B. N., Tulupov A. S. Environmental Hazard Assessment and Forecast of Economic Damage from Industrial Accidents // Studies on Russian Economic Development. 2017. issue 6. pp. 600–607.

Зейнетдинова Ольга Геннадьевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры

E-mail: zeinet@bk.ru

Zeinetdinova Ol'ga Gennad'evna,

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of biological Sciences, associate Professor, associate Professor of unit

E-mail: zeinet@bk.ru

Данилов Павел Владимирович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

старший преподаватель кафедры

E-mail: KGZiUii@mail.ru

Danilov Pavel Vladimirovich

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

Russian Federation, Ivanovo

senior lecturer

E-mail: KGZiUii@mail.ru

УДК 69.059:502.3:004.9

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫХ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Л. А. ОПАРИНА, С. С. СЁМУШКИНА

Ивановский государственный политехнический университет
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: L.A.Oparina@gmail.com, ss.semushkina@voop37.ru

Авторами статьи выявлены проблемы, препятствующие устойчивому развитию жилищно-коммунального комплекса, обозначены факторы, формирующие экосистему ЖКК. Предложена концептуальная схема цифровой экосистемы жилищно-коммунального комплекса верхнего уровня. Элементы цифровой экосистемы ЖКК включают в себя комплекс подсистем: автоматизированный мониторинг показателей жизнеобеспечения; энергосбережение, ресурсосбережение и энергоэффективность, отдельный сбор твёрдых коммунальных отходов, экология окружающей среды, цифровая паспортизация зданий.

Ключевые слова: цифровизация, устойчивое развитие, экосистема, жилищно-коммунальный комплекс

DEVELOPING SCIENTIFIC APPROACHES FORMATION OF THE DIGITAL ECOSYSTEM OF THE HOUSING AND UTILITY COMPLEX

L. A. OPARINA, S. S. SYOMUSHKINA

Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: L.A.Oparina@gmail.com, ss.semushkina@voop37.ru

The authors of the article identified the problems that impede the sustainable development of the housing and communal complex, identified the factors that form the ecosystem of the housing and communal services. We proposed a scheme of elements of the digital ecosystem of the housing and communal complex with the aim of its sustainable development. Elements of the digital ecosystem of the housing and communal services complex include a set of subsystems: automated monitoring of life support indicators; energy saving, resource saving and energy efficiency, separate collection of MSW, ecology of the environment, digital certification of buildings.

Key words: digitalization, sustainable development, ecosystem, housing and communal complex

Целью данной статьи является концептуальное представление структуры цифровой экосистемы жилищно-коммунального комплекса (далее по тексту: ЖКК) верхнего уровня. В качестве задач для достижения поставленной цели авторы видят выявление существующих проблем, препятствующих развитию ЖКК, выделение наиболее значимых, являющихся основой концептуальной схемы цифровой экосистемы ЖКК, анализ существующих определений цифровых экосистем и предложение авторского определения.

Несмотря на предпринимаемые меры, стратегические программы, в жилищно-коммунальном комплексе остаётся ещё много

проблем. Это низкий уровень цифровизации, высокий износ коммунальной инфраструктуры, низкий уровень экологического поведения населения, проблема отдельного сбора отходов, проблема снижения углеродного следа зданий. Решение проблем должно быть системным, для этого необходимо устойчивое развитие цифровой экосистемы жилищно-коммунального комплекса. Устойчивое развитие среды жизнедеятельности человека в современном мире напрямую зависит от развития жилищно-коммунального комплекса (ЖКК), так как это многоотраслевой комплекс, обеспечивающий функционирование инженерной инфраструктуры зданий различного назначения и создающий удобства и комфортность проживания или нахождения в них граждан пу-

тем предоставления им широкого спектра жилищно-коммунальных услуг, в числе которых: холодное и горячее водоснабжение, водоотведение, тепло-, электро-, газоснабжение, сбор, вывоз и утилизация мусора, текущий ремонт внутренних общедомовых инженерных коммуникаций и систем, капитальный ремонт. Устойчивое развитие жилищно-коммунального комплекса как системы жизнеобеспечения населения, является приоритетной общемировой задачей, связанной с целями устойчивого развития ООН. Цели в области устойчивого развития (ЦУР) (англ. Sustainable Development Goals (SDGs)) – это набор из 17 взаимосвязанных целей, разработанных в 2015 году Генеральной ассамблеей ООН в качестве «плана достижения лучшего и более устойчивого будущего для всех».

