

ISSN 2658-6223



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»

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

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»

4(45)/2022

ISSN 2658-6223

Управление
в организационных системах
(технические науки)

Строительные конструкции,
здания и сооружения
(технические науки)

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

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

Строительные материалы
и изделия
(технические науки)

Экологическая безопасность
строительства
и городского хозяйства
(технические науки)

Пожарная безопасность
(технические науки)

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

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

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

№ 4 (45), 2022



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.

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

**Заместители
главного редактора:** *Шарабанова Ирина Юрьевна*, кандидат медицинских наук, доцент
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Федосов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, академик РААСН
Ивановский государственный политехнический университет (Россия, г. Иваново)
Никифоров Александр Леонидович, доктор технических наук, старший научный сотрудник
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Члены редколлегии:

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

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

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

Бубнов Андрей Германович – д-р хим. наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации пожарной техники, средств связи и малой механизации (в составе УНК «Пожаротушение») 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)

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

Ерофеев Владимир Трофимович – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой «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, член-корреспондент 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, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

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

Федосеев Вадим Николаевич – д-р техн. наук, профессор, 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 каталоге «Почта России» – ПН138.

Дата выхода в свет 29.12.2022 г. Формат 60x90 1/8. Усл. печ. л. 19,25. Тираж 100 экз. Заказ № 85.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-84179 от 15.11.2022

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

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

Тел.: (4932) 93-08-00, доб. 1560; e-mail: journal@edufire37.ru

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

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

- Багажков И. В., Коноваленко П. Н., Никишов С. Н., Ермилов А. В.** Оптимизация управленческих решений при распределении обязанностей боевого расчета 5
Bagazhkov I. V., Konovalenko P. N., Nikishov S. N., Ermilov A. V. Optimization of management decisions in the distribution of responsibilities of a battle crew 5
- Данилов П. В., Кокурин А. К., Семенов А. О., Титова Е. С., Зейнетдинова О. Г.** Моделирование ситуационных задач по ликвидации чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах в современных условиях 13
Danilov P. V., Kokurin A. K., Semenov A. O., Titova E. S., Zeynetdinova O. G. Modeling of situational tasks for emergency response at potentially dangerous facilities in modern conditions 13
- Елизарова А. А., Закинчак А. И.** Реализация проектного подхода в проблемно-ориентированных системах управления обеспечением безопасности региона 19
Elizarova A. A., Zakinchak A. I. Implementation of the project approach in problem-oriented regional security management systems 19
- Казанцев С. Г., Гринченко Б. Б., Катин Д. С., Кузнецов И. А., Суровегин А. В.** Методика оценки времени выполнения нормативов по профессиональной подготовке пожарных 29
Kazantsev S. G., Grinchenko B. B., Katin D. S., Kuznetsov I. A., Surovegin A. V. Methodology for assessing the time of fulfillment of standards for the professional training of firefighters 29
- Куватов В. И., Заводсков Г. Н., Колеров Д. А.** Байесовская модель распределения ресурсов в интересах повышения эффективности управления рисками ЧС 41
Kuvatov V. I., Zavodskov G. N., Kolerov D. A. Bayesian model of resource allocation in the interests of increasing the efficiency of risk management 41

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

- Зейнетдинова О. Г., Данилов П. В., Титова Е. С., Кокурин А. К., Кокурина Г. Н.** Совершенствование алгоритмов оценки экологического ущерба от загрязнения окружающей среды при авариях с выбросом АХОВ и пожарах 58
Zeynetdinova O. G., Danilov P. V., Titova E. S., Kokurin A. K., Kokurina G. N. Improvement of algorithms for assessing environmental damage from environmental pollution in accidents with the release of chemicals and fires 58

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

- Богданов И. А., Шабунин С. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Шарабанова И. Ю.** Оценка влияния температурных воздействий на пожарную опасность изоляции на основе ПВХ-диэлектриков 64
Bogdanov I. A., Shabunin S. A., Ul'eva S. N., Nikiforov A. L., Sharabanova I. Y. Evaluation of the influence of temperature impacts on the fire hazard of insulation based on PVC-dielectric 64
- Долгих Е. С., Бубнов А. Г., Сараев И. В.** Средства индивидуальной защиты органов дыхания пожарных – рекомендации по выбору 71
Dolgikh E. S., Bubnov A. G., Saraev I. V. Personal respiratory protection equipment for fire fighters - recommendations for selection 71

- Лазарев А. А., Мальцев А. Н.** О проблеме создания противопожарных преград для защиты от ландшафтных пожаров 78
Lazarev A. A., Maltsev A. N. About the problem of creating fire barriers to protect against landscape fires 78
- Лебедева Н. Ш., Снегирев Д. Г., Гессе Ж. Ф.** Термохимическое исследование процессов термоокислительной деструкции древесины разных пород..... 86
Lebedeva N. Sh., Snegirev D. G., Gesse Zh. F. Thermochemical investigation of processes of thermooxidative destruction of different species wood..... 86
- Митрофанов А. С., Сырбу С. А., Азовцев А. Г.** Влияние матрицы на адгезионные свойства композитных покрытий для защиты технологического оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений 93
Mitrofanov A. S., Syrbu S. A., Azovtsev A. G. The effect of the matrix on the adhesive properties of composite coatings for the protection of technological equipment for the storage of oil and petroleum products from the formation of pyrophoric deposits 93
- Попов В. И., Салихова А. Х., Песикин А. Н., Пуганов М. В.** Актуальные вопросы повышения качества планов эвакуации при пожарах для промышленных зданий 99
Popov V. I., Salikhova A. Kh., Pesikin A. N., Puganov M. V. Topical issues of improving the quality of evacuation plans in case of fires for industrial buildings 99
- Семенов А. Д., Бубнов А. Г., Сараев И. В., Волков В. В.** Обслуживание пожарных напорных рукавов диаметром более 150 мм в полевых условиях 107
Semenov A. D., Bubnov A. G., Saraev I. V., Volkov V. V. Maintenance of fire pressure hoses with a diameter of more than 150 mm in the field 107
- Хабиров Т. Р., Савченко С. А.** Анализ рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при перевозке генеральных грузов морским транспортом 116
Khabirov T. R., Savchenko S. A. Analysis of risks of emergencies during transportation of general cargoes by sea transport 116
- Шипилов Р. М., Гринченко Б. Б., Захаров Д. Ю., Чистяков И. М., Иванов В. Е.** Разработка физической 3D-модели огневой полосы для профессиональной подготовки пожарных 125
Shipilov R. M., Grinchenko B. B., Zakharov D. Yu., Chistyakov I. M., Ivanov V. E. Development of a physical 3d model of a fire strip for Professional training of fire fighters 125

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ,
СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
WATER SUPPLY, SEWER SYSTEM, CONSTRUCTION SYSTEMS
OF PROTECTION OF WATER RECOURSES (TECHNICAL)**

- Палин Д. Ю., Пучков П. В.** Специальное магнитное приспособление для открывания металлической крышки люка водопроводного колодца 136
Palin D. Yu., Puchkov P. V. Special magnetic device for opening the metal manhole cover of a water well . 136

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

- Федосов С. В., Румянцева В. Е., Красильников И. В., Красильникова И. А., Касьяненко Н. С.** Гетерогенные физико-химические процессы массопереноса агрессивных веществ в структуре бетона железобетонных конструкций, эксплуатируемых в газовой среде с изменяющимися параметрами.. 142
Fedosov S. V., Rumyantseva V. E., Krasilnikov I. V., Krasilnikova I. A., Kasyanenko N. S. Heterogeneous physico-chemical processes of mass transfer of aggressive substances in the concrete structure of reinforced concrete structures operated in a gas environment with varying parameters 142

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

УДК 614.842.83.07/08

**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОБЯЗАННОСТЕЙ БОЕВОГО РАСЧЕТА**

И. В. БАГАЖКОВ, П. Н. КОНОВАЛЕНКО, С. Н. НИКИШОВ, А. В. ЕРМИЛОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: big-99@mail.ru, firemankpn@mail.ru, mordov5988@mail.ru, skash_666@mail.ru

Численность личного состава дежурного караула, а также его обязанности при ликвидации чрезвычайной ситуации строго регламентированы требованиями нормативно-правовых актов МЧС России. Как показывает практика, численность личного состава при несении караульной службы может сокращаться. Выделенная особенность возникает по причине нахождения сотрудников МЧС России в отпуске, по болезни, отгуле и др. Данный аспект оказывает значительное влияние на объем оперативно-тактических действий, которые могут выполняться при ликвидации чрезвычайной ситуации.

Авторами, на основе выделенной проблемы, разработана модель принятия управленческого решения руководителем тушения пожара при выполнении основной боевой задачи в составе одного и двух отделений с учетом имеющейся численности личного состава. Модель состоит из функциональных обязанностей должностных лиц дежурного караула и видов оперативно-тактических действий, выполнение которых обеспечивается управленческими решениями по делегированию обязанностей между сотрудниками (работниками) МЧС России.

Экспериментальная проверка модели позволила выделить минимально допустимое количество личного состава дежурного караула для успешного решения основной боевой задачи (начальник, караула, командир отделения, пожарный №1, водитель). Авторами подчеркивается, что существует вероятность и дальнейшего уменьшения численности дежурного караула. Однако имеющиеся тактические возможности не смогут обеспечить действия по спасению людей в непригодной для дыхания среде, в том числе подачи огнетушащих веществ на ликвидацию горения.

Ключевые слова: дежурный караул, отделение, руководитель тушения пожара, управленческое решение, должностные обязанности.

**OPTIMIZATION OF MANAGEMENT DECISIONS
IN THE DISTRIBUTION OF RESPONSIBILITIES OF A BATTLE CREW**

I. V. BAGAZHKOV, P. N. KONOVALENKO, S. N. NIKISHOV, A. V. ERMILOV

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: big-99@mail.ru, firemankpn@mail.ru, mordov5988@mail.ru, skash_666@mail.ru

The number of personnel of the duty guard, as well as his duties in the event of an emergency, are strictly regulated by the requirements of the regulatory legal acts of the Russian Emergencies Ministry. As practice shows, the number of personnel on guard duty may decrease. The highlighted feature arises due to the fact that employees of the Ministry of Emergency Situations of Russia are on vacation, sickness, time off, etc. This aspect has a significant impact on the scope of operational and tactical actions that can be performed in the event of an emergency.

The authors, on the basis of the identified problem, developed a model for making a managerial decision by the head of fire extinguishing when performing the main combat mission as part of one and two squads, taking into account the existing number of personnel. The model consists of the functional duties of duty guard

officials and types of operational and tactical actions, the implementation of which is ensured by management decisions on the delegation of duties between employees of the Russian Emergencies Ministry.

An experimental verification of the model made it possible to allocate the minimum allowable number of personnel on duty guard for the successful solution of the main combat mission (chief, guard, squad leader, fireman No. 1, driver). The authors emphasize that there is a possibility of a further decrease in the number of guards on duty. However, the available tactical capabilities will not be able to provide actions to rescue people in an unbreathable environment, including the supply of fire extinguishing agents to eliminate combustion.

Key words: duty guard, department, head of fire extinguishing, managerial decision, job responsibilities.

Существующая система организации гарнизонной и караульной службы на территории субъектов Российской Федерации обязана обеспечивать постоянную готовность пожарно-спасательных подразделений к проведению аварийно-спасательных работ и тушению пожаров на различных объектах экономики. Реализация данного условия становится возможной при совершенствовании профессиональной деятельности должностных лиц дежурного караула пожарно-спасательной части.

В специальной литературе под дежурным караулом понимается основная тактическая единица в составе двух и более отделений на основных пожарных автомобилях [1]. Дежурный караул возглавляет начальник караула, который является ответственным за профессиональную подготовку личного состава и его слаженную деятельность на месте вызова. Для принятия управленческого решения начальнику караула необходимо знать не только тактические возможности дежурного караула, но и содержание деятельности каждого номера боевого расчета. С этой целью лицо, принимающее управленческое решение, обязано иметь развитую способность к анализу технологии ликвидации чрезвычайной ситуации (пожара), разделению ее на отдельные виды работ и распределению подчиненного личного состава для их обеспечения.

От численности личного состава и его рационального распределения по видам работ зависит эффективность принимаемого управленческого решения. Управление действиями по тушению пожаров, также зависит от: осведомленности должностных лиц оперативной информацией; последовательности решения профессиональных задач для эффективного распределения сил и средств; эффективного применения времени при решении частных технологий ликвидации чрезвычайной ситуации (пожара) [2].

В специальной литературе подчеркивается, что с увеличением масштаба чрезвычайной ситуации (пожара), возрастает количество оперативной информации и видов работ, которые требуется распределить между элементами структуры системы управления [3].

Ситуация может усложняться при сокращении численности дежурных караулов. Данный аспект приводит к росту количества функций оптимизации.

В специальной литературе отражается, что численность боевого расчета величина не постоянная. Так, в трудах В. П. Иванникова и П. П. Клюса численность личного состава для одного отделения принимается как среднее значение, без учета водителя, начальника караула и лиц, отсутствующих на службе по различным причинам (больничный, отпуск, отгул и др.) [4]. Таким образом, выделена проблема, заключающаяся в возможном снижении численности дежурного караула в составе двух отделений и соответственно их тактических возможностей. Одним из направлений решения поставленной проблемы может являться оптимизация принятия управленческого решения в рамках модели распределения деятельности номеров боевого расчета отделения караула на пожарном автомобиле.

Основные обязанности боевого расчета при тушении пожаров рассмотрены в Табеле боевого расчета отделения караула на пожарном автомобиле (далее – Табель) (табл.), который предъявляет требования к содержанию профессиональной деятельности начальника караула $D_{(НК)i}$, помощника начальника караула и командира отделения $D_{(КО,ПНК)i}$, пожарного № 1 $D_{(П1)i}$, пожарного № 2 $D_{(П2)i}$, пожарного № 3 $D_{(П3)i}$, пожарного № 4 $D_{(П4)i}$, водителя $D_{(В)i}$. Как показывает практика, Табель перерабатывается и утверждается начальником пожарно-спасательного подразделения в зависимости от штатной численности личного состава и оснащенности техникой и вооружением¹.

¹ Приказ МЧС России от 20.10.2017 № 452 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны». Приложение №1.

Таблица. Распределение деятельности номеров расчета

Виды деятельности номеров расчета	$D_{(нк)і}$	$D_{(ко,пнк)і}$	$D_{(п1)}$	$D_{(п2)і}$	$D_{(п3)і}$	$D_{(п4)і}$	$D_{(в)і}$
Управление личным составом караула в рамках спасения людей и имущества, тушения пожара и деятельности звена ГДЗС	+	+					
Управление личным составом отделения в рамках спасения людей и имущества, тушению пожара и деятельности звена ГДЗС	+	+					
Прокладка магистральной линии	+	+	+	+	+	+	
Прокладка рабочей линии	+	+	+	+			
Работа с пожарным стволом	+	+	+	+			
Спасение людей	+	+	+	+	+	+	
Вскрытие и разборка конструкций	+	+	+	+	+	+	
Деятельность звена ГДЗС	+	+	+	+			
Переноска и установка трехколенной лестницы	+	+		+	+		
Резка электропроводов	+	+		+			
Установка и работа на разветвлении	+	+			+	+	
Обеспечение деятельности поста безопасности	+	+			+	+	
Работа с шанцевым инструментом	+	+			+		
Установка пожарного автомобиля на водоисточник	+	+				+	+
Установка рукавных мостиков	+	+				+	
Работа на насосе							+
Обеспечение бесперебойной подачи воды (пенообразователя) в рукавную линию							+

В исследованиях также подчеркивается, что в процессе ликвидации чрезвычайной ситуации (пожара) начальник караула и командир отделения обязаны выполнять не только управленческие функции, но и деятельность каждого номера боевого расчета [5].

Основа боевого развертывания рассматривается в нормативно-правовых актах МЧС России (рис. 1)². Так, согласно Боевого устава, при прибытии на место вызова дежурного караула первое отделение должно установить пожарный автомобиль как можно ближе к входу в объект пожара (место пожара) с подачей ствола первой помощи на решающем направлении. Второе отделение должно установить пожарный автомобиль на ближайший водоисточник с обеспечением бесперебойной подачи огнетушащих веществ (прокладка магистральной линии) к месту пожара. Далее, при опорожнении воды из автоцистерны первого отделения, рабочая линия со стволом подключается к разветвлению магистральной линии второго отделения.

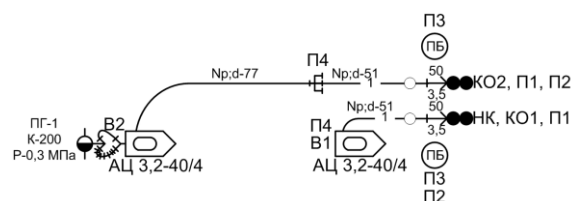


Рис. 1. Схема боевого развертывания дежурного караула в составе двух отделений на основных пожарных автомобилях

В профессиональной подготовке рассмотренные виды боевого развертывания имеют требования к времени выполнения³. Первым отделением выполняется норматив «Боевое развертывание от автоцистерны с подачей одного ствола «РС-50». Время с пуском воды на оценку «отлично» представлено на рис. 2. Вторым отделением выполняется норматив «Боевое развертывание от автоцистерны с установкой ее на гидрант и подачей одного ствола «РС-50» от одной магистральной линии». Время выполнения норматива с заполнением насоса водой на оценку «отлично» представлено на рис. 3.

² Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. №444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ», ст. 103.

³ Нормативы по пожарно-строевой и тактико-специальной подготовке для личного состава федеральной противопожарной службы. М.: МЧС России, 2011, Норматив 7.8 и 7.9

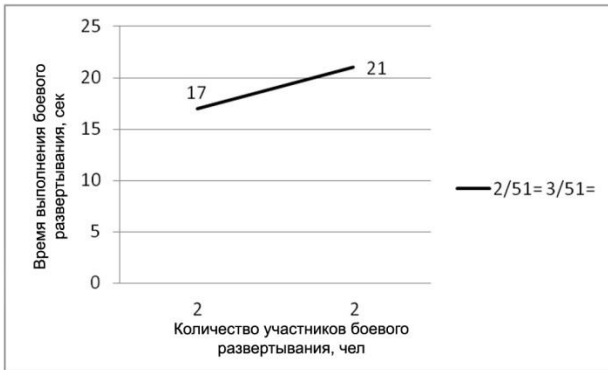


Рис. 2. Время боевого развертывания первого отделения

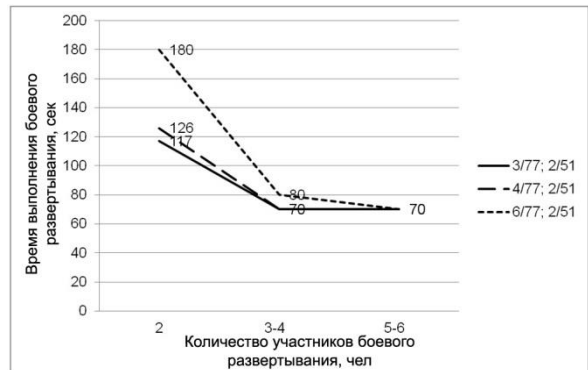


Рис. 3. Время боевого развертывания второго отделения

Анализ нормативно-правовых актов и содержания деятельности сотрудников МЧС России в рамках технологии ликвидации чрезвычайной ситуации позволил разработать модель распределения деятельности номеров боевого расчета отделения караула на пожарном автомобиле. Поэтапное отсутствие личного состава дежурного караула, дает возможность формирования наиболее оптимальной модели деятельности при решении основной боевой задачи. Также, важно отметить, что осознанное понижение численности караула носит научный интерес и недопустимо в практической деятельности пожарно-спасательных подразделений.

Модель состоит из двух блоков. Блок 1 – Обеспечение управленческой деятельности на месте пожара. Блок может быть представлен для управления одним и двумя отделениями. Алгоритм основан на взаимозаменяемости управленческой деятельности.

Так, при работе одного отделения должностными лицами управления является начальник караула и командир отделения (помощник начальника караула) (рис. 4). Если командир отделения отсутствует, то его обязанности реализовываются начальником караула. Если начальник караула отсутствует, то его обязанности реализовываются командиром отделения. Также, должностные лица могут выполнять деятельность номеров расчета, оказывая взаимопомощь и взаимовыручку.

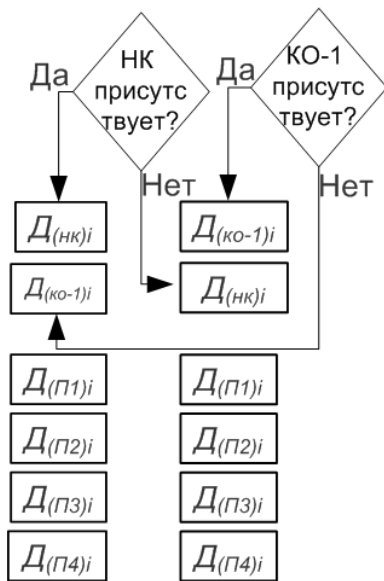


Рис. 4. Блок-1.1. Алгоритм распределения обязанностей управления при работе одного отделения

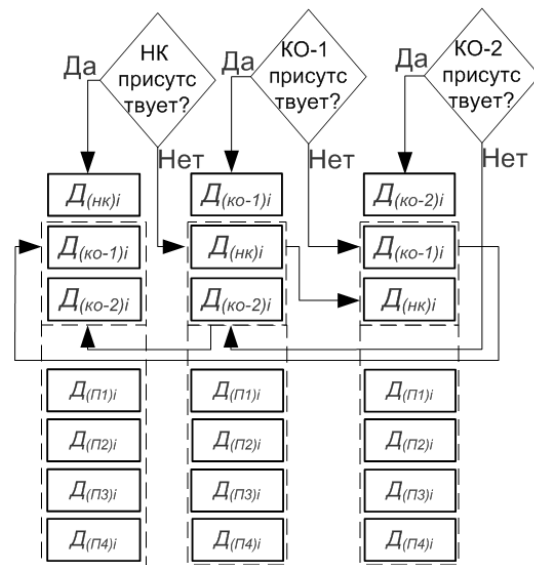


Рис. 5. Блок-1.2. Алгоритм распределения обязанностей управления при работе двух отделений

При работе двух отделений: начальник караула, командир первого отделения (помощник начальника караула), командир второго отделения (рис. 5). Если отсутствует начальник караула, то его обязанности выполняет командир первого отделения. Если отсутствует командир первого отделения, то его обязанности реализовываются командиром второго отделения. Если отсутствует командир второго отделения, то его обязанности реализовываются командиром первого отделения. Если отсутствует начальник караула и командир первого отделения, то их обязанности выполняются командиром второго отделения. Если отсутствует начальник караула и командир второго отделения, то их обязанности выполняются командиром первого отделения. Если отсутствуют оба командира отделений, то их обязанности выполняет начальник караула. В деятельности должностных лиц также присутствует возможность оказания взаимопомощи и взаимовыручки номерам боевого расчета.

Блок 2 – Обеспечение деятельности номеров расчета на месте пожара. Блок также представлен на уровнях деятельности боевого расчета в составе одного и двух отделений (рисунок 6, рисунок 7). Алгоритмы основаны на взаимозаменяемости в обеспечении профессиональной деятельности при ликвидации частных технологий ликвидации чрезвычайной ситуации (пожара).

В зависимости от складывающейся обстановки возможны два варианта развития событий: организация спасения людей с отсрочкой действий по тушению пожара или при отсутствии необходимости проведения спасательных работ, организация ввода стволов на нераспространение пожара. На основании

анализа рассмотренной модели принятия управленческого решения начальником караула, выделена минимально допустимая численность личного состава отделения на основном пожарном автомобиле, которая включает в себя: для первого отделения НК, П1, В; для второго отделения НК, КО-1, П1, В.

Выделенное количество личного состава позволяет обеспечить следующие действия: установить пожарный автомобиль на водосточник, проложить магистральную линию, создать звено ГДЗС со стволом РСКУ-50 для спасения людей и тушения пожара, подать ствол РСКУ-50 для тушения пожара снаружи объекта пожара. При этом разветвление должно быть установлено непосредственно у входа в непригодную для дыхания среду.

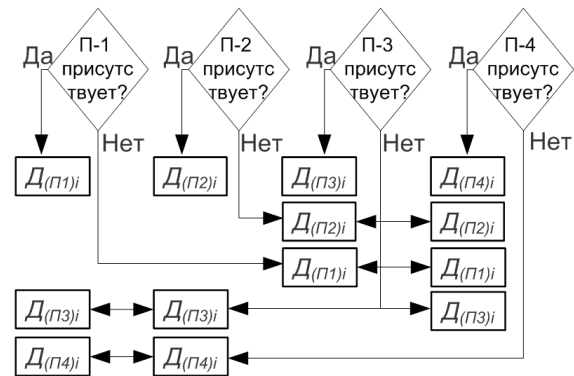


Рис. 6. Блок-2.1. Алгоритм распределения обязанностей боевого расчета на основном пожарном автомобиле

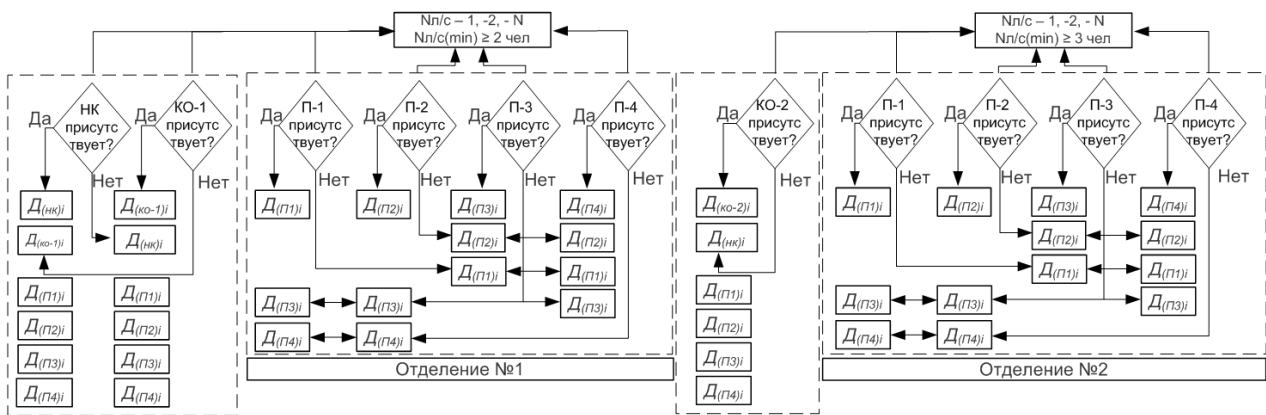


Рис. 7. Блок-2.2. Алгоритм распределения обязанностей боевого расчета в составе двух отделений на основных пожарных автомобилях

На основании анализа предложенной модели принятия управленческого решения начальником караула, выделена минимально допустимая численность личного состава отделений на основных пожарных автомобилях: для первого отделения НК, П1, В; для второго отделения НК, КО-1, П1, В. Стоит отметить, что дальнейшее уменьшение численности дежурного караула возможно, но существенно снизит тактические возможности, а также повысит риск травмирования и гибели сотрудников МЧС России при выполнении основной боевой задачи⁴.

Предложенная модель распределения видов деятельности между имеющимся в подчинении личным составом может быть внедрена в профессиональную подготовку сотрудников (работников) МЧС России [6; 7; 8]. Так, при организации решения пожарно-тактических задач на местности и различных видов пожарно-тактических учений существует необходимость подготовки должностных лиц управления в типичных профессиональных ситуациях и ситуациях с повышенным уровнем риска. Основным способом усложнения оперативной обстановки является применение вводных, которые содержат информацию о наличии пострадавших, характеристики горения, особенностях распространения пожара, а также стресс-факторах воздействующих на личность

Список литературы

1. Теребнев В. В., Грачев В. А. Пожарная тактика: учебник. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 547 с.
2. Теребнев В. В., Семенов А. О., Тараканов Д. В. Теоретические основы принятия решений при управлении силами и средствами на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 10. С. 14–17.
3. Семенов А. О. Оптимизация структуры системы управления при ликвидации чрезвычайных ситуаций // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2012. № 1 (29). С. 91–95.
4. Иванников В. П., Ключ П. П. Справочник руководителя тушения пожара. М.: Стройиздат, 1987. 288 с.
5. Ермилов А. В., Мардахаев Л. В., Волоенко О. И. Выделение профессионально значимых качеств бакалавра техносферной безопасности // Российский психологический журнал. 2020. № 17 (2). С. 73–81. DOI: 10.21702/rpj.2020.2.5

⁴ Приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 881н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны». ст. 7

сотрудника МЧС России. В качестве дополнительного способа создания профессиональной среды может быть применено целенаправленное усложнение оперативной обстановки за счет уменьшения численности боевого расчета в процессе решения основной боевой задачи. Например, при нарушении личным составом содержания требований нормативно-правовых актов МЧС России и техники безопасности, руководитель занятия или учения может объявить пострадавшими: начальника караула (руководителя тушения пожара), командиров звеньев, газодымозащитников, ствольщиков и других лиц боевого расчета. Рассматривая динамику тушения пожара, лицо принимающее управленческие решения, на основе оценки оперативной обстановки и видов требуемой деятельности должно обеспечивать выполнение поставленной задачи с учетом имеющихся сил и средств, распределяя обязанности между номерами боевого расчета.

Таким образом, разработанная модель, состоящая из совокупности алгоритмов распределения личного состава, может быть реализована в тактической подготовке сотрудников (работников) МЧС России, а также способна оказать помощь при подготовке начальника караула к несению дежурства в пожарно-спасательной части (оценка тактических возможностей караула).

6. Булгаков В. В. Совершенствование подготовки курсантов к выполнению боевого развертывания для тушения пожара // Инновации в образовании. 2021. № 4. С. 75–83.

7. Технология формирования профессионально значимых качеств бакалавров в вузах МЧС России / А. В. Ермилов, И. В. Багажков, Л. В. Мардахаев [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность. 2022. № 2 (25). С. 43–50.

8. Булгаков В. В. Повышение качества практической подготовки курсантов в области пожаротушения // Вестник НЦБЖД. 2019. № 3 (41). С. 10–19.

References

1. Terebnev V. V., Grachev V. A. *Pozharnaya taktika: uchebnik* [Fire tactics: textbook]. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2015. 547 p.
2. Terebnev V.V., Semenov A.O., Tarakanov D.V. *Teoreticheskie osnovy prinyatiya reshenij pri upravlenii silami i sredstvami na pozhare* [Theoretical foundations of decision-making in the management of forces and means in a fire]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2012, vol. 21, issue 10, pp. 14–17.

3. Semenov A. O. Optimizaciya struktury sistemy upravleniya pri likvidacii chrezvychajnyh situacij [Optimization of the structure of the management system in emergency response]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie*, 2012, vol. 1 (29), pp. 91–95.

4. Ivannikov V. P., Klyus P. P. *Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara* [Firefighting Supervisor's Handbook]. M.: Strojizdat, 1987. 288 p.

5. Ermilov A. V., Mardahaev L. V., Volenko O. I. Vydelenie professional'no znachimykh kachestv bakalavra tekhnosfernoj bezopasnosti [Identification of professionally significant qualities of a bachelor of technosphere safety]. *Rossijskij psihologicheskij zhurnal*, 2020, vol. 17 (2). pp. 73–81. DOI: 10.21702/rpj.2020.2.5

6. Bulgakov V. V. Sovershenstvovanie podgotovki kursantov k vypolneniyu boevogo

razvertyvaniya dlya tusheniya pozhara [Improving the training of cadets to perform a combat deployment to extinguish a fire]. *Innovacii v obrazovanii*, 2021, issue 4, pp. 75–83.

7. Tekhnologiya formirovaniya professional'no znachimykh kachestv bakalavrov v vuzah MCHS Rossii [Technology for the formation of professionally significant qualities of bachelors in the universities of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. A. V. Ermilov, I. V. Bagazhkov, L. V. Mardahaev [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'*, 2022, vol. 2 (25), pp. 43–50.

8. Bulgakov V. V. Povyshenie kachestva prakticheskoy podgotovki kursantov v oblasti pozharotusheniya [Improving the quality of practical training of cadets in the field of fire fighting]. *Vestnik NCBZHD*, 2019, vol. 3 (41), pp. 10–19.

Багажков Игорь Владимирович

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

E-mail: big-99@mail.ru

Bagazhkov Igor 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 chemical sciences, associate professor

E-mail: big-99@mail.ru

Коноваленко Петр Никифорович

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

E-mail: firemankpn@mail.ru

Konovalenko Pyotr Nikiforovich

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: firemankpn@mail.ru

Никишов Сергей Николаевич

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

E-mail: firemankpn@mail.ru

Nikishov Sergey Nikolaevich

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

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: mordov5988@mail.ru

Ермилов Алексей Васильевич

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

кандидат педагогических наук

E-mail: skash_666@mail.ru

Ermilov Aleksey Vasilevich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of pedagogical sciences

E-mail: skash_666@mail.ru

УДК 614.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ПО ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

П. В. ДАНИЛОВ, А. К. КОКУРИН, А. О. СЕМЕНОВ, Е. С. ТИТОВА, О. Г. ЗЕЙНЕТДИНОВА
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: kog@edufire37.ru

В статье раскрыты возможности и преимущества использования технологий виртуальной реальности в процессе подготовки личного состава пожарно-спасательных подразделений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и тушении пожаров на потенциально опасных объектах в современных условиях.

Ключевые слова: виртуальная реальность, технологии, обучение, многофункциональный виртуальный комплекс.

MODELING OF SITUATIONAL TASKS FOR EMERGENCY RESPONSE AT POTENTIALLY DANGEROUS FACILITIES IN MODERN CONDITIONS

P. V. DANILOV, A. K. KOKURIN, A. O. SEMENOV, E. S. TITOVA, O. G. ZEYNETDINOVA
Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: kog@edufire37.ru

The article reveals the possibilities and advantages of using virtual reality technologies in the process of training personnel of fire and rescue units in the aftermath of emergencies and extinguishing fires at potentially dangerous facilities in modern conditions

Key words: virtual reality, technology, training, multifunctional virtual complex

Мы живем в сложное и тревожное время. Опасности присущие технологическим производствам человечество осознало гораздо позднее природных, лишь при возникновении техногенных бедствий в результате стремительного развития техносферы.

Процесс современного производства постоянно усложняется, все чаще и в больших количествах применяются различные ядовитые и опасные компоненты. Другим проблемным вопросом остается высокая концентрация промышленных производств в относительно небольшом пространстве, что в итоге приводит к возникновению аварийной ситуации или катастрофе с человеческими жертвами. Анализируя опасности чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера для населения и территорий страны видны источники их возникновения. Как правило, это аварии на потенци-

ально опасных объектах, в частности на установках, сооружениях, хранилищах, коммуникациях и пр. Все это неизбежно приводит к нарушению жизни и деятельности мирного населения.

Аварии и катастрофы на потенциально опасных объектах требуют от руководителя ликвидации ЧС оптимальных управленческих решений, а также слаженного действия сил и применяемых средств, с полной отдачей для достижения максимального результата. Этого можно достичь только тренировками с максимально приближенными к реальности условиями [1]. Это означает, что необходимо отойти от традиционных форм обучения и использовать новые, активно развивающиеся технологии, которые позволяют использовать практически неиссякаемый потенциал моделирования различных ситуаций. Одной из наиболее перспективных является технология виртуальной реальности (VR-технология), которая позволяет добиться максимального эффекта с

минимальными человеческими и материальными ресурсами.

Отличительной особенностью VR-технологий является прямая зависимость высокого уровня концентрации внимания, памяти и углубления приобретённых знаний практически сразу же после изучения нового материала. Кроме того, данная технология позволяет также совершенствовать механизм разработки и принятия управленческих решений. Так, в условиях ликвидации последствий ЧС (пожара) на процесс разработки решения влияют как многочисленные факторы внешней и внутренней среды, так и дефицит времени, необходимый для полного, объективного анализа всей информации. В условиях ликвидации ЧС (пожара) формирование подобных навыков будет сопровождаться большим числом ошибок. Однако, технология виртуальной реальности позволяет многократно отрабатывать алгоритм ликвидации ЧС, устраняя ошибки. А также позволяет «модифицировать» первоначальное задание, изменяя те или иные переменные, что, без сомнения, позволит обучающемуся оперативно реагировать на новые вводные и быстро принимать эффективные решения [2].

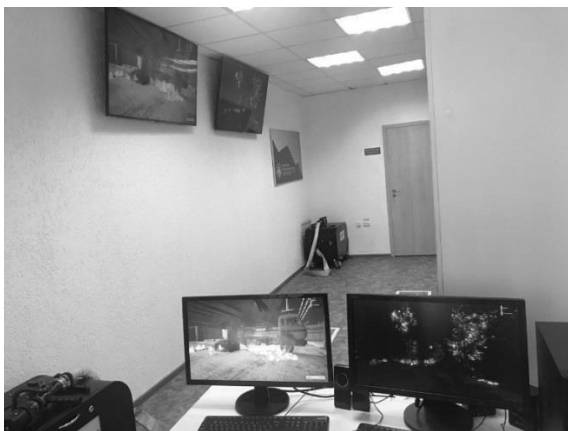


Рис. 1. Автоматизированное рабочее место руководителя занятия

Создать реалистичность событий, происходящих в сценарии, позволяют специальные элементы экипировки: нагревательный жилет, который имитирует повышение теплового потока при приближении обучающегося к очагу пожара; VR-гарнитура в виде панорамной маски, которая создает имитацию работы в дыхательном аппарате и позволяет осуществлять радиоборьбу между участниками тушения и руководителями занятия; специальное VR-оборудование, которое имитирует наличие баллонов дыхательного аппарата; имитатор рукавной линии. Так, при открытии ствола специальным устройством имитируется

В связи с решением коллегии МЧС России и ученого совета академии с 2020 года активно развивается комплексный проект по созданию единой образовательной среды с применением технологий виртуальной реальности.

Создание такой среды включает разработку уникальных технологических и программных решений по созданию виртуальных тренажерных систем для пожарных и спасателей, оборудование этими системами учебных мест в академии и их объединение в единое цифровое пространство.

Так, на первом году обучения с использованием виртуального тренажера в учебной пожарно-спасательной части академии, обучающиеся получают навыки, соответствующие должности «пожарный». Комплекс включает три основных элемента. Это автоматизированное рабочее место руководителя занятия, предназначенное для управления программным обеспечением комплекса и организацией учебного процесса, в том числе ведение электронного журнала (рис. 1). Автоматизированные рабочие места пожарных № 1 и № 2 (рис. 2).



Рис. 2. Автоматизированные рабочие места пожарных

давление в рукавной линии, а ручной пожарный ствол позволяет изменять распыл струи на сплошной или компактный.

В общей сложности тренажер позволяет обучающимся приобретать первичные навыки по тушению пожаров в 10 различных локациях. По результатам выполнения учебных задач, обучающиеся первого года обучения, разучивают местонахождение различного оборудования и устройств в пожарном автомобиле, а также выполняют действия по сборке рукавной линии и выполнению боевых задач, связанных с тушением пожара на объектах

технологического характера, в том числе на потенциально опасных.

На втором и третьем курсе обучения в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России обучающиеся проходят процесс усложнения виртуальных сценариев. Если на первом году обучения задачей являлось лишь изучение основ пожаротушения, то те-



Рис. 3. Рабочие места ОДС ЦУКС

перь им необходимо освоить компетенции по должности «командир отделения» и «начальник караула». Кроме того, на третьем году обучения осваиваются компетенции по должностям специалистов центра управления в кризисных ситуациях (рис. 3) и участников ликвидации последствий ЧС (пожара) различного характера (рис. 4).



Рис. 4. Автоматизированные рабочие места участников ликвидации последствий ЧС (пожара) различного характера

На четвертом и пятом годах обучения занятия проводятся в специализированном помещении, в котором расположены тренажеры виртуальной реальности со специализированным программным обеспечением, позволяющие подготовить обучающихся в области обеспечения пожарной безопасности и защиты населения от чрезвычайных ситуаций. Главными составными элементами комплекса являются (рис. 5):

- модуль руководителя занятием. В состав данного модуля входят технические средства и специализированное программное обеспечение. Реализация данного модуля позволяет должностному лицу, проводящему практическое занятие полностью управлять всей инфраструктурой комплекса;

- модуль должностных лиц, моделирующий автоматизированные рабочие места должностных лиц центра управления в кризисных ситуациях, оперативного штаба на месте пожара (ЧС) и других органов управления в зависимости от решаемой задачи;

- модуль коллективного пользования. Содержит в себе различные системы и средства звукового и видео сопровождения, для приближения всех участников обучения к максимальной реальности. Модуль позволяет качественно проводить разбор учебных задач и нестандартных ситуаций;

- комплект индивидуальных модулей виртуальной реальности, позволяющих одно-

временно погружаться в виртуальную реальность всем участникам занятия. Модуль позволяет обучающимся взаимодействовать друг с другом в едином виртуальном пространстве, а также организовывать связь с модулем должностных лиц и руководителем занятия.

Применение тренажеров виртуальной реальности в составе единой образовательной среды может быть использовано согласно алгоритму, представленному на рис. 6. Это позволит отрабатывать практические действия по ликвидации пожаров, чрезвычайных ситуаций и иных нестандартных ситуаций в едином виртуальном пространстве, не подвергая опасности обучающихся в реальных условиях.



Рис. 5. Основные элементы многофункционального виртуального тренажерного комплекса

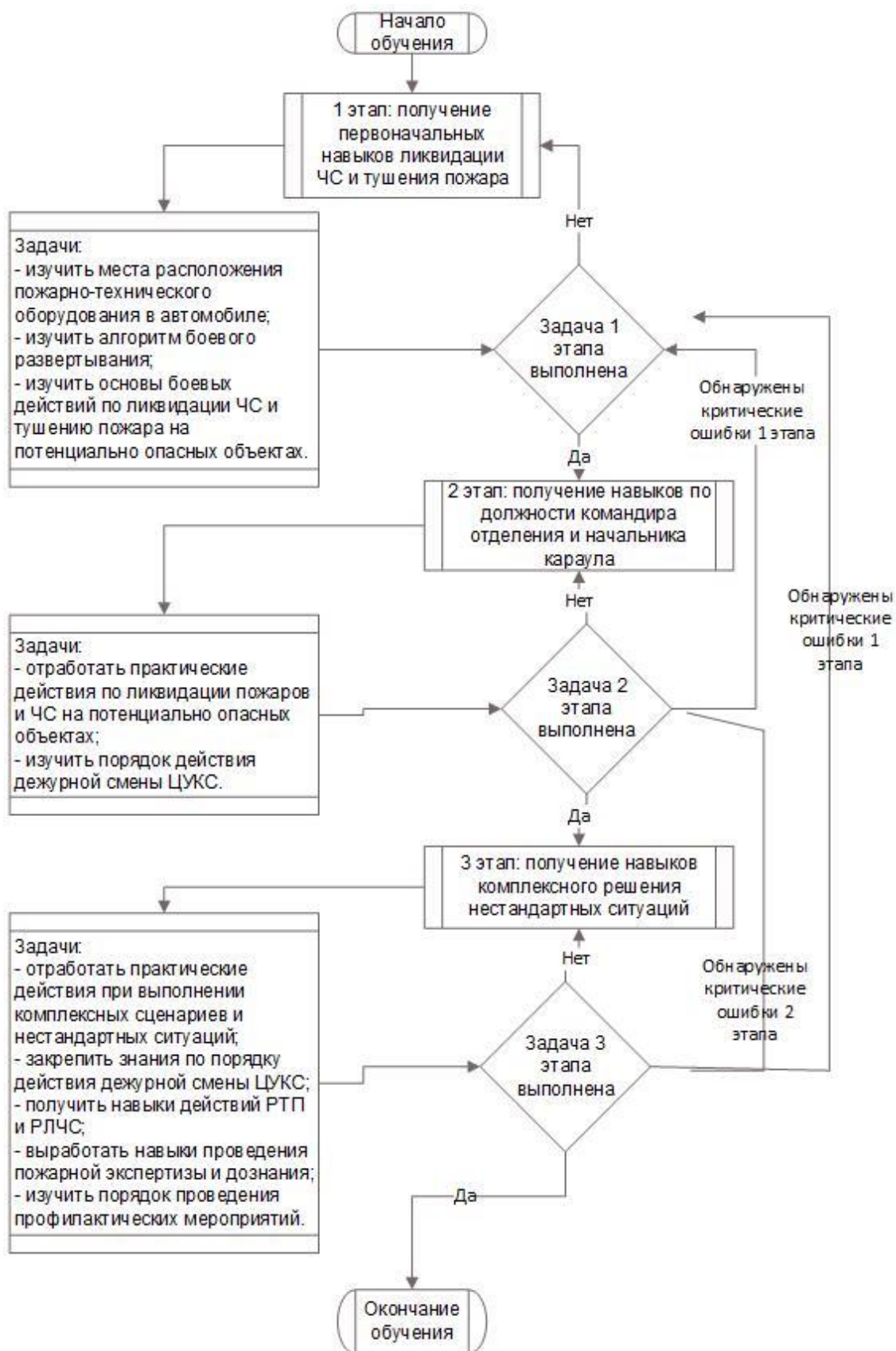


Рис. 6. Алгоритм функционирования единой образовательной среды

Стоит отметить, что сконцентрированное представление наглядной информации посредством VR-технологий позволяет обучаемым, а впоследствии и руководителям ликвидации ЧС (пожара), принимать решения на качественно более высоком уровне. Отрабатывать навыки по принятию управленческих ре-

шений в сложных условиях, моделировать нештатные ситуации при ликвидации ЧС и тушении пожаров на потенциально опасных объектах, работать в составе отделения и караула, оценивать свои действия и действия других должностных лиц.

Список литературы

1. Программный комплекс поддержки принятия решений по управлению пожарно-спасательными подразделениями при ликвидации ЧС / А. О. Семенов, А. Г. Бубнов, Д. Н. Костылев [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 4 (41). С. 33–39.

2. Исследование проблем и моделирование повышения устойчивости системы функционирования объектов экономики в условиях чрезвычайных ситуаций / П. В. Данилов, А. К. Кокурин, М. А. Козлова [и др.] // Актуальные вопросы организации управления в РСЧС: сборник научных трудов. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 12–19.

References

1. Programmnyj kompleks podderzhki prinyatiya reshenij po upravleniyu pozharno-spasatel'nymi podrazdeleniyami pri likvidacii CHS [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 [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2021, vol. 4 (41), pp. 33–39.

2. Issledovanie problem i modelirovanie povysheniya ustojchivosti sistemy funkcionirovaniya ob"ektov ekonomiki v usloviyah chrezvychajnyh situacij [Research of problems and modeling of increasing the stability of the system of functioning of economic objects in emergency situations] / P. V. Danilov, A. K. Kokurin, M. A. Kozlova [et al.]. *Aktual'nye voprosy organizacii upravleniya v RSCHS: sbornik nauchnykh trudov*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2020, pp. 12–19.

Данилов Павел Владимирович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Старший преподаватель кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС
E-mail: kog@edufire37.ru

Danilov Pavel Vladimirovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Senior lecturer of the Department of Fundamentals of Civil Defense and Emergency Management
E-mail: kog@edufire37.ru

Кокурин Алексей Константинович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Ученый секретарь ученого совета, канд. ист. наук
E-mail: kokurin@mail.ru

Kokurin Aleksej Konstantinovich

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

Семенов Алексей Олегович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Начальник кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС
канд. техн. наук, доцент

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
Head of the Department of Fundamentals of Civil Defense and Emergency Management
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
E-mail: ao-semenov@mail.ru

Титова Елена Станиславовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Старший преподаватель кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС
канд. хим. наук

E-mail: elenatitova2222@gmail.com

Titova Elena Stanislavovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Senior lecturer of the Department of Fundamentals of Civil Defense and Emergency Management
Candidate of Chemical Sciences
E-mail: elenatitova2222@gmail.com

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.

УДК 005.86: 338.24

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОГО ПОДХОДА В ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

А. А. ЕЛИЗАРОВА, А. И. ЗАКИНЧАК

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: ms.anna226@mail.ru, zakinchak@mail.ru

В статье представлено авторское видение проблем, связанных с перестройкой системы управления региональной безопасностью, которая в настоящее время ориентирована на решение тактических задач, вызванных внешними вызовами и угрозами. Авторами дана оценка возможностям, которые появились после создания ситуационных штабов в регионе. Была проанализирована структура показателей государственных и региональных программ в сфере безопасности, и показатели финансирования, а также возможности применения современных инструментов проектного управления. Проанализированы приоритеты и задачи в сфере обеспечения безопасности граждан, заявленные в стратегиях регионов и рассмотрены особенности реализации проблемно-ориентированных систем управления в современных условиях.

Ключевые слова: безопасность региона, система управления регионом, проектный подход, проблемно-ориентированное управление.

IMPLEMENTATION OF THE PROJECT APPROACH IN PROBLEM-ORIENTED REGIONAL SECURITY MANAGEMENT SYSTEMS

A. A. ELIZAROVA, A. I. ZAKINCHAK

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: ms.anna226@mail.ru, zakinchak@mail.ru

The article presents the author's vision of the problems associated with the restructuring of the regional security management system, which is currently focused on solving tactical tasks caused by external challenges and threats. The authors assess the opportunities that appeared after the creation of situational headquarters in the region. The structure of indicators of state and regional programs in the field of security, and indicators of financing, as well as the possibilities of using modern project management tools were analyzed. The priorities and tasks in the field of ensuring the safety of citizens stated in the strategies of the regions are analyzed and the features of the implementation of problem-oriented management systems in modern conditions are considered.

Key words: regional security, regional management system, project approach, problem-oriented management

В современных условиях механизмы защиты населения от воздействий негативных факторов во всех сферах жизнедеятельности напрямую зависят от способности органов власти эффективно регулировать хозяйственную деятельность в регионах. Эта непростая задача усложнена геополитическими процессами, результатом которых стал негативный санкционный фон, который затронул не только отдельные хозяйствующие субъекты, но и

крупные отраслевые, базисные структуры, что предъявляет новые требования к системам планирования и организации управления хозяйственной деятельностью. В связи с этим регионы стали формировать, а в отдельных случаях и модифицировать существующие на территориальном уровне проектные структуры, чтобы повысить эффективность управленческой среды и нивелировать воздействие санкций на все сферы регионального хозяйства. От того, какие механизмы трансформации используются, зависит успешность и эффектив-

ность самого процесса перестройки системы управления. Без ориентации на конкретные задачи, система преобразования управленческой структуры будет вынуждена пройти долгий путь адаптации, что, несомненно, приведет к излишним тратам материальных ресурсов.

Основной целью исследования является поиск оптимальной структуры создаваемых в регионах штабов и отраслевых комитетов, а также механизмов выработки решений в условиях существующей внешней политики. В качестве основы большинства из создаваемых штабов, служат существующие проектные офисы на базе администраций разного уровня. В случае сохранения существующей системы управления возникает необходимость оценки степени согласованности принимаемых решений, на каждом из существующих иерархических уровней. В случае трансформации системы мониторинга, которая по большей части ориентирована на работу самой структуры, осуществляющей управление, могут возникнуть сложности с построением зависимостей между показателями деятельности и достигаемыми результатами. Таким образом, система мониторинга должна быть перестроена по аналогии с системой управления. Исходя из поставленной в исследовании задачи, основными инструментами оценки эффективности такой трансформации должны стать не только сравнительные методы (при сравнении отдельных характеристик), но и инструментарий для поиска оптимальных значений достижения заданных результатов (поиск оптимального пути, запаса) в условиях многочисленных ограничений.

Говоря о безопасности жизнедеятельности в субъектах, необходимо понимать, что одним из компонентов безопасности региона является экономическая безопасность, поскольку большая часть вводимых против нашей страны санкций направлена на подрыв хозяйственных процессов. В ряде регионов ключевыми участниками ситуационных штабов стали уполномоченные по защите прав предпринимателей, что является уникальным для подобного рода структур.

В основе существующей системы управления в Ивановской области находится штаб по обеспечению устойчивого развития экономики Ивановской области, созданный в соответствии с указом Губернатора Ивановской области в марте 2022 года¹.

Задачи созданного штаба заявлены достаточно широкими и охватывают все

направления жизнедеятельности региона. Особый интерес вызывает «обеспечение взаимодействия исполнительных органов государственной власти Ивановской области, территориальных органов федеральных органов исполнительной власти, системообразующих организаций Ивановской области по осуществлению мониторинга ситуации в сфере экономики, торговли, сельского хозяйства Ивановской области и занятости населения Ивановской области». Это подводит нас к выводу о необходимости применения таких инструментов, как система сбалансированных показателей, система межотраслевых балансов, что непременно должно отразиться и на подходах к управлению.

Изучение опыта трансформации организационных систем в регионе позволяет сделать выводы о необходимости регулярной корректировки принятой модели управления [1]. Реинжиниринг системы мониторинга, с учетом современной структуры регионального хозяйства и создание эффективной системы «обратной связи», позволят повысить результативность функционирования штаба и нивелировать воздействие негативных внешних факторов на региональное хозяйство.

Построение современной и эффективной системы проектного управления в рамках уже существующей управленческой структуры зависит от следующих факторов:

1. Достижение поставленных целей проектного управления в условиях ограничения ресурсов;
2. Мониторинг сроков реализации проекта, позволяющий оценить, как общий ход проекта, так и детализировать отдельные мероприятия для выявления потенциала повышения эффективности;
3. Прямая зависимость между принимаемыми решениями, уровнем взаимодействия и результатами проекта.
4. Всеобъемлющая система проектного планирования, позволяющая строить вероятностные прогнозы.

Наряду с уже существующими проблемами в сфере экономической безопасности, предполагается, что созданная управленческая структура будет заниматься и социальными вопросами в регионе. Одной из задач, которая стоит перед созданной структурой является поддержание социальной защищенности населения. Для этого необходимо свести к минимуму опасности социального, техногенного и природного характера. В этой связи необходимо группировать факторы по типу угроз – угрозы социально-общественного происхождения (преступность, экстремизм, терроризм, межэтническая интенсивность, асоциальное поведение), техногенные угрозы (аварии на

¹ Указ Губернатора Ивановской области от 2 марта 2022 г. № 18-УГ «О создании штаба по обеспечению устойчивого развития экономики Ивановской области»

транспорте, аварии на промышленных объектах, в системах жизнеобеспечения). Наложение экономических проблем на организационные может привести к возникновению дополнительных отрицательных эффектов, которые многократно повысят уровень социальной напряженности в регионе, что, в свою очередь, негативно скажется на эффективности регулирования региональных процессов органами власти. Таким образом, в основе обновленной системы мониторинга, которая должна быть создана под задачи штаба, должны лежать параметры, характеризующие социальную защищенность населения и безопасность территории.

Функционирующий в настоящее время в регионе оперативный штаб рассматривает региональное пространство как совокупность региональных отраслевых подсистем, каждая из которых обладает как базовыми элементами (формирующими саму систему), так и элементами, способствующими ее развитию (рис. 1). От того, насколько плотно будет интегрирована система управления безопасностью в систему функционирования региона зависит эффективность ее существования. Сложность этой интеграции обусловлена наличием в регионе совокупности многообразных производственных систем, обеспечивающих функционирование (жизнедеятельность и жизнеспособность) региона. С другой стороны, представление региональной системы в соответствии с целевым направлением деятельности (в зависимости от вектора развития), а не в отраслевом аспекте позволит проблемно-ориентированным системам безопасности, интегрированным в нее, повысить свою результативность.

Представление системы управления, которое сформировано в рамках создания штаба по обеспечению устойчивого развития экономики, позволит эффективнее контролировать процессы в отдельных подсистемах, но при этом могут возникнуть сложности с агрегацией результатов управленческой деятельности в рамках единой системы (штаба). По сути это потребует создания регулярно пополняемой базы с большим массивом данных. Таким образом, для существующей региональной системы, создание межотраслевого баланса, как оперативного документа потребует значительных информационных ресурсов, поэтому использование в качестве объектов межотраслевого баланса лишь признанных системооб-

разующих структур позволит сократить нагрузку на систему информационного обеспечения проектного офиса (оперативного штаба), а также потребует существенно меньшего объема вводной информации.

Для оптимизации информационного обмена в процессе управленческой деятельности нами предлагается провести реинжиниринг систем регионального управления с выделением трех групп подсистем:

1) базовые подсистемы, необходимые для функционирования региональной системы в любых режимах (здравоохранение, безопасность, торговля и т.д.);

2) инфраструктурные подсистемы, которые, по сути, являются переходным звеном, расширяя возможности интеграции базовых подсистем (строительство, городское хозяйство, образование и т.д.);

3) подсистемы, формирующиеся на отдельных этапах развития региональной социальной системы по запросу со стороны регионального сообщества, и расширяющие возможности потребления ресурсов. К этой категории систем управления можно отнести системы управления крупными производственными комплексами, объединениями.

Такое деление позволит сконцентрировать внимание управленческой команды штаба по обеспечению устойчивого развития экономики на базовых подсистемах и сэкономить ресурсы, связанные информационно-аналитическими системами поддержки принятия решений.

Кроме того, при меньшем количестве элементов управления возможно использовать такие инструменты, характерные для проектного подхода, как agile-менеджмент, панели индикаторов, дорожное картирование крупных мероприятий и т.д.

Естественно, что для полноценного функционирования предлагаемой системы недостаточно интеграции проектного инструментария в деятельность оперативного штаба. Практически все из перечисленных отраслевых подсистем, представленных на рис. 1, требуют их внедрения по всей вертикали (комплексная перестройка всей региональной структуры управления). Поэтому, в качестве потенциального источника ресурсов для подобной интеграции нами предлагается использование средств, заложенных в уже существующие и реализующиеся в регионах программы в области безопасности.

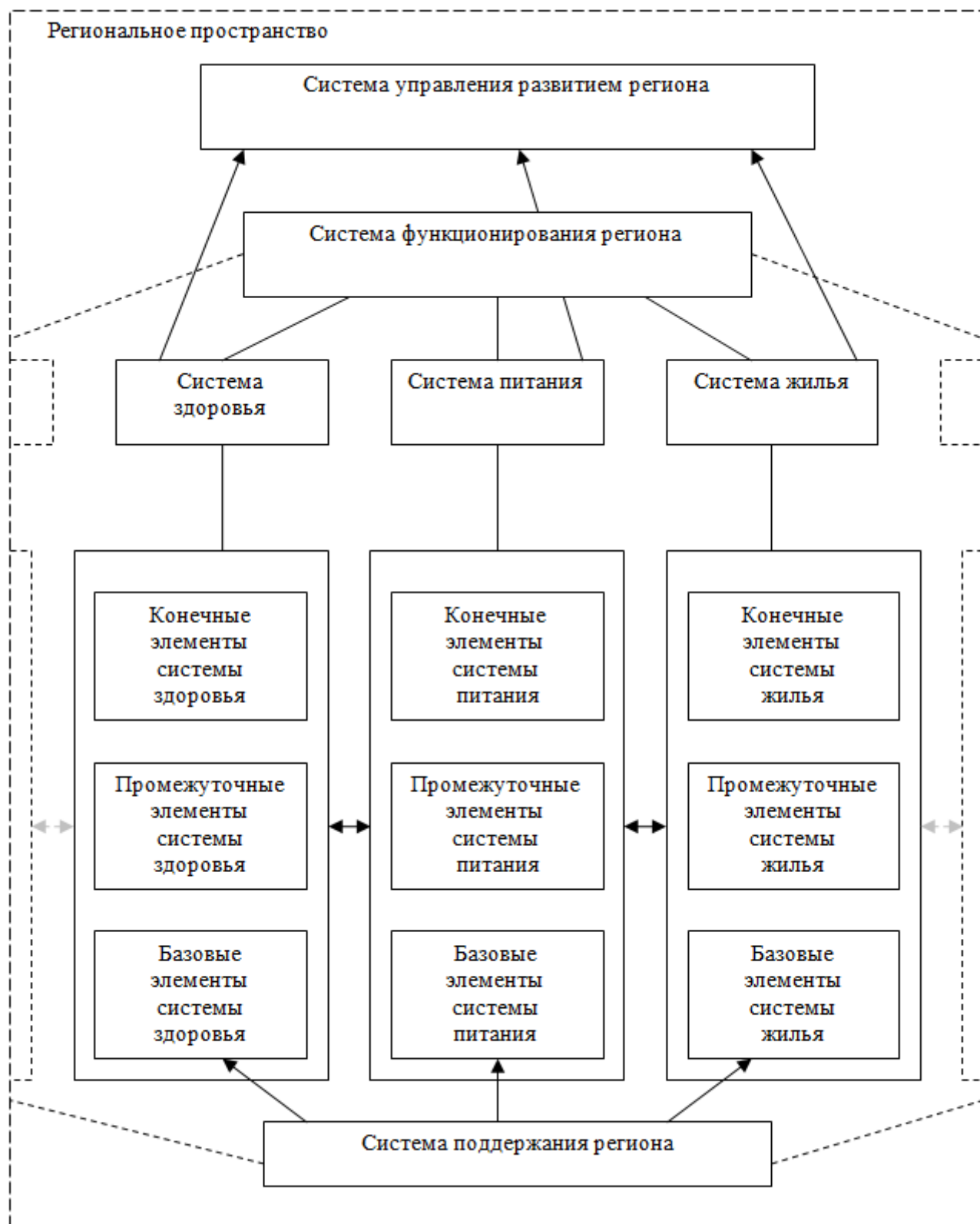


Рис. 1. Представление структуры взаимодействия региональных отраслевых подсистем управления

Реализуемая сегодня государственная программа РФ «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах», утвержденная постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 300 на 2013–2030 гг. (Блок госпрограмм «Обеспечение национальной безопасности»)² обладает хорошими финансовыми показателями в структурах МЧС России и Ростехнадзора (соисполнителя программы) и 6 федеральных целевых программ [2].

Реализуя мероприятия в соответствии с национальными целями развития Российской Федерации³ [3] МЧС России активно сотрудничает с другими федеральными и региональными структурами в сфере защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, участвует в реализации еще девяти государственных программ в качестве госзаказчика федеральных целевых программ или исполнителя отдельных мероприятий госпрограмм⁴,

таких как: «Социально-экономическое развитие Дальневосточного федерального округа», «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», «Развитие атомного энергопромышленного комплекса», «Развитие здравоохранения», др. Реализуются программы «Развитие системы "112"», «Безопасный город»⁵.

Анализ финансирования госпрограмм в сфере безопасности населения в шести субъектах РФ показал, что финансирование данных программ в исследуемых регионах различается в разы: по затратам в расчете на 1 кв. км территории региона в среднем на год – в 65 раз (без учета Московской области показатель ниже – в 6,3 раза), а по затратам в расчете на одного жителя региона в среднем на год – в 6,3 раза (без учета Московской области показатель ниже – в 2,9 раза). Наилучшие показатели по финансированию госпрограммы по всем расчетным показателям показывает Московская область (см. табл. 1):

Таблица 1. Показатели финансирования госпрограмм по всем расчетным показателям

Расчетные показатели	Области ЦФО					
	Владимирская	Ивановская	Костромская	Нижегородская	Московская	Ярославская
Общий объем средств на реализацию Программы, млн руб. (срок реализации)	2 992,6 (6 лет)	2 510,8 (11 лет)	1 329,05 (6 лет)	8 258,6 (7 лет)	52 956,5 (5 лет)	2 504,02 (3 года)
Затраты в расчете на 1 год, млн. руб.	496,8	228,3	221,5	1179,8	10591,3	834,7
Затраты в расчете на 1 жителя региона, руб.						
- на весь срок реализации	2171,2	2474,6	2066,3	2553,1	7057,7	1978,4
- в среднем на год	361,9	225,0	344,4	364,7	1411,5	659,5
Затраты в расчете на 1 кв. км территории региона, руб.						
- на весь срок реализации	102 838,8	117 324,5	22 077,2	107 815,0	1 195 406,4	69 171,7
- в среднем на год	17 139,8	10 665,9	3 679,5	15 402,1	239 081,3	23 057,2

² Ответственный исполнитель – МЧС России, соисполнители: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, участники: 15 федеральных органов исполнительной власти, Госкорпорация по атомной энергии «Росатом» и Российская академия наук (РАН).

³ О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74304210/>

⁴ Портал госпрограмм РФ <https://programs.gov.ru/> (дата обращения: 02.09.2021)

⁵ Портал национальных проектов РФ URL: https://национальные_проекты.РФ/projects (дата обращения: 02.03.2022)

Анализ реализации госпрограммы «Обеспечение безопасности граждан и профилактика правонарушений в Ивановской области», проводимый департаментом экономического развития и торговли Ивановской области на протяжении нескольких лет, показал, что постепенно происходит улучшение ключевых показателей и изменение вектора реализации с «низкоэффективной» (по итогам 2017 г.) к «эффективной» (по итогам 2018 г.). По такому показателю, как «доля охвата населения Ивановской области Системой-112» план был выполнен на 100 %. При этом, если рассматри-

вать показатель «степень готовности Ивановской областной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций к выполнению мероприятий по гражданской обороне, защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, тушению пожаров силами противопожарной службы Ивановской области», то эффективность реализации составит лишь 64,8 %. По итогам последних трех лет (2019–2021 гг.) данная программа была признана высокоэффективной⁶.

Таблица 2. Сведения об оценке эффективности госпрограммы «Обеспечение безопасности граждан и профилактика правонарушений в Ивановской области»

Мероприятия	2019 год	2020 год	2021 год
Госпрограмма "Обеспечение безопасности граждан и профилактика правонарушений в Ивановской области", в том числе:	Уровень реализации 0,94 (высокоэффективная)	Уровень реализации 0,95 (высокоэффективная)	Уровень реализации 0,96 (высокоэффективная)
- подпрограмма "Борьба с преступностью и обеспечение безопасности граждан"	Уровень реализации 0,97	Уровень реализации 0,98	Уровень реализации 0,97
- подпрограмма "Повышение безопасности дорожного движения в Ивановской области"	Уровень реализации 0,95	Уровень реализации 0,97	Уровень реализации 0,93
- подпрограмма "Гражданская защита населения и пожарная безопасность Ивановской области"	Уровень реализации 0,91	Уровень реализации 0,92	Уровень реализации 0,98

Безопасность населения реализуется через программные мероприятия ряда национальных проектов («Образование» – безопасность детей в воспитательных и учебных заведениях, «Здравоохранение» – профилактика заболеваний, инвалидности и сокращение факторов и причин смертности, «Туризм и индустрия гостеприимства» – безопасный туризм, «Культура» – повышение уровня культуры, духовности детей и молодежи и т.д.). Все социальные проекты направлены на повышение доступности и качества услуг, инфраструктуры, что непосредственно улучшает ситуацию с безопасностью граждан.

Важным инструментом проектного управления региональным развитием во всех сферах выступает дорожное картирование, которое позволило повысить степень интеграции механик проектного управления и контроля с индикаторами стратегии социально-экономического развития регионов. Большинство стратегических документов в области социально-экономического развития, принятых в 2021 г. (доработанных) и размещенных на сайте Минэкономразвития РФ, содержат разделы и пункты, посвященные безопасности граждан⁷. Отдельным направлением внедрения инструментария проектного подхода могло бы

⁶ Стратегия социально-экономического развития Ивановской области до 2024 г. С. 223-224. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovaniye_prostranstvennogo_razvitiya/strategii_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_subektov_rf/dorabotannyye_proekty_strategiy/ (дата обращения: 30.03.2022)

⁷ Официальный сайт Минэкономразвития РФ. Доработанные проекты стратегий субъектов РФ URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovaniye_prostranstvennogo_razvitiya/strategii_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_subektov_rf/dorabotannyye_proekty_strategiy/ (дата обращения: 30.03.2022)

стать построение системы сбалансированных показателей, основанных на региональном социально-экономическом мониторинге⁸.

В результате анализа региональных стратегий развития нами выделены задачи и ключевые механизмы реализации задач в области безопасности, общие для рассмотренных регионов:

1. Привлечение населения к обеспечению безопасности в активной и пассивной форме через механизмы стимулирования гражданской ответственности, это позволит формировать культуру безопасной жизнедеятельности, применяя ключевые механизмы реализации: образовательная деятельность среди детей и подростков; мотивация населения в содействии обеспечению безопасности; вовлечение населения в добровольные дружины; создание возможностей для материального стимулирования населения за существенную помощь в раскрытии преступлений;

2. Совершенствование системы прогнозирования и создание адекватных и точных моделей развития опасных и чрезвычайных ситуаций. Это позволит повысить уровень реагирования на них через ключевые механизмы реализации: подключение к проблематике моделирования систем региональное научное сообщество и адаптация существующих информационных систем в региональных центрах управления в кризисных ситуациях к работе с новыми моделями;

3. Снижение уровня бытовой преступности, предотвращение рецидивной и подростковой благодаря ключевым механизмам реализации: автоматизация контроля поведения людей и поиска граждан за счет использования современных алгоритмов распознавания изображения в системах видеонаблюдения; разработка и совершенствование программ адаптации к социальной жизни лиц, отбывших реальный срок наказания; разработка механизмов стимулирования населения к внедрению систем охранной и пожарной сигнализации в жилых домах;

4. Сокращение аварийности и повышение безопасности дорожного движения с использованием таких ключевых механизмов реализации, как: создание цифровой инфраструктуры для автоматизированной системы видеорегистрации и контроля дорожной обстановки; вовлечение независимых экспертов в процесс улучшения организации дорожного

движения со стороны собственников дорог, а также представителей муниципальной власти.

Решение этих и ряда других типовых задач методами проектного управления будет способствовать эволюции алгоритма реализации аналогичных проектов в области безопасности до такой степени, которая позволит встроить его в модель проблемно-ориентированной системы управления безопасностью региона. Это, в свою очередь, повысит не только эффективность принимаемых решений, но и существенно снизит время реагирования на ситуацию.

Использование в этой связи инструментов проектного управления, опирающихся на экспертную оценку или «большие данные», будет работать как оптимизационный механизм, постепенно подводящий алгоритм решения конкретной управленческой задачи к оптимальным параметрам. Авторское видение схемы проблемно-ориентированного управления обеспечением безопасности региона представлено на рис. 2. В блоке «Определение достигнутого уровня. Сравнение с требуемым уровнем» происходит завершение управленческого цикла в случае достижения требуемого уровня безопасности.

Необходимо отметить, что потенциальные возможности в рамках реализации государственной политики в области безопасности и защиты населения и территории могут иметь проекты, реализуемые по схеме государственно-частного партнерства. Эти проекты потребуют не столько финансовых ресурсов от государственного сектора, сколько долгосрочных гарантий возможности их реализации и использования. Частный бизнес в данном случае будет заинтересован в сервисных контрактах на их обслуживание и модернизацию.

К современным проектам в области безопасности, которые могут способствовать созданию сопутствующих положительных финансовых потоков, тем самым привлекая потенциальных инвесторов, можно отнести следующие:

- создание систем фото-видеофиксации;
- оборудование парковок (организация и обеспечение функционирования платных парковок);
- создание/модернизация системы освещения.

⁸ Положение о мониторинге реализации национальных проектов в социальной сфере и науке, входящих в их состав федеральных проектов, региональных проектов и программ в социальной сфере от 28 июня 2019 года № 5967п-П6

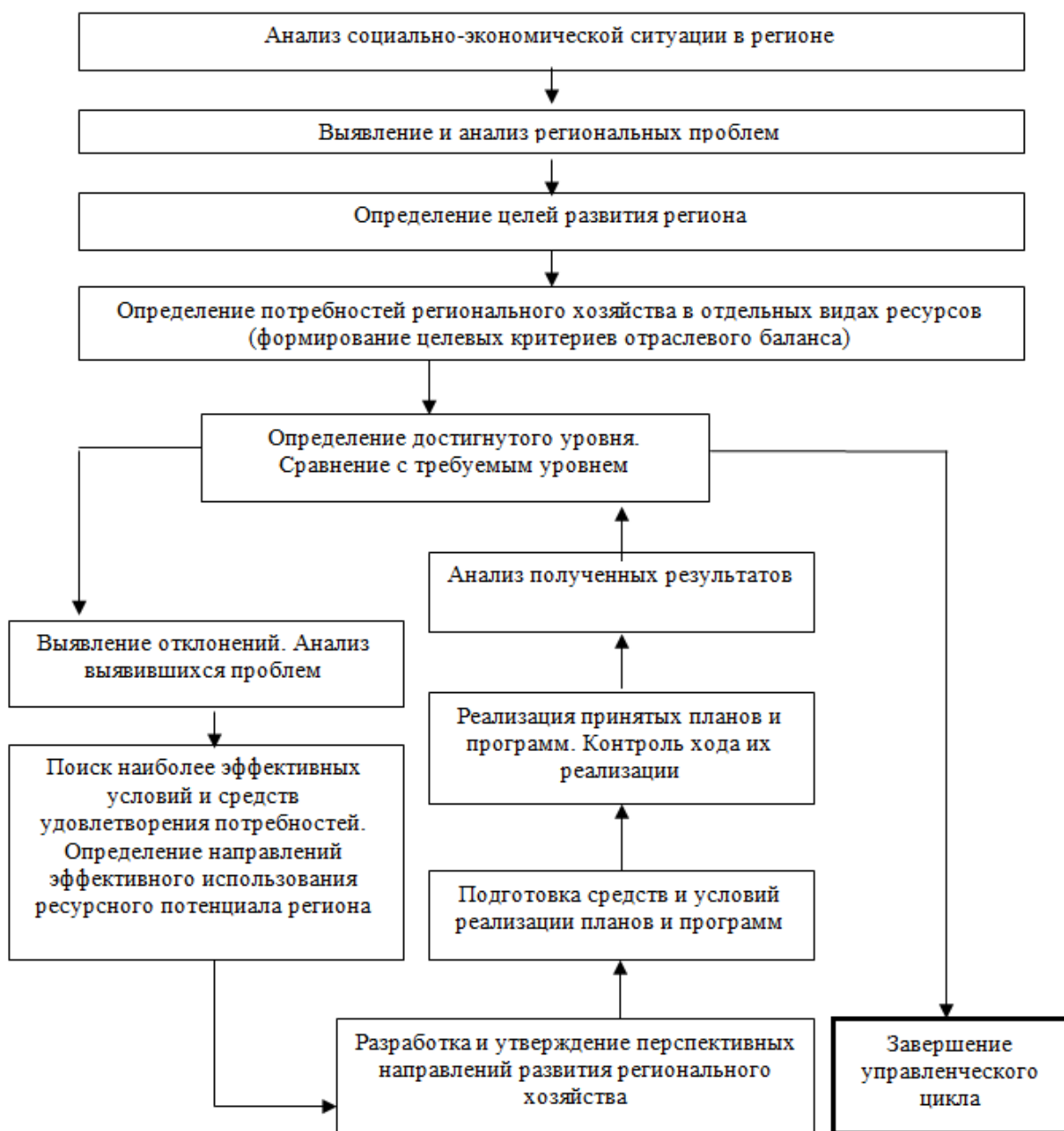


Рис. 2. Комплексная схема проблемно-ориентированного управления обеспечением безопасности региона

Также применение технологий «умного города» актуально в сфере создания систем фиксации вредных выбросов. В качестве компонентов данной системы выступают:

- сетевая инфраструктура для удаленного управления и мониторинга;
- датчики мониторинга окружающей среды⁹.

⁹ Паспорт государственной программы «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» <https://programs.gov.ru>.

В Стратегии социально-экономического развития Ивановской области на период до 2024 г. в разделе 2.8. Обеспечение безопасности жизнедеятельности населения поставлена стратегическая цель – «сформировать пространство высокого процента безопасности, способствующее сохранению и развитию че-

[gov.ru/Portal/programs/passport/10](https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/gosudarstvennye-i-federalnye-celevye-vedomstvennyye-programmy); Сайт МЧС России. Государственные и федеральные целевые (ведомственные) программы <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/gosudarstvennye-i-federalnye-celevye-vedomstvennyye-programmy>

ловеческих ресурсов». В качестве результатов решения поставленных целей и задач отмечаются следующие:

– повышение уровня информационного обмена между оперативными службами различных ведомств за счет внедрения и развития в соответствии с едиными функциональными и технологическими стандартами аппаратно-программного комплекса «Безопасный город»;

– увеличение доли современных средств аварийно-спасательного оборудования и средств ликвидации чрезвычайных ситуаций до 50 %;

– увеличение доли аттестованных спасателей профессиональных аварийно-спасательных формирований Ивановской области до 99 %;

– повышение доли охвата населения Ивановской области Системой-112 до 100 %;

– рост уровня обслуживания населения Ивановской области, проживающего на территории муниципальных образований, в которых доступно использование возможностей Системы-112 до 91 %;

– рост количества подключенных экстренных оперативных служб реагирования и единых дежурно-диспетчерских служб муниципальных образований к Системе-112 – до 93 %¹⁰, др.

Перечисленные показатели, характеризующие результаты реализации целевых программ в области безопасности, могут быть получены не только в рамках отдельных мероприятий, но и путем агрегирования результатов нескольких проектов из различных госпрограмм, что значительно расширяет возможности привлечения средств в рамках реализации региональной политики в области безопасности.

Развитие мер государственного регулирования экономики на настоящем этапе сопряжено с активным внедрением проектного управления. В структуре обязательной плановой документации региональных программ активно используется дорожное картирование, в региональных органах власти создаются проектные офисы, целевые индикаторы вносятся в системы сбалансированных показателей, которые отслеживаются соответствующими органами власти. Это все создает отличную базу для реализации проблемно-ориентированных систем управления регионального уровня, в том числе и в сфере безопасности.