Термин «устойчивое развитие» (sustainable development) предполагает эффективное взаимодействие экономических, социальных и экологических компонентов. Российская Федерация поддерживает обозначенные цели, для их выполнения Правительством РФ 7 октября 2021 года был утверждён перечень инициатив социально-экономического развития до 2030 года. Инициативы направлены на повышение качества жизни россиян и повышение гибкости российской экономики. Инициативы распределены по шести направлениям: социальная сфера, строительство, экология, цифровая трансформация, технологический рынок и государство для граждан.

Несмотря на предпринимаемые меры и инициативы, актуальными проблемами, препятствующими устойчивому развитию современного ЖКК являются:

- остающийся высоким износ коммунальной инфраструктуры. В настоящее время износ коммунальных сетей в целом по стране составляет порядка 58 %, при этом деградация системы жилищно-коммунального хозяйства нарастает. По данным Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, в стране ежегодно должны заменяться не менее 5 % труб с высоким износом (в первую очередь, это объекты тепло- и водоснабжения), но меняется лишь 2 %. По информации Министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации И. Э. Файзуллина, за отопительный период 2020–2021 годов на объектах ЖКХ в России произошло более 7,3 тыс. аварий, причинами которых является повышенный износ сетей;

- цифровизация сферы жилищно-коммунального хозяйства осуществляется довольно низкими темпами. Этот процесс запущен Указом Президента Российской Федера-

ции от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», направленный на преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений при реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Однако уровень цифровизации остаётся низким, что обусловлено рядом причин, среди которых низкий уровень цифровой грамотности населения, наличие множества различных министерств и департаментов, контролирующих отдельные вопросы, отсутствие единого центра цифровизации ЖКК;

- система стандартизации ГОСТ пока отстаёт от общемировых тенденций, отечественная система зелёной сертификации зданий находится в стадии становления. Пока только единицы построенных в России зданий имеют сертификацию по общепризнанным в мировой практике «зелёным» стандартам LEED, BREEAM, DGNB, а отечественный стандарт СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011 «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания» пока не получил широкого распространения;

- низкий уровень экологической культуры и грамотности населения. В соответствии с Концепцией Национальной Безопасности Российской Федерации, где в числе причин ухудшения экологической ситуации в стране и истощения ее природных ресурсов указывается на низкий уровень экологической культуры общества и неразвитую законодательную основу природоохранной деятельности, воспитание экологической культуры населения признано приоритетным направлением деятельности государства в экологической сфере, важнейшим фактором обеспечения экологической безопасности страны. Нет налаженной системы раздельного сбора и переработки мусора, энергосберегающее поведение зачастую остаётся на бумаге, энергетические и экологические паспорта зданий до настоящего времени не имеют разработанной формы и не являются обязательными, а, следовательно, рычаг к их заполнению и соблюдению заявленных в них показателей отсутствует;

- низкий уровень энергетической эффективности зданий. Согласно Постановлению Правительства РФ от 17 января 2017 г. № 18 «Об утверждении Правил предоставления финансовой поддержки за счет средств государственной корпорации - Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства на проведение капитального ремонта

многоквартирных домов» многоквартирным домам выделяется субсидия на проведение энергоэффективного капитального ремонта, однако реализация этой программы идёт крайне низкими темпами: за время реализации программ только 215 домов во всей России провели энергоэффективный капремонт.

- не разработана и не гармонизирована на общемировом уровне отечественная методика определения углеродного следа зданий. Климатическая политика, низкоуглеродное и устойчивое развитие, декарбонизация сейчас определяют главные тренды развития мировой экономики. Углеродный след здания образуется в ходе прямых выбросов (затрат тепловой энергии на его отопление), и косвенных (от использования материалов и продукции, при производстве которой затрачена энергия). В процессе теплоснабжения зданий образуются парниковые газы, которые оказывают наибольшее воздействие на глобальное изменение климата. Методика определения углеродного следа здания, на основе которой можно было бы принимать соответствующие управленческие и организационно-технические решения по его снижению, в настоящее время отсутствует.

Среди обозначенных проблем особое место занимают вопросы экологии и экологической безопасности, особенно безопасности микроклимата в зданиях, сооружениях, помещениях, так как микроклимат помещений в зданиях приобретает особо важное значение не только в период эпидемий вирусных заболеваний, но и оказывает непосредственное влияние на жизнедеятельность людей. Комфортный микроклимат в зданиях и помещениях и энергетическая эффективность взаимосвязаны, так как значительная часть энергоресурсов тратится на поддержание в здании необходимого уровня температуры путём отопления или охлаждения, поддержание воздухообмена. При этом показатели микроклимата согласно Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ входят в показатели безопасных условий для проживания и пребывания человека в зданиях и сооружениях [1]. Для качества воздуха определяющим значением является содержание углекислого газа (CO₂) и других вредных веществ [2]. В целях экологической безопасности микроклимата помещений необходимо постоянный мониторинг его показателей в автоматизированной форме. В настоящее время существуют эффективные автоматизированные системы для мониторинга параметров микроклимата зданий. Использование концепции «Интеллектуального здания» позволяет за счет комплексной интеграции достиг-