Современное методическое обеспечение, ориентированное на определение уровня

достижения целей национальных проектов (программ) и федеральных проектов, включая рекомендации по определению уровня достижения целей региональных проектов от 16 февраля 2022 г. № П6-10797¹¹, позволяет созданной информационно-аналитической системе реализации национальных проектов рассчитать уровень достижения результатов федеральных проектов и региональных проектов. Функциональные возможности среды реализации этой информационной системы позволяют отследить исполнение мероприятий, не только исходя из темпов потребления проектом финансовых ресурсов, а по их фактической реализации запланированных мероприятий. Это позволит лицам, отвечающим за отдельные программные мероприятия получать не только оперативные, но и аналитические данные в самых разных форматах в режиме реального времени. Использование данной системы региональными штабами по обеспечению устойчивого развития экономики в качестве инструмента моделирования процессов позволит существенно повысить результативность выработки решений в проблемно-ориентированных системах управления.

Выводы

Основу региональной политики в современных условиях должны составить мероприятия, направленные на формирование условий, повышающих уровень общественной безопасности и защиту жителей региона от кризисных и чрезвычайных ситуаций. В настоящее время ядро национальных проектов, государственных и муниципальных программ должны составлять мероприятия, повышающие устойчивость региональных систем. Это коррелирует с запросами региональных сообществ в области безопасности, и является одним из ключевых требований, предъявляемых к представителям территориальных властей.

В условиях внешних негативных экстритерриториальных воздействий ключевая задача органов власти – создание комфортной и безопасной среды во всех населенных пунктах региона, в том числе за счет совершенствования региональных систем безопасности. Использование проектного подхода позволит максимизировать эффект от реализации мероприятий при существенных бюджетных ограничениях, а механизмы проектной деятельности позволят повысить уровень ответственности их исполнителей.

¹⁰ Сведения об оценке эффективности реализации государственных программ Ивановской области в 2020 году <http://derit.ivanovoobl.ru/deyatelnost/gosudarstvennye-programmy/realizatsiya-gosudarstvennykh-programm/>

¹¹ Методические рекомендации по определению уровня достижения национальных проектов (программ) и федеральных проектов. Письмо Аппарата Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2022 г. № П6-10797// Консультант плюс.

В то же время в современных условиях охрана жизнедеятельности населения, общественная безопасность становятся лишь элементами в структуре, которая дополняется запросами по защите населения в сферах информационной, продовольственной, финансовой безопасности. Реализация проектного

подхода в проблемно-ориентированных системах управления обеспечением безопасности региона позволит подготовить достойный ответ на возрастающую скорость, сложность и неопределенность в региональных социально-экономических системах.

Список литературы

1. Закинчак А. И., Чумаков М. В., Найденова С. В. Элементы проектного управления в деятельности органов исполнительной власти (защита населения от чрезвычайных ситуаций) // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. № 1 (53) 2018. С. 41–48
2. Как и почему граждане оценивают свою защищенность от контролируемых государством рисков / Е. И. Добролюбова, В. Н. Южаков, А. Н. Покида [и др.] // Социологические исследования. 2020. № 7. С. 70–81.

References

1. Zakinchak A. I., Chumakov M. V., Naydenova S. V. Elementy proyektного upravleniya v deya-tel'nosti organov ispolnitel'noy vlasti (zashchita naseleniya ot chrezvychaynykh situatsiy) [Elements of project management in the activities of executive authorities (protection of the population from emergency situations)]. *Sovremennyye naukoemkiye tekhnologii. Regional'noye prilozheniye*, vol. 1 (53), 2018, pp. 41–48.
2. Kak i pochemu grazhdane otsenivayut svoyu zashchishchennost' ot kontroliruyemykh gosudarstvom riskov. [How and why citizens assess their protection from state-controlled risks]. E. I. Dobrolyubova, V. N. Yuzhakov, A. N. Pokida [et al.]. *Sotsiologicheskkiye issledovaniya*, 2020, issue 7, pp. 70–81.

Елизарова Анна Александровна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат экономических наук, преподаватель кафедры основ экономики функционирования РСЧС

E-mail: ms.anna226@mail.ru

Elizarova Anna Alexandrovna

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

Russian Federation, Ivanovo

Candidate of economics sciences, teacher at the department of fundamentals of economics of functioning prevention and response system.

E-mail: ms.anna226@mail.ru

Закинчак Андрей Игоревич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры основ экономики функционирования РСЧС

E-mail: zakinchak@mail.ru

Zakinchak Andrey Igorevich

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

E-mail: zakinchak@mail.ru

УДК 614.842.8

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ НОРМАТИВОВ ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ ПОЖАРНЫХ

С. Г. КАЗАНЦЕВ, Б. Б. ГРИНЧЕНКО, Д. С. КАТИН, И. А. КУЗНЕЦОВ, А. В. СУРОВЕГИН

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

E-mail: skorpsem@yandex.ru, grinchenko.borya@mail.ru,
den.catin@yandex.ru, ikuz1999@list.ru, sav_37@mail.ru

Качественное управление профессиональной подготовкой в пожарно-спасательных гарнизонах предусматривает необходимость систематизации и существенной трансформации процедур оценки владения практическими умениями и навыками пожарных, что определяет выбор наиболее важных критериев и моделей эффективности. Причиной этому послужил ряд объективных признаков, в том числе сформировавшиеся тенденции непрерывного технологического развития общества, оптимизация старых и разработка новых методов профессиональной подготовки пожарных, внедрение новых тренировочных средств. Отмечается, что в рамках разработки методологии расчета временных интервалов важно рассматривать время выполнения упражнения как непрерывную случайную величину, которая подчиняется нормальному закону распределения, с соответствующими характеристиками – средним значением и стандартным отклонением. Проведен анализ факторов, которые оказывают влияние на выполнение нормативов, проведена оценка результатов экспериментальных исследований по выполнению нормативов, в результате чего разработан проект перечня контрольных упражнений и нормативов их выполнения. В статье рассмотрены основные факторы, обуславливающие необходимость актуализации сборника нормативов по профессиональной подготовке личного состава подразделений пожарной охраны, рассмотрены подходы к их формированию, а также приведена методика расчета временных показателей выполнения нормативов по профессиональной подготовке личного состава подразделений пожарной охраны.

Ключевые слова: пожарная охрана; боеготовность; профессиональная подготовка; норматив, методика, расчет.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE TIME OF FULFILLMENT OF STANDARDS FOR THE PROFESSIONAL TRAINING OF FIREFIGHTERS

S. G. KAZANTSEV, B. B. GRINCHENKO, D. S. KATIN, I. A. KUZNETSOV, A. V. SUROVEGIN

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

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

E-mail: skorpsem@yandex.ru, grinchenko.borya@mail.ru,
den.catin@yandex.ru, ikuz1999@list.ru, sav_37@mail.ru

Qualitative management of professional training in fire and rescue garrisons provides for the need for systematization and significant transformation of procedures for assessing the possession of practical skills and skills of firefighters, which determines the choice of the most important criteria and models of effectiveness. The reason for this was a number of objective signs, including the formed trends of continuous technological development of society, the optimization of old and the development of new methods of professional training of firefighters, the introduction of new training tools. It is noted that within the framework of developing a methodology for calculating time intervals, it is important to consider the exercise time as a continuous random variable that obeys the normal distribution law, with corresponding characteristics - the average value and standard deviation. The analysis of factors that influence the implementation of standards was carried out, the results of experimental studies on the implementation of standards were evaluated, as a result of which a draft list of control exercises and standards for their implementation was developed. The article considers the main factors that determine the need to update the collection of standards for the professional training of personnel of fire protection units, considers approaches to their formation, and also provides a

methodology for calculating time indicators for the implementation of standards for the professional training of personnel of fire protection units.

Key words: fire protection; combat readiness; professional training; standard, methodology, calculation.

Введение

В современных условиях потребность в высококвалифицированных пожарных в разных странах, несомненно, высока. Уровень боеготовности пожарно-спасательных подразделений определяется в том числе качеством профессиональной подготовки личного состава (участников тушения пожара), а также оснащённостью мобильными средствами пожаротушения, пожарным оборудованием и инструментом. Профессиональная подготовка играет особую роль в процессе профессионального становления как молодых пожарных, так и опытных сотрудников пожарно-спасательных подразделений. Профессиональная подготовка проводится в виде целенаправленного организованного процесса с целью овладения и постоянного совершенствования знаний, умений и навыков, необходимых для успешного выполнения задач, возложенных на личный состав органов управления и подразделений пожарной охраны [1]. На первый план выступает система проверки уровня владения практическими умениями и навыками как один из основных, ключевых этапов подготовки личного состава.

Профессиональные знания, помимо опыта тушения пожара, пополняются прикладными упражнениями, зачастую качество освоения которых лимитировано временными критериями. Современный парк пожарной техники и широкий перечень решаемых при тушении пожаров задач обуславливают необходимость в постоянной актуализации нормативов по профессиональной подготовке личного состава подразделений пожарной охраны, что является побудительным мотивом к проведению научных исследований, целью которых является проведение аналитического обзора прикладных упражнений, применимых в системе подготовки личного состава пожарной охраны для разработки перечня нормативов по профессиональной подготовке подразделений пожарной охраны.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Идентификация наиболее приоритетных сторон профессиональной подготовленности пожарных для формирования перечня обязательных нормативов;

2. Структуризация и классификация прикладных упражнений в соответствии с профессиональными задачами оперативных

должностных лиц на месте пожара для выявления и группировки упражнений в соответствии с элементами (объектами) взаимодействия пожарных;

3. Анализ подходов к формированию нормативов по профессиональной подготовке (зарубежный и отечественный опыт);

4. Проведение экспериментальных исследований процесса отработки контрольных упражнений в рамках профессиональной подготовки личного состава подразделений пожарной охраны и расчет их временных показателей.

Нормативы по профессиональной подготовке – это временные, количественные и качественные показатели выполнения определенных задач, приемов и действий сотрудниками, отделениями, дежурными караулами подразделений пожарной охраны с соблюдением установленной последовательности (порядка) [2]. При управлении профессиональной подготовкой пожарных важное значение имеет система проверки и оценки владения практическими умениями и навыками пожарных, [3, 4]. Инновационные концепции обоснования выбора временных показателей и контрольных упражнений, которые в свою очередь раскрывают широкое разнообразие концептуальных подходов к становлению нормативной системы противопожарной службы разрабатывались на этапе становления.

Из опыта прошедших лет можем заметить, что основные противоречия возникают между методикой подбора упражнений и способами их оценивания. Потребность в систематизации и корректировке системы проверки и оценки владения практическими умениями и навыками пожарных и выбор наиболее адекватных критериев оценивания результатов требует внесения ряда корректировок. Причиной этому послужил ряд объективных признаков, таких как повышение требований к квалификации и физической подготовленности личного состава противопожарной службы, оптимизация старых и внедрение новых методов подготовки пожарных, разработка и внедрение в практику новых образцов пожарной техники и тренировочных комплексов. Исходя из этого была разработана концепция формирования перечня контрольных упражнений и нормативов их выполнения для личного состава подразделений пожарной охраны (рис. 1).



Рис. 1. Концепция формирования сборника нормативов по профессиональной подготовке личного состава подразделений пожарной охраны

Анализ ранее действующих нормативов показал, что представленные нормативные задания рассматривали наиболее важные вопросы подготовленности пожарных в условиях профессиональной деятельности.

Разумеется, что в предшествующие годы качество и степень составления нормативов определялись спецификой упражнений, представляющих особую важность для сотрудников, допущенных к тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ. По этой причине выбор основных нормативов для пожарных предоставляет возможность выделять их в отдельную группу с учётом необходимости оценки наиболее важных сторон профессиональной подготовленности.

Методы исследования

В ходе работы был произведен обзор нормативных заданий зарубежных стран (Белоруссии, Казахстана, Украины, США и Германии), который показал, что контроль степени подготовки сотрудников противопожарной службы в виде нормативных заданий или стандартов характерен для всех рассмотренных государств.

Структуризация и классификация нормативов в виде реляционной модели и информационной базы данных, проведенный анализ образцов пожарной техники и сбор сведений по оснащённости федеральных округов Российской Федерации позволили сформировать перечень контрольных упражнений и нормативов их выполнения для пожарной охраны. В

основу предложенного перечня легли обязательные способы и приемы работы с пожарной техникой, включая мобильные средства пожаротушения, пожарное оборудование и инструмент, а также средства защиты органов дыхания и зрения.

Анализ подходов к формированию нормативов по профессиональной подготовке показал, что в настоящее время существует два основных подхода:

1 – подход предусматривает формирование данных по элементам выполнения профессиональных упражнений и накопление их в каталогах и базах данных для составления норматива по этим отдельным элементам;

2 – рассмотрение каждого упражнения в отдельности и путем многократных измерений их выполнения на основе устанавливаемых величин среднего значения и стандартного отклонения, формирования норматива выполнения данного упражнения.

И первый, и второй подходы имеют ряд достоинств и недостатков, общим из которых является учет факторов объективного и субъективного характера, влияющих на выполнение упражнения. Однако второй подход в нашем случае являлся наиболее целесообразным и был выбран в качестве рабочего. Сведения об основных проанализированных нормативных документах зарубежных стран и сущность подходов к формированию нормативов по профессиональной подготовке представлена на рис. 2.

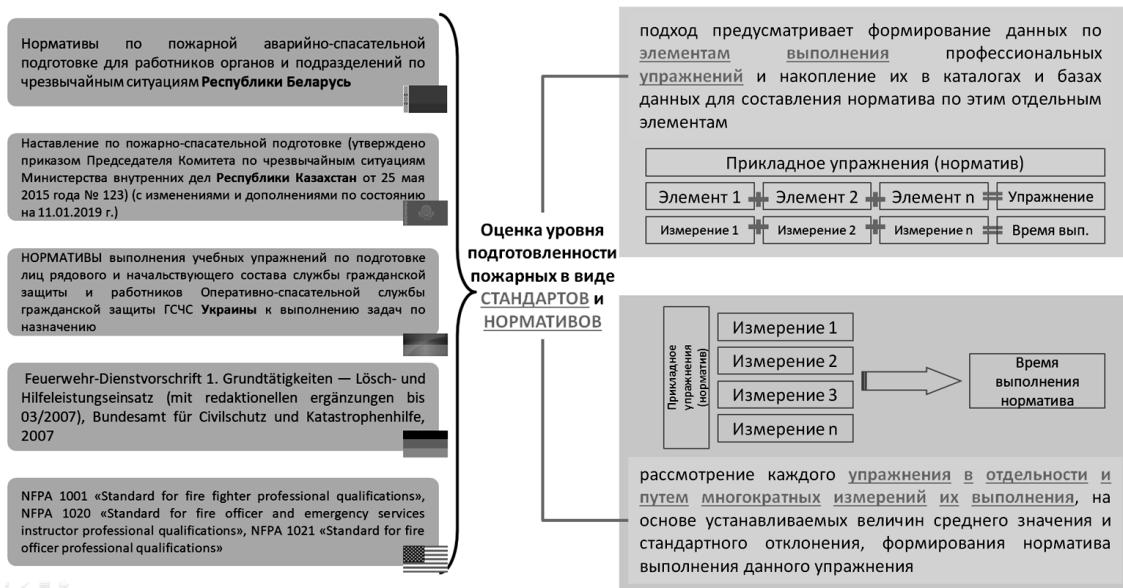


Рис. 2. Сведения об основных проанализированных нормативных документах зарубежных стран и сущность подходов к формированию нормативов по профессиональной подготовке

Особое внимание было уделено факторам, влияющим на продолжительность выполнения оперативно-тактических мероприятий на месте пожаров и, как следствие, на выполнение профессиональных упражнений (рис. 3). Анализ показал, что имеется ряд факторов субъективного и объективного характера. Стоит отметить, что на норматив выполнения профессиональных упражнений должны оказывать лишь факторы объективного характера, которые должны быть учтены в условиях выполнения упражнений.



Рис. 3. Факторы, влияющие на продолжительность выполнения оперативно-тактических мероприятий на месте пожаров

Все влияющие факторы условно возможно разделить на две основные категории – основные и второстепенные. К основным факторам были отнесены факторы, непосредственно влияющие на время выполнения

упражнения (возраст, высота расположения пожарного оборудования (инструмента) и механизм открывания отсеков). К второстепенным факторам были отнесены факторы, которые носят информационный характер (рост, уровень физической работоспособности, опыт работы по тушению пожаров, класс мобильного средства пожаротушения, время суток).

На основании детализированной информации по антропометрическим и возрастным показателям личного состава, представленной территориальными подразделениями, был проведен анализ второстепенных факторов, который позволил разработать чек-листы для сбора результатов наблюдений.

Обработка данных, представленных подразделениями в чек-листах, позволила перейти к анализу основных факторов, влияющих на время выполнения нормативов по профессиональной подготовке.

Комплекс экспериментальных исследований и результаты их обработки легли в основу расчетов временных показателей по выполнению нормативов. Кроме того, была разработана методика по определению времени выполнения нетиповых нормативов по профессиональной подготовке личного состава подразделений пожарной охраны.

Анализ возрастных параметров пожарных в Российской Федерации проводился на основе данных территориальных пожарно-спасательных гарнизонов, выбранных для получения экспериментальных данных в соответствии с требованиями заказывающего подразделения.

Основная проверяемая гипотеза заключалась в следующем – личный состав в подразделении равномерно распределен по возрастной шкале с делением: 1б – до 30 лет; 2б – от 30 до 40 лет; 3б – от 40 до 50 лет и 4б – старше 50 лет. При декомпозиции возрастного критерия с шагом в 5 лет не представляется возможным собрать информацию с подразделений в связи с недостаточностью репрезентативной выборки данных для обработки. При расчете в условиях основной проверяемой гипотезы появляется возможность и существует апробированный математический аппарат для реализации расчетов возрастных групп с шагом в 5 лет.

Альтернативная гипотеза заключалась в следующем – личный состав в подразделении равномерно распределен по возрастной шкале с делением: 1б – до 30 лет; 2б – от 30 до 35 лет; 3б – от 35 до 40 лет; 4б – от 40 до 45 лет; 5б – от 45 до 50 лет и 6б – старше 50 лет.

Таким образом, наиболее предпочтительной является основная гипотеза за исключением возраста старше 50 лет, так как в некоторых случаях данная группа пуста. Поэтому при проверке влияния данного фактора будут использоваться три экспериментальные группы: до 30 лет, от 30 до 40 лет и старше 40 лет.

Данный этап цифровой обработки данных включает в себя два зависимых действия: проверка гипотезы о влиянии фактора на основе критерия Фишера при уровне значимости 0,1 (10 % точность) и, если влияние выявлено, то оценка величины влияния на основе шкалы влияния, разработанной с учетом нормального распределения результатов измерений¹.

Разделим сумму квадратов отклонений статистического комплекса на компоненты, в чем и заключается однофакторный дисперсионный анализ:

$$SS = SS_a + SS_{e_1}, \quad (1)$$

где: SS – сумма квадратов отклонений; SS_a – сумма квадратов отклонений с учетом влияния фактора a ; SS_e – сумма квадратов отклонений ошибки.

Если, a – количество градаций групп, n_i – количество вариантов в каждой группе, то $\sum_{i=1}^n n_i = n$ – суммарное количество наблюдений. Получаем суммарное количество квадратов отклонений [5]:

$$SS = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2. \quad (2)$$

Сумма квадратов отклонений с учетом a :

$$SS_o = \sum_{j=1}^a n_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2. \quad (3)$$

Сумма квадратов отклонений ошибки:

$$SS_e = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2, \quad (4)$$

где $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n X_{ij}$ – общее среднее наблюдений; $\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij}$ – среднее наблюдений в каждой группе.

В свою очередь:

$$\begin{aligned} SS_e &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 = \\ &= \sum_{i=1}^a (n_i - 1) s_i^2 = (n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2 + \dots + \\ &\quad (n_a - 1) s_{1a}^2, \end{aligned} \quad (5)$$

где s_i^2 – дисперсия группы факторов.

При однофакторном дисперсионном анализе, следует найти фактическое отношение Фишера, то есть отношение межгрупповой и внутригрупповой дисперсий [6]:

$$F = \frac{MS_a}{MS_e}. \quad (6)$$

Сравнить его с критическим значением Фишера $F_{a;v_a;v_e}$.

Рассчитаем дисперсию:

– межгрупповая дисперсия:

$$MS_a = \frac{SS_a}{a-1}, \quad (7)$$

– внутригрупповая дисперсия:

$$MS_e = \frac{SS_e}{n-a}. \quad (8)$$

Учтем следующие параметры:

– число степеней свободы межгрупповой дисперсии:

$$v_a = a - 1; \quad (9)$$

– число степеней свободы внутригрупповой дисперсии:

$$v_e = n - a; \quad (10)$$

– итоговое число степеней свободы:

$$v = n - 1. \quad (11)$$

¹ ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

Критическое значение отношения Фишера с определенными значениями уровня значимости и степеней свободы можно найти в статистических таблицах или рассчитать.

Исследование проводилось при использовании программы MS Excel, представляющая результаты дисперсионного анализа в форме таблицы (табл. 1).

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа

Однофакторный дисперсионный анализ						
ИТОГИ						
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия		
до 30 лет	81,00	3276,00	40,44	42,60		
30–40 лет	94,00	3415,00	36,33	35,90		
более 40 лет	94,00	3621,00	38,52	98,14		
Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Знач	F крит
Между группами	741,6544	2	370,8272	6,2138	0,0023	2,3226
Внутри групп	15874,2340	266	59,6776			
Итого	16615,8885	268				

В случае если $F_{крит} < F$, то фактор влияет, в противном случае – нет.

Для оценки степени влияния факторов на основе сопоставления средних значений и стандартных отклонений нормально-распре-

деленных случайных величин оценивается значение параметра Z и на основе таблицы «Шкала для учета степени влияния факторов» устанавливается соответствующая степень влияния (табл. 2).

Таблица 2. Оценка степени влияния факторов на основе сопоставления средних значений и стандартных отклонений нормально-распределенных случайных величин

Z	P (Обратная Лапласа)	Вывод
0	0,5	Равны
0,36	0,64	Менее 5%
0,74	0,77	Менее 10%, но более 5%
1,14	0,87	Менее 15%, но более 10%
1,56	0,94	Менее 20%, но более 15%
2	0,98	Более 20%

Параметр Z оценивается по формуле:

$$Z = \frac{x - x'}{\sqrt{\sigma^2 - \sigma'^2}}, \quad (12)$$

где x' – сравниваемое среднее и σ' – сравниваемое стандартное отклонение.

Результаты оценки оформляются в виде таблицы (табл. 3).

Таблица 3. Результаты сравнения среднего и стандартного отклонения

	Эталонная	Экспериментальная
Хср	38	42,39
σ	3,8	4,239
Zрасч	0,77	
Вывод	Менее 15%, но более 10%	

Пример проведения расчета оценки степени влияния факторов на время выполнения норматива приведен на рис. 4 и 5.

Исследование влияния фактора возраста на время выполнения упражнения проводилось во всех блоках нормативов по профессиональной подготовке.

Результаты оценки влияния фактора возраста приведены на диаграмме (рис. 4).

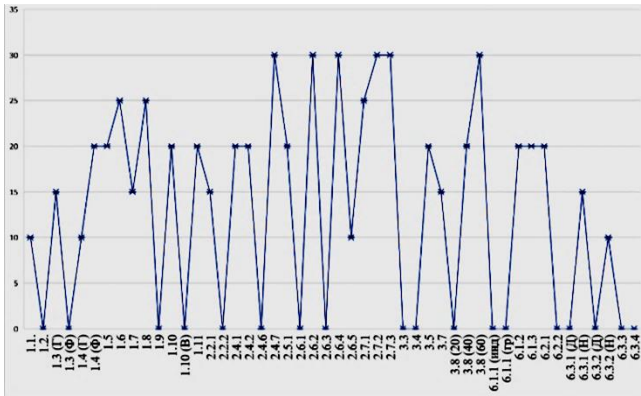


Рис. 4. Диаграмма влияния фактора возраста на время выполнения упражнения

В упражнениях, в которых необходимо применение мобильных средств пожаротушения было проведено исследование влияния фактора высоты расположения пожарного оборудования (инструмента) на время их выполнения.

Результаты оценки влияния фактора высоты расположения пожарного оборудования (инструмента) приведены на рис. 5.



Рис. 5. Влияние фактора расположения пожарного оборудования (инструмента) на время выполнения норматива

В настоящее время оценка качества профессиональной подготовки пожарно-спасательных подразделений реализуется путем отработки контрольных упражнений пожарными. В этой связи для повышения объек-

тивности оценивания уровня владения практическими умениями и навыками пожарных необходима система оптимального контроля, требующая современных подходов и инновационных решений.

При анализе разработок, позволяющих производить расчет временных интервалов или показателей, принятых в качестве контрольных при выполнении определенных нормативов, следует выделить работу авторов [7], в которой предложена методика расчета нормативов упражнений с пожарно-техническим оборудованием. Работа основана на методах решения дифференциальных уравнений с разделяющимися переменными, расчете t-критерия Стьюдента и элементах теории вероятностей; для оценки адекватности результатов использовался коэффициент линейной корреляции Пирсона. В проведенном авторами исследовании оптимизированы модели обучения для формирования нормативов выполнения упражнений, количественные и качественные показатели выполнения которых определяются по усеченным выборкам. В работе [8] для установления единого и объективного подхода при определении оценки выполнения упражнения разрабатывался оценочный показатель на основе метода сигмальных отклонений, суть которого заключалась в расчете среднего арифметического значения и среднего квадратического отклонения результатов практической проверки упражнений с установлением нормативных значений. В работе результаты, отклоняющиеся от средней арифметической в лучшую и худшую сторону на $0,67\sigma$, определяли границы интервалов «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». В материалах работы [9] представлена методика расчета стандартных показателей, основанная на усредненной статистической оценке выполнения отдельных элементов упражнений по критерию времени и/или точности. Суть методики заключается в оценке статистических временных показателей, при которой принимаются коэффициенты вероятности появления оценок для нормального закона распределения случайной величины. При таком распределении рейтингов средний балл составил 4,15. Вместе с тем, авторами [10] предложена методология, представляющая собой установление новых, адаптированных к современным требованиям стандартов пожарно-спасательной подготовки с учетом контроля времени. По выборочным данным каждого упражнения были рассчитаны показатели описательной статистики, каждый набор данных был проверен на соответствие нормальному закону распределения. Время выполнения нормативов проверялось по показателям формы распределения: асимметрии и

эксцесса. Авторы [11] проводят оценку табличным методом по критерию Греббса-Смирнова и исключают «выпадающие» значения. Для каждого этапа упражнения было определено среднее значение времени, затраченного на это упражнение, и его погрешность, определяющая доверительный интервал. Уровень значимости для всех расчетов был принят равным 0,05, то есть достоверность составила 95 %. Чтобы оценить итоговое среднее время на упражнение, была рассчитана комбинация средних значений по группам с весовыми коэффициентами 0,25. Доверительный интервал был оценен таким же образом.

Основываясь на кратком анализе существующих подходов, стоит отметить, что при разработке методологии расчета временных интервалов необходимо рассматривать время выполнения упражнения как непрерывную случайную величину, которая подчиняется нормальному закону распределения, с соответствующими характеристиками – средним значением и стандартным отклонением.

На этапе экспериментального исследования при расчете временных ограничений на выполнение упражнения, для которого были разработаны нормативные требования, была определена структура его выполнения, составлено подробное описание действий с момента подачи команды до окончания упражнения, а также соответствие мобильных средств пожаротушения, было проверено соответствие пожарного оборудования и инструментов техническим требованиям. Недостатки были устранены до начала хронометража.

Время выполнения упражнения отсчитывается при использовании ручного хронометража (секундомера).

Измерение времени сводится к записи результатов в контрольную таблицу экспериментального исследования по измерению временных показателей нормативов по профессиональной подготовке личного состава подразделений пожарной охраны (таблица 4). Хронометраж выполняется непрерывным способом, записывается текущее время выполнения упражнения (в секундах). Если во время измерения времени возникают ошибки или проблемы, наблюдателю необходимо сделать соответствующие пометки в контрольном списке.

Допускается наличие не более 10–15 % от общего числа измерений значительно отличающихся друг от друга результатов. Для этого применяли критерий Стьюдента.

Таблица 4. Чек-лист экспериментального исследования

№ п/п	Время, сек	Прим.

Проверку ошибочных значений результатов измерений производили по формуле:

$$t_p = \frac{|X_i - \mu|}{\delta}, \quad (13)$$

где X_i – величина отдельного значения результатов экспериментальных исследований, (сек); μ – среднее арифметическое значение результатов экспериментальных исследований; δ – стандартное отклонение.

Стандартное отклонение рассчитываем по формуле:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n}}, \quad (14)$$

где X_i – величина отдельного значения выборки результатов экспериментальных исследований; μ – среднее арифметическое значение результатов экспериментальных исследований (сек); n – количество результатов экспериментальных исследований.

Расчетные значения критерия Стьюдента заносятся в табл. 5.

Таблица 5. Расчетные значения критерия Стьюдента по результатам измерений

Значения критерия Стьюдента	Показатель значения критерия Стьюдента
$\alpha =$	0,1
$n =$	
$t_s =$	
$\mu =$	
$\delta =$	

Если $t_p > t_s$, то результат измерения исключается из дальнейшего рассмотрения (t_s – значение критерия Стьюдента). Значение коэффициента Стьюдента выбирается из табл. 6.

Таблица 6. Значение критерия Стьюдента в зависимости от числа измерений

Число измерений, n	3	4	5	6	7	8	9	10
t_s	2,35	2,13	2,01	1,94	1,89	1,86	1,83	1,81

Для расчета экспериментальных интервалов, эквивалентных отметкам выполнения упражнения на «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно», рассчитывали временные показатели. Расчет норматива осуществляется по десятипроцентному методу (значения округляются в большую сторону):

1. «хорошо» – равно среднему арифметическому значению результатов оценки достоверности экспериментальных значений (μ);
2. «удовлетворительно» – $\mu + 0,1 \cdot \mu$;
3. «отлично» – $\mu - 0,1 \cdot \mu$.

Выводы

По структуре, по сравнению с предыдущим, новый сборник нормативов имеет ряд изменений и нововведений. Так, в отдельные разделы вынесены нормативы, обязательные для выполнения, нормативы по пожарно-спасательной подготовке и нормативы по пожарно-спасательной подготовке, нормативы с использованием СИЗОД, нормативы по оказанию первой помощи и гражданской обороне вынесены в отдельные разделы. Кроме того, в сборник включен раздел нормативов, необходимых для развития и отработки методики работы со специальным пожарным оборудованием и инструментом, работы мотогрупп и пожарно-спасательных катеров, включен раздел, определяющий порядок учета влияния факторов на выполнение нормативов.

Отличительной особенностью сборника является включение в его состав приложения, раскрывающего применение методики расчета временных показателей выполнения нетиповых нормативов. Данная методика учитывает средний возраст исполнителя и его рост, что, безусловно, оказывает положительное влияние для формирования базы нетиповых нормативов, необходимых для подразделений пожарной охраны с учетом специфики выполняемых боевых действий и особенностей района выезда. Были переработаны поправочные коэффициенты с учетом развития современной техники, а именно особенности технического исполнения мобильных средств пожаротушения, высоты расположения пожарного оборудования и инструмента. Также были учтены климатические и температурные условия выполнения норматива и возраст исполнителей.

Основными результатами исследования являются следующие позиции:

1. В ходе исследования был проведен анализ второстепенных факторов на основании представленной подразделениями детализированной информации по антропометрическим и возрастным показателям личного состава.

2. Разработаны чек-листы экспериментального исследования по сбору результатов наблюдений за выполнением предложенных упражнений.

3. Представленные подразделениями в чек-листах данные, позволили выполнить анализ основных факторов, оказывающих влияние на время выполнения нормативов.

4. Проведен анализ возрастных параметров пожарных в Российской Федерации на основе данных территориальных пожарно-спасательных гарнизонов, выбранных для получения экспериментальных данных в соответствии с требованиями заказывающего подразделения.

5. Разработана методика, позволяющая произвести расчет времени выполнения нетиповых упражнений.

6. Комплекс экспериментальных исследований лег в основу разработки временных показателей выполнения нормативов.

7. Проведен анализ факторов, которые влияют на выполнение нормативов, проведена оценка результатов экспериментальных исследований по выполнению нормативов, в результате чего разработан проект перечня контрольных упражнений и нормативов их выполнения.

Научно обоснованная корректировка существующих нормативов и полученные новые экспериментальные данные по временным, количественным и качественным показателям выполнения нормативов по профессиональной подготовке личного состава подразделений пожарной охраны позволит внедрить в систему обучения и подготовки личного состава пожарной охраны новые профессиональные упражнения и нормативы их выполнения, учитывающие особенности современной пожарной тактики, и в совокупности с имеющимися упражнениями позволит вывести боевую подготовку пожарно-спасательных подразделений на новый качественный уровень.

Список литературы

1. Исследование временных и качественных показателей нормативов по профессиональной подготовке личного состава подразделений пожарной охраны / Е. А. Орлов, С. Г. Казанцев, Д. С. Катин [и др.] // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сборник материалов XVI международной научно-практической конференции молодых ученых: В 2-х томах. Т. 1. Минск: УГЗ, 2022. 246 с.
2. Теребнев А. В. Совершенствование нормирования боевых действий пожарных подразделений на основе проектирования трудовых процессов с использованием микроэлементных нормативов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10. М., 2000. 199 с.
3. Суворегин А. В., Баканов М. О. Моделирование процесса формирования познавательного интереса курсантов образовательных учреждений МЧС России // Право и образование. 2017. № 9. С.103–110.
4. Суворегин А. В. Формирование познавательной мотивации курсантов вузов МЧС России с использованием учебно-тренажерных комплексов // Вестник Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия Педагогические и психологические науки. 2015. № 20 (39). С.69–75.
5. Шаповалов А., Чуресть И. Что показали эксперименты // Пожарное дело. 1986. № 11. С. 21–22.
6. Гласс Дж., Стэнли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. М.: Изд-во «Прогресс», 1976. 495 с.
7. Фроленков С. В., Теребнев В. В., Тараканов Д. В. Совершенствование методики расчёта нормативов упражнений с пожарнотехническим оборудованием // Технологии техносферной безопасности. 2021. Вып. 1 (91). С. 53–66.
8. Киселев С. Г. Обоснование оценочных показателей нормативов по практической стрельбе из пистолета для курсантов военных учебных заведений Министерства обороны Российской Федерации // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. 2021. № 3. С. 68–73.
9. Войцеховский П. С., Гарматенко И. С. Методика определения нормативных показателей кораблевождения и безопасности плавания // Морской Вестник. 2022 №. 1 (81). С. 112–114.
10. Радьков И. А., Самсоник А. Р., Федькович В. А. Метрологический подход в профессиональной подготовке спасателей // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2019. Т. 3. №. 4. С. 462-469.

11. Андрианов С. Н., Богач В. В., Никулин В. В. О нормативах выполнения тактико-технических приемов ведения газоспасательных работ // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №. 19. С. 317–319.

References

1. Issledovanie vremennyh i kachestvennyh pokazatelej normativov po professional'noj podgotovke lichnogo sostava podrazdelenij pozharnoj ohrany [Study of time and quality indicators of standards for professional training of personnel of fire departments] / E. A. Orlov, S. G. Kazancev, D. S. Katin [et al.] *Obespechenie bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: problemy i perspektivy: sbornik materialov XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh.*: V 2-h tomah. Vol. 1, Minsk: UGZ, 2022, 246 p.
2. Terebnev A. V. Sovershenstvovanie normirovaniya boevykh dejstvij pozharnykh podrazdelenij na osnove proektirovaniya trudovykh processov s ispol'zovaniem mikroelementnyh normativov. Diss. kand. tekhn. nauk. [Improving the rationing of combat actions of fire departments based on the design of labor processes using microelement standards. Cand. tech. sci. diss.]. M., 2000. 199 p.
3. Surovegin A. V., Bakanov M. O. Modelirovanie processa formirovaniya poznatel'nogo interesa kursantov obrazovatel'nyh uchrezhdenij MCHS Rossii [Modeling the process of forming the cognitive interest of cadets of educational institutions of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. *Pravo i obrazovanie*, 2017, issue 9, pp.103–110.
4. Surovegin A. V. Formirovanie poznatel'noj motivacii kursantov vuzov MCHS Rossii s ispol'zovaniem uchebno-trenazhernykh kompleksov [Formation of cognitive motivation of cadets of universities of the Ministry of Emergency Situations of Russia with the use of training and simulator complexes]. *Vestnik Vladimirskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Aleksandra Grigor'evicha i Nikolaya Grigor'evicha Stoletovyh. Seriya Pedagogicheskie i psihologicheskie nauki*, 2015, vol. 20 (39), pp. 69–75.
5. Shapovalov A., Churest' I. Chto pokazali eksperimenty [What the experiments showed]. *Pozharnoe delo*, 1986, issue 11, pp. 21–22.
6. Glass Dzh., Stenli Dzh. *Statisticheskie metody v pedagogike i psihologii* [Statistical methods in pedagogy and psychology]. M.: Izd-vo «Progress», 1976, 495 p.
7. Frolenkov S. V., Terebnev V. V., Tarakanov D. V. Sovershenstvovanie metodiki raschyota normativov upravlenij s pozharnotekhnicheskim oborudovaniem [Improving the methodology for calculating the standards of ex-

ercises with fire-technical equipment]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2021, vol. 1 (91), pp. 53–66.

8. Kiselev S. G. Obosnovanie ocenочnyh pokazatelej normativov po prakticheskoj strel'be iz pistoleta dlya kursantov voenno-uchebnyh zavedenij Ministerstva oborony Rossijskoj Federacii [Justification of the estimated indicators of standards for practical pistol shooting for cadets of military educational institutions of the Ministry of Defense of the Russian Federation]. *Aktual'nye problemy fizicheskoj i special'noj podgotovki silovyh struktur*, 2021, issue 3, pp. 68–73.

9. Vojcekhovskij P. S., Garmatenko I. S. Metodika opredeleniya normativnyh pokazatelej korablevozhdeniya i bezopasnosti plavaniya [Methodology for determining the normative indi-

cators of navigation and navigation safety]. *Morskoy Vestnik*, 2022, vol. 1 (81), pp. 112–114.

10. Rad'kov I. A., Samsonik A. R., Fed'kovich V. A. Metrologicheskij podhod v professional'noj podgotovke spasatelej [Metrological approach in professional training of rescuers]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MCHS Belarusi*, 2019, vol. 3. issue 4, pp. 462–469.

11. Andrianov S. N., Bogach V. V., Nikulin V. V. O normativah vypolneniya taktiko-tekhnicheskikh priemov vedeniya gazospasatel'nyh rabot [On the standards for the implementation of tactical and technical methods of conducting gas rescue operations]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2013, vol. 16, issue 19, pp. 317–319.

Казанцев Семен Григорьевич

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

Старший преподаватель

E-mail: skorpsem@yandex.ru

Kazantsev Semen Grigorievich

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

Russian Federation, Ivanovo

Senior Lecturer

E-mail: skorpsem@yandex.ru

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

Катин Денис Сергеевич

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

Научный сотрудник

E-mail: den.catin@yandex.ru

Katin 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

Research Associate

E-mail: den.catin@yandex.ru

Кузнецов Илья Александрович

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

Научный сотрудник

E-mail: ikuz1999@list.ru

Kuznetsov Ilya 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

Research Associate

E-mail: ikuz1999@list.ru

Суровегин Антон Вячеславович

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

начальник научно-исследовательского отделения

E-mail: sav_37@mail.ru

Surovegin Anton Vyacheslavovich

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

Russian Federation, Ivanovo

Head of the research division

E-mail: sav_37@mail.ru

УДК 005.33

БАЙЕСОВСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В ИНТЕРЕСАХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ЧС

В. И. КУВАТОВ, Г. Н. ЗАВОДСКОВ, Д. А. КОЛЕРОВ

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России
им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: kyb.valery@yandex.ru, ncuks73@mail.ru, dima11rus@inbox.ru

Задача распределения ресурсов имеет особую значимость в МЧС России. В частности от оптимальности их распределения в территориальных подразделениях МЧС России зависит качество принятия решений по управлению рисками чрезвычайных ситуаций (ЧС).

В статье продемонстрированы возможности применения байесовского метода для принятия управленческих решений в условиях риска для Главного управления (ГУ) МЧС России по субъекту РФ. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что заблаговременное прогнозирование рисков позволяет минимизировать последствия от ЧС. Предложенная модель поддержки принятия решений базируется на методе Байеса, который позволяет наиболее полно учесть специфику задач, решаемых территориальными органами МЧС России в субъектах РФ.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, управление, управление рисками, чрезвычайные ситуации, формула Байеса.

BAYESIAN MODEL OF RESOURCE ALLOCATION IN THE INTERESTS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF RISK MANAGEMENT

V. I. KUVATOV, G. N. ZAVODSKOV, D. A. KOLEROV

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia
named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinicheva,
Russian Federation, Saint-Petersburg
E-mail: kyb.valery@yandex.ru, ncuks73@mail.ru, dima11rus@inbox.ru

The problem of resource allocation is of particular importance in the EMERCOM of Russia. In particular, the quality of decision-making on emergency risk management depends on the optimal distribution of resources in the territorial divisions of the EMERCOM of Russia.

The article demonstrates the possibilities of using the Bayesian method for making managerial decisions under risk conditions of the Main Directorate (GU) of the EMERCOM of Russia for the constituent entity of the Russian Federation. The results obtained allow us to conclude that early risk forecasting allows minimizing the consequences of emergencies. The proposed decision support model is based on the Bayesian method, which makes it possible to take into account the specifics of the tasks solved by the territorial bodies of the EMERCOM of Russia in the subjects of the Russian Federation.

Key words: decision support, management, risk management, emergencies, Bayes formula.

Задача оптимального распределения ресурсов является особенно актуальной для Главных Управлений (ГУ) МЧС России по субъектам РФ. Особенность этой задачи заключается в том, что финансирование осуществляется 1 раз в начале года, а задача распределения ресурсов возникает в течение года. Некоторые ГУ МЧС России идут по пути экономии бюджета в течение первой половины

года и активным освоением во второй. Однако такой подход имеет ряд недостатков, связанных с сезонностью ЧС. К примеру, наводнения в субъекте, как правило, происходят весной, поэтому осуществлять комплекс превентивных мероприятий необходимо ещё зимой. Кроме того, в случае возникновения масштабного ЧС существует вероятность нехватки финансовых запасов ГУ МЧС России по субъекту РФ, тогда необходимо будет привлекать резервы из федерального бюджета. Данный факт будет свидетельствовать о неоптимальном распределе-

нии ресурсов и может повлечь уголовную ответственность должностных лиц ГУ. Более рациональный подход к освоению бюджета должен быть основан на прогнозировании и оценке рисков возникающих ЧС. Для прогнозирования целесообразно использовать современные математические модели, в частности модель, основанную на методе Байеса [1].

Осуществление деятельности МЧС России, как правило, происходит в условиях риска, так как ЧС зачастую развиваются стихийно, а масштаб разрушений от них превышает прогнозируемый в несколько раз. Возникновение некоторых видов ЧС не имеет трендовой, циклической или сезонной составляющей, и носит случайный характер. Кроме того, возникновение одного вида ЧС может повлечь за собой цепочку каскадных реакций возникновения других чрезвычайных ситуаций. Данный факт накладывает дополнительные риски на лицо, принимающее решение. Так как в случае его ошибки величина нанесенного ущерба окажется кратно большей, чем могла бы быть.

Цель статьи заключается в обосновании возможностей повышения эффективности поддержки принятия решений по управлению рисками ЧС за счет оптимизации распределения ресурсов. В работе представлены теоретические основы применения метода Байеса при решении задач распределения ресурсов, специфичных для МЧС России. Суть разрабатываемой модели заключается в обоснованном распределении средств на снижение ущерба от пожаров и наводнений.

В статье для моделирования распределения ресурсов в интересах снижения ущерба от пожаров и наводнений был выбран метод Байеса. Это оправдано, так как пожары и наводнения взаимно независимы. Применительно к задачам МЧС России, в которых принятие решений, как правило, происходит в условиях риска, метод Байеса позволяет наиболее точно рассчитать апостериорную вероятность возникновения ЧС и рациональный вариант снижения ущерба от него, в зависимости от принятого решения по распределению средств [3].

В рассматриваемой постановке задачи принимаются следующие обозначения: Пусть H_1 – гипотеза, априорная вероятность осуществления которой $P(H_1)$ известна. A – событие, связанное с гипотезой H_1 . $P(A/H_1)$ – вероятность события A при условии, что гипотеза H_1 верна (условная вероятность). $P(H_1/A)$ – апостериорная (уточненная) вероятность гипотезы H_1 при условии, что событие A произошло. Тогда, согласно теореме Байеса, формула будет иметь вид:

$$P\left(\frac{H_1}{A}\right) = \frac{P\left(\frac{A}{H_1}\right) * P(H_1)}{P(A)}.$$

Для разработки модели, основанной на методе Байеса необходимо рассмотреть практическую задачу и сделать ряд предположений [4]. Пусть в регионе протекает река, которая каждой весной разливается. Река перегорожена плотиной, на которой стоит гидроэлектростанция. Существует два варианта разлива: незначительный и значительный. При незначительном разливе для снижения ущерба от наводнения разработан план, содержащий комплекс превентивных мероприятий, связанных с укреплением береговой линии. При сильном (значительном) разливе в этот план дополнительно должны быть включены работы по предупреждению затопления населенных пунктов [5].

ГУ МЧС России по субъекту РФ решает вопрос о том, вкладывать ли дополнительные средства в работы по снижению ущерба от наводнения. Если наводнение будет носить незначительный характер, то размер вложенных средств будет больше размера ущерба, что нецелесообразно.

Вложив их в совершенствование базы материально-технического обеспечения подразделений пожарной охраны ГУ МЧС России может сократить ущерб от пожаров на 100000 р. Вложив дополнительно 50000 р., можно сократить ущерб на 200000 р., если количество пожаров в субъекте увеличится. Вероятность увеличения количества пожаров составляет 70%. 50000 р. пропадут, если количество пожаров в субъекте не увеличится. ГУ МЧС России может заказать прогноз пожарной обстановки в субъекте стоимостью 5000 р. Вероятность реализации прогноза 0.9.

Введем следующие обозначения: H_1 – гипотеза о том, что количество пожаров увеличится. $P(H_1)=0.7$ – вероятность того, что количество пожаров увеличится. H_2 – гипотеза о том, что количество пожаров не увеличится. $P(H_2)=0.3$ – вероятность того, что количество пожаров не увеличится. A – получение положительного прогноза. $\sim A$ – получение отрицательного прогноза. $P(A/H_1)=0.9$ – вероятность того, что дан положительный прогноз, и он сбудется. $P(\sim A/H_2)=0.9$ – вероятность того, что дан отрицательный прогноз, и он сбудется. $P(A/H_2)=0.1$ – вероятность того, что дан положительный прогноз, и он не сбудется. $P(\sim A/H_1)=0.1$ – вероятность того, что дан отрицательный прогноз, и он не сбудется.

Допустим, что необходимо выбрать решение о расходовании ограниченных средств при наличии двух альтернатив. Нужно ли вкладывать 50000 р. в совершенствование базы материально-технического обеспечения подразделений пожарной охраны? Нужно ли заказывать прогноз за 5000 р. для снижения риска?

$$P(A) = P\left(\frac{H_1}{A}\right) * P(H_1) + \left(\frac{A}{H_2}\right) * P(H_2) = 0,9 * 0,7 + 0,1 * 0,3 = 0,66.$$

Тогда вероятность отрицательного прогноза будет равна 0.34.

Найдем, чему равна вероятность повышения количества пожаров, если получен положительный прогноз:

$$P\left(\frac{H_1}{A}\right) = \frac{P(H_1) * P\left(\frac{A}{H_1}\right)}{P(A)} = \frac{(0,7 * 0,9)}{0,66} = 0,955.$$

Найдем, чему равна вероятность не повышения количества пожаров, если получен положительный прогноз:

$$P\left(\frac{H_2}{A}\right) = 1 - P\left(\frac{H_1}{A}\right) = 0,045.$$

Найдем, чему равна вероятность повышения количества пожаров, если получен отрицательный прогноз:

Ответ на поставленные вопросы, начнем с выполнения предварительных расчетов.

Найдем по формуле полной вероятности, чему равна вероятность положительного прогноза:

$$P\left(\frac{H_1}{\sim A}\right) = \frac{P(H_1) * P\left(\frac{\sim A}{H_1}\right)}{P(H_1)} = \frac{0,7 * 0,1}{0,34} = 0,206.$$

Найдем, чему равна вероятность не повышения количества пожаров, если получен отрицательный прогноз:

$$P\left(\frac{H_2}{\sim A}\right) = 1 - \frac{P(H_1)}{\sim A} = 0,794.$$

Теперь, после проведения предварительных расчетов, мы можем приступить к построению дерева решений, см. рис. 1. Структура дерева решений построена слева направо, но анализ будет проводиться – справа налево [6].

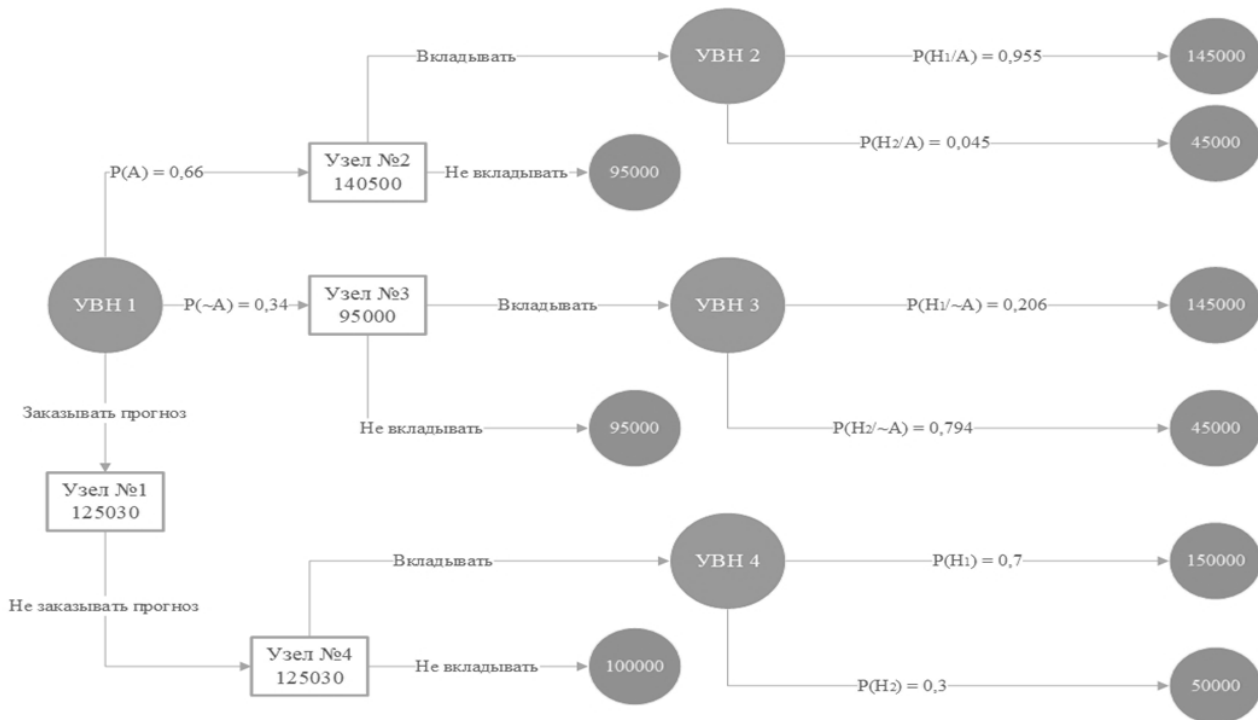


Рис. 1. Дерево решений к задаче принятия решений с использованием метода Байеса

Первым слева в нашем дереве будет узел № 1. В нем принимается решение заказывать прогноз или не заказывать. Ранее была рассчитана вероятность положительного прогноза, равная 0.66, $P(A)=0.66$. Вероятность отрицательного прогноза равна 0.34, $P(\sim A)=0.34$.

Если прогноз положительный, осуществляется переход в узел № 2, если отрицательный – то в узел № 3. В том и другом случае, заказав прогноз, ГУ МЧС России уже потратило 5000 р. Независимо от того, на каком узле остановились расчёты на 2 или 3, принимается решение вкладывать дополнительные 50000 р. или нет.

Если осуществлен переход на узел № 2 и принимается решение вложить дополнительные 50000 р., то с вероятностью 0.955 будет достигнуто снижение ущерба от пожара 200000 р. После вычета 5000 р. затраченных на прогноз и 50000 р. дополнительных затрат снижение ущерба от пожара составит 145000 р. С вероятностью 0.045 дополнительные затраты 50000 р. пропадут. Таким образом разница между вложенными средствами и ущербом от возможного ЧС составит 45000 р. ($100000-50000-50000=45000$).

Если осуществлен переход в узел № 2 и принимается решение не вкладывать дополнительные средства, то величина снижения ущерба от пожара будет равна

$$УВН2 = 140500 * (145000 * 0,955 + 45000 * 0,045 = 140500,$$

$$УВН3 = 65600 * (145000 * 0,206 + 45000 * 0,794 = 65600,$$

$$УВН4 = 120000 * (150000 * 0,7 + 50000 * 0,3 = 120000.$$

В вершине узла № 2 принимается решение вкладывать дополнительные 50000 р., так как ожидаемая величина снижения ущерба от пожара в этом случае окажется равной 140500 р. Если принимается решение не вкладывать, то она окажется равной 95000 р.

В вершине узла № 3 принимается решение не вкладывать дополнительные 50000 р., так как ожидаемое снижение ущерба от пожара в этом случае равняется 95000 р.

$$УВН1 = 125030 * (140500 * 0,66 + 95000 * 0,34 = 125030.$$

В вершине узла № 1 принято решение заказать прогноз, так как ожидаемое снижение ущерба от пожара в этом случае равняется 125030 р. Если же прогноз не заказывать, то она окажется равной 120000 р.

95000 р. (начальное снижение ущерба от пожара минус стоимость прогноза).

Если осуществлен переход на узел №3 и принимается решение вкладывать дополнительные средства, то с вероятностью $P(H1/\sim A)=0.206$ будет достигнуто дополнительное снижение ущерба от пожара 145000 р. и с вероятностью $P(H2/\sim A)=0.794$ вложенные средства на развитие материально-технической базы подразделений пожарной охраны себя не оправдают, а величина снижения ущерба от пожара окажется равной 45000 р.

Если же не заказывать прогноз, то осуществляется переход в узел № 4, то:

- в случае, если принимается решение вкладывать дополнительные средства, то величина снижения ущерба от пожара с вероятностью 0.7 окажется равной 150000 р. ($200000-50000=150000$), и с вероятностью 0.3 – равной 50000 р. ($100000-50000=50000$);

- в случае если принимается решение не вкладывать дополнительные 50000 р., величина, на которую сократились ущербы от пожаров, окажется равной 100000 р.

Далее осуществляется переход к процедуре выбора лучшего решения из возможных. Выбор начинается с терминальных вершин (по графу) справа налево.

Ожидаемая разность между затраченными средствами и ущербом от ЧС в вершинах равна:

Если же принимается решение вкладывать, то величина снижения ущерба от пожаров равна 65600 р.

В вершине узла № 4 принимается решение вложить дополнительные 50000 р., так как ожидаемое снижение ущерба от пожара в этом случае равняется 120000 р. Если же принимается решение не вкладывать, то она окажется равной 100000 р.

Ожидаемое снижение ущерба от пожара в вершине УВН1 равна:

В статье на конкретном примере показан алгоритм построения дерева решений по управлению рисками чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнениями и пожарами. Обсуждается вопрос о том, куда целесообразно вкладывать дополнительные

средства: в работы по снижению ущерба от наводнения или в работы по снижению ущерба от пожаров. В качестве исходных данных заданы: объем дополнительных средств, априорная вероятность увеличения и снижения количества пожаров, стоимость и вероятность реализации прогноза ущерба от пожаров, ожидаемая величина снижения ущерба от пожаров при правильной реализации прогноза пожарной обстановки. В

случае, если принято решение о нецелесообразности использования дополнительных средств на работы по снижению ущерба от пожаров, то они вкладываются в работы по снижению ущерба от наводнения.

На рис. 2 представлена Структурная схема распределения ресурсов в интересах повышения эффективности управления рисками ЧС.



Рис. 2. Структурная схема распределения ресурсов в интересах повышения эффективности управления рисками ЧС

Отечественными и зарубежными учеными рассматривались вопросы применения формулы Байеса для оптимизации распределения ресурсов, однако в данной постановке задача, с учётом специфики МЧС России не решалась [7–11].

Таким образом, в статье исследован частный случай, в котором показана необходимость заказа прогноза пожарной обстановки. Если результаты прогноза положительные (показывают на рост количества пожаров в субъекте), то нужно вкладывать дополнительные 50000 р. в работы, связанные со снижением пожарной опасности. Если результаты прогноза отрицательные, то вкладывать дополнительные средства не целесообразно. Полученные результаты расчётов позволяют сделать вывод о том, что для решения ряда задач распределения

ресурсов, специфичных для МЧС России, целесообразно в качестве одного из методов использовать метод Байеса. Решение даже столь простого примера требует большого количества вычислительных итераций, поэтому расчёты целесообразно автоматизировать. Разработанная модель позволяет сотрудникам ГУ МЧС России по субъекту РФ повышать достоверность принимаемых решений, при управлении рисками ЧС за счет оптимизации распределения ресурсов.

В дальнейшем предполагается разработать программную реализацию модели, ориентированную на решение задач поддержки принятия решений по управлению распределением дополнительных средств между работами по снижению ущерба от чрезвычайных ситуаций различного вида.

Список литературы

1. Куватов В. И., Горбунов А. А., Колеров Д. А. Метод интеллектуальной поддержки управленческих решений с помощью ассоциативных связей при прогнозировании чрезвычайных ситуаций // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 2. С. 116–124. EDN MANVIT.

2. Матвеев А. В. Методы моделирования и прогнозирования. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, 2022. 230 с. EDN IMLKWS.

3. Куватов В. И., Колеров Д. А. Алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений при прогнозировании ущерба от пожаров // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 3. С. 119–127. EDN DJSPIC.

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

5. Зыбин Д. Г., Калач А. В., Бокадаров С. А. Обзор современных систем поддержки принятия управленческих решений в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2018. № 2. С. 99–110. EDN YLTPXN.

6. Матвеев А. В. Стратегическое планирование сил и средств МЧС России в Арктической зоне // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2017. № 4 (20). С. 32–42. EDN NRZQFX.

7. Geng D. et al. Traffic Operation Risk Assessments of Large-Scale Activities Based on Fuzzy Bayesian Network. CICTP, 2021, pp. 1273–1282.

8. Xue B., Tao G., Zhang L. J. Research on Emergency Decision Making Based on Bayesian Method. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2021. vol. 1827, issue 1, pp. 012–049.

9. Albtoush R., Dobrescu R., Ionescu F. A hierarchical model for emergency management systems. University «Politehnica» of Bucharest Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering. 2011, vol. 73. issue 2. pp. 53–62.

10. Boin A., 't Hart P. Organising for effective emergency management: Lessons from research 1. Australian Journal of public administration. 2010, vol. 69. issue 4. pp. 357–371.

11. Stovall S., Fagel M. J. Developing Your Emergency Operations Plan. Principles of Emergency Management and Emergency Operations Centers (EOC). CRC Press, 2021, pp. 143–158.

lencheskih reshenij s pomoshch'yu associativnyh svyazej pri prognozirovanii chrezvychajnyh situacij [The method of intellectual support for management decisions using associative links in predicting emergency situations]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2022, issue 2, pp. 116–124. EDN IMLKWS.

2. Matveev A. V. *Metody modelirovaniya i prognozirovaniya* [Methods of modeling and forecasting]. Saint-Petesburg: Sankt-Peterburgskij universitet GPS MCHS Rossii named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinichev, 2022, 230 p. EDN IMLKWS.

3. Kuvatov V. I., Kolerov D. A. Algoritm intellektual'noj podderzhki prinyatiya reshenij pri prognozirovanii ushcherba ot pozharov [Intelligent Decision Support Algorithm for Fire Damage Prediction]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2022, issue 3, pp. 119–127. EDN DJSPIC.

4. Zadurova A. A. Modelirovanie evakuacii pri pozhare v nochnom klube na osnove bajesovskoj seti [Modeling fire evacuation in a nightclub based on a Bayesian network]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2022, issue 2, pp. 154–162

5. Zybin D. G., Kalach A. V., Bokadarov S. A. Obzor sovremennyh sistem podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij v usloviyah vozniknoveniya chrezvychajnyh situacij [Review of modern management decision support systems in emergency situations]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2018, issue 2, pp. 99–110

6. Matveev A. V. Strategicheskoe planirovanie sil i sredstv MCHS Rossii v Arkticheskoy zone [Strategic planning of forces and means of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Arctic zone]. *Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie*, 2017, issue 4, pp. 32–42.

7. Geng D. et al. Traffic Operation Risk Assessments of Large-Scale Activities Based on Fuzzy Bayesian Network. CICTP, 2021, pp. 1273–1282.

8. Xue B., Tao G., Zhang L. J. Research on Emergency Decision Making Based on Bayesian Method. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2021. vol. 1827, issue 1, pp. 012–049.

9. Albtoush R., Dobrescu R., Ionescu F. A hierarchical model for emergency management systems. University «Politehnica» of Bucharest Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering. 2011, vol. 73. issue 2. pp. 53–62.

10. Boin A., 't Hart P. Organising for effective emergency management: Lessons from research 1. Australian Journal of public administration. 2010, vol. 69. issue 4. pp. 357–371.

References

1. Kuvatov V. I., Gorbunov A. A., Kolerov D. A. Metod intellektual'noj podderzhki uprav-

11. Stovall S., Fagel M. J. Developing Your Emergency Operations Plan. Principles of Emergency Management and Emergency Opera-

tions Centers (EOC). CRC Press, 2021, pp. 143–158.

Куватов Валерий Ильич

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
доктор технических наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ
E-mail: kyb.valery@yandex.ru

Kuvatov Valery Ilyich

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinicheva, Russian Federation, Saint-Petersburg
Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation
E-mail: kyb.valery@yandex.ru

Заводсков Геннадий Николаевич

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
Старший преподаватель
E-mail: ncuks73@mail.ru

Zavodskov Gennady Nikolaevich

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinicheva, Russian Federation, Saint-Petersburg
Senior Lecturer
E-mail: ncuks73@mail.ru

Колеров Дмитрий Алексеевич

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

Kolero Dmitry Alekseevich

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

УДК 004.05

О МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОДЪЕМА УРОВНЯ ПАВОДКОВЫХ ВОД, ВЫЗВАННЫХ ВЕСЕННИМ ПОЛОВОДЬЕМ, НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ

А. В. РЫБАКОВ, Е. В. ИВАНОВ, А. Н. ТЕДУРИЕВА, Т. В. УСАЧЕВА

Академия гражданской защиты МЧС России,
Российская Федерация, г. Химки

E-mail: a.rybakov@amchs.ru, e.ivanov@amchs.ru, a.tedurieva@amchs.ru, t.usacheva@amchs.ru

В статье на основе проведенного анализа обосновывается актуальность необходимости разработки моделей прогнозирования подъема уровня паводковых вод с применением новых, инновационных методов обработки «больших данных». Обосновываются требования к статистическим прогнозным моделям и приводятся алгоритмы их построения. В качестве инструмента создания прогнозной модели применялся jupyter lab, как универсальное средство для интерактивных и воспроизводимых вычислений. На основе факторного анализа отобраны значимые признаки для обучения модели. Приводятся результаты тестирования модели по одному из гидростов, расположенных на реке Лена.

Ключевые слова: модель прогнозирования, подъем уровня воды, статистическая модель, нейронная сеть, большие данные, предупреждения чрезвычайных ситуаций.

ON THE MODEL OF FORECASTING THE RISE OF FLOOD WATERS CAUSED BY THE SPRING FLOOD, BASED ON THE ANALYSIS OF BIG DATA

A. V. RYBAKOV, E. V. IVANOV, A. N. TEDURIEVA, T. V. USACHEVA

Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education
«Academy of Civil Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense,
Emergencies and Disaster Relief named after Lieutenant General D. I. Mikhailik»,
Russian Federation, Himki

E-mail: a.rybakov@amchs.ru, e.ivanov@amchs.ru, a.tedurieva@amchs.ru

Based on the analysis carried out, the article substantiates the urgency of the need to develop models for predicting the rise of flood water levels using new, innovative methods of processing "big data". The requirements for statistical predictive models are substantiated and algorithms for their construction are given. Jupyter lab was used as a tool for creating a predictive model, as a universal tool for interactive and reproducible calculations. On the basis of factor analysis, significant features were selected for training the model. The results of testing the model for one of the hydraulic posts located on the Lena River are presented.

Key words: forecasting model, water level rise, statistical model, neural network, big data, emergency warnings.

Введение

В жизни современного общества все большее место занимают заботы, связанные с преодолением различных кризисных явлений, возникающих по ходу развития цивилизации и приводящих к значительным людским потерям и материальному ущербу. Чрезвычайные ситуации, связанные с масштабными затоплениями в период половодья в этом отношении, являются весьма показательными еще и потому,

что глобальные климатические изменения существенно влияют на частоту их возникновения и тяжесть последствий¹ [5; 6]. Для Российской Федерации только в 2020 году ущерб от

¹ Federal Emergency Management Agency. Guidelines for Implementing Executive Order 11988, Floodplain Management, and Executive Order 13690, Establishing a Federal Flood Risk Management Standard and a Process for Further Soliciting and Considering Stakeholder Input (2015).

наводнений составил свыше 3 миллиардов рублей².

При этом ущерб от неблагоприятных природных явлений может быть существенно снижен за счет реализации мероприятий по предупреждению наводнений и смягчению возможных последствий в период половодья [13]. В то же время реализация инженерно-технических мероприятий может быть успешно осуществлена только в случае наличия достаточных ресурсов и времени для их реализации. В связи с этим актуальными являются проблемы прогнозирования паводковой обстановки на краткосрочную перспективу.

В настоящее время существует значительное количество моделей прогнозирования паводковой обстановки [1; 2; 7; 9; 11], программно-аппаратных комплексов, позволяющих реализовывать, в том числе и вычислительные модели, основанные на решении систем дифференциальных уравнений [3; 8; 10].

При составлении прогнозов необходимо учитывать, что на формирование водного и ледового режимов водных объектов влияет очень много разнообразных факторов, их большая изменчивость в пространстве и во времени обуславливает значительные трудности при разработке методов гидрологического прогнозирования. Гидрологические явления развиваются на территориях речных или озерных водосборов, отличающихся чрезвычайно большой неоднородностью географической среды, и являются результатом комплекса сложных процессов [12].

С практической точки зрения, модель для прогнозирования уровня подъема воды должна соответствовать следующим критериям:

- универсальность решения, позволяющего прогнозировать уровень воды на широкой сети гидропостов;
- возможность автоматизированного сбора, обработки данных, обучения модели;
- должны обеспечиваться надежные прогнозы с достаточной заблаговременностью предупреждения (индивидуальная как для каждого речного бассейна, так и для отдельных участков реки);
- удовлетворительная степень точности прогнозов (индивидуальная, в зависимости от задач прогноза);
- соответствие требованиям к данным в плане их наличия как на стадии калибровки, так и при оперативном использовании;

² 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.

– достаточная проста для использования оперативным персоналом со средним уровнем подготовки [14].

Перечисленным принципам в целом соответствуют статистические методы прогнозирования, которые и будем рассматривать в дальнейшем.

Взятый в последние годы курс на цифровизацию различных сфер жизни страны позволил накопить достаточные объемы информации, позволяющие использовать их как эффективный инструмент государственного управления. В полной мере это касается и решения задач защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций [15], чему способствует принятая в МЧС России программа по цифровой трансформации на период 2021–2023 годов³ в рамках которой уже заключен ряд соглашений между федеральными органами исполнительной власти, подведомственными организациями по осуществлению информационного обмена и получения доступа к архивным данным, которые, в том числе, могут быть использованы для решения задач по защите в чрезвычайных ситуациях⁴.

Таким образом, можно заключить, что для построения прогностических моделей исходная информация имеется в достаточных объемах и может быть востребована заинтересованными подразделениями по максимально упрощенному регламенту. Поэтому применение статистических методов анализа является наиболее приемлемым. Достоинством этих методов является возможность применения при построении моделей ограниченного числа факторов (за счет того, что ряд факторов для конкретной местности на протяжении длительного времени остается постоянным, например, рельеф или лесорастительная обстановка).

Методы исследования

При формировании статистической модели отбираем признаки, на которых будет производиться её обучение, на основе следующих принципов:

- доступность признаков на всем интервале пространства, используемого для построения модели;
- признакам необходимо хорошо коррелировать с моделируемой переменной;

³ Распоряжение МЧС России от 03.08.2021 г. № 642 «Об утверждении Ведомственной программы цифровой трансформации МЧС России на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов».

⁴ Цифровизация МЧС России направлена на сохранение жизни людей и снижение ущерба при ЧС. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4274526>.

– признаки должны слабо коррелировать между собой.

Соблюдение этих правил позволяет отбирать значимые признаки, не допуская их избыточности.

В соответствии с договорными обязательствами со стороны МЧС России и заинтересованными федеральными органами исполнительной власти (в частности, Росгидрометом) неструктурированные статистические данные поступают и хранятся в «Озере данных», развернутом на серверах МЧС России. Структура и форма представления в соответствии с концепцией «озера данных» [15] не позволяет использовать традиционные подходы к обработке, и самое главное, предобработке размещаемых данных, что требует от исполнителя реализации ряда операций, перечисленных ниже.

В соответствии с решаемой задачей прогноза из «Озера данных» конкретно доступна информация по следующим признакам:

1. Данные с гидропостов: минимальный, средний, максимальный уровень воды, толщина льда, температура воды, толщина снега на льду.

2. Данные с метеопостов: степень покрытия снегом, средняя и максимальная высота снежного покрова, средняя плотность снега.

Наибольшую сложность при этом будет представлять выбор оптимального временного лага параметров модели, т.е. количество дней назад от текущего дня, признаки которых необходимо подавать на обучение. При построении модели необходимо учитывать, что для каждого из значимых признаков величина лага будет разная (ниже приведен алгоритм поиска значений лага).

Таким образом, задача сводится к построению такой прогностической функции (1).

$$h(t) = f(h(t-1); h(t-2); \dots; h(t-n); x_1(t); x_1(t-1); \dots; x_1(t-m); \dots; x_r(t); x_r(t-1); \dots; x_r(t-k)) + \varepsilon, \quad (1)$$

где $h(t)$ – прогнозируемые значения параметра на момент времени t ; $h(t-1)$ – значения искомого параметра, инструментально измеренные на момент времени $t-1$; n – количество временных периодов, в которых инструментально измеренные значения искомого параметра, оказывают влияние на его прогнозные значения; $x_r(t)$ – прогнозируемые значения r -го значимого параметра; m , k – количество временных периодов, в которых инструментально измеренные значения значимых параметров, оказывают влияние на прогнозные значения искомого параметра; ε – величина отклонения прогнозируемого значения от истинного, для которой величина ошибки ε для заданной глубины прогноза будет минимальной.

$$\hat{\varepsilon} = 1/q \sum_{q=t+1}^{t+q} |\varepsilon_{t+q}| \rightarrow \min, \quad (2)$$

где q – количество временных периодов, для которых определяются значения искомого параметра.

Оптимальные гиперпараметры, т.е. параметры, относящиеся к архитектуре моделей (величина временного лага для каждого параметра), подбираются методом последовательных приближений байесовским спуском, итеративно минимизируя функцию ошибки, определенной на пространстве, заданном ограничениями гиперпараметров [4].

Для краткосрочных прогнозов сроки, на которые осуществляется прогноз, составляют до 15 суток.

Алгоритм нахождения параметров модели прогнозирования уровня подъема паводковых вод базируется на математических методах машинного обучения. Данная модель строится на обучающей выборке и отражает закономерность уровня подъема паводковых вод от зафиксированных значений погодных условий.

Методика будет состоять из алгоритмов (рис. 1), которые последовательно позволят решить задачи построения модели прогноза подъема уровня паводковых вод, вызванных весенним половодьем.

Для прогнозирования подъема уровня паводковых вод были построены модели, основанные на LSTM-нейросетях, градиентном бустинге и ассемблирующая модель над решающими деревьями. Нейросеть способна давать множественные предсказания до 7 дней вперед, имея 7 выходов, по одному на каждый день (рис. 2).

Модель, основанная на градиентном бустинге над решающими деревьями, не способна давать множественных предсказаний, поэтому для предсказания подъема уровня воды на недельном промежутке, параллельно обучаются 7 моделей градиентного бустинга, дающие предсказания на соответствующий день интервала.



Рис. 1. Общая структура этапов построения модели прогноза подъема уровня паводковых вод, вызванных весенним половодьем

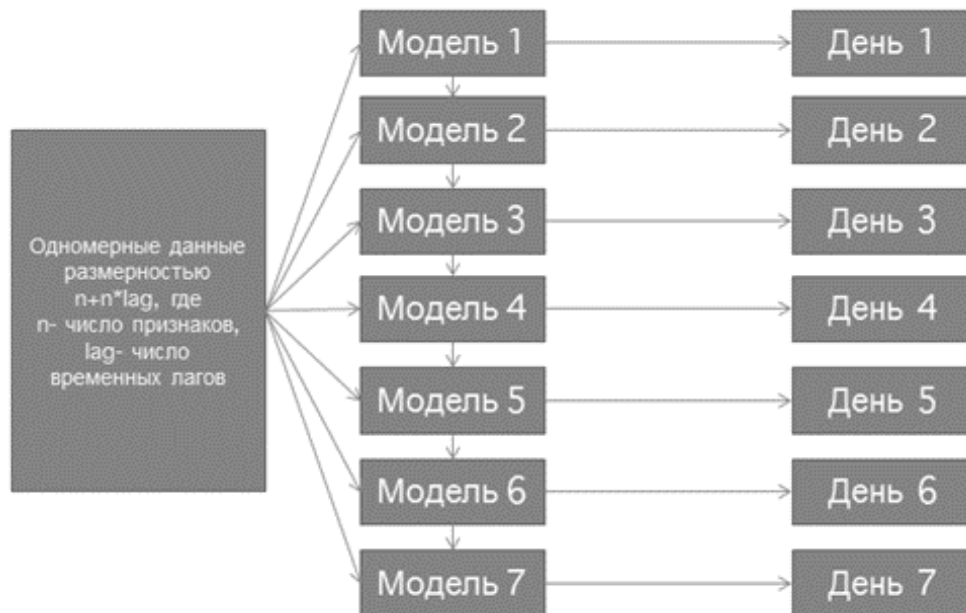


Рис. 2. Общая структура получения прогнозного значения подъема уровня паводковых вод

Предобработка исходных данных

Важное значение для корректного построения модели имеет предварительная обработка исходных данных. Так, используемые в качестве исходных данных о среднем, максимальном, минимальном уровне воды за день сильно коррелируют между собой и в совокупности кажутся избыточными. Для более содержательного представления данных, создается новый признак, характеризующий абсолютное изменение уровня воды за день – разница максимального и минимального уровня воды за сутки. Эта операция с данными позволяет избавиться от минимального и среднего уровня воды, так как они становятся неинформативными признаками.

При построении модели и ее настройке необходима информация не только об абсо-

лютном уровне воды, но и об абсолютном изменении максимального уровня воды между текущим днем и предыдущими сутками, таким образом, создается новый признак – первая производная от максимального уровня воды. Так как представленный набор данных – дискретная величина, первая производная, является разностью между максимальным уровнем воды текущего и предыдущего дня.

Измерения толщины льда, высоты снега, а также некоторых других признаков производятся с интервалом в несколько дней, поэтому дни, промежуточные между измерениями в наборе данных, остаются незаполненными. Данная проблема решается путем линейной интерполяции данных с периодичностью измерений более одних суток. Данные интерполируются с условием, что между двумя из-

мерениями прошло не более 30 дней (два пропущенных значения). Незаполненным после интерполяции временных промежутков полям присваивается значение 0 (отсутствие льда, снежного покрова и т.д).

Для привязки признаков пространственного пространства к временной шкале (с целью учета фактора сезонности), в разрабатываемой модели, периодической во времени, в качестве параметра в модель добавляется «день в году», связанный непосредственно с измерениями значимых параметров.

Однако, временное представление в виде набора чисел от 1 до 365 (366) не дает понимания модели о том, что первый день года находится близко к последнему, что нарушает усваивание сезонных тенденций. Избежать этого можно разложением данной переменной в тригонометрическую функцию, создав два связанных признака, характеризующих временную составляющую:

$$d_{cos} = \cos\left(\frac{d * 2\pi}{365}\right), \quad (3)$$

$$d_{sin} = \sin\left(\frac{d * 2\pi}{365}\right), \quad (4)$$

где d – день года (включающий непосредственно период наблюдений).

Для корректной обработки моделью исходных данных предусмотрено проведение операции нормировки, в ходе которой все значимые признаки приводятся к единой шкале, путем минимаксного преобразования.

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}, \quad (5)$$

где x – текущие значения измеряемого параметра; x_{max} – максимальные значения измеряемого параметра в выборке; x_{min} – минимальные значения измеряемого параметра в выборке.

Таким образом, вне зависимости от начального разброса признака, преобразованный признак будет иметь разброс от 0 до 1.

Периоды времени (временной лаг), начиная с которых выбранные параметры начинают оказывать существенное влияние на прогнозируемую величину (уровень подъема воды), определяются (либо могут быть заданы, фиксированы) в соответствии со значениями автокорреляции целевой переменной, поскольку её состояние является самым важным из признаков модели (рис. 3).