нуть экономии 10-15 % по сравнению с отдельными системами. Потребление энергии, воды, газа, тепла сокращается приблизительно на 30 %. Соответственно, снижаются выбросы в окружающую среду и затраты на их утилизацию [3]. В свою очередь, применение современных энергосберегающих технологий позволяет снизить подводимые мощности и ресурсы, а значит, дает возможность применять более дешевые коммуникации. Таким образом, система интеллектуализации здания и автоматизации мониторинга показателей микроклимата является частью цифровой экосистемы ЖКК. Понятие «цифровая» подразумевает то, что данные, получаемые в автоматизированном режиме, имеют цифровой формат и могут быть использованы различными базами данных и выгружаться в различные форматы и приложения. Жилищно-коммунальное хозяйство представляет собой важнейшую отрасль жизнеобеспечения граждан, поэтому вопросы цифровизации ЖКХ в настоящее время особенно актуальны [4]. Для цифровизации сферы жилищно-коммунального хозяйства в рамках реализации приоритетных направлений развития экономики России имеется достаточное количество технических возможностей: автоматизированные приборы учета потребления, мониторинг и телеметрия, централизация тарифов и взаиморасчетов, сбор и учет обращений граждан. При этом внедрение цифровых технологий идет крайне медленно. Пути выхода из сложившейся ситуации должны стать: создание единой цифровой экосистемы в сфере ЖКХ, достаточное финансирование и волевая реализация принятых решений [5]. При этом вопросы экологии должны стоять на первом месте, так как жилищно-коммунальный комплекс – это сфера жизнеобеспечения. Важность вопросов экологии и экологической безопасности сейчас настолько актуальна, что в экономике появилось устойчивое понятие: «зеленая экономика» [6].

Устойчивое развитие предполагает эффективное взаимодействие экономических, социальных и экологических компонентов, а «зеленая» экономика нацелена на повсеместное обеспечение гармоничного согласования между этими компонентами. Таким образом, формируется целостная система ЖКК, а наличие в ней цифровых связей позволяет делать вывод о том, что формируется цифровая экосистема ЖКК. В настоящее время нет точно установленного понятия «цифровая экосистема», разные источники имеют различные определения этого понятия. Цифровая экосистема – это комплексный проект, который объединяет в едином интерфейсе множество программных продуктов, информационных сервисов, бизнес-процессов и партнеров [7]. Экопси-

стема цифровой экономики рассматривается как взаимодействие участников в области информационно-коммуникационных технологий, как среда, условия для развития инноваций и как сервис по предоставлению различных товаров и услуг на основе цифровых платформ [8]. Цифровая экосистема – это группа взаимосвязанных информационных технологических ресурсов, которые могут функционировать как единое целое [9].

На основе вышеизложенного, авторами предлагается следующее определение: «Цифровая экосистема ЖКК – это системное взаимодействие участников жилищно-коммунального комплекса с использованием автоматизированного мониторинга данных и единой цифровой платформы». Элементы цифровой экосистемы жилищно-коммунального комплекса взаимосвязаны и представлены на рисунке.



Рисунок. Элементы цифровой экосистемы жилищно-коммунального комплекса (авторская концепция)

При формировании цифровой экосистемы ЖКК необходимо предусмотреть комплекс следующих мер, направлений, показателей.

Автоматизированный мониторинг показателей жизнеобеспечения:

– Ввод в эксплуатацию и дальнейшее управление зданием, обеспечивающее оптимальную производительность систем;

– Управление процессами эксплуатации и ремонтов с точки зрения эффективности использования ресурсов, потребления энергии, загрязнения;

– Качество освещения;

– Наличие достаточного количества дневного света;

– Обеспечение вида из окна для отдыха глаз;

– Комфортный тепловой режим;

– Требуемая акустика;

– Качество внутреннего воздуха и воды (органические взвешенные смеси и микробиологическое загрязнение);

– Естественная вентиляция;

– Контроль за использованием фреонов и их утечкой;

– Контроль дождевых потоков;

– Контроль за выбросом парниковых газов;

– Ограничение воздействия внешнего света и шума.