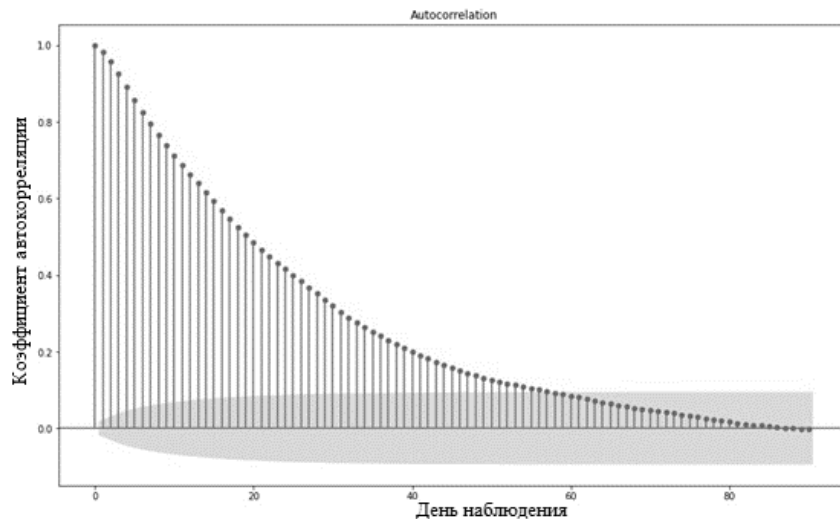


Рис. 3. График автокорреляции для уровня подъема воды

Анализируя график, можно заключить, что с определенного периода времени (может быть задан, фиксирован) архивные данные по измеряемому параметру не оказывают существенного влияния на предсказываемые значения высоты подъема уровня воды.

Таким образом, устанавливаются величины временных периодов, для каждого значимого параметра и формируется поле гиперпараметров, заключающее множество результатов измерений на величине временного лага для значимого признака.

Пример построения модели и оценка ее качества

Разработка модели прогнозирования осуществлялась с применением инструмента *juryter lab* для последующей ее интеграции в «Атлас опасностей и рисков», который является цифровой системой, созданной МЧС России для предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Для построения и тестирования модели использовались данные по одному из гидропостов, расположенных на реке Лена (рис. 4) (статистические данные для построения модели использовались за период 1985-2018 годов) из «Озера данных» МЧС России.

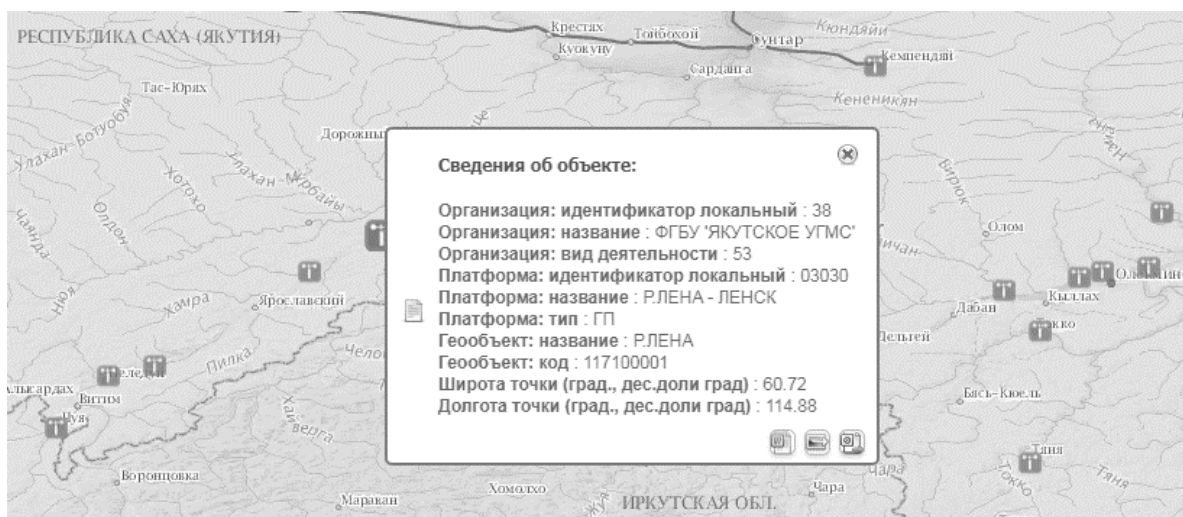


Рис. 4. Гидропост (данные ресурса Росгидромета RU_RINMI-WDC_2665), по которому осуществлялось наблюдение

Набор данных был разделен в соотношении: 1985–2014 г. – обучающий набор, 2014–2018 г. – тестовый набор, 2018-2020 г. – валидационный набор.

Целью обучающей выборки служит усвоение моделью зависимостей между признаковыми и целевыми переменными. Модель многократно подбирает параметры во время обучения и пытается минимизировать ошибку в предсказании целевой переменной.

Тестовая выборка в рассматриваемом случае служит для минимизации фактора переобучения построенной модели. При этом на тренировочном наборе данных, не входящем в обучающую выборку, осуществляется минимизация ошибки до тех пор, пока уменьшение ошибки с каждой итерацией обучения не перестанет быть ниже некоторого заданного предела.

Для сравнения результатов обучения моделей между собой, при выборе оптимальной модели из нескольких (построения ансамбля из моделей) служит валидационная выборка.

Данные из обучающего, тестового, валидационного наборов разбиваются на два поднабора: набор признаков (X-набор) и набор целевой переменной (Y-набор). Вне зависимости от этапа обучения, проверки модели, модель получает упорядоченную выборку из

набора признаков X, пытаюсь предсказать целевую переменную из выборки целевой переменной Y.

В работе применялись нейросетевая модель (LSTM), модель XGBoost и ансамблирующая модель (рис. 5).

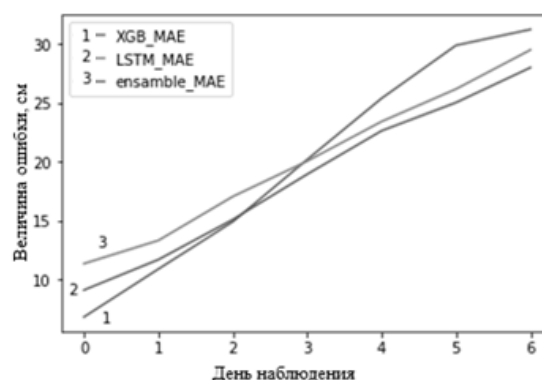


Рис. 5. Средняя абсолютная ошибка прогноза уровня подъема воды (в сантиметрах), для разных периодов прогноза (до 7 дней)

Для рассматриваемого примера временной лаг (по результатам тестовой выборки) составил:

для параметра температура воздуха – текущие сутки;

для параметра уровень воды – до 14 суток;

для параметра толщина льда – 5 суток (минимальный интервал между реальными наблюдениями);

для величины снежного покрова – до 10 суток;

для величины осадков – до 20 суток.

К сожалению, в модели невозможно было учесть данные по нормализованному относительному индексу растительности (как фактору, позволяющему оценить вклад потребления воды растительностью в период прохождения паводка) и сведения о глубине промерзания почвы, ввиду их отсутствия в «Озере данных».

Ассамблирование моделей заключалось в том, что предсказания первых двух моделей служат ее значимыми признаками: предсказания на промежутке времени разлагаются признаковое описание большей размерности для уменьшения корреляции. Затем на этих признаках обучается линейная модель. Предсказания линейной модели могут служить окончательным ответом.

Таким образом, появляется возможность объединить преимущества моделей разных архитектур (рис. 6).

При этом были получены следующие значения величины максимальной абсолютной ошибки для трех моделей на период прогнозирования до 7 дней (табл.).

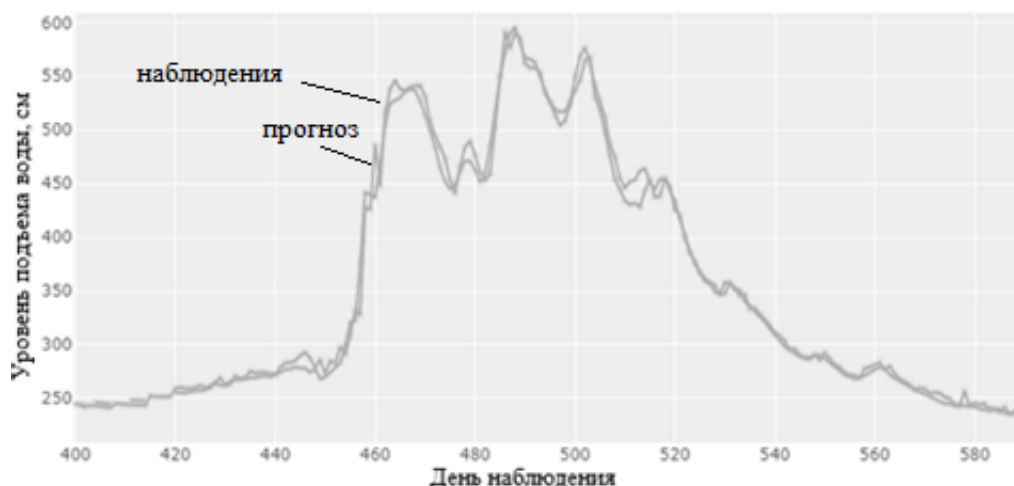


Рис. 6. Значения предсказанных и реальных значений уровня воды для валидационной выборки

Таблица. Значения максимальной абсолютной ошибки для трех видов моделей на период прогнозирования до 7 дней

Модель / Дни наблюдения	Величина максимальной абсолютной ошибки для рассматриваемых моделей						
	День 1	День 2	День 3	День 4	День 5	День 6	День 7
Нейросетевая	11.95	14.04	16.70	20.00	23.50	25.77	28.48
XGBoost	5.75	9.19	20.20	25.40	25.40	29.90	31.25
Ансамблирующая	9.11	11.74	14.84	18.9	22.58	24.96	27.57

Наименьшую ошибку для краткосрочных периодов планирования дает ассамблирующая модель, компилирующая свойства как нейросетевого моделирования, так и решающих деревьев.

Необходимо отметить, что модель будет строиться для конкретного гидропоста, поэтому место измерения метеорологических

показателей должно быть предложено к расположению гидропоста.

Чем более детальные будут данные по частоте измерения, тем качественнее модель можно будет получить (например, данные по измерениям каждые 4 часа точнее, чем среднесуточные).

Исходные данные по погодным условиям и по уровню получаются из разных источников и являются разнородными по своей структуре, их необходимо приводить к одному формату (устранять ошибки, удалять пропуски, кодировать значения). Все это необходимо производить с помощью машинной обработки путем написания и настройки специальных алгоритмов. Сервер данных должен автоматически в режиме онлайн подгружать архивные и прогнозные данные и осуществлять их консолидацию в обучающую выборку.

Заключение

В статье сформулирована постановка задачи, позволяющая формализовать подход к разработке методики обоснования рациональных параметров модели прогнозирования уровня подъема паводковых вод, вызванного

весенним половодьем. По сути, такой подход направлен на разработку «практического инструмента», который позволит отобрать наиболее значимые для прогноза параметры модели с целью минимизации значений минимальной ошибки на краткосрочном периоде прогнозирования. В статье показано, что построение математического аппарата, базирующегося на методах обработки больших данных (построение статистических моделей) также представляет собой нетривиальную задачу, связанную, в том числе, и с ассамблированием известных математических моделей. Необходимо подчеркнуть, что своевременный и точный прогноз оценки подъема уровня паводковых вод, в свою очередь, позволит заблаговременно спланировать мероприятия защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Список литературы

1. Anderson J. L. A method for producing and evaluating probabilistic forecasts from ensemble model integrations. *Journal of Climate*. 1996. issue 9. pp. 1518–1530.
2. Urban Water Flow and Water Level Prediction Based on Deep Learning, *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)* / H. Assem, S. Ghariba, G. Makrai [et al.]. 10536 LNAI, 2017. pp. 317–329. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71273-4_26.
3. The european flood alert system EFAS – Part 2: Statistical skill assessment of probabilistic and deterministic operational forecasts / J. C. Bartholmes, J. Thielen, M. H. Ramos [et al.]. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2009, issue 13, pp. 141–153.
4. Bill Inmon. *Data Lake Architecture. Designing the Data Lake and Avoiding the Garbage Dump*. Published by Technics Publications, 2016. p. 218.
5. Donald S. Lemmen, Fiona J. Warren, Thomas S. James and Colleen S.L. Mercer Clarke. *Government of Canada, Canada's Marine Coasts in a Changing Climate*, eds. (2016).
6. Flood forecast skill for Early Action: Results and Learnings from the development of the Early-Action Protocol for Floods in Uganda / A. Ficchi, C. Hannah, L. Speight [et al.]. *Conference: EGU21-16169 EGU General Assembly 2021 At*.
7. Integrated hydrodynamic and machine learning models for compound flooding prediction in a data-scarce estuarine delta / J. Sampurno, V. Vallaeys, R. Ardianto [et al.]. *Nonlin. Processes Geophys. Discuss.* [preprint], <https://doi.org/10.5194/npg-2021-36>, in review, 2022.
8. Schmidt J. A., Anderson A. J., James P. H. Spatially-variable, physically-derived flash flood guidance. 21st Conference on Hydrology, in review, 2007.
9. Development and Application of an Urban Flood Forecasting and Warning Process to Reduce Urban Flood Damage: A Case Study of Dorim River Basin / Y.-M. Won, J.-H. Lee, H.-T. Moon [et al.]. *Seoul, Water*, 2022, issue 14, p. 187.
10. Арефьева Е. В., Болгов М. В. Особенности прогнозирования природных наводнений в целях снижения риска чрезвычайных ситуаций на примере Краснодарского края // *Технологии гражданской безопасности*. 2018. т.15, №4 (58). С. 40-47.
11. Гельфан А. Н. *Динамико-стохастическое моделирование формирования талого стока*. М.: Наука, 2007. 276 с.
12. Георгиевский Ю. М., Шаночкин С. В. *Гидрологические прогнозы*. Учебник. СПб.: изд-во РГГМУ, 2007. 436 с.
13. Добровольский С. Г., Истомина М. Н. К разработке концепции «управления ущербами» от наводнений в Российской Федерации // *Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования*. 2016. №1 (10). С. 30–36.
14. Фоновое прогнозирование стока в режиме, близком к реальному времени / В. А. Кузьмин, У. Е. Коротыгина, И. С. Макин [и др.] // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2011. № 22. С. 38–44.
15. Проблема применения больших данных в интересах выполнения задач, стоящих перед МЧС России / А. В. Рыбаков, Е. В. Иванов, А. В. Дмитриев [и др.] // *Сибирский пожарно-спасательный вестник*. 2021. № 2 (21). С. 54–57.

References

1. Anderson J. L. A method for producing and evaluating probabilistic forecasts from ensemble model integrations. *Journal of Climate*. 1996. issue 9. pp. 1518–1530.
2. Urban Water Flow and Water Level Prediction Based on Deep Learning, *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)* / H. Assem, S. Ghariba, G. Makrai [et al.]. 10536 LNAI, 2017. pp. 317–329, https://doi.org/10.1007/978-3-319-71273-4_26.
3. The european flood alert system EFAS – Part 2: Statistical skill assessment of probabilistic and deterministic operational forecasts / J. C. Bartholmes, J. Thielen, M. H. Ramos [et al.]. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2009, issue 13, pp. 141–153.
4. Bill Inmon. *Data Lake Architecture. Designing the Data Lake and Avoiding the Garbage Dump*. Published by Technics Publications, 2016. p. 218.
5. Donald S. Lemmen, Fiona J. Warren, Thomas S. James and Colleen S.L. Mercer Clarke. *Government of Canada, Canada's Marine Coasts in a Changing Climate*, eds. (2016).
6. Flood forecast skill for Early Action: Results and Learnings from the development of the Early-Action Protocol for Floods in Uganda / A. Ficchi, C. Hannah, L. Speight [et al.]. Conference: EGU21-16169 EGU General Assembly 2021 At.
7. Integrated hydrodynamic and machine learning models for compound flooding prediction in a data-scarce estuarine delta / J. Sampurno, V. Vallaeys, R. Ardianto [et al.]. *Nonlin. Processes Geophys. Discuss.* [preprint], <https://doi.org/10.5194/npg-2021-36>, in review, 2022.
8. Schmidt J. A., Anderson A. J., James P. H. Spatially-variable, physically-derived flash flood guidance. 21st Conference on Hydrology, in review, 2007.
9. Development and Application of an Urban Flood Forecasting and Warning Process to Reduce Urban Flood Damage: A Case Study of Dorim River Basin / Y.-M. Won, J.-H. Lee, H.-T. Moon [et al.]. *Seoul, Water*, 2022, issue 14, p. 187.
10. Aref'eva E. V., Bolgov M. V. Osobennosti prognozirovaniya prirodnyh navodnenij v celyah snizheniya riska chrezvychajnyh situacij na primere Krasnodarskogo kraja [Features of forecasting natural floods in order to reduce the risk of emergencies on the example of the Krasnodar Territory]. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2018, vol. 15, issue 4 (58), pp. 40–47.
11. Gelfan A. N. *Dinamiko-stohasticheskoe modelirovanie formirovaniya talogo stoka* [Dynamic-stochastic modeling of melt runoff formation]. M.: Nauka, 2007. 276 p.
12. Georgievskij Yu. M., Shanochkin S. V. *Gidrologicheskie prognozy. Uchebnik* [Hydrological forecasts. Textbook]. SPb.: izd-vo RGGMU, 2007. 436 p.
13. Dobrovol'skij S. G., Istomina M. N. K razrabotke koncepcii «upravleniya ushcherbami» ot navodnenij v Rossijskoj Federacii [To develop the concept of «damage management» from floods in the Russian Federation]. *Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya*. 2016. vol. 1 (10), pp. 30–36.
14. Fonovoe prognozirovanie stoka v rezhime, blizkom k real'nomu vremeni [Background runoff prediction in near-real-time mode] / V. A. Kuz'min, U. E. Korotygina, I. S. Makin [et al.]. *Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. 2011, issue 22, pp. 38–44.
15. Problema primeneniya bol'shijh dannyh v interesah vpolneniya zadach, stoyashchih pered MCHS Rossii [The problem of using big data in the interests of fulfilling the tasks facing the Ministry of Emergency Situations of Russia] / A. V. Rybakov, E. V. Ivanov, A. V. Dmitriev [et al.]. *Sibirskij pozharno-spatatel'nyj vestnik*, 2021, vol. 2 (21), pp. 54–57.

Рыбаков Анатолий Валерьевич

Академия гражданской защиты МЧС России,

Российская Федерация, г. Химки

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры высшей математики

E-mail: a.rybakov@amchs.ru

Rybakov Anatolij Valer'evich

Civil Defence Academy EMERCOM of Russia,

Russian Federation, Himki

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Higher Mathematics

E-mail: a.rybakov@amchs.ru

Иванов Евгений Вячеславович

Академия гражданской защиты МЧС России,
Российская Федерация, г. Химки

кандидат технических наук, доцент кафедры аварийно-спасательных работ (командно-инженерного факультета)

E-mail: e.ivanov@amchs.ru

Ivanov Evgenij Vyacheslavovich

Civil Defence Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Himki

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Emergency Rescue Operations (Command Engineering Faculty)

E-mail: e.ivanov@amchs.ru

Тедуриева Асият Набиевна

Академия гражданской защиты МЧС России,
Российская Федерация, г. Химки

младший научный сотрудник научно-исследовательского центра

E-mail: a.tedurieva@amchs.ru

Tedurieva Asiyat Nabievna

Civil Defence Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Himki

junior Researcher at the Research Center

E-mail: a.tedurieva@amchs.ru

Усачева Татьяна Валерьевна

Академия гражданской защиты МЧС России,
Российская Федерация, г. Химки

кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой (высшей математики)

E-mail: t.usacheva@amchs.ru

Usacheva Tat'yana Valer'evna

Civil Defence Academy EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Himki

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department (Higher Mathematics)

E-mail: t.usacheva@amchs.ru

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

УДК 502:061

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА
ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ АВАРИЯХ
С ВЫБРОСОМ АХОВ И ПОЖАРАХ**

О. Г. ЗЕЙНЕТДИНОВА, П. В. ДАНИЛОВ, Е. С. ТИТОВА, А. К. КОКУРИН, Г. Н. КОКУРИНА*
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
*Ивановский государственный химико-технологический университет,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: zeinet@bk.ru

Авторами на основе существующих методик предложен алгоритм оценки эколого-экономического ущерба от выбросов загрязняющих веществ при авариях на опасных производственных объектах и при пожарах. Разработанная на основании данного алгоритма программа может быть использована как в качестве обучающей, так и для практических расчетов, в том числе при выполнении выпускной квалификационной работы.

Ключевые слова: негативное воздействие на окружающую среду; экологический ущерб; плата за негативное воздействие на окружающую среду; чрезвычайная ситуация; загрязнение окружающей среды.

**IMPROVEMENT OF ALGORITHMS FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL DAMAGE
FROM ENVIRONMENTAL POLLUTION IN ACCIDENTS WITH THE RELEASE
OF CHEMICALS AND FIRES**

O. G. ZEYNETDINOVA, P. V. DANILOV, E. S. TITOVA, A. K. KOKURIN, G. N. KOKURINA*
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»,
*Ivanovo State University of Chemical Technology,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: zeinet@bk.ru

The authors, based on existing methods, proposed an algorithm for assessing environmental and economic damage from emissions of pollutants in accidents at hazardous production facilities and fires. The program developed on the basis of this algorithm can be used both as a training program and for practical calculations, including when performing final qualifying work.

Key words: negative impact on the environment; environmental damage; payment for negative impact on the environment; emergency; environmental pollution.

Развитие технологий промышленного производства, его преимущественно экстенсивная эволюция привели к возникновению ряда проблем, которые характерны не только для России или отдельного ее субъекта, но и

для всего мирового сообщества. Это обусловило необходимость более тщательного и вдумчивого отношения к разработке нормативно-правовой базы регулирования отношений всех участников процесса охраны окружающей среды, в том числе в области оценки ущерба, наносимого самой среде.

Перспективные направления экологии – поддержание окружающей человека экосистемы в «комфортном» состоянии, а также совершенствование методологического инструментария для реализации всей совокупности природоохранных мероприятий – условие успешной реализации процесса «Устойчивое развитие», составными частями которого являются «Пригодный для жилья мир» и «Ответственность за окружающую среду». С 2016 года наметились определенные тенденции в изменении законодательной базы; на первое место вышел один из основных природоохранных принципов – «загрязнитель платит».

Очень серьезным и требующим основательной доработки остается вопрос оценки размера экологического ущерба при авариях и пожарах. Актуальность его в том, что на основании размера материальных потерь (размера ущерба) определяется ранг чрезвычайной ситуации (далее – ЧС). В соответствии с нормативно-правовыми актами¹ основными критериями отнесения произошедшей ЧС к конкретному виду являются, прежде всего, имеющееся число пострадавшего населения, влияние негативных факторов произошедшей ЧС на экологическое состояние, а также величина причиненного ущерба. В зависимости от ранжирования катастрофы определяются вопросы финансирования, источников привлечения средств, возможность получения трансфертов.

В соответствующих нормативных документах МЧС России² регламентированы основания классификации ЧС и определены составляющие экономического ущерба – численная величина причиненного ущерба, нанесения вреда всем участвующим в данной ЧС объектам.

По мнению авторов, оценка экологического ущерба при ЧС, в том числе при пожарах, должна рассматриваться в рамках изучения дисциплины «Экология» при подготовке специалистов в области техносферной и пожарной безопасности, поскольку комплексность решения этой проблемы позволяет подойти к ее решению с учетом опыта изучения других дисциплин. Так, в частности, авторским коллективом разработана программа для ЭВМ «Расчет экологического ущерба от загрязнения окружающей среды при авариях и пожарах».

Для разработки этой обучающей программы для образовательных организаций высшего образования МЧС России (см. рисунок) перед нами встала необходимость совершенствования алгоритма расчета на основании существующих методик в связи со значительным изменением нормативно-правовой базы в последние годы [1-6]. При этом было не только рассмотрено большое количество нормативных документов, принятых на правительственном и ведомственном уровнях, но и проанализирован международный опыт оценки в этой сфере.

Расчет экологического ущерба от загрязнения окружающей среды при авариях и пожарах

Расчет экологического ущерба при пожаре

Выберите вид пожара: Укажите что горит: Горение на воде

Укажите объем резервуара: куб.м

Укажите коэффициент индексации, при загрязнении воздуха: Укажите норматив платы за выбросы загрязняющих веществ в воздух: руб./т

Укажите коэффициент индексации, при загрязнении воды: Укажите норматив платы за выбросы загрязняющих веществ в воду: руб./т

Укажите коэффициент индексации, при загрязнении почвы: Укажите норматив платы за выбросы загрязняющих веществ в почву: руб./т

Укажите время выгорания: сек

Эколого-экономический ущерб составляет: руб

Рисунок. Общий вид программы ЭВМ

¹ Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

² Приказ МЧС России от 01.09.2020 № 631 «Об утверждении Методики оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций».

Анализируя существующие методики, позволяющие определить величину ущерба с точки зрения экономики, можно сделать определенный вывод, что данные методики не распространяются на случаи аварийных сбросов загрязнителей в определенные компоненты биоты [1, 3, 4, 6]. Рассмотренные методики, позволяющие провести комплексную оценку причинения ущерба при авариях, и действующие в настоящее время в части экологического ущерба, не коррелируют с изменившейся за последнее время нормативной базой³. Подробные методические рекомендации по определению последствий ЧС для окружающей среды, как правило, разработаны более десяти лет назад и являются действующими в настоящее время⁴.

В зависимости от возможности полной ликвидации последствий для окружающей среды, оценка ущерба может осуществляться прямым или косвенным методами [1, 2, 3]⁵. В том случае, когда нанесенный ущерб не может быть восполнен восстановительными мероприятиями, предпочтение следует отдавать косвенному методу оценки. В случае аварийных выбросов АХОВ и при пожарах основным поражаемым компонентом биосферы является атмосферный воздух. Поэтому косвенный метод оценки загрязнения в данном случае является предпочтительным. При этом определяется соотношение фактического воздействия выброса установленного норматива и ставок платы за нанесенный экосистеме ущерб от выбросов загрязнителей⁶.

Подобный ущерб возможно определить, взяв за основу массу загрязнителей, выбрасываемых в атмосферу⁷. Масса поллютантов может находиться расчетным или аналитическим путем в соответствии с действующими методиками [7]^{5,8}.

³ РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 29 октября 2002 г. № 63) (дата обращения 16.09.2022).

⁴ Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 1 ноября 1995 г.) (дата обращения 16.09.2022).

⁵ Постановление Межпарламентской Ассамблеи государств - участников СНГ от 22 ноября 2019 г. № 50-9 «О модельном законе «Об оценке экологического ущерба» (дата обращения 16.09.2022).

⁷ Постановление Правительства № 913 от 13.09.2016 г. «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» (дата обращения 25.06.2022)

⁸ Постановление Правительства РФ № 255 от 03.03.2017 г. «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» (дата обращения 25.06.2022)

Разработанная нами программа позволяет произвести оценку экологического ущерба как при загрязнении атмосферного воздуха выбросами при разгерметизации технологических емкостей, так и при пожарах.

При авариях на опасных производственных объектах аварийный выброс рассматривается как сверхлимитный с соответствующим применением коэффициентов.

В окончательном варианте экологический ущерб (P_{cp}) можно определить как сумму произведения массы загрязняющего вещества (M_{cpi}), ставки платы за выброс или сброс определенного вещества, коэффициента к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами ($K_{от}$), коэффициента к ставкам платы при превышении лимитов за выброс или сброс соответствующего загрязнителя:

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n M_{cpi} \times N_{плi} \times K_{от} \times K_{cp} \times K_{и}, \quad (1)$$

Январь 2019 год является переломным моментом для всех потенциально опасных объектов, в связи с изменением ставок за сверхлимитные выбросы загрязнителей до 25. Это привело к изменению нормативного регулирования в этой сфере, в соответствии с которыми чрезвычайно опасные и опасные производственные объекты должны будут оплачивать ущерб равный 100 %. Для объектов II и III категорий, при условии имеющегося действующего разрешения на выброс загрязняющих веществ и лимиты на них используют коэффициент 25. Категорирование объектов устанавливается в соответствии с нормативно-правовыми актами⁹. Для расчета экологического ущерба мы используем коэффициент 25.

$K_{и}$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменение цен с учетом инфляции. С 2019 года был введен коэффициент 1,04, в 2020 и в 2021 г. значение этого коэффициента – 1,08, в 2022 г – 1,19. Данные коэффициенты ежегодно утверждаются Правительством РФ.

⁹ Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

Масса загрязняющих веществ при авариях с выбросом АХОВ берется по номиналу или рассчитывается, исходя либо из объема и плотности продукта, либо из времени и условий испарения при свободном разливе испаряемой жидкости.

В связи с этим встала необходимость унификации расчета понесенного экологией ущерба от загрязняющих атмосферу вредных веществ, поступивших при различных видах пожаров. Рассмотрев комплексный ущерб для экологии и экономики объекта (субъекта РФ) по загрязнению атмосферы будет определяться как сумма продуктов горения, выделившихся в воздух.

Используемый в программном продукте расчетный метод позволяет определить массу загрязнителей при горении, путем произведения удельного выброса загрязнителей (m_i) и массы сгоревшего вещества (G):

$$M = m_i \cdot G, \text{ т} \quad (2)$$

В качестве веществ, по которым ведется расчет, мы предлагаем использовать десять поллютантов, выделяемых при горении основных веществ и материалов, таких как оксид углерода, диоксид азота и прочее.

Следует обратить внимание, что для стоимостного оценивания загрязнения атмосферного воздуха при горении лесов учитывают выделение четырех загрязняющих веществ: оксид азота, углеводороды, оксид углерода, взвешенные частицы¹⁰.

Для определения массы сгоревшего вещества или материала мы используем дифференцированный подход с учетом воз-

никших условий горения. В предложенных вариантах решения можно находить массу сгоревшего материала через плотность и объем. При этом необходимо произведение коэффициента полноты сгорания (β), скорости выгорания горючей жидкости (v), площади зеркала горючей жидкости (S_{cp}) и времени выгорания (t) разделить на 1000:

$$G = \beta \times v \times S_{cp} \times t \times 10^{-3}, \text{ т} \quad (3)$$

А количество сгоревшего материала при пожарах в помещениях определяется как равное произведению коэффициента полноты сгорания (β), площади пожара (S) и пожарной нагрузки (P), поделенное на 1000:

$$G = \beta \times S \times P \times 10^{-3}, \text{ т} \quad (4)$$

Таким образом, в предложенной программе мы унифицировали общий подход к оценке ущерба окружающей среде при ЧС, связанных с загрязнением биоты, особенно атмосферы, вследствие выброса АХОВ или при пожаре. Особое внимание было уделено особенностям расчета экологического ущерба при различных видах пожаров. Комплексный подход к оценке экологической ситуации, примененный при создании обучающей программы, позволит будущим специалистам в области техносферной и пожарной безопасности не только обрести соответствующие навыки, но и способствует более глубокому погружению в профессионально-ориентированные дисциплины.

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. Косьмина Р. В., Чичекли М. Экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды // Актуальные исследования. 2021. № 51 (78). С. 90–95.
3. Медведева О. Е., Артеменков А. И. Оценка ущерба (вреда) от загрязнения атмосферного воздуха для стимулирования внедрения наилучших доступных технологий в Рос-

сии // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2020. № 12 (231). С. 31–42.

4. Медведева О. В., Соловьева С. В. Методика стоимостной оценки ущерба, причиняемого загрязнением атмосферного воздуха // Вопросы оценки. 2016. Т. 86. № 4. С. 2–6.

5. Медведева О. Е. Задачи оценки экологического ущерба в Арктической зоне // Арктика и Север. 2015. № 18. С. 131–147.

6. 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.

7. Porfiriyev 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.

¹⁰ Приказ Рослесхоза от 3 апреля 1998 года № 53 «Об утверждении Инструкции по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами» (дата обращения 25.08.2022)

References

1. Vituhin A. D. Zarubezhnyj opyt ekologo-ekonomicheskogo regulirovaniya i ocenki ushcherba ot zagryazneniya okruzhayushchej sredy (na primere Evropy, SSHA, Yaponii) [Foreign experience in environmental and economic regulation and assessment of damage from environmental pollution (on the example of Europe, the USA, Japan)]. *Problemy rynochnoj ekonomiki*, 2018, issue 4, pp. 69–76.

2. Kos'mina R. V., Chichekli M. Ekonomicheskaya ocenka ushcherba ot zagryazneniya okruzhayushchej sredy [Economic assessment of damage from environmental pollution]. *Aktual'nye issledovaniya*, 2021, vol. 51 (78), pp. 90–95.

3. 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 (231), pp.31–42.

4. Medvedeva O. V., Solov'eva S. V. Metodika stoimostnoj ocenki ushcherba, prichinyaemogo zagryazneniem atmosfernogo vozduha [Methodology for valuation of damage caused by air pollution]. *Voprosy ocenki*, 2016, vol. 86, issue 4, pp. 2–6.

5. Medvedeva O. E. Zadachi ocenki ekologicheskogo ushcherba v Arkticheskoj zone [Tasks of assessing environmental damage in the Arctic zone]. *Arktika i Sever*, 2015, issue 18, pp. 131–147.

6. 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]. *Interekspo Geo-Sibir'*, 2017, issue 1, vol. 3, pp. 218–223.

7. Porfiriyev 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

Zejnetdinova 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 of the Department

E-mail: KGZiUii@mail.ru

Титова Елена Станиславовна,

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

Старший преподаватель кафедры

E-mail: elenatitova2222@gmail.com

Titova Elena Stanislavovna,

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Senior Lecturer of the Department
E-mail: elenatitova2222@gmail.com

Кокурин Алексей Константинович,

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Ученый секретарь ученого совета
E-mail: kokurin@mail.ru

Kokurin Aleksey Konstantinovich,

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

Кокурина Галина Николаевна,

Ивановский государственный химико-технологический университет,
Российская Федерация, г. Иваново
доцент кафедры
E-mail: galnikkok_79@mail.ru

Kokurina Galina Nikolaevna,

Ivanovo State University of Chemical Technology,
Russian Federation, Ivanovo
Associate Professor of the Department Russian Federation, Ivanovo,
E-mail: galnikkok_79@mail.ru

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

УДК 614.841.415:621.31

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
НА ПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ ИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ПВХ-ДИЭЛЕКТРИКОВ**

И. А. БОГДАНОВ, С. А. ШАБУНИН, С. Н. УЛЬЕВА, А. Л. НИКИФОРОВ, И. Ю. ШАРАБАНОВА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: i.a.bogdanov@bk.ru, sergeyshabunin@yandex.ru, jivotjagina@mail.ru,
anikiforoff@list.ru, sharabanova@bk.ru

В статье приводятся результаты оценки влияния термического старения на пожарную опасность ПВХ-изоляции электрокабельной продукции. Отмечено, что старение вызывает необратимые структурные изменения, приводящие к снижению изолирующей способности изоляции, что увеличивает вероятность возникновения электрического пробоя и короткого замыкания.

Ключевые слова: ПВХ-изоляция, термодеструкция, старение полимеров, пожарная опасность, термический анализ, кислородный индекс.

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE IMPACTS
ON THE FIRE HAZARD OF INSULATION BASED ON PVC-DIELECTRIC**

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

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: i.a.bogdanov@bk.ru, sergeyshabunin@yandex.ru, jivotjagina@mail.ru,
anikiforoff@list.ru, sharabanova@bk.ru

The article presents the results of assessing the effect of thermal aging on the fire hazard of PVC insulation of electrical cable products. It is noted that aging causes irreversible structural changes, leading to a decrease in the insulating ability of the insulation, which increases the likelihood of electrical breakdown and short circuit.

Key words: PVC insulation, thermal degradation, polymer aging, fire hazard, thermal analysis, oxygen index.

Последние годы количество пожаров по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования неуклонно растет (рис. 1). Вышеуказанная причина пожаров традиционно занимает лидирующую позицию согласно статистике пожаров. Важно понимать, что за сухими цифрами статистики стоят реальные человеческие жизни. Только в 2021 году на пожарах по причине нарушения

правил устройства и эксплуатации электрооборудования погибло 2325 человек¹.

Одной из наиболее часто встречающихся причин пожара является пробой изоляции. Существуют следующие виды пробоя: тепловой и электрический. Тепловой пробой происходит при условии, что тепловыделение в изоляции превышает количество отводимого тепла. Такой пробой развивается постепенно и завершается, как правило, в тех местах, где в

© Богданов И. А., Шабунин С. А., Ульяева С. Н., Никифоров А. Л., Шарабанова И. Ю., 2022

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

связи с повышением диэлектрических потерь рост температуры интенсифицируется. Повышенная температура окружающей среды может способствовать развитию теплового пробоя, что позволяет говорить о том, что вследствие пробоя могут возникать вторичные очаги пожара. Под электрическим (прокалывающим) пробоем понимают пробой изоляции в наиболее уязвимом месте, обычно он связан с локальным разрушением изоляции кабельной продукции. Как правило, пробой носит комбинированный характер. Нагрев, вызванный скользящими разрядами, приводит к местному перегреву изоляции и развитию в этом месте теплового пробоя [1].

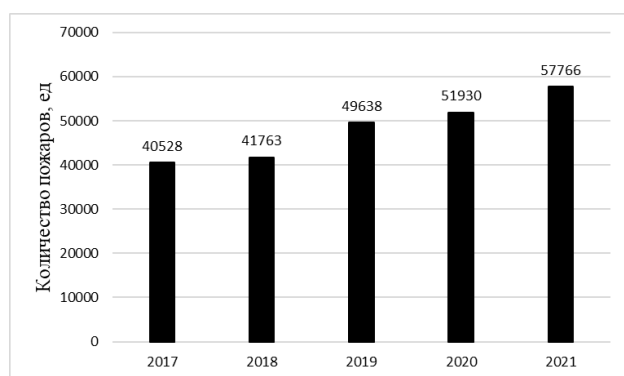


Рис. 1. Распределение количества пожаров в Российской Федерации по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования за 2017–2021 гг.

Одним из наиболее распространенных материалов, применяемых при производстве изоляции электропроводов и кабелей, является продукт переработки поливинилхлорида (ПВХ) – пластикат, который содержит термостабилизаторы, смазки, пигменты или красители, минеральные наполнители, эластомер, а также 30–90 массовых частей пластификатора, например, эфиров фталевой, фосфорной, себаценовой или адипиновой кислот [2]. Самая простая композиция ПВХ-изоляции включает в себя: экструзионный поливинилхлорид, пластификатор (обычно диэтилфталат, дибutilфталат), стабилизатор (стеарат кальция) и пигменты [2].

Таким образом, чрезвычайно важно правильно прогнозировать срок пожаробезопасного использования электрокабельных изделий, что невозможно без исследования изменения диэлектрических и физико-химических свойств, определяющих пожарную опасность изоляции в процессе эксплуатации. Смоделировать данный процесс представля-

ется возможным, в том числе, используя методики ускоренного старения изоляции.

Старение полимеров включает в себя воздействие как физических, так и химических процессов, которые протекают при различных жизненных циклах (хранении, переработки и эксплуатации). Как отмечают авторы [3], в полимерах происходят релаксационные процессы, направленные на установление термодинамического и статистического равновесия в физической системе. Данный процесс и называется «физическим старением». Установлено, что негативные факторы, приводящие к процессам старения, действуют как отдельно, так и в совокупности [4]. Исходя из вышесказанного, исследования, направленные на оценку влияния температурных воздействий на пожарную опасность изоляции на основе ПВХ-диэлектриков, являются чрезвычайно актуальными.

В процессе эксплуатации при электрической нагрузке токопроводящий металлический проводник нагревается. Выделяемое тепло приводит к нагреванию изоляции до невысоких температур (в сравнении с температурой начала деструкции ПВХ-пластиката – 180°C [5]). Данный нагрев не приводит к существенному разложению полимера. В противном случае, срок эксплуатации изоляции был бы неудовлетворительным для конечного потребителя.

В течение срока эксплуатации электрокабельной продукции (порядка 20 лет²) длительный нагрев приводит к появлению и аккумулярованию дефектов химической структуры компонентов изоляции (в частности поливинилхлорида) и повреждению её структурной целостности [1].

Другим важным фактором, вызывающим старение полимеров, является УФ-излучение, провоцирующее фотоиндуцированную деградацию полимеров, приводящую к их распаду на более короткие звенья и простые вещества [3].

Целью работы является оценка влияния термического старения на пожарную опасность ПВХ-изоляции кабельной продукции. В качестве объектов исследования была выбрана изоляция провода АПуВ 2,5 ГОСТ 26445-85³ (производитель ООО «Калужский кабельный завод»), который широко применяется при стационарной прокладке в осветительных сетях, а также для монтажа электрооборудования, машин, механизмов и станков⁴.

² Рубрика по монтажу электропроводки. URL: <https://sdelalremont.ru/>

³ ГОСТ 26445-85. Провода силовые изолированные. Общие технические условия. Введ. 1987-01-01. М., 1985. 19 с.

⁴ Электротехническая компания «Энергомаш». URL: <https://enmash.ru/>

В качестве методов исследования изменения пожароопасных свойств электрокабельной продукции в результате термического старения были выбраны: синхронный термический анализ [5], позволяющий диагностировать микро-изменения химического состава и строения; определение показателя кислородного индекса, отражающего общую горючесть полимерных материалов.

Искусственное старение изоляции проводили методом выдержки 3 образцов в сушильном шкафу в воздушной среде при температуре 150 °С в течение 40 часов (до достижения указанного временного интервала инструментальные методы исследования не регистрировали изменений). При температуре 150 °С не происходит термического разложения ПВХ-пластиката (термодеструкция начинается при 180 °С) [5].

Исследование термических характеристик изолирующих поливинилхлоридных покрытий всех выбранных образцов проводилось методом синхронного термического анализа (ТГ+ДСК) в азотно-кислородной атмосфере (содержание кислорода в системе составило 21 %) в интервале температур от 70 до 750 °С при помощи термического анализатора Setsys Evolution («Setaram Instrumentation», Франция). Скорость нагрева составляла 5 °С/мин. Досто-

верность данных подтверждалась тремя параллельными испытаниями для каждого образца.

Определение кислородного индекса осуществляли согласно п. 4.14. ГОСТ 12.1.044-89⁵.

Результаты термических исследований представлены на рис. 2-4. Термическое разложение старенного и нестаренного образца имеет схожий характер (одинаковые интервалы термического разложения, схожие наклоны кривой потери массы и положение максимумов на кривой теплового потока). Отличие заключается в проценте потери массы в интервале температур 200-350 °С: у нестаренного образца процент потери составил почти 60 %, у старенного – 50 %.

Известно, что в данном интервале температур выделяется HCl при разложении поливинилхлорида [6]. По величине остаточной массы после данного интервала возможно оценить содержание поливинилхлорида в составе исходного образца. Различия в остаточной массе между старенными и нестаренными образцами объясняются деструкцией полимера в процессе его теплового старения, в результате чего происходит снижение количества поливинилхлорида в изоляции электрокабельной продукции в следствие термофлуктуационных и релаксационных процессов.

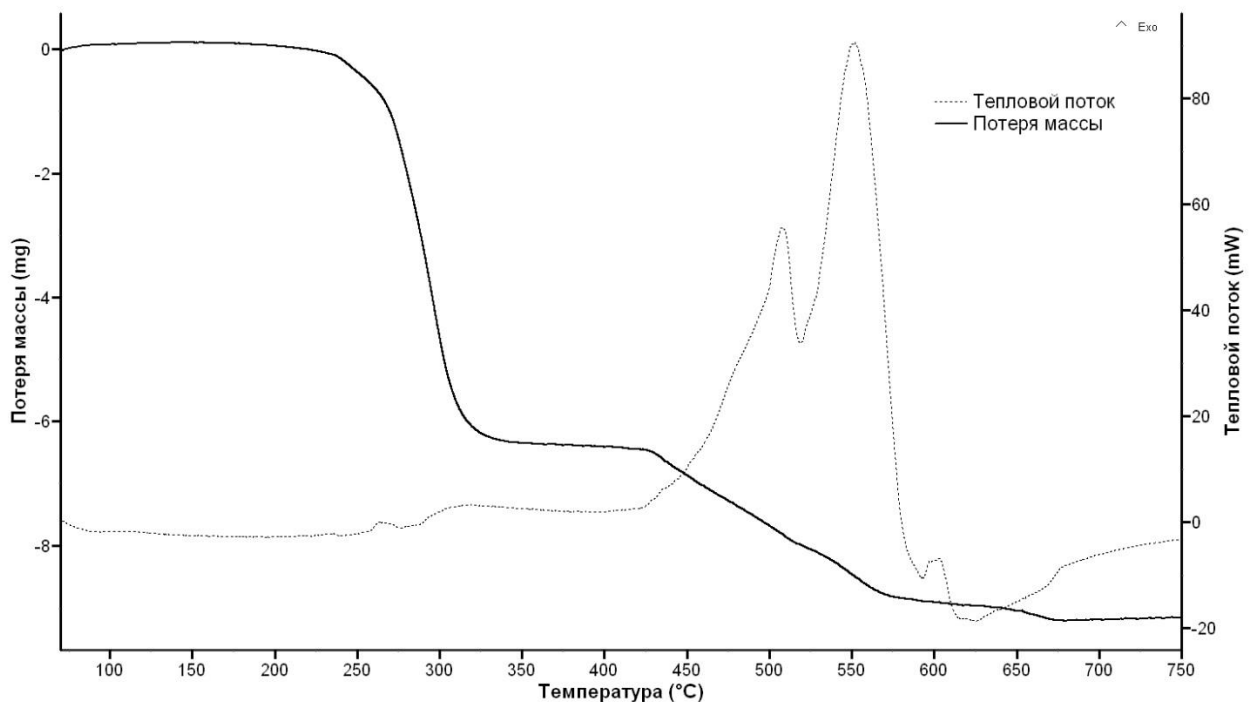


Рис. 2. Результаты термографического исследования ПВХ изоляции нестаренного провода

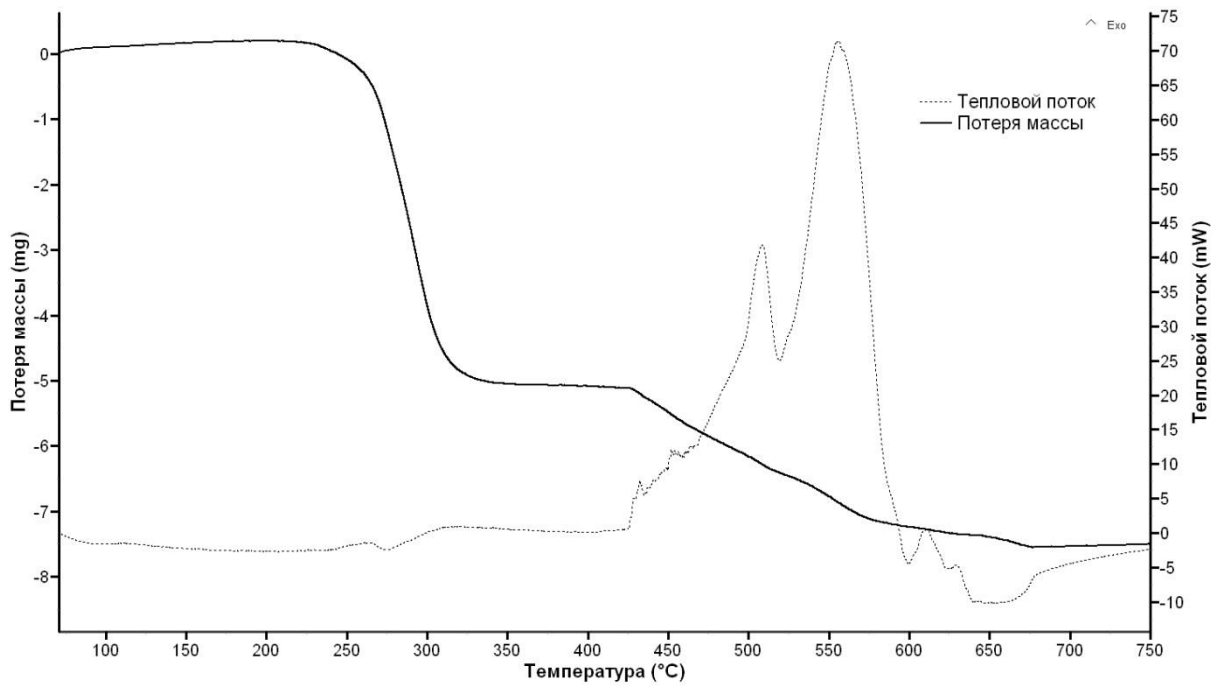


Рис. 3. Результаты термографического исследования ПВХ изоляции старенного провода

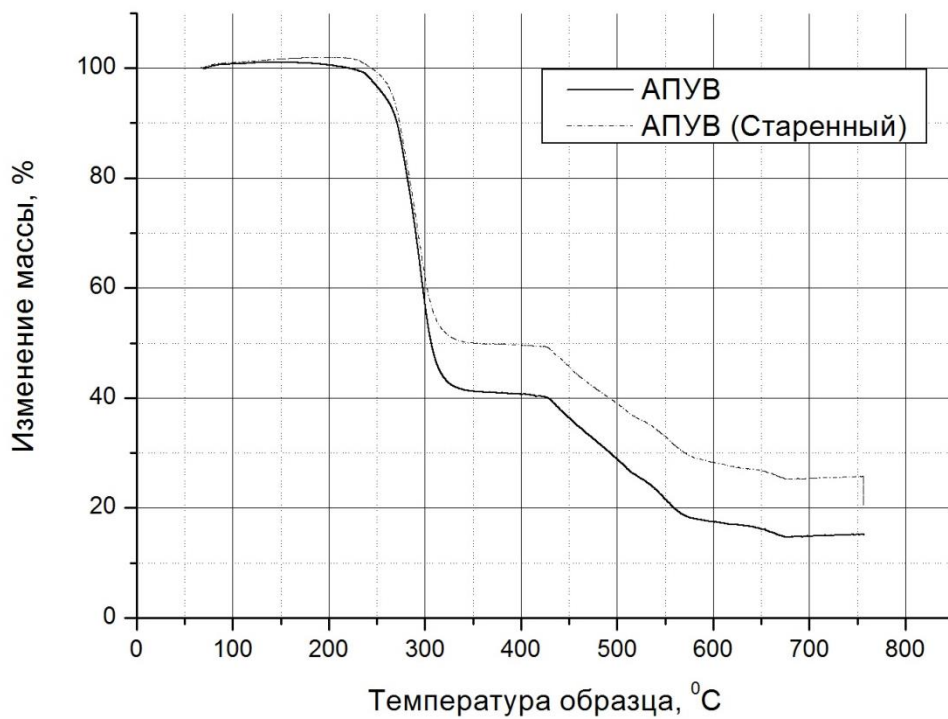


Рис. 4. Изменение массы (в % от исходной) нестаренного и старенного образцов

Ввиду низкой диэлектрической проницаемости поливинилхлорид обладает электроизолирующими свойствами, чем обусловлено его применение в составе изоляции электрокабельных изделий. Соответственно, можно предположить, что с уменьшением содержания ПВХ в изоляции электрокабельной продукции её изолирующие свойства будут также уменьшаться. Поэтому в процессе эксплуатации электрокабельной продукции вероятность короткого замыкания вследствие прокалывающего пробоя с течением времени увеличивается, что в свою очередь увеличивает риск возгорания.

Стоит отметить, что в процессе старения изоляции происходит образование углеродных связей между соседними цепями молекул ПВХ [7]. Образование таких связей, вероятно, происходит в результате отщепления атомов Cl из полимерной цепи. На рис. 5 показана предположительная структура углеродных связей между фрагментами двух соседних полимерных цепей ПВХ. Образование таких связей в структуре полимера увеличивает электропроводность, что снижает изолирующие свойства изоляции.

Значения кислородного индекса для старенных образцов изоляции составила 23,2, для нестаренных образцов – 23,6. Как видно из результатов, значение кислородного индекса незначительно снижается в процессе старения. Снижение значения может быть вызвано уменьшением количества хлоридных групп в составе полимера. При горении связь C-Cl в ПВХ разрывается с образованием различных газообразных хлорсодержащих соединений (хлороводород, оксиды хлора), которые вытесняют кислород из зоны горения, снижая тем самым его локальную концентрацию.

Список литературы

1. Павлова С. В. Причины пробоя изоляции силовых кабелей // Молодой ученый. 2011. № 6 (29). Т. 1. С. 92–95.
2. Полимерные материалы. Изделия, оборудование, технологии. Вып. № 2, 2002; № 4,5,7,8,9,10, 2003.
3. Структурные изменения в смесях линейных полимеров в процессе их физического старения / Н. В. Бабкина, Л. Ф. Косянчук, Т. Т. Тодосийчук [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2012. Т. 54. № 2. С. 256.
4. White J.R. Comp. Rend. Chim. 2006, vol. 9, P. 1396.
5. Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Шабунин С. А. Возможности термических методов анализа при определении пожарной опасности полимерных изоляционных материалов электрокабельных изделий // Современные про-

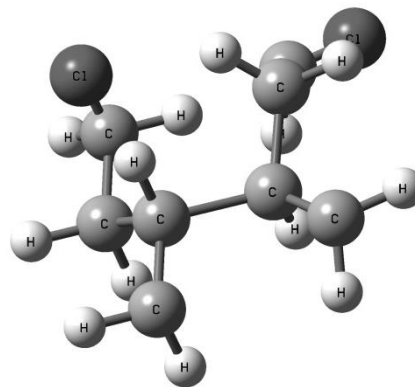


Рис. 5. Предполагаемая структура углеродной связи между фрагментами двух соседних полимерных цепей ПВХ

Проведенное исследование показало, что тепловое старение ПВХ-изоляции при эксплуатации электрокабельной продукции повышает её пожарную опасность. Повышение пожарной опасности вызвано снижением электроизолирующих свойств ПВХ-изоляции, по причине её термической деструкции и образованием углеродных связей между соседними цепочками ПВХ. Нарушения в химической структуре вместе с потерей эластичности приводят к увеличению вероятности нарушения целостности изоляции, что повышает риск возникновения короткого замыкания, что, в свою очередь, может привести к пожару.

блемы гражданской защиты. 2021. № 4 (41). С. 132–139.

6. Общая органическая химия. Т. 7. Под ред. Д. Бартона и У. Д. Оллиса. М.: Химия, 1984, 472 с.
7. Тагер А. А. Физико-химия полимеров. Издание 4-е, переработанное и дополненное. М.: Научный мир. 2007. 576 с.

References

1. Pavlova S. V. Prichiny proboya izolyacii silovyh kabelej [Causes of insulation breakdown of power cables]. *Molodoy uchenyj*, 2011, vol. 1., issue 6 (29), pp. 92–95.
2. *Polimernye materialy. Izdeliya, oborudovanie, tekhnologii* [Polymeric materials. Products, equipment, technologies]. issue 2, 2002; issue 4,5,7,8,9,10, 2003.
3. Strukturnye izmeneniya v smesyah linejnyh polimerov v processe ih fizicheskogo

stareniya [Structural changes in mixtures of linear polymers during their physical aging] / N. V. Babkina, L. F. Kosyanchuk, T. T. Todosijchuk [et al.]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya. Seriya A.* 2012, vol. 54, issue 2, P. 256.

4. White J.R. *Comp. Rend. Chim.* 2006, vol. 9, P. 1396.

5. Ul'eva S. N., Nikiforov A. L., Shabunin S. A. *Vozmozhnosti termicheskikh metodov analiza pri opredelenii pozharnoj opasnosti polimernyh izolyacionnyh materialov elektrokabel'nyh izdelij* [Possibilities of thermal analysis meth-

ods in determining the fire hazard of polymeric insulating materials of electrical cable products]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2021, iossue 4 (41), pp. 132–139.

6. *Obshchaya organicheskaya himiya Vol. 7. [General organic chemistry. Vol. 7.]*. / Pod red. D. Bartona i U. D. Ollisa. M.: Himiya, 1984, 472 p.

7. Tager A. A. *Fiziko-himiya polimerov* [Physico-chemistry of polymers]. Izdanie 4-e, pererabotannoe i dopolnennoe. M.: Nauchnyj mir. 2007, 576 p.

Богданов Илья Андреевич

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

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

Bogdanov Ilya Andreevich

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

Russian Federation, Ivanovo

postgraduate student

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

Шабунин Сергей Александрович

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

sergeyshabunin@yandex.ru

Shabunin Sergey 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

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

Шарабанова Ирина Юрьевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат медицинских наук, доцент, заместитель начальника академии по научной работе
E-mail: sharabanova@bk.ru

Sharabanova Irina Yurevna

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 medical sciences, associate professor, Deputy head of the Academy for Scientific work
E-mail: sharabanova@bk.ru

УДК: 623.459.64

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ПОЖАРНЫХ – РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ

Е. С. ДОЛГИХ, А. Г. БУБНОВ, И. В. САРАЕВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: dec19792011@yandex.ru, bubag@mail.ru, saraev-i-v@mail.ru

В статье представлена попытка решения нетривиальной задачи, заключающейся в повышении эффективности пожарно-спасательных подразделений МЧС России по Владимирской области при проведении боевых действий по тушению пожара в непригодной для дыхания среде за счёт разработки рекомендаций по техническому оснащению/переоснащению целевых подразделений средствами индивидуальной защиты органов дыхания и зрения. Представлены результаты анализа оснащённости вышеуказанных подразделений и эксплуатационные характеристики средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения пожарных, на основе которых сформировано множество данных для принятия соответствующих управленческих решений. Показано, что достигнутые результаты коррелируют с результатами, полученными другими авторами в данной области, что в свою очередь, демонстрирует адекватность полученных результатов.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения; пожарно-спасательные подразделения; относительная общая польза, анализ, выбор

PERSONAL RESPIRATORY PROTECTION EQUIPMENT FOR FIRE FIGHTERS – RECOMMENDATIONS FOR SELECTION

E. S. DOLGIKH, A. G. BUBNOV, I. V. SARAEV

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: dec19792011@yandex.ru, bubag@mail.ru, saraev-i-v@mail.ru

The article presents an attempt to solve a non-trivial task, which consists in increasing the efficiency of fire and rescue units of the Russian Ministry of Emergency Situations in the Vladimir region during combat operations to extinguish a fire in an unbreathable environment by developing recommendations for technical equipment / re-equipment of target units with personal respiratory protection and vision. The results of the analysis of the equipment of the above units and the operational characteristics of personal respiratory and eye protection equipment for firefighters are presented, on the basis of which a range of data is formed for making appropriate management decisions. It is shown that the results achieved correlate with the results obtained by other authors in this field, which in turn demonstrates the adequacy of the results obtained.

Key words: respiratory and visual personal protective equipment; fire and rescue units; relative overall benefit, analysis, choice.

Введение

По данным статистического сборника¹, на территории Российской Федерации (РФ) в 2020 году зарегистрировано более 439 тысяч пожаров, что на 6,9 % меньше, чем в предыдущем году. В результате пожаров погибло

8 262 человека. Для проведения боевых действий по тушению пожара и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в жилых многоквартирных домах, а также других зданиях (сооружениях), личный состав пожарно-спасательных подразделений (ПСП) использует средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД). Благодаря СИЗОД обеспечивается не только безопасная работа пожарных и спасателей, но и эвакуация, а также спасение людей, находящихся в зоне воздействия опасных факторов пожара (ОФП).

© Долгих Е. С., Бубнов А. Г., Сараев И. В.,
2022

¹ Сведения о пожарах и их последствиях за январь-декабрь месяцы 2020 года.

Наряду с этим стоит отметить, что Концепция общественной безопасности в Российской Федерации² в качестве приоритетных задач обеспечения безопасности определяет необходимость защиты населения от ЧС природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах, а также повышения уровня материального и технического оснащения сил обеспечения общественной безопасности.

Стоит отметить, что методическая поддержка принятия решения по техническому оснащению/переоснащению ПСП МЧС России СИЗОД, в настоящее время отсутствует в свободном доступе.

Следовательно, разработка рекомендаций по техническому оснащению ПСП СИЗОД является важной и актуальной задачей.

Отметим, что объективность при выборе СИЗОД, его производителя и марки остается для ПСП непростой задачей, поэтому целью проводимого исследования стала необходимость повышения эффективности оснащения ПСП (на примере Владимирской области) за счёт разработки рекомендаций по их техническому оснащению/переоснащению СИЗОД [1], на основе комплексного критерия, позволяющего оценить надёжностные, экономические и социальные показатели применения СИЗОД.

На первом этапе реализации задач исследования проводился сбор и обработка статистики эксплуатации СИЗОД за календарный год [2].

На втором этапе проводился анализ полученных данных (рис. 1), а также данные Федерального органа исполнительной власти³.

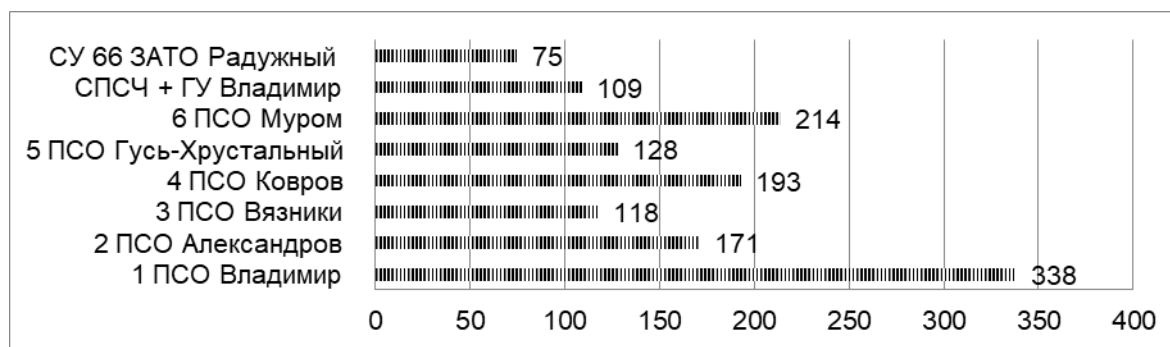


Рис. 1. Штатная численность СИЗОД в ПСП МЧС России по Владимирской области, шт.

Согласно данным, всего на территории Владимирской области расположено 2526 населённых пунктов, из них 32 городских и 2494 сельских населенных пунктов с общей численностью населения 1342099 человек. Прикрытие населенных пунктов (НП) области в границах территориального пожарно-спасательного гарнизона подразделениями государственной противопожарной службы (ГПС) составляет: по населённым пунктам 48,45 % (1224 населенных пункта), по населению 90,73 % (1232599 человек), общий процент прикрытия населенных пунктов составляет 73,48 %, населения 97,48 %.

Таким образом, предметом исследования являлась методика выбора оснащения СИЗОД ПСП МЧС России на примере Владимирской области, а объектом – рекомендации по их выбору. Оснащённость упомянутых ПСП иллюстрирует общую картину готовности к ре-

агированию на ЧС относительно численности населения и количества прикрываемых НП. Отметим, что наряду с этим, данные⁴ показывают разницу между приведёнными показателями для каждого структурного ПСП (пожарно-спасательного отряда (ПСО)) и это, в первую очередь, говорит о наличии на обслуживаемой территории значительного количества сельских НП. Также это указывает на отсутствие, либо незначительное количество подразделений пожарной охраны иных видов и малочисленных подразделений МЧС России, эксплуатирующих СИЗОД. Данное обстоятельство при малой плотности населения подтверждает 26,52 % неприкрытых по региону НП.

² Указ Президента Российской Федерации от 14 ноября 2013 года Пр-2685 «Концепция общественной безопасности в Российской Федерации»

³ Постановление губернатора Владимирской области от 13 июня 2007 г. № 433 «О реестре административно-территориальных образований и единиц Владимирской области».

Метод исследования

В настоящее время задача выбора СИЗОД для оснащения ПСП решается исключительно на стадии формирования закупки в соответствии с законодательством без учёта и контроля эксплуатационных показателей СИЗОД в ходе дальнейшей эксплуатации на всём сроке службы.

В статье 10 69-ФЗ⁴ говорится, что материальное обеспечение деятельности федеральной противопожарной службы (ФПС), социальных гарантий и компенсаций её личного составу лежит на бюджете Российской Федерации. Однако, в силу 44-ФЗ⁵, закупка средств защиты для спасателей осуществляется через тендеры, что определяет выбор пожарно-технического оборудования (ПТО) для обеспечения ПСП исходя из их условного показателя «цена–качество», но не всегда с оптимальными характеристиками. При существующем многообразии на рынке средств индивидуальной защиты (СИЗ), подход к выбору СИЗОД должен быть наиболее точным. При участии в тендерах и аукционах должностным лицам ПСП, которые подбирают производителя СИЗОД для пожарных и спасателей, необходимо уделять пристальное внимание к показателям надёжности предлагаемой продукции и актуальности сертификатов соответствия указанных СИЗ. Общие правила и порядок использования СИЗОД в период их эксплуатации указаны в приказе МЧС России⁶ (здесь установлены правила проведения личным составом ПСП аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием СИЗОД в НДС), но он не содержит рекомендаций по выбору марки СИЗОД для подразделений пожарной охраны. Однозначным выбор типа СИЗОД может быть лишь тогда, когда потребности ПСП совпадают с его техническими характеристиками, которые подтверждены стандартами и методикой испытаний: для дыхательных аппаратов на сжатом кислороде (ДАСК⁷) и дыхательных аппаратов на сжатом воздухе (ДАСВ⁸).

⁴ Федеральный закон от 18 ноября 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

⁵ Федеральный закон от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

⁶ Приказ МЧС России от 27.06.2022 № 640 «Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны»

⁷ ГОСТ Р 53256-2009. Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым кислородом с замкнутым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний.

⁸ ГОСТ Р 53255-2009. Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом с открытым цик-

Таким образом, в качестве метода проводимого исследования, принимается преобразованный критерий Вальда (W). Стоит отметить, что аналогичная проблематика была ранее успешно исследована в работах [1-3], главным образом, на примере гидравлического аварийно-спасательного инструмента и напорных пожарных рукавов. Метод основан на учёте надёжных показателей (P – вероятность безотказной работы; Q – вероятность отказа), которые формируют уровень техногенного риска (B), экономических (G – величина затрат на проведение технического обслуживания и ремонта СИЗОД) и социальных (V – величина ущерба, причинённого обществу и государству) [1–3] показателей.

На начальном этапе, после выбора объекта исследования, проводился анализ оснащённости ПСП [1–3] и сбор соответствующих статистических показателей, в том числе сведений об отказах в работе СИЗОД. На следующем этапе [2] проводились математическая обработка и анализ данных, а также преобразование их в необходимые расчётные параметры. Далее, на третьем этапе, рассчитывались показатели, характеризующие СИЗОД – с дальнейшим определением комплексного критерия ООП. Позже, на следующем этапе исследования, осуществлялось ранжирование итоговых значений ООП для СИЗОД на основании условия, описанного в [3]. Ну и, наконец, на завершающем этапе разрабатывались рекомендации соответствующим должностным лицам ПСП МЧС России по Владимирской области.

Первоочередной и основной задачей для проведения исследования наряду с подготовкой соответствующих форм для анкетирования газодымозащитников, стал сбор эксплуатационных данных по СИЗОД в структурных подразделениях Главного управления МЧС России по Владимирской области. Для оценки применения принятой методики были выбраны ПСО и их подчинённые ПСП. При этом исходными данными для определения комплексного критерия ООП послужило количественное распределение СИЗОД среди ПСП (рис. 2), а также статистика по их эксплуатации (за период 2020-2021 гг.).

Гистограмма (рис. 2) указывает на неравномерное распределение марок комплектов СИЗОД, среди эксплуатируемых в ПСП. По процентному соотношению ДАСВ преобладают комплекты – ПТС «Профи-М» и АП «Омега», что составляет 45,5 % и 52,5 % соответственно от общего количества состоящих на вооружении и лишь незначительную часть, а именно около 2 % – Драгер PSS-3000.

лом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний.

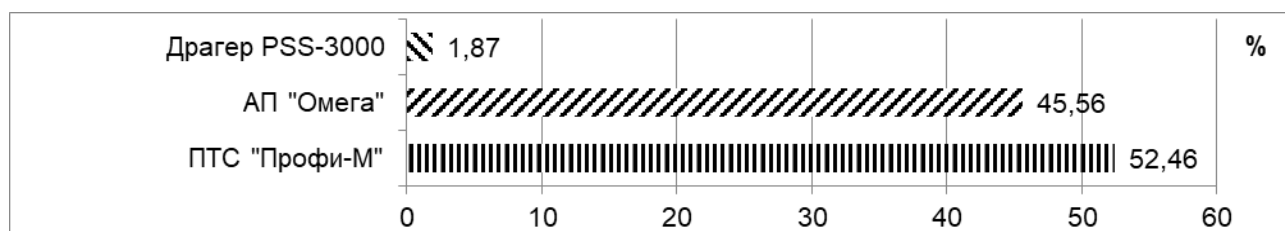


Рис. 2. Распределение СИЗОД по маркам среди ПСП МЧС России по Владимирской области (в процентном соотношении)

Таблица. Оценочные показатели, характеризующие СИЗОД

СИЗОД	Результаты расчёта						
	Q [*]	P ^{**}	B ^{***} , руб.	G ^{****} , руб.	V ^{*****} , руб.	ООП	Ранг
Драгер PSS-3000	0,062	0,938	1727901	1100	27628811	15,98	3
АП «Омега»	0,048	0,952	1330283	4100		20,76	2
ПТС «Профи-М»	0,047	0,953	1326183	3200		21,22	1

*Q – вероятность отказа; **P – вероятность безотказной работы; ***B – технический риск, переведённый в монетарный вид; ****G – расходы на регламентные работы по восстановлению рабочего состояния (в 2020 году по данным Главного управления МЧС России по Владимирской области); *****V – величина предотвращённого ущерба (в 2020 году по официальным данным Администрации Владимирской области).

Результаты исследования и их обсуждение

Полученная статистка была обобщена, структурирована и преобразована в исходные данные для проведения расчёта характеристик СИЗОД по [2]. Полученные результаты представлены в таблице и на рис. 3.

Проводя анализ таблицы и рис. 3 видно, что значения комплексного критерия ООП для исследуемых СИЗОД различны. Наиболее предпочтительным при выборе может быть комплект ПТС «Профи-М», достойным конкурентом которого, при незначительном отставании, является СИЗОД АП «Омега». Следовательно, по результатам применения ООП можно сделать вывод, о рациональности выбора и обоснованности финансовых затрат в результате осуществлённых ранее закупок комплектов СИЗОД (как наиболее адаптированных к условиям работы в ПСП МЧС России по Владимирской области) – исходя из их статистических данных и эксплуатационных показателей, полученных в исследуемый период.

С целью подтверждения адекватности полученных результатов расчёта, проведённых с помощью принятого метода оценки ООП, было осуществлено его сопоставление с результатами расчёта методом иерархической процедуры оценивания (ИПО) [4]. Данный метод применяется в связи с тем, что он является аудируемым математическим инструментом

системного подхода к решению схожих задач, не навязывающим какого-либо «правильного» решения, а также из-за его широкого применения в пожарной охране [5–7].

Оценённые показатели СИЗОД представлены в нормализованной – ранговой шкале Rg [8] (рис. 4).

Проведённая же аппроксимация обоих методов на примере ПСП МЧС России по Владимирской области показала, что выбранный метод ООП адекватен при выборе СИЗОД на стадии планирования оснащения целевых подразделений (рис. 5).

Следовательно, наиболее приемлемым и предпочтительным для оснащения ПСП, принятым для исследования методом, является СИЗОД ПТС «Профи-М» (рис. 5), в т.ч. и из-за удачного применения при работе на пожарах и учениях, а также практического опыта, указанных при анкетировании пожарных Владимирской области. При этом стоит отметить, что ИПО основан на опросе респондентов (экспертов) и может быть подвержен влиянию «человеческого фактора» на конечный результат. По итогам применения ИПО, также как и ООП, для выбора СИЗОД можно сформулировать рекомендации, где наиболее предпочтительным представляется ПТС «Профи-М», это можно объяснить тем, что, исходя из своего опыта, значительное количество респондентов отдадут предпочтение именно этому комплекту.

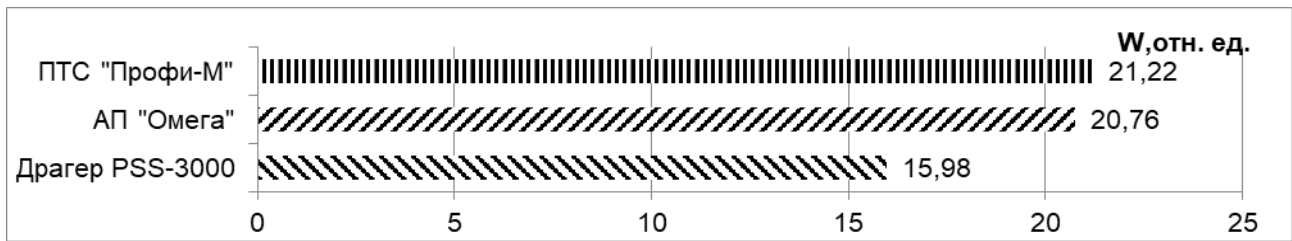


Рис. 3. Результаты расчёта для СИЗОД, состоящих на вооружении ПСП МЧС России по Владимирской области

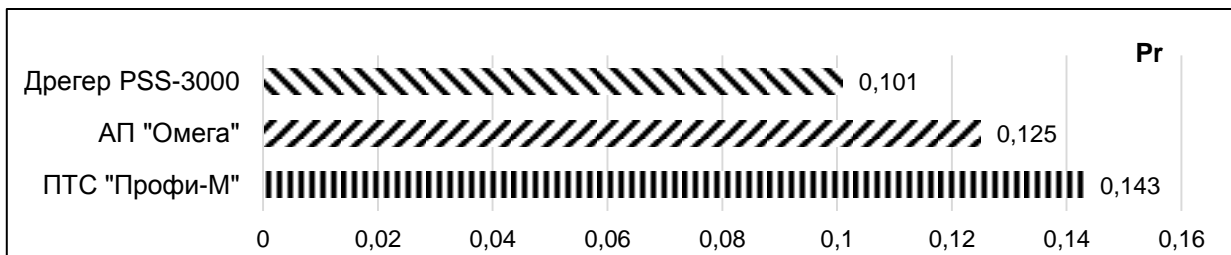


Рис. 4. Выбор СИЗОД с помощью ИПО (оценённые значения – векторы приоритета (Pr))

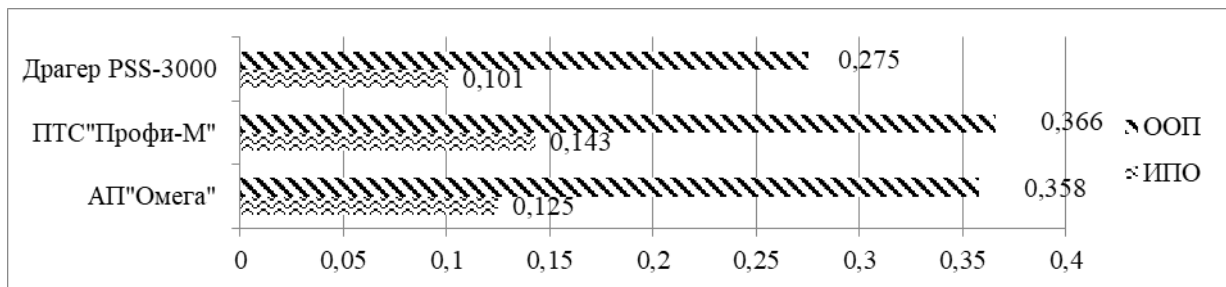


Рис. 5. Выбор СИЗОД (аппроксимация результатов по разным методам)

Заключение

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать обоснованный выбор СИЗОД для совершенствования технического оснащения ПСП МЧС России и, наряду с этим, сделать процесс выбора менее субъективным и в то же время более понятным:

1. На основе применённого в исследовании метода сформированы рекомендации для должностных лиц, ответственных за принятие решений по материальному обеспечению: акцентировать внимание на СИЗОД ПТС «Про-

фи-М» – для технического оснащения ПСП (оценки величин ООП и ИПО по нему имели наибольшие значения; т.е. ПТС «Профи-М» – наиболее подходящий из всех эксплуатируемых ДАСВ во Владимирской области).

2. Методика, изложенная в работах [1–3], может быть полезна для должностных лиц, подразделений негосударственных видов пожарной охраны. В меньшей степени это касается подразделений добровольной пожарной охраны, ввиду их недостаточно развитой инфраструктуры [9].

Список литературы

1. Сараев И. В., Бубнов А. Г., Моисеев Ю. Н. Применение комплексного критерия относительной общей пользы для выбора средств индивидуальной защиты органов защиты дыхания и зрения пожарных на примере

подразделений МЧС России по Ульяновской области // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 1. С. 74–82.

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

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

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

4. Томас Саати. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь. 1993. 314 с.

5. Сулима Т. Г., Мазаник А. И. Комплексная методика обоснования рационального варианта оснащения спасательного воинского формирования МЧС России // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 2 (33). С. 22–32.

6. Моделирование системы оценки и планирования мероприятий пожарной безопасности для территориально распределенных крупных организаций: монография / Е. В. Гвоздев, С. Ю. Бутузov, А. А. Рыженко [и др.]. М.: Изд-во Академия гражданской защиты МЧС России, 2017. 62 с.

7. Малыгин И. Г., Сальников С. Н. Методы принятия решения при разработке новых образцов пожарной техники: монография. Санкт-Петербург: ОАО «Новокузнецкий полиграфкомбинат», 2002. 87 с.

8. Венцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Издательство «Наука». 1969. 564 с.