Энергосбережение, ресурсосбережение и энергоэффективность:

- Сокращение выбросов CO₂, связанных с потреблением энергии;
- Сокращение выбросов CO₂ и загрязнения атмосферы, за счет использования возобновляемых источников энергии и технологий с низким (нулевым) выбросом CO₂;
- Использование приборов для учёта потребления энергоресурсов;
- Меры по повышению энергоэффективности зданий;
- Применение возобновляемых источников энергоресурсов;
- Минимизация тепловых потерь;
- Энергоэффективные лифты;
- Применение рекуперации тепловой энергии.

Раздельный сбор ТКО, экология окружающей среды:

- Учет экологической ценности территории и защита её экологических свойств и особенностей;
- Смягчение воздействия на окружающую среду (улучшение);
- Долгосрочные мероприятия по поддержке биоразнообразия территории.
- Повторное использование воды;
- Повторное использование материалов;
- Раздельная утилизация бытового мусора;
- Начисление углеродных баллов за раздельный сбор отходов: разделяя отходы, человечество сохраняет ценные природные ресурсы (переработка макулатуры – это сохранение деревьев, переработка металла – снижение энергоёмкости его добычи из руды, следовательно, снижение углеродного следа)

– Сбор и использование дождевой воды.

Цифровая паспортизация зданий:

- Внесение в паспорт данных о строительных материалах с низким экологическим воздействием на протяжении всего жизненного цикла здания;
- Внесение в паспорт технических и объёмно-планировочных характеристик здания;

– Внесение данных о произведённых изменениях после капремонта и реконструкции;

– Внесение данных экологических и энергетических паспортов.

Элементом, связующим все составляющие цифровой экосистемы, ЖКК является единый цифровой паспорт – это база данных, автоматически формирующаяся посредством передачи от объектов мониторинга, приборов учёта энергоресурсов, электронных систем (например, ГИС ЖКХ). Цифровой паспорт здания, реализованный в виде мобильного приложения, QR-кода, должен обеспечивать доступ разным заинтересованным сторонам: собственнику (характеристики дома, материалов стен, инженерное оборудование, экологические показатели микроклимата), управляющей организации (данные для формирования электронного паспорта дома в ГИС ЖКХ), девелоперам (технико-экономические показатели дома, количество квартир, район, энергоэффективность), руководителям региона, муниципалитета (аварийность, энергоэффективность), ресурсоснабжающим организациям (показатели энергопотребления) и прочим заинтересованным сторонам.

Цифровая экосистема и накапливаемые в ней структурированные данные Big Data, позволяют производить непрерывный мониторинг за важнейшими показателями экологии, энергоэффективности и безопасности зданий, анализировать и прогнозировать запросы потребителей и собственников в соответствии с уровнем доступа. Формирование цифровой экосистемы жилищно-коммунального хозяйства является существенным фактором его устойчивого развития, а включение в цифровую экосистему экологических показателей способствует экологической безопасности зданий и жилищно-коммунального хозяйства в целом. Таким образом, цель статьи достигнута и задачи решены: авторами обозначены проблемы ЖКК, предложено авторское определение «цифровая экосистема ЖКК», обозначена её концептуальная схема с выделением элементов.

Список литературы

1. Алоян Р. М., Федосов С. В., Опарина Л. А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения (монография). Иваново: ПресСто, 2016. 240 с.
2. Теоретические основы и методы повышения энергоэффективных жилых и общественных зданий и зданий текстильной и лёгкой промышленности / С. В. Федосов,

В. Н. Федосеев, В. Г. Котлов [и др.] Иваново: ПресСто, 2018. 320 с.

3. Опарина Л. А. Разработка организационно-экономического механизма развития концепции «Умный дом» в Ивановской области // Генезис экономических и социальных проблем субъектов рыночного хозяйства в России. 2015. № 9. С. 90–93.;

4. Самсонов М. Цифровая экосистема ЖКК // Электросвязь. 2017. № 9. С. 11–12.

5. Романова Е. В., Кандаков В. И. Реалии и возможности внедрения цифровых технологий в сфере ЖКХ // Экономика и предпринимательство. 2020. № 4 (117). С. 340–343.

6. Иванова Н. И., Левченко Л. В. «Зеленая» экономика: сущность, принципы и перспективы // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. 2017. № 2 (58). С. 19–28.

7. Россинская М. В., Гордеева Е. В., Богданенко М. И. Цифровая экосистема: предпосылки и тенденции развития в России // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление 2021. № 5 (132). С. 31–34

8. Дугар-Жабон Р. С. Современные подходы к определению понятия «Цифровая экосистема» // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2021. Т. 1. № 18. С. 267–271.

9. Савченко Т. О. Цифровая экосистема. анализ применения искусственного интеллекта // Архивариус. 2021. Т. 7. № 7 (61). С. 44–48.

References

1. Aloyan R. M., Fedosov S. V., Oparina L. A. *Energoeffektivnyye zdaniya – sostoyaniye, problemy i puti resheniya (monografiya)* [Energy efficient buildings — state, problems and solutions (monograph)]. Ivanovo: PressSto, 2016. 240 p.

2. *Teoreticheskiye osnovy i metody povysheniya energoeffektivnykh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i zdaniy tekstil'noy i logkoy promyshlennosti* [Theoretical foundations and methods for improving energy efficient residential and public buildings and buildings of the textile and light industry] / S. V. Fedosov, V. N. Fedoseev, V. G. Kotlov [et al.] Ivanovo: PressSto, 2018. 320 p.

3. Oparina L. A. Razrabotka organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma razvitiya

kontseptsii «Umnyy dom» v Ivanovskoy oblasti [Development of an organizational and economic mechanism for the development of the concept of «Smart home» in the Ivanovo region]. *Genezis ekonomicheskikh i sotsial'nykh problem sub"yektov rynochnogo khozyaystva v Rossii*. 2015, issue 9, pp. 90–93

4. Samsonov M. Tsifrovaya ekosistema ZHKKH [Digital ecosystem of housing and communal services]. *Elektrosvyaz'*, 2017, issue 9, pp. 11–12

5. Romanova E. V., Kandakov V. I. Realii i vozmozhnosti vnedreniya tsifrovyykh tekhnologiy v sfere ZHKKH [Realities and opportunities for the introduction of digital technologies in the housing sector]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 2020, vol. 4 (117), pp. 340–343.

6. Ivanova N. I., Levchenko L. V. «Zelenaya» ekonomika: sushchnost', printsipy i perspektivy [«Green» economy: the essence, principles and prospects]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 2017, vol. 2 (58), pp. 19–28.

7. Rossinskaya M. V., Gordeeva E. V., Bogdanenko M. I. Tsifrovaya ekosistema: predposylki i tendentsii razvitiya v Rossii [Digital ecosystem: preconditions and development trends in Russia]. *Nauka i obrazovaniye: khozyaystvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravleniye*, 2021, vol. 5 (132), pp. 31–34

8. Dugar-Jabon R. S. Sovremennyye podkhody k opredeleniyu ponyatiya «Tsifrovaya ekosistema» [Modern approaches to the definition of the concept of «Digital ecosystem»]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2021. Vol. 1, issue 18, pp. 267–271.

9. Savchenko T. O. Tsifrovaya ekosistema. analiz primeneniya iskusstvennogo intellekta [Digital ecosystem. analysis of the use of artificial intelligence]. *Arkhivarius*, 2021, vol. 7, issue 7 (61), pp. 44–48.

Опарина Людмила Анатольевна

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой Организации производства и городского хозяйства

E-mail: L.A.Oparina@gmail.com

Oparina Lyudmila Anatolyevna

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State Polytechnical University»

Russian Federation, Ivanovo

Department of organization of production and urban economy

Head of the Department, Doctor of Technical Sciences

E-mail: L.A.Oparina@gmail.com

Сёмушкина Светлана Сергеевна

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

Российская Федерация, г. Иваново

доцент кафедры Организации производства и городского хозяйства

E-mail: ss.semushkina@voop37.ru

Syomushkina Svetlana Sergeevna,

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State Politechnical University»

Russian Federation, Ivanovo

Department of organization of production and urban economy

Assistant professor

E-mail: ss.semushkina@voop37.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 специализациям 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 использованной литературы:

– список на русском языке. Для изданий на русском языке обязательна транслитерация оригинального названия и перевод названия на английский язык (в квадратных скобках); тире, а также символ // в описании на английском языке не используются;

– список в романском алфавите (References). В References при переводе статьи на английский названия изданий и журналов не переводятся, используется транслитерация.

Для изданий на английском языке транслитерация не производится.

Если есть, обязательно указывается DOI.

Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Современные проблемы гражданской защиты»,
тел.: (4932) 93-08-00 доб. 5-71; e-mail: journal@edufire37.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
№ 4 (41), 2021

Подписано в печать 20.12.2021 г. Формат 60 × 90 1/8.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 20.38. Тираж 100 экз. Заказ №81.

Оригинал-макет подготовлен
Ивановской пожарно-спасательной академией ГПС МЧС России
АДРЕС РЕДАКЦИИ (ИЗДАТЕЛЯ): 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33;
тел.: (4932) 93-08-00, доб. 571; e-mail: journal@edufire37.ru

Отпечатано в АО «Информатика»
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, 90