9. Крикун А. И. Вопросы финансирования добровольной пожарной охраны // Новый юридический вестник. 2018. № 4 (6). С. 22–27. URL: <https://moluch.ru/th/9/archive/98/3472/> (дата обращения 13.10.2021).

References

1. Sarayev I. V., Bubnov A. G., Moiseyev Yu. N. Primeneniye kompleksnogo kriteriya otnositel'noy obshchey pol'zy dlya vybora sredstv individual'noy zashchity organov zashchity dykhaniya i zreniya pozharnykh na primere podrazdeleniy MCHS Rossii po Ulyanovskoy oblasti [Application of a comprehensive criterion of relative overall benefit for the selection of personal protective equipment for respiratory and eye protection of firefighters on the example of the units of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Ulyanovsk region]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2019, issue 1, pp. 74–82.

2. Sarayev I. V., Bubnov A. G. Kompleksnyy kriteriy dlya vybora pozharno-

tekhnicheskogo oborudovaniya pri osnashchenii podrazdeleniy MCHS Rossii [Comprehensive criterion for the selection of fire-technical equipment when equipping units of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2018, vol. 3 (47), pp. 86–93.

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

4. Tomas Saati. *Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy* [Making decisions. Hierarchy Analysis Method]. М.: Радио i svyaz', 1993, 314 p.

5. Sulima T. G., Mazanik A. I. Kompleksnaya metodika obosnovaniya ratsional'nogo varianta osnashcheniya spasatel'nogo voynskogo formirovaniya MCHS Rossii [A comprehensive methodology for substantiating a rational option for equipping a rescue military unit of the EMERCOM of Russia]. *Nauchnyye i obrazovatel'nyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2017, vol. 2 (33), pp. 22–32.

6. *Modelirovaniye sistemy otsenki i planirovaniya meropriyatiy pozharnoy bezopasnosti dlya territorial'no raspredelennykh krupnykh organizatsiy: monografiya* [Modeling the system for assessing and planning fire safety measures for geographically distributed large organizations: monograph] / Ye. V. Gvozdev, S. Yu. Butuzov, A. A. Ryzhenko [et al.]. М.: Izd-vo Akademiya grazhdanskoy zashchity MCHS Rossii, 2017. 162 p.

7. Malygin I. G., Sal'nikov S. N. *Metody prinyatiya resheniya pri razrabotke novykh obraztsov pozharnoy tekhniki: monografiya* [Decision-making methods in the development of new models of fire equipment: monograph]. Sankt-Peterburg: ОАО «Novokuznetskiy poligrafkombinat», 2002. 87 p.

8. Ventsel' Ye. S. *Teoriya veroyatnostey* [Probability theory]. М.: Izdatel'stvo «Nauka», 1969, 564 p.

9. Krikun A. I. Voprosy finansirovaniya dobrovol'noy pozharnoy okhrany [Issues of financing voluntary fire protection]. *Novyy juridicheskiy vestnik*, 2018, vol. 4 (6), pp. 22–27. URL: <https://moluch.ru/th/9/archive/98/3472/>

Долгих Евгений Сергеевич

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

адъюнкт

E-mail: dec19792011@yandex.ru

Dolgikh Evgeny 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

adjunct

E-mail: dec19792011@yandex.ru

Бубнов Андрей Германович

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

Доктор химических наук, доцент

E-mail: bubag@mail.ru

Bubnov Andrey Germanovitch

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

Doctor of Chemical Sciences, associate professor

E-mail: bubag@mail.ru

Сараев Иван Витальевич

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

Кандидат технических наук

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

Saraev Ivan Vitalevitch

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

Candidate of Technical Sciences

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

УДК 614.847.9

О ПРОБЛЕМЕ СОЗДАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ПРЕГРАД ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

А. А. ЛАЗАРЕВ, А. Н. МАЛЬЦЕВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: lazareva0803@yandex.ru

В статье обсуждается вопрос противопожарной защиты от ландшафтных пожаров и результаты проведенного исследования по оценке испытываемых образцов рулонного стеклопластика (с различным исполнением) противостоять активному воздействию на него ландшафтного пожара. Происходящие во всем мире с довольно частой регулярностью пожары, заставляют обратить внимание на существующие методы и способы борьбы с ними. К сожалению, в настоящий момент проблема разработки эффективного противопожарного устройства не нашла своего отражения ни в одном действующем нормативном документе. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения трудногорючего стеклопластика в условиях ландшафтного пожара. Авторами статьи предлагается решить ряд существенных задач по описанию методики проведения огневых испытаний трудногорючего материала в условиях непродолжительного огневого воздействия, обоснованию выбора материала сходного с реальными горючими материалами растительного происхождения, применяемого в качестве тестового очага, а также определить величину достоверности полученных данных методом аппроксимации.

В рамках исследования были проанализированы результаты изменения температурного режима в течение определенного времени воздействия на образец. Стоит отметить тот факт, что на протяжении всего времени огневого испытания исследуемый стеклопластик сохранил свою изначальную целостность и не утратил функций. По результатам полученных температурных данных проведена аппроксимация и выведены уравнения, которые с определенной степенью достоверности описывают полученные зависимости.

Ключевые слова: ландшафтный пожар, пожарная безопасность, трудногорючий стеклопластик, уравнение, тестовый очаг.

ABOUT THE PROBLEM OF CREATING FIRE BARRIERS TO PROTECT AGAINST LANDSCAPE FIRES

A. A. LAZAREV, A. N. MALTSEV

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: malec-37@mail.ru

The article discusses the state of the issue of fire protection against landscape fires and the results of a study conducted to evaluate test samples of rolled fiberglass (with various designs) to resist the active impact of landscape fire on it. Fires occurring all over the world with a fairly frequent regularity, force us to pay attention to existing methods and ways of combating them. Unfortunately, at the moment the problem of developing an effective fire-fighting device has not been reflected in any current regulatory document. The practical significance of the study lies in the possibility of using refractory fiberglass in a landscape fire. The authors of the article propose to solve a number of significant tasks to describe the methods of conducting fire tests of a difficult-to-burn material under conditions of short-term fire exposure, to justify the choice of a material similar to real combustible materials of plant origin used as a test focus, and also to determine the reliability of the data obtained by the approximation method.

As part of the study, the results of changes in the temperature regime during a certain time of exposure to the sample were analyzed. It is worth noting the fact that throughout the entire time of the fire test, the fiberglass under study retained its original integrity and did not lose its functions. Based on the results of

the obtained temperature data, an approximation was carried out and equations were derived that describe the obtained dependencies with a certain degree of confidence.

Keywords: landscape fire, fire safety, refractory fiberglass, equation, test hearth.

Введение

Практически ежегодно человечество сталкивается с проблемой массового выгорания лесов, а впоследствии и населенных пунктов. Так называемые «ландшафтные пожары»¹ охватывают колоссальные по площади территории как в Российской Федерации, так и за рубежом, которые уничтожают или повреждают большое количество жилых домов и хозяйственных построек. Так, например, в 2015 году сильные пожары произошли в Южной Сибири, Забайкалье, на Урале. В апреле этого года в результате пожаров в Хакасии погибли 32 человека. Пострадали более 1,5 тысяч человек, 4694 человека лишились жилья. Огонь уничтожил и повредил 1678 жилых домов в 33 населенных пунктах. Множественные очаги возгорания возникли из-за сжигания сухой травы при сильном ветре, порывы которого достигали 30 м/сек².

В соответствии с законодательством³, на сегодняшний день предусматривается выполнение 1 из 3 вариантов реализации противопожарных мероприятий. К таким мероприятиям относятся [1]:

- очистка прилегающей к лесу территории от сухой травянистой растительности, пожнивных остатков, валежника, порубочных остатков, мусора и других горючих материалов на полосе шириной не менее 10 метров от леса;

- отделяют лес противопожарной минерализованной полосой шириной не менее 0,5 метра;

- создание иного противопожарного барьера.

Однако на практике возникают случаи невозможности проведения первых двух противопожарных мероприятий из-за отсутствия подъездных путей для специальной техники. При этом третий вариант организационно-технических решений в нормативных документах не описан. Данная проблема может быть решена путем создания противопожарной пре-

грады из трудногорючего стеклопластика (далее – ППТС). Авторами предложена методика проведения огневых испытаний с целью изучения свойств стеклопластика рулонного марки РСТ-250 (далее – стеклопластик, РСТ-250) при температурном режиме для стандартного ландшафтного пожара.

Большое количество научных исследований и инженерных разработок [2–10] в Российской Федерации и за рубежом посвящено решению проблем создания противопожарных преград в зданиях, а также нефтегазовой отрасли. Гораздо меньше исследований на открытых территориях, которые смогли бы внести существенный эффект и показать достойный результат в области защиты объектов и ограничить распространение ландшафтного пожара в пространстве системы «лес-поле-населенный пункт». Авторами была проанализирована статистика пожаров, произошедших на открытых территориях за 2017–2021 года⁴, которая приведена в таблице.

Из таблицы видно, что за последние три года наблюдается положительная динамика снижения количества пожаров на открытых территориях. Так, например, в период с 2019 по 2020 год снижение общего количества числа пожаров составило порядка 8 %. С 2020 по 2021 год снижение составило около 17 %. Однако не стоит упускать из виду такой параметр, как гибель людей на пожаре (в период с 2019 по 2020 год идет рост числа погибших людей на 29 %), поэтому мероприятия по предотвращению распространения ландшафтных пожаров носят актуальный характер.

Объектом исследования является трудногорючий материал РСТ-250 и его модификация посредством нанесения слоя бетона на тканевую основу, закрепляемую на металлической подставке.

Предметом исследования была динамика температуры тыльной стороны исследуемых образцов стеклопластика различного исполнения, закрепляемых на металлической подставке при огневом воздействии.

¹ Охрана природы. Охрана и защита лесов. Термины и определения: введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам: ГОСТ 17.6.1.01-83.

² Случаи природных пожаров, нанесших крупный ущерб населенным пунктам РФ с 2010 г. Досье - ТАСС (tass.ru).

³ Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 (ред. от 21.05.2021)

⁴ Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: П 46 ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.

Таблица. Распределение основных показателей обстановки с пожарами за 2017–2021 года на открытых пространствах⁴

Объект пожара	Количество пожаров, ед. / % от общего количества пожаров Прямой материальный ущерб, тыс. руб. / % от общего ущерба Погибло, чел. / % от общего количества погибших									
	2017		2018		2019		2020		2021	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Место открытого хранения вещества, материалов, с/х угодья и прочие открытые территории (кроме мусора)	3443	2,59	3246	2,46	161741	34,31	149023	33,92	123999	31,73
	93184	0,68	432177	2,79	254444	1,40	276505	1,32	247666	1,52
	8	0,10	17	0,21	22	0,26	31	0,37	20	0,24
В т.ч. сухая трава (сено, камыши и т.д.).	-	-	-	-	139495	29,59	125081	28,47	101489	25,97
	-	-	-	-	54594	0,30	12132	0,06	20170	0,12
	-	-	-	-	14	0,16	22	0,26	13	0,15

Задачи исследования

1. Обосновать выбор горючего материала растительного происхождения для создания тестового очага пожара.

2. Описать методику проведения огневых испытаний образца, состоящего из одного слоя стеклопластика (далее – образец исполнения № 1) и образца, состоящего из слоя стеклопластика и слоя бетона, нанесенного на тканевую основу (далее – образец исполнения № 2).

3. Установить закономерность изменения температуры тыльной стороны испытуемых образцов с течением времени огневого воздействия.

4. Получить уравнения, описывающие динамику исследуемого процесса и определить величину достоверности данных по результатам проведенного исследования.

Методы исследования

Для испытания образцы исполнения № 1 и № 2 были закреплены на металлической подставке (рис. 1а). При проведении эксперимента использовался тестовый очаг пожара (далее – ТОП-1). Указанный тестовый очаг изображен на (рис. 1 б). Он был разработан для проведения испытаний с учетом государственного стандарта. Для создания ТОП-1 используется стальное решетчатое основание размерами 0,5×0,5×0,5 м⁵. Далее на основе проведенного

анализа [11] была установлена целесообразность применения сена в качестве горючего материала растительного происхождения для создания тестового очага пожара. Влажность сена $W=17\%$ по отраслевому стандарту⁶.

Общий вид ТОП-1 представлен на рис. 1б. С целью имитации ландшафтного пожара здесь на указанное стальное решетчатое основание (1) равномерно раскладывается сено (2) в 7 слоев и массой 2,38 кг. Образец размещается на стальной подставке в непосредственной близости от тестового очага пожара под углом 30° к данному очагу. Данные образцы имеют люверсы, через которые при помощи хомутов они закрепляются на подставке. Пространство между поверхностью земли и стальной подставкой просыпается кварцевым песком или пескосоляной смесью.

В качестве источника воспламенения горючего материала служат 5 мл бензина, налитого в емкость (3) с диаметром 0,05 м., которая устанавливается в центре нижней части основания ТОП-1.

Схема размещения образцов (1) на стальной подставке (2) в непосредственной близости к ТОП-1 (3) приведена на рис. 2.

⁵ ГОСТ 53325-2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний.

⁶ ОСТ 10243 – 2000. Стандарт отрасли сено.

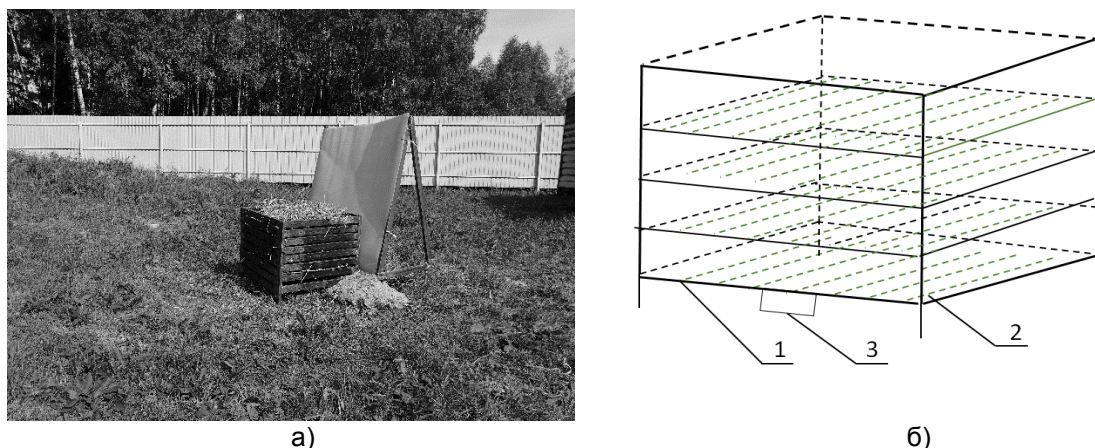


Рис. 1. Предлагаемая конструкция:
а) – натуральная фотография, б) – общий вид ТОП-1

Во время испытаний температура с тыльной стороны контролируется тепловизором каждые 30 с. Скорость ветра до 2 м/с, температура воздуха выше 20 °С. Эксперимент проводится в два этапа. На первом этапе испытуемый образец РСТ-250 подвергался первоначальному воздействию пламени ТОП-1. Второй этап начинался после достижения испытуемым образцом РСТ-250 температуры

окружающей среды. На данном этапе образец РСТ-250, подверженный воздействию пламени на первом этапе, модифицируется посредством присоединения к внешней стороне стеклопластика слоя застывшего бетона на тканевой основе. Полученный таким образом образец исполнения № 2 аналогичным образом испытывался повторным воздействием пламени от ТОП-1.

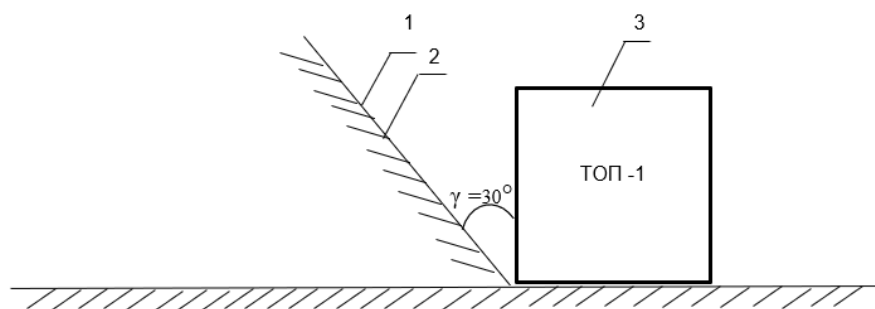


Рис. 2. Установка для проведения огневых испытаний:
1 – испытуемые образцы; 2 – стальная подставка; 3 – ТОП-1

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 3 представлены фотографии частей образца исполнения № 2 по окончании огневых испытаний. На рис. 3а показан стеклопластик РСТ-250, который подвергся огневому воздействию на первом этапе, был модифицирован посредством присоединения к внешней стороне стеклопластика слоем застывшего бетона на тканевой основе (со средней толщиной

слоя 7 мм), затем подвергнут огневому воздействию на втором этапе. На рис. 3б показано разрушение слоя застывшего бетона на тканевой основе после огневого воздействия. Температура воздуха при проведении эксперимента была равна 28 °С. Скорость ветра не превышала 1,1 м/с. Средняя продолжительность пламенного горения в ТОП-1 равна 8 минутам 6 секундам.

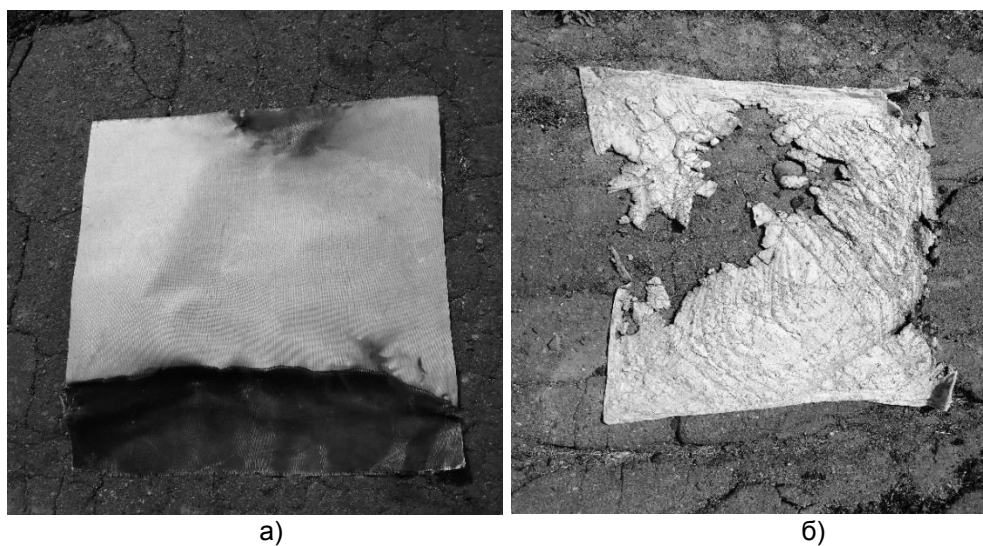


Рис. 3. Фотографии частей образца исполнения № 2 в результате огневого воздействия: а) РСТ-250; б) разрушенный слой застывшего бетона на тканевой основе

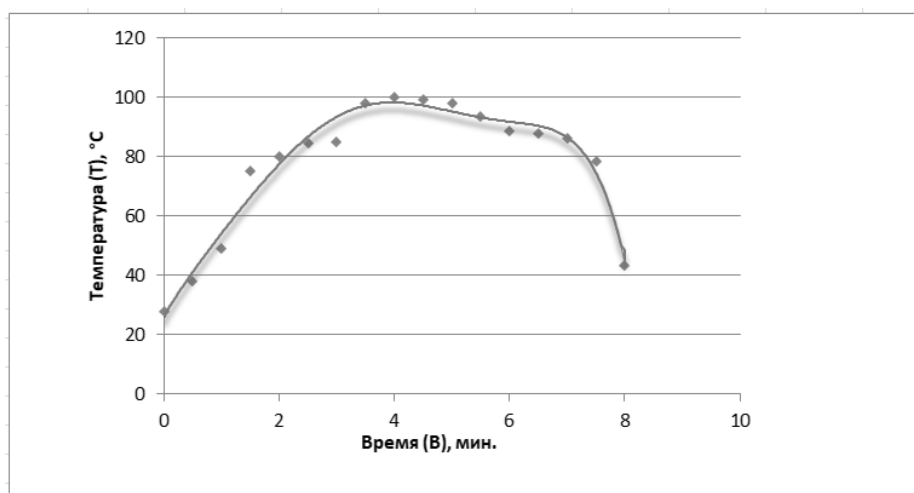


Рис. 4. Зависимость температуры тыльной стороны стеклопластика от времени огневого воздействия ТОП-1 на первом этапе

На рис. 4 представлена динамика изменения температуры с тыльной стороны РСТ-250 при огневом воздействии под углом 30° на первом этапе эксперимента. Полученные эмпирические данные были проанализированы, проведена их аппроксимация [12],

$$T_1(B) = -0,014B^6 + 0,290B^5 - 1,988B^4 + 5,552B^3 - 8,922B^2 + 32,904B + 26,253 \quad (1)$$

где T_1 – температура тыльной стороны стеклопластика на первом этапе эксперимента, °С, B – время огневого воздействия, мин, $0 \text{ мин} \leq B \leq 8 \text{ мин}$. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,970$.

Во время проведения второго этапа эксперимента с образцами исполнения № 2

рассчитана величина коэффициента детерминации ($R^2 \leq 1$)

Из рис.4 видно, что зависимость $T=f(B)$ носит полиномиальный характер. В результате аппроксимации данных получено следующее уравнение:

было проведено измерение температуры с тыльной стороны РСТ-250 при огневом воздействии под углом 30°(рис. 5). Затем проведена аппроксимация экспериментальных данных [12], рассчитан коэффициент детерминации ($R^2 \leq 1$).

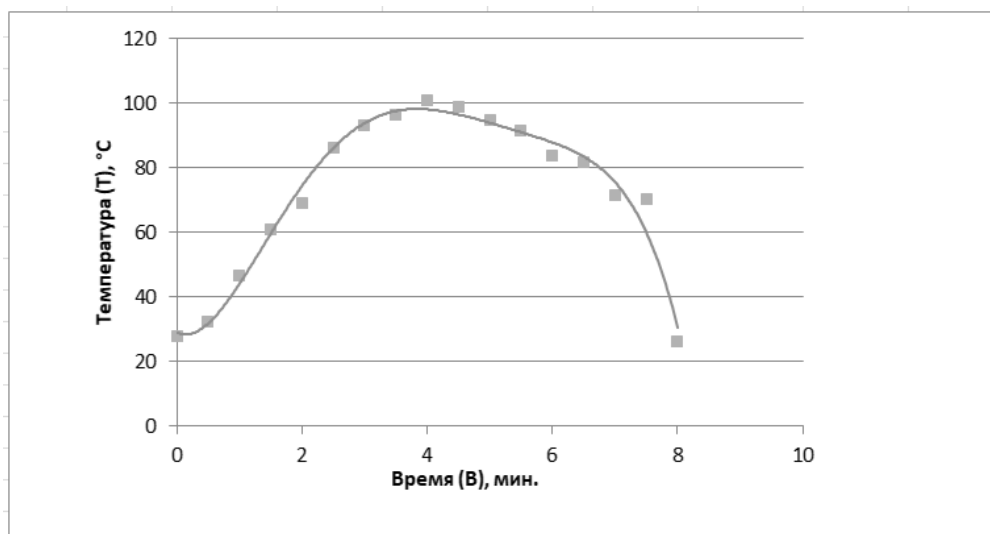


Рис. 5. Зависимость температуры тыльной стороны стеклопластика от времени огневого воздействия ТОП-1 на втором этапе

В результате аппроксимации данных, представленных на рис. 5 получено следующее уравнение:

$$T_2 (B) = -0,0916B^5 + 1,831B^4 - 13,089B^3 + 35,566B^2 - 9,399B + 29,124 \quad (2)$$

где T_2 – температура тыльной стороны стеклопластика на втором этапе эксперимента, °С, B – время огневого воздействия, мин, $0 \text{ мин} \leq B \leq 8 \text{ мин}$. Для зависимости температуры от времени огневого воздействия на рис. 5 коэффициент детерминации $R^2 = 0,979$.

Сопоставляя результаты первого и второго этапов эксперимента можно прийти к выводу о достаточной надежности стеклопластика при заданных условиях, поскольку в результате непродолжительного огневого воздействия пламени отмечалась относительно невысокая температура с тыльной стороны РСТ-250. Однако стоит отметить, что модификация образца посредством присоединения к внешней стороне стеклопластика слоя застывшего бетона на тканевой основе является неэффективной, так как по итогам огневого воздействия внешний слой образца значительным образом разрушается.

Заключение

В работе по созданию противопожарной преграды для защиты от ландшафтных пожаров был проведен эксперимент, который позволил сделать следующие выводы:

1. Определено исполнение тестового очага пожара для проведения огневого испытания образцов на основе стеклопластика, предназначенных для создания противопожарной преграды для защиты от ландшафтных пожаров. Обосновано применение сена в качестве горючего материала растительного происхождения для создания данного тестового очага пожара.

2. Предложена методика проведения огневого испытания образцов на основе стеклопластика, предназначенных для создания противопожарной преграды для защиты от ландшафтных пожаров.

3. Установлена закономерность изменения температуры тыльной стороны испытуемых образцов с различным исполнением в течение времени огневого воздействия на двух этапах: при однократном и двукратном огневом воздействии от тестового очага ТОП-1.

4. Получены уравнения (1) и (2), которые с определенной степенью достоверности позволяют определить параметры, необходимые для создания противопожарных преград из стеклопластика.

Список литературы

1. Мальцев А. Н., Лазарев А. А. Технологии создания противопожарных преград // Перспективные технологии и материалы: материалы Международной научно-практической конференции. Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2022. С. 406–410.

2. Теплозащитные экраны «Согда» — наиболее эффективное решение проблемы противопожарных ограждений на автогазозаправочных станциях / Н. Н. Брушлинский, В. Л. Карпов, М. Х. Усманов [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2012. № 3. С. 1–5. URL: <http://agps2006.narod.ru/ttb/2012-3/06-03-12.ttb.pdf>.

3. Инновационная технология ослабления тепловых и газовых потоков / Н. Н. Брушлинский, В. Л. Карпов, А. Х. Курбанов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 5. С. 71–80.

4. Патент 2229910 Российская Федерация МПК А 62 С 2/10. Способ ослабления воздействия потока энергии в виде света, тепла и конвективных газовых потоков, огнестойкий экран и огнезащитное укрытие на его основе / В. Л. Страхов, А. М. Крутов, С. В. Заикин [и др.]; опубл. 10.06.2004, Бюл. № 16.

5. Патент 2260658 Российская Федерация МПК Е 04 В 1/94. Противопожарная стена / А. А. Шухардин, А. Б. Аюбян, С. Н. Климин; опубл. 20.09.2005, Бюл. № 26.

6. Ушаков А. Г., Ушакова Е. С., Ушаков Г. В. Силикатные материалы для изготовления огнестойких противопожарных перегородок // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Юрга: Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета. 2014. С. 413–416.

7. Страхов В. Л., Заикин С. В. Расчет оптимальных параметров огнестойкого экрана противопожарных штор и укрытий // Транспорт на альтернативном топливе. 2010. № 3 (15). С. 20–24.

8. Гарданова Е. В., Идрисов А. В. Способы противопожарной защиты от распространения опасных факторов пожара через проемы в междуэтажных перекрытиях при создании многосветных пространств // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2016. № 4 (21). С. 93–94.

9. Фрянова К. О., Гербель Д. П. Влияние характерных свойств лесного массива и скорости ветра на размеры противопожарного разрыва при верховых лесных пожарах // Материалы молодежного экологического форума.

Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева. 2013. С. 213–217.

10. Булва И. В. Пространственное распределение опасных факторов пожара с учетом работы водяной завесы в качестве противопожарной преграды // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 1. № 1 (7). С. 134–136.

11. Зайцев А. М., Губский С. В. К вопросу возникновения лесных пожаров вследствие самовозгорания лесной подстилки // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2016. № 4 (21). С. 22–29.

12. Уравнения значений температуры срабатывания термочувствительных элементов пожарных извещателей, встроенных в бетонный блок / С. В. Федосов, А. А. Лазарев, М. В. Торопова [и др.] // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. № 4 (60). С. 35–42.

References

1. Maltsev A. N., Lazarev A. A. Tehnologii sozdaniy protivopogarnix pregrad [Technologies for creating fire barriers]. *Perspektivnyye tekhnologii i materialy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Sevastopol': Sevastopol'skiy gosudarstvennyy universitet, 2022, pp. 406–410.

2. Teplozachitnye ecrany «Sogda» – naibolee effektivnoe rechenie problemu protivopogarnux ogragdeniy na avtogazozapravochnykh stanchiyx [Sogda heat shields are the most effective solution to the problem of fire barriers at gas filling stations] / N. N. Brushlinskiy, V. L. Karpov, M. H. Usmanov [et al.]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2012, issue 3, pp. 1–5. URL: <http://agps2006.narod.ru/ttb/2012-3/06-03-12.ttb.pdf>

3. Innovacionnaya texnologiya oslableniy teplovuch i gazovuch potocov [Innovative technology of attenuation of heat and gas flows] / N. N. Brushlinsky, V. L. Karpov, A. H. Kurbanov, [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2013, vol. 22, issue 5, pp. 71–80.

4. Strakhov V. L. Sposob oslableniy vozdeystvia potoka energii v vide potokov sveta, tepla i konvektivnogo gaza, ognestoyciy ecran i ognestoycoe ucritie na ego osnove [A method for attenuating the effects of energy flow in the form of light, heat and convective gas flows, a fire-resistant screen and a fire-resistant shelter based on it], Patent 2229910 Rossiyskaya Federatsiya IPC A 62 C 2/10, opubl. 10.06.2004, Byul. № 16.

5. Shukhardin A.A. Protivopogarnay stena [Fire wall], Patent 2260658 Rossiyskaya Federatsiya IPC E 04 B 1/94.; opubl. 09.20.2005, Byul. № 26.

6. Ushakov A. G., Ushakova E. S., Ushakov G. V. Silicatnye materialy dlya izgotovleniya ognestoichiv protivopogarnyx peregorodok [Silicate materials for the manufacture of fire-resistant fire barriers]. *Ekologiya i bezopasnost' v tekhnosfere: sovremennyye problemy i puti resheniya: sbornik trudov vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchennykh, aspirantov i studentov*. Yurga: Yurginskiy tekhnologicheskii institut (filial) Natsional'nogo issledovatel'skogo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2014, pp. 413–416.

7. Strakhov V. L., Zaikin S. V. Ratchet optimalnykh parametrov ognestoycogo ekrana protivopogarnyx shtor i ukruityy [In calculating the optimal parameters of the fire-resistant screen of fire curtains and shelters]. *Transport na al'ternativnom toplive*, 2010, vol. 3 (15), pp. 20–24.

8. Gardanova E. V., Idrisov A. V. Sposobu protivopogarnoy zachitu ot rasprostraneniya opasnuy faktorov pogara cherez proemy v megduetagnyx perekruityyakh pri sozdaniy mnog-osvetnykh prostranstv [Methods of fire protection against the spread of fire hazards through openings in floor-to-floor ceilings when creating multi-light spaces]. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii*, 2016, vol. 4 (21), pp. 93–94.

9. Fryanova K. O., Gerbel D. P. Vliyaniye kharakternykh svoystv lesnogo massiva i skorosti vetra na razmeru protivopogarnogo razruva pri verkhovykh lesnykh pozarax [The influence of the

characteristic properties of the forest area and wind speed on the size of the fire gap in riding forest fires]. *Materialy molodezhnogo ekologicheskogo foruma*, Kemerovo: Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet im. T. F. Gorbacheva, 2013, pp. 213–217.

10. Bulva I. V. Prostranstvennoye raspredeleniye opasnuy faktorov pogara s uchetyom rabotu vodunoy zavesu v kachestve protivopogarnoy pregradu [Spatial distribution of fire hazards taking into account the operation of a water curtain as a fire barrier]. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*, 2016, vol. 1, issue 1 (7), pp. 134–136.

11. Zaitsev A. M., Gubsky S. V. K voprosu vozniknoveniy lesnykh pogarov vsledstvie samovozgoraniya lesnoy podstilki [On the issue of the occurrence of forest fires due to spontaneous combustion of forest litter]. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii*, 2016, vol. 4 (21), pp. 22–29.

12. Yravneniya znacheniy temperanuru sratatuvaniya termochustvitelnuy elementov pogarnuy izvechateley, vstroennuy v betonnyy blok [Equations of values of temperature of operation of thermosensitive elements of fire detectors embedded in a concrete block] / S. V. Fedosov, A. A. Lazarev, M. V. Toropova [et al.]. *Nauchnyy zhurnal stroitel'stva i arkhitektury*, 2020, vol. 4 (60), pp. 35–42.

Лазарев Александр Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры

E-mail: lazareva0803@yandex.ru

Lazarev Alexander Alexandrovich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, candidate of technical sciences,

associate professor, head of the department

E-mail: lazareva0803@yandex.ru

Мальцев Алексей Николаевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

адъюнкт

E-mail: malec-37@mail.ru

Maltsev Alexey 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

adjunct

E-mail: malec-37@mail.ru

УДК 543.57:674.03

ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМООКСИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ДРЕВЕСИНЫ РАЗНЫХ ПОРОД

Н. Ш. ЛЕБЕДЕВА, Д. Г. СНЕГИРЕВ, Ж. Ф. ГЕССЕ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: nsl@isc-ras.ru, snegirev.1965@bk.ru, zhenni.gesse@mail.ru

Существуют два основных подхода к увеличению срока безопасной эксплуатации строительных конструкций из древесины. Наиболее распространенный – антипиреновая и биоцидная обработка материала химическими реагентами. Как правило, состав, используемый для повышения огнестойкости древесины, считается универсальным и не учитывает химический состав разных пород древесины. Однако, химический состав древесины различных пород отличается, в связи с чем, вероятно, будет отличаться и кинетика процесса горения. Знание лимитирующей стадии позволит более корректно подойти к выбору антипиренов для конкретной породы древесины.

Целью настоящей работы являлось кинетическое исследование процессов термоокислительной деструкции древесины разных пород – лиственной (береза) и хвойной (ель). В качестве объектов для исследования использовали необработанные образцы древесины.

Установлено, что термоокисление древесины протекает ступенчато, включая этапы преимущественно связанные с термоокислением гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина. В рамках топохимического подхода проведен кинетический анализ отдельных этапов термоокисления образцов древесины. Для каждого этапа определена энергия активации и лимитирующая стадия. Показано, что термоокисление березы, за исключением начальной стадии термоокисления, лимитируется протекающими химическими реакциями. В то время как процесс деструкции ели, за исключением конечной стадии термоокисления, лимитируется зародышеобразованием и ростом зародышей фазы продуктов термоокисления.

Ключевые слова: термохимическое исследование, кинетические характеристики, термоокислительная деструкция древесины, лимитирующая стадия процесса.

THERMOCHEMICAL INVESTIGATION OF PROCESSES OF THERMOOXIDATIVE DESTRUCTION OF DIFFERENT SPECIES WOOD

N. Sh. LEBEDEVA, D. G. SNEGIREV, Zh. F. GESSE

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: nat.lebede2011@yandex.ru, snegirev.1965@bk.ru, zhenni.gesse@mail.ru

There are two main approaches to increase the safe life of wood building structures. The most common method is flame retardant and biocidal treatment of the material by chemical reagents. Usually, the composition for raising the fire resistance of wood is universal and does not take into account the chemical composition of different species of wood. However, the chemical composition of wood of different species is different. Probably the kinetics of the combustion process will be different too. Knowledge of the limiting stage will allow to choose of fire retardants for a particular species of wood more correctly.

The purpose of present work is a kinetic study of the processes of thermal-oxidative degradation of different species wood - deciduous (birch) and coniferous (spruce). The objects for the study were untreated wood samples.

It is established that the thermal oxidation of wood proceeds in several stages and includes stages associated with the thermal oxidation of hemicelluloses, cellulose and lignin mostly. Using the topochemical approach, a kinetic analysis of individual stages of thermal oxidation of wood samples was carried out. The activation energy and the limiting stage for each stage were determined. It is shown that the thermal oxida-

tion of birch (except: the initial stage of thermal oxidation), is limited by chemical reactions. The process of destruction of spruce (except: the final stage of thermal oxidation), is limited by nucleation and its growth.

Key words: thermochemical research, kinetic characteristics, thermooxidative destruction of wood, limiting stage of the process.

Древесина широко используется в качестве строительного материала, что обусловлено ее экологичностью, сравнительной твердостью, прочностью. Немаловажным фактором является и возобновляемость этого ценного природного ресурса. Необработанная древесина подвержена воздействию различных внешних факторов, таких как свет, влага, тепло, кислород, загрязняющие вещества, и, со временем, может изменять свои свойства. Наличие влаги способствует поражению грибом и приводит к существенному разрушению древесины. Воздействие света изменяет цвет древесины. Нагрев может привести к растрескиванию слоев, уменьшению несущей способности или может стать причиной возгорания/пожара.

Основной недостаток древесины – это повышенная пожарная опасность. Так, например, согласно статистическим данным по пожарам вне зданий¹, в 2021 г. произошло 93 пожара на складах лесопиломатериалов (в 2020 г. – 122, в 2019 г. – 109, в 2018 г. – 47), 191 пожар, связанный с горением дров, поленьев (в 2020 г. – 265, в 2019 г. – 192, в 2018 г. – 55). Реальное количество пожаров, обусловленных горением древесины, несколько выше, если учесть пожары, произошедшие в домах, постройках из древесины и древесных материалов и т.д.

Существуют два основных подхода к увеличению срока безопасной эксплуатации строительных конструкций из древесины. Наиболее распространенный – антипиреновая и биоцидная обработка материала химическими реагентами. Как правило, химический состав, используемый для повышения огнестойкости древесины, считается универсальным и не учитывает химический состав разных пород древесины. Известно, что свойства древесины различных пород существенно отличаются, например, плотностью (393 кг/м³ (тополь), 422 кг/м³ (ель), 455 кг/м³ (осина), 584 кг/м³ (береза), 638 кг/м³ (дуб), 753 кг/м³ (граб)), теплопроводностью, индексом распространения пламени (II (ель) – III (береза, дуб)) [1, 2] и др. Химический состав древесины различных пород также отличается, в связи с чем, вероятно, будет отличаться и механизм горения, кинетика про-

цесса. Знание лимитирующей стадии позволит более корректно подойти к выбору антипиренов для конкретной породы древесины.

Сравнительно недавно стал использоваться метод термической обработки древесины (так называемый метод мягкого пиролиза)². Метод мягкого пиролиза подразумевает использование невысоких температур обработки (от 150°C до 250°C), различную среду (окислительную в атмосфере воздуха, инертную в токе инертного газа), различные скорости потоков теплоносителей и т.д. Химические реакции, происходящие при мягком пиролизе, а также конечные свойства материала существенно зависят от температуры обработки и продолжительности процесса, а также от породы древесины. Знание кинетических схем, описывающих процесс термодеструкции древесины различных пород, необходимо для разработки средств прогнозирования, позволяющих управлять термообработкой древесины.

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы являлось кинетическое исследование процессов термоокислительной деструкции древесины разных пород – лиственной (береза) и хвойной (ель). В настоящем исследовании использовались необработанные образцы древесины лиственной и хвойной пород. Начальная влажность образцов составляла порядка 8–10 %.

Термический анализ образцов древесины проводили с использованием термогравиметрического анализатора Дериватограф 1000D (MOM, Венгрия) с автоматической регистрацией сигнала [3].

Кинетические параметры процесса термоокисления определяли из термогравиметрических данных соответствующих образцов. Для определения энергии активации реакций, порядок которых не известен, использовали подход, предложенный Коутсом и Редферном [4, 5], а для расчета кинетических параметров и установления лимитирующей стадии процесса термодеструкции – метод, предложенный Сестаком и Берггрином [6, 7].

Основные используемые уравнения, необходимые математические преобразования, алгебраические выражения дифференциальной и интегральной функций наиболее распростра-

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

² Finnish Thermowood Association. Справочник «Thermowood», 2003. <https://www.thermowood.fi/>

ненных механизмов топахимических реакций были приведены нами ранее в работе [8].

Для удобства сравнения на рис. 1 (а, б, в) попарно представлены полученные для исследуемых образцов древесины термохимические кривые (TG – термогравиметрия, DTG – дифференциальная термогравиметрия, DTA – дифференциальный термический анализ).

Анализируя полученные данные, можно заключить, что первый этап на термограммах, от комнатной температуры до 420 К, связан с процессами дегидратации (сушки) древесины. Дальнейшее нагревание до 480 К (ель) и 440 К (береза) приводит к началу деструкции древесины (рис. 1в, кривая DTA). На этом этапе начинают проявляться различия в термохимическом поведении исследуемых образцов, которые наиболее ярко прослеживаются при сравнении кривых DTG и DTA. До достижения температуры 600 К происходит потеря массы образцов порядка 50 %. Причем в случае термоокисления образца ели газообразные про-

дукты удаляются одним этапом (480–600 К, кривая DTA, рис. 1в), в то время, как на кривой DTA образца березы фиксируются три этапа (440–470 К, 470–543 К и 562–600 К, кривая DTA, рис. 1в).

Дальнейшее увеличение температуры до 640 К не приводит к изменению скорости удаления газообразных продуктов реакции в обоих образцах, но при этом на кривых DTA (рис. 1в) исследуемых образцов фиксируется экзо-эффект, величина которого существенно больше в случае березы. В температурном интервале 600–750 К происходит горение исследуемых образцов, выделение тепла, при этом скорость удаления газообразных продуктов горения существенно меньше, чем зафиксированная в температурном интервале 480–600 К. Температуры максимумов экзо-эффектов для исследуемых пород деревьев отличаются: для березы она составляет 668 К, в то время как для ели – 655 К (кривая DTA, рис. 1в).

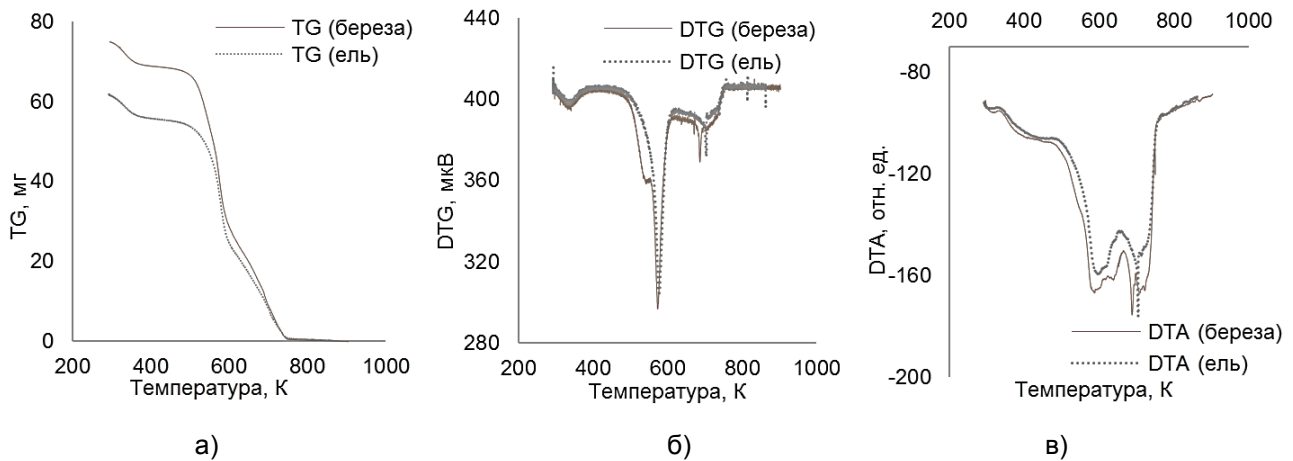


Рис. 1. Термограммы образцов березы и ели, полученные при нагревании образцов со скоростью 5°С/мин в воздушной атмосфере: а – TG, б – DTG, в – DTA

Химический элементный состав всех пород древесины примерно одинаков: углерод 49–50 %, кислород 42–44 %, водород 6–7 %, неорганическая часть 0,1–2 %, зола, состоящая из оксидов калия, кальция, натрия, магния, кремния и т.п. Из перечисленных химиче-

ских элементов формируются три основных биополимера: целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин (рис. 2). Кроме того, в древесине могут содержаться воски, смолы, танины, эфирные масла и др.

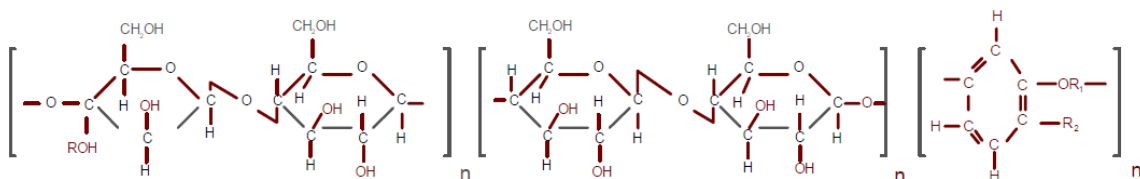


Рис. 2. Структурные формулы основных компонентов древесины (слева направо): гемицеллюлоза, целлюлоза, лигнин

Целлюлозы представляют собой линейные полимеры – полисахариды с гибкой цепной структурой, с высокой степенью полимеризации, более 10000. Длительное время считалась, что содержание целлюлозы в древесине хвойных и лиственных пород в среднем составляет (42 ± 2) %. По уточненным данным оказалось, что содержание целлюлозы в древесине хвойных пород несколько выше по сравнению с лиственными породами (табл. 1).

Лигнин – полимер пространственно-сетчатого строения с фенилпропановыми зве-

нями с одной (у хвойных пород) или двумя (лигнин лиственных пород) метоксильными функциональными группами в ароматическом ядре [2]. Содержание лигнина в древесине хвойных пород довольно высокое (табл. 1).

Гемицеллюлозы представляют собой олигосахариды со степенью полимеризации от 30 до 200. В эту группу входят пентозаны (преобладают в древесине лиственных пород) и гексозаны (преобладают в хвойных породах). В целом содержание гемицеллюлоз существенно выше в древесине хвойных пород.

Таблица 1. Усредненный химический состав древесины [9]

Органические компоненты	Лиственные породы	Хвойные породы
Целлюлоза	43-53	54-58
Лигнин	18-24	26-29
Гемицеллюлоза:		
Пентазаны	22-25	10-11
Гексозаны	3-6	12-14
Смолы	1,8-3	2-3,5
Протеин	0,6-1,9	0,7-0,8
Минеральные вещества	0,3-1,2	

Считается [10], что термолиз древесины начинается уже при 433–453 К с разрушения гемицеллюлоз из-за высокой дефектности коротких полимерных цепей, причем первыми разрушаются пентозаны [11,12]. Сведения о начале термоокисления целлюлозы довольно противоречивы, по одним данным [13], при 548 К целлюлоза начинает саморазогреваться за счет экзотермического распада и может самовоспламениться. По иным данным [10], термоокисление целлюлозы начинается не ранее 620–650 К. Судя по полученным кривым ДТА (рис. 1в), последнее утверждение верное. Так как при температуре 548 К происходит именно охлаждение образцов (рис. 1в), что связано с высокой скоростью удаления газообразных продуктов (рис. 1б), а не тепловыделение, как считал автор книги [13]. Согласно полученным в нашей работе результатам, начало процесса тепловыделения приходится на температуры 620 К (ель) и 640 К (береза), вероятно, этот экзо-эффект в большей степени связан с горением целлюлозы в исследуемых образцах.

Благодаря ароматическому характеру, из трех полимеров древесины лигнин наиболее устойчив, его термоокисление происходит при температурах выше 623–720 К. Продукты термолиза лигнина содержат большое количество смол, алканов, угарного газа и отличаются невысокой скоростью газоудаления (рис. 1б, кривые DTG).

Следует отметить, что указанные выше интервалы начала процесса термолиза весьма условны, процесс термоокисления древесины очень сложный, он включает структурные (изменение при нагревании соотношения между аморфной и кристаллической целлюлозой, изменение конформации и надмолекулярной структуры полимеров), химические (процессы первичного, вторичного пиролиза, горения) и физико-химические процессы, связанные с массо- и теплопереносом и др. Столь сложную систему трудно описать с точки зрения традиционной химической кинетики. В подобных случаях информативным является топохимический подход к изучению кинетики всего сложного процесса. Механизм топохимической реакции включает в себя несколько стадий: 1) образование зародышей (ядер) фазы твердого продукта реакции; 2) рост зародышей, их перекрывание друг с другом и образование слоя продукта; 3) увеличение слоя продукта за счет сокращения объема (поверхности) прореагировавшего вещества. Особенность любой топохимической реакции состоит в том, что она не только протекает на границе раздела фаз, но и в том, что сама граница с течением процесса претерпевает изменение.

Полученные результаты кинетического моделирования участков кривой DTG (рис. 1б) исследуемых образцов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Кинетические характеристики процесса термоокислительной деструкции древесины

Береза					Ель				
Температурный интервал, К	Е, кДж·моль ⁻¹	ln(A)	R ²	f(α)	Температурный интервал, К	Е, кДж·моль ⁻¹	ln(A)	R ²	f(α)
445-470	114,15	67	0,910	7					
480-526	126,41	8	0,999	14	438-512	127,027	7	0,922	7
564-586	487,22	52	0,996	18	518-598	202,19	44	0,952	7
670-731	368,28	21	0,93	19	647-696	379,21	23	0,977	19

Судя по величинам энергии активации (табл. 2), все этапы процесса термоокисления образцов древесины протекают в кинетической области. В первом приближении можно считать, что полученные кинетические характеристики в большей степени характеризуют поэтапное термоокисление пентазанов, гексазанов, целлюлозы и лигнина. Сравнение кинетики термоокисления березы и ели позволяет заключить, что наряду с общим характером термоокисления исследуемых образцов пород деревьев, кинетический механизм их термоокисления и, соответственно, лимитирующие стадии отличаются. Для березы начальный этап окисления гемицеллюлоз (вероятно, пентозанов) характеризуется сравнительно невысокой энергией активации и этот этап термоокисления лимитируется процессом зародышеобразования и их ростом. Дальнейшее окисление гемицеллюлоз (вероятно, гексозанов) березы требует более высокой энергии для протекания реакции (табл. 2). Лимитирующей стадией этого этапа является сама химическая реакция. Следующие два этапа, в большей степени отражающие окисление целлюлозы и лигнина березы, также лимитируются самой химической реакцией.

В случае термодеструкции ели этапы, связанные преимущественно с термоокислением гемицеллюлоз и целлюлозы лимитируются стадией зародышеобразования и их ростом. Различия в лимитирующих стадиях термоокисления березы и ели до температуры 600 К, вероятно, связаны со структурными особенностями упаковки биополимеров в хвойных и лиственных породах деревьев. Как было отмечено выше, плотность абсолютно сухой березы 584 кг/м³, ели, при влажности 6,4%, 422 кг/м³, следовательно, в менее плотном образце размеры зародышей фазы продукта термоокисления растут медленнее и растущим ядрам фазы нового продукта проблематичнее сливаться.

Интересно отметить, что заключительный этап, начинающийся при достижении температур 650–670 К и, преимущественно свя-

занный с окислением лигнина в исследованных образцах хвойных и лиственных пород, с кинетической точки зрения идентичен. Данный факт свидетельствует о том, что к этому моменту, произошла деструкция менее стабильных биополимеров, сформировался полукоксовый /коксовый остаток схожей плотности и, различий в породе древесины не осталось.

Другой интересный факт, несомненно, заслуживающий внимания – различия в энергии активации этапа, преимущественно связанного с термоокислением целлюлозы в образцах березы и ели (табл. 2). Как можно заметить, для протекания процесса в образце лиственных пород требуется в 2–2,5 раза больше энергии по сравнению с образцом хвойных пород. Мы полагаем, что причиной этого явления является большее количество образованного полукокса в березе при термоокислении гемицеллюлоз, так как удельный вес гемицеллюлоз в березе выше, чем в ели. Полученные результаты наглядно демонстрируют, что лиственные породы деревьев после мягкого пиролиза будут обладать большей стойкостью к термоокислению, по сравнению с термообработанной древесиной хвойных пород.

Таким образом, в работе было проведено термогравиметрическое исследование образцов хвойных (ель обыкновенная) и лиственных (береза) пород деревьев. Установлено, что термоокисление древесины протекает ступенчато, включая этапы, преимущественно связанные с термоокислением гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина. В рамках топохимического подхода проведен кинетический анализ отдельных этапов термоокисления образцов древесины. Для каждого этапа определена энергия активации и лимитирующая стадия. Показано, что термоокисление березы, за исключением начальной стадии термоокисления, лимитируется протекающими химическими реакциями. В то время как процесс деструкции ели, за исключением конечной стадии термоокисления, лимитируется зародышеобразованием и ростом зародышей фазы продуктов термоокисления.

Список литературы

1. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение и пожарная опасность древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 1. С. 19–32.

2. Серков Б. Б., Асеева Р. М., Сивенков А. Б. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины // Технологии техносферной безопасности. 2011. № 6 (40). <http://ipb.mos.ru/ttb>.

3. Программно-аппаратный комплекс для измерения сигналов дериватографа 1000D и компьютерная обработка данных термогравиметрического анализа / Н. Ш. Лебедева, С. П. Якубов, А. Н. Кинчин [и др.] // Журнал физической химии. 2005. Т. 79. № 5. С. 955–960.

4. Петрюк И. П., Гайдадин А. Н., Ефремова С. А. Определение кинетических параметров термодеструкции полимерных материалов по данным динамической термогравиметрии: методические указания. Волгоград: ВолгГТУ, 2010. 12 с.

5. Non-isothermal Decomposition Kinetics of Complex of Co (III), Ni (II) with O, O'-dialkyldithiophosphates and Adducts of Ni-complex with Pyridines / Lu Z., Chen S., Yu Y. [et al.]. Journal of thermal analysis and calorimetry, 1999, vol. 55, issue 1. pp. 197–203. <https://doi.org/10.1023/A:1010156827263>.

6. Nair M. K. M., Radhakrishnan P. K. Thermal decomposition kinetics and mechanism of lanthanide perchlorate complexes of 4-N-(4'-antipyrilmethylidene) aminoantipyrine. Thermochemica acta, 1997, vol. 292, issue 1, pp. 115–122.

7. Samtani M., Dollimore D., Alexander K. S. Comparison of dolomite decomposition kinetics with related carbonates and the effect of procedural variables on its kinetic parameters. Thermochemica Acta, 2002, vol. 392, pp. 135–145.

8. Термоокислительная деструкция пенообразователей на основе солей алкилсульфатов / Н. Ш. Лебедева, Е. А. Малькова, О. В. Потемкина [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20, № 4. С. 54–60.

9. Бельчинская Л. И., Новикова Л. А., Дмитренко А. И. Экология древесины: методические указания. М-во образования и науки РФ. ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова». Воронеж, 2017. 33 с.

10. Francis C. Beall, Herbert W. Eickner. Thermal Degradation of Wood Components: A Review of the Literature. U.S. Forest Products Laboratory, 1970, 26 p.

11. Evolution of wood surface free energy after heat treatment / P. Gérardin, M. Petric, M. Petrisans [et al.]. Polymer degradation and stability, 2007, vol. 92, issue 4, pp. 653–657. DOI: 10.1016/j.polyimdegstab.2007.01.016.

12. Magnetic Resonance Studies of Thermally Modified Wood / H. Sivonen, S. L. Maunu, F. Sundholm [et al.]. Holzforschung: international journal of the biology, chemistry, physics and technology of wood. 2002. vol 56. issue 6. pp. 648–654. <https://doi.org/10.1515/HF.2002.098>.

13. Хошев Ю. М. Дровяные печи: процессы и явления. ЗАО «Книга и бизнес», 2014. 392 с.

References

1. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Gorenije i pozharnaya opasnost' drevesiny [Combustion and fire hazard of wood]. *Fire and explosion safety*, 2012, issue 1, pp. 19–32.

2. Serkov B. B., Aseeva R. M., Sivenkov A. B. Fiziko-khimicheskiye osnovy gorenija i pozharnaya opasnost' drevesiny [Physical and chemical bases of combustion and wood fire hazard]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2011, vol. 6 (40). <http://ipb.mos.ru/ttb>.

3. Programmno-apparatnyy kompleks dlya izmereniya signalov derivatografa 1000D i komp'yuternaya obrabotka dannykh termogravimetricheskogo analiza [Software and hardware complex for measuring signals of the 1000D derivatograph and computer processing of thermogravimetric analysis data] / N. Sh. Lebedeva, S. P. Yakubov, A. N. Kinchin [et al.]. *Zhurnal fizicheskoy khimii*, 2005, vol. 79 (5). pp. 955–960.

4. Petryuk I. P., Gaidadin A. N., Efremova S. A. *Opredeleniye kineticheskikh parametrov termodestruktsii polimernykh materialov po dannym dinamicheskoy termogravimetrii: metodicheskiye ukazaniya* [Determination of the kinetic parameters of thermal degradation of polymeric materials according to dynamic thermogravimetry data: guidelines]. Volgograd: VolgGTU, 2010, 12 p.

5. Magnetic Resonance Studies of Thermally Modified Wood / H. Sivonen, S. L. Maunu, F. Sundholm [et al.]. Holzforschung: international journal of the biology, chemistry, physics and technology of wood, 2002, vol. 56, issue 6, pp. 648–654. <https://doi.org/10.1515/HF.2002.098>.

6. Nair M. K. M., Radhakrishnan P. K. Thermal decomposition kinetics and mechanism of lanthanide perchlorate complexes of 4-N-(4'-antipyrilmethylidene) aminoantipyrine. Thermochemica acta, 1997, vol. 292, issue 1, pp. 115–122.

7. Samtani M., Dollimore D., Alexander K. S. Comparison of dolomite decomposition kinetics with related carbonates and the effect of procedural variables on its kinetic parameters. Thermochemica Acta, 2002, vol. 392, pp. 135–145.

8. Termookislitel'naya destruktsiya pe-noobrazovateley na osnove soley alkilsulfatov [Thermal-oxidative destruction of foam concentrates based on alkyl sulfate salts]. N. Sh. Lebedeva, E. A. Malkova, O. V. Potemkina, [et al.]. *Pozharovzryvbezopasnost'*, 2011, issue 20 (4), pp. 54-60.

9. Belchinskaya L. I., Novikova L. A., Dmitrenkov A. I. *Ekologiya drevesiny: metodicheskiye ukazaniya* [Ecology of wood: guidelines]. M-vo obrazovaniya i nauki RF. FGBOU VO «VGLTU im. G. F. Morozova». Voronezh, 2017, 33 p.

10. Francis C. Beall, Herbert W. Eickner. Thermal Degradation of Wood Components: A Review of the Literature. U.S. Forest Products Laboratory, 1970, 26 p.

11. Evolution of wood surface free energy after heat treatment / P. Gérardin, M. Petric, M. Petrissans [et al.]. *Polymer degradation and stability*, 2007, vol. 92, issue 4, pp. 653–657. DOI: 10.1016/j.polyimdegradstab.2007.01.016.

12. Magnetic Resonance Studies of Thermally Modified Wood / H. Sivonen, S. L. Maunu, F. Sundholm [et al.]. *Holzforschung: international journal of the biology, chemistry, physics and technology of wood*, 2002, vol. 56, issue 6, pp. 648–654. <https://doi.org/10.1515/HF.2002.098>.

13. Khoshev Yu. M. *Drovyanyye pechi: protsessy i yavleniya* [Wood stoves: processes and phenomena]. ZAO «Kniga i biznes», 2014. 392 p.

Лебедева Наталья Шамильевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор химических наук, доцент, профессор кафедры
E-mail: nsl@isc-ras.ru

Lebedeva Natalya Shamilyevna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
doctor of chemistry, associate professor, professor of the department
E-mail: nsl@isc-ras.ru

Гессе Женни Фердинандовна

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

Gesse Zhenni Ferdinandovna

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

Снегирев Дмитрий Геннадьевич

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

Snegirev Dmitry Gennadievich

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

УДК 628.147.22

ВЛИЯНИЕ МАТРИЦЫ НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ ОБРАЗОВАНИЯ ПИРОФОРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

А. С. МИТРОФАНОВ, С. А. СЫРБУ, А. Г. АЗОВЦЕВ

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

E-mail: mitart1992@mail.ru, syrbue@yandex.ru, asovtsev121@yandex.ru

В статье рассматривается влияние матрицы композитного материала для защиты технологического оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений на его адгезионные свойства. Адгезионная прочность материалов исследовалась методами отрыва и X-образного разреза. Результаты проведенных исследований показали, что использование в качестве матрицы композитного материала полимочевины увеличивает прочность при отрыве в 9.85 раза по сравнению с полиакриловой матрицей и в 10.55 раза по сравнению с полиуретановой матрицей.

Ключевые слова: сероводородная коррозия, пирофорные отложения, композитный материал, адгезия, прочность при отрыве

THE EFFECT OF THE MATRIX ON THE ADHESIVE PROPERTIES OF COMPOSITE COATINGS FOR THE PROTECTION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR THE STORAGE OF OIL AND PETROLEUM PRODUCTS FROM THE FORMATION OF PYROPHORIC DEPOSITS

A. S. MITROFANOV, S. A. SYRBU, A. G. AZOVTSSEV

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

E-mail: mitart1992@mail.ru, syrbue@yandex.ru, asovtsev121@yandex.ru

The article examines the effect of a composite material matrix for the protection of technological equipment for the storage of oil and petroleum products from the formation of pyrophoric deposits on its adhesive properties. The adhesive strength of the materials was studied by the methods of separation and X-shaped incision. The results of the conducted studies have shown that the use of polyurea as a composite material matrix increases the tear strength by 9.85 times compared to the polyacrylic matrix and by 10.55 times compared to the polyurethane matrix.

Key words: hydrogen sulfide corrosion, pyrophoric deposits, composite material, adhesion, tear strength

Сера может присутствовать в составе нефти и нефтепродуктов в различных соединениях. Как правило, такие соединения подразделяются на пассивные и активные в химическом отношении. К активным, как правило, относятся элементарная сера, меркаптаны и сероводород. Сульфиды, дисульфиды, а также гомологи тиофена и тиофана представляют группу пассивных серосодержащих соедине-

ний. Содержание серы в нефти и нефтепродуктах обусловлено результатом жизнедеятельности некоторых бактерий, а также взаимодействием сырья с природными водами в местах залегания. В тяжелых фракциях нефти сера содержится в более высоких концентрациях [1].

Наличие сернистых соединений не только существенно снижает качество нефти и усложняет процесс ее дальнейшей переработки, но и влияет на эксплуатационные свойства нефтепродуктов. В свою очередь активные

серосодержащие соединения вызывают коррозию, что приводит к разрушению оборудования, предназначенного для хранения, транспортировки и переработки нефти, а также к формированию отложений, склонных к самовозгоранию и представляющих серьезную угрозу с точки зрения пожарной безопасности объектов нефтегазовой отрасли промышленности.

Ранее было отмечено [2], что один из способов решения проблемы протекания сероводородной коррозии заключается в обработке внутренних поверхностей резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов композитными составами на основе полимочевины.

Прочность сцепления покрытия с подложкой является важной характеристикой, от которой зависит защитная способность материала [3]. Поэтому одна из задач, решаемых в рамках исследования, заключалась в определении усилия отрыва покрытий, изготовленных из различных материалов в качестве матрицы, от подложки при экспонировании образцов в агрессивной среде, имитирующей условия паровоздушного пространства резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов.

Анализ литературных источников [4,5] показал, что для защиты технологического оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов, кроме составов на основе полимочевины, могут применяться композитные составы на основе акриловых и полиуретановых смол.

Для сравнения адгезионных свойств указанных выше материалов были проведены

испытания в соответствии с методикой определения адгезии методом Х-образного надреза¹ и методикой определения адгезии методом отрыва².

При испытаниях, проводимых по указанным методикам, в качестве образцов использовались пластины из низкоуглеродистой стали марки «Сталь 3». Выбор марки стали был обусловлен тем, что именно из такой стали производятся резервуары для хранения нефти и наиболее «богатых» сероводородом нефтепродуктов, таких как топочный мазут и прямогонный бензин. Размер использовавшихся в испытаниях пластин составлял 100×40×4 мм. Перед нанесением покрытий образцы подвергались механической очистке корд-щеткой с последовательным удалением жировых отложений путем обработки поверхности растворителем марки «Р4». Нанесение составов производили методом окунания. Сушку производили при нормальных условиях окружающей среды (средняя температура воздуха 20 °С, влажность воздуха 55–60 %) в течение 10 дней. Толщина покрытия составляла 350 мкм.

В качестве матриц композитных материалов использовались акриловая эмульсия, полиуретановая смола и полимочевина. В качестве наполнителей (действующих агентов) использовали диоксид кремния марки «Ковелос 35/01 Т» и диоксид титана, имеющий кристаллическую модификацию рутила. Состав композиций с присвоением условных порядковых номеров приведен в таблице.

Таблица. Составы защитных композитных покрытий

Компоненты состава	Условный номер композиции										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Содержание компонента в композиции, масс.ч.:										
Акриловая эмульсия						100	100	100	100	100	
Полиуретановая смола	100	100	100	100	100						
Полимочевина											100
Диоксид кремния		1	2				1	2			
Диоксид титана				1	2				1	2	
Отвердитель	26	26	26	26	26						64
Растворитель Р-4	20	20	20	20	20						70

В случае применения методики¹ давали качественную оценку адгезионному разрушению композитных покрытий используя шкалу от 0 до 5 баллов (где 0 – отсутствие участ-

ков удаления покрытия, 5 – удаление покрытия в том числе за пределами надреза), приведенную в приложении А указанной методики.

¹ ГОСТ 37702.2-2014 (ISO 6276-2:2007) Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом Х-образного надреза

² ГОСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002) Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва

Для оценки адгезивных характеристик делали два надреза под углом друг к другу в форме буквы «X». Покрытие прорезали до стальной пластины, используя однолезвийный режущий инструмент. Длина надреза составляла от 40 до 45 мм, угол пересечения надрезов варьировался в пределах от 35° до 40°. На место X-образного надреза накладывали клейкую ленту и разглаживали ее вдоль надрезов, плотно прижимая к образцу. По истечению 5 минут клейкая лента плавно удалялась (за 0,5–1,0 секунду) под углом равным 60° вместе с отслоившимися участками покрытия. В начале каждого испытания с катушки удаляли 2 полных оборота ленты и отрезали часть длиной 75–80 сантиметров. В соответствии с п. 6.5.4 методики¹, учитывая стандартные размеры РВС объемом 5000 м³, осуществляли 5 испытаний для каждого вида покрытий. За результат испытания принимали значение адгезии в баллах, соответствующее большинству совпадающих значений, при этом расхождение между значениями не превышало одного балла. Результаты испытаний адгезионных характеристик защитных покрытий, полученные методом X-образного надреза, отображены на рис. 1.

В результате анализа рис. 1 можно сделать вывод, что более высокую адгезию к поверхности стали марки «Сталь 3» имеет полимочевина и композитные материалы на основе полиуретановой смолы. Следует отметить, что добавление в полиуретановую смолу всех действующих агентов не влияет на изменение адгезивных способностей композиций. Однако, стоит отметить, что увеличение содержания диоксида титана с 1 до 2 масс.ч. (композиции 4 и 5 соответственно) все-таки приводит к небольшому ухудшению адгезионных свойств материала. В свою очередь, вве-

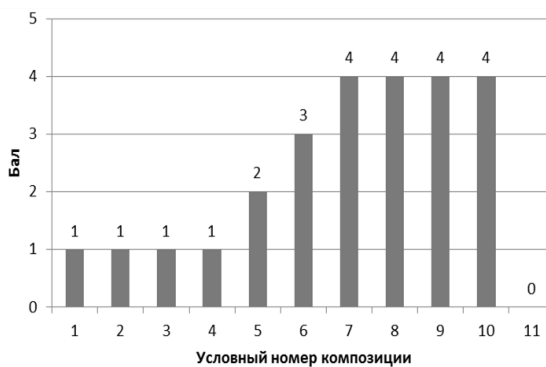


Рис. 1. Результаты испытаний адгезии к подложке из стали марки «Сталь 3» композиций на основе полиуретановой смолы, акриловой эмульсии и полимочевины, полученные методом X-образного надреза.

дение аналогичных добавок в акриловую эмульсию приводит к ухудшению прочности сцепления композиций с подложкой. Исходя из результатов испытаний, проведенных по методике,¹ можно сделать вывод о том, что в качестве матрицы композитных материалов для защиты технологического оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов целесообразно использовать полимочевину и полиуретановую смолу.

При проведении испытаний адгезии методом отрыва² к поверхности предварительно высушенного покрытия с помощью цианакрилатного клея приклеивались цилиндрические заготовки диаметром 20 мм. На склеенных образцах, после полного высыхания клея с помощью режущего устройства прорезали клей и покрытие вокруг заготовки до поверхности стальной пластины. Далее определяли усилие, необходимое для отрыва покрытия от подложки. На каждом образце проводилось 6 испытаний. Разрыв и фиксация значения разрывного усилия определялась с помощью разрывной машины и описанного нами ранее устройства для фиксирования и центрирования образцов [6]. За результат испытания принималось усилие, необходимое для нарушения адгезии испытуемого покрытия.

Прочность при отрыве σ , МПа, рассчитывали по формуле:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{314},$$

где σ – прочность при отрыве, МПа;

F – разрывное усилие, Н;

A – площадь заготовки, мм².

Результаты испытаний адгезии методом отрыва от подложки из стали марки «Сталь3» композиций на основе полиуретановой смолы и акриловой эмульсии.

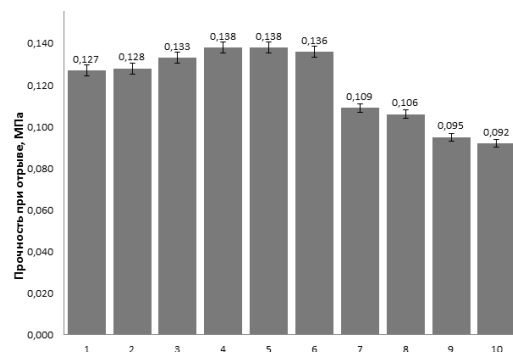


Рис. 2. Результаты испытаний адгезии методом отрыва от подложки из стали марки «Сталь 3» композиций на основе полиуретановой смолы и акриловой эмульсии

Анализ рис. 2 показывает, что прочность при отрыве пленок акриловой эмульсии и полиуретановой смолы достаточно близка. Однако наполнители по-разному действуют на адгезионную способность композитных материалов на их основе. Введение наполнителей в полиуретановую матрицу приводит к увеличению прочности при отрыве с 0,127 МПа до 0,138 МПа, а введение их в полиакриловую матрицу, наоборот, снижает указанный параметр с 0,136 МПа до 0,092 МПа.

Таким образом, полученные результаты показывают, что композиционные материалы на основе полиуретана имеют более высокую адгезионную способность к поверхности стали марки «Сталь 3» при проверке на прочность при отрыве как целостной, так и частично поврежденной защитной пленки на их основе. Не смотря на преимущества полиуретановой смолы над акриловой эмульсией, установленные при проведении испытаний методом X-образного надреза, применение метода отрыва показало сравнительно одинаковые результаты прочности при отрыве этих материалов. Поэтому исследования направленные на поиск наиболее эффективного материала были продолжены.

Следующим этапом исследования была оценка прочности на отрыв полимочевины. Усредненные результаты определения адгезии полиуретановой смолы, акриловой эмульсии и полимочевины к подложке представлены на рис. 3.

Результаты проведенных исследований показали, что использование в качестве матрицы полимочевины увеличивает прочность

при отрыве в 9.85 раза по сравнению с полиакриловой пленкой и в 10.55 раза по сравнению с пленкой из полиуретановой смолы.

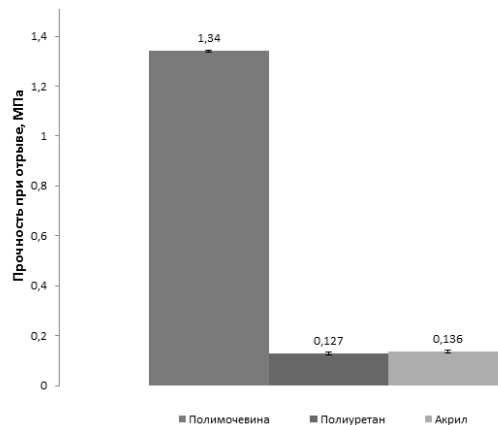


Рис. 3. Результаты испытаний адгезии методом отрыва от подложки из стали марки «Сталь 3» веществ, использующихся в качестве матриц композитных материалов.

Таким образом, проведенные исследования адгезионной способности к поверхности стали марки «Сталь 3» композиционных материалов на основе полиуретановой смолы, полиакриловой эмульсии и полимочевины показали перспективность применения последней в качестве матрицы композиционных материалов, предназначенных для защиты технологического оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пиррофорных отложений.

Список литературы

1. Поглотители сероводорода серии АДДИТОП – эффективное решение снижения содержания сероводорода в топливах / А. В. Ситдикова, И. Ф. Садретдинов, А. С. Алябьев [и др.] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 2. С. 479–489.

2. Митрофанов А. С., Сырбу С. А. Проблемные вопросы защиты оборудования для хранения нефтепродуктов от образования пиррофорных отложений // Современные пожароопасные материалы и технологии: сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 331–336.

3. Музипов Х. Н. Антикоррозионная защита нефтяного оборудования. Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. 92 с.

4. Патент 2737908 Российская Федерация МПК C23F 15/00 C01G 49/12. Защитный состав от образования пиррофорных отложений, образованных соединениями сероводорода с железом / С. А. Сырбу, А. Г. Азовцев, Н. А. Таратанов; опубл. 04.12.2020. Бюл. № 34.

5. Азовцев А. Г., Сырбу С. А. Оценка адгезии акриловых покрытий с добавками диоксида кремния методом x-образного разреза // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 3–4.

6. Митрофанов А. С., Сырбу С. А., Ульянов Д. А. О результатах лабораторных испытаний некоторых механических свойств покрытий, применяющихся для защиты технологического оборудования от сероводородной

коррозии // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 2 (43). С. 85–90

References

1. Poglitoliteli serovodoroda serii ADDITOP – effektivnoe reshenie snizheniya sodержaniya serovodoroda v toplivah [Hydrogen sulfide absorbers of the ADDITOP series are an effective solution for reducing the content of hydrogen sulfide in fuels]. A. V. Sitdikova, I. F. Sadretdinov, A. S. Alyab'ev [et al.]. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal Neftegazovoe delo*, 2012, issue 2, pp. 479–489.

2. Mitrofanov A. S., Syrbu S. A. Problemye voprosy zashchity oborudovaniya dlya hraneniya nefteproduktov ot obrazovaniya pirofornyh otlozhenij [Problematic issues of protection of equipment for the storage of petroleum products from the formation of pyrophoric deposits]. *Sovremennye pozharoopasnye materialy i tekhnologii: sbornik materialov V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2021. С. 331–336.

3. Muzipov H. N. *Antikorrozionnaya zashchita neftyanogo oborudovaniya* [Anti-corrosion protection of oil equipment]. Tyumen': TyumGNGU, 2013, 92 p.

4. Syrbu S. A., Azovcev A. G., Tarantov N. A. Zashchitnyj sostav ot obrazovaniya pirofornyh otlozhenij, obrazovannyh soedineniyami serovodoroda s zhelezom [Protective composition against the formation of pyrophoric deposits formed by hydrogen sulfide compounds with iron], Patent 2737908 Rossiyskaya Federatsiya MPK C23F 15/00 C01G 49/12, opubl. 04.12.2020. Byul. № 34

5. Azovcev A. G., Syrbu S. A. Ocenka adgezii akrilovyh pokrytij s dobavkami dioksida kremniya metodom x-obraznogo razreza [Evaluation of the adhesion of acrylic coatings with additives of silicon dioxide by the x-section method]. *Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii: sbornik materialov IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 30-j godovshchine MCHS Rossii*, Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2020. pp. 3–4.

6. Mitrofanov A. S., Syrbu S. A., Ul'ev D. A. O rezul'tatah laboratornyh ispytaniy nekotoryh mekhanicheskikh svoystv pokrytij, primenyayushchihsya dlya zashchity tekhnologicheskogo oborudovaniya ot serovodorodnoj korrozii [On the results of laboratory tests of some mechanical properties of coatings used to protect technological equipment from hydrogen sulfide corrosion]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 2 (43), pp. 85–90.

Митрофанов Артур Сергеевич

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

адъюнкт

E-mail: mitart1992@mail.ru

Mitrofanov Artur Sergeevich

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

Russian Federation, Ivanovo

adjunct

E-mail: mitart1992@mail.ru

Сырбу Светлана Александровна

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

заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин

E-mail: syrbue@yandex.ru

Syrbu Svetlana Aleksandrovna

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

Russian Federation, Ivanovo

Head of the Department of Natural Sciences

E-mail: syrbue@yandex.ru

Азовцев Александр Григорьевич

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

Преподаватель кафедры пожарной безопасности объектов защиты
в составе УНК «Государственный надзор»

E-mail: asovtsev121@yandex.ru

Azovcev Aleksandr Grigor'evich

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

Russian Federation, Ivanovo

Lecturer of the Department of Fire Safety of objects of Protection

E-mail: asovtsev121@yandex.ru

УДК 614.841.45:004.414.22

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПЛАНОВ ЭВАКУАЦИИ ПРИ ПОЖАРАХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

В. И. ПОПОВ, А. Х. САЛИХОВА, А. Н. ПЕСИКИН, М. В. ПУГАНОВ

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

E-mail: Popovvi49@mail.ru, salina_77@mail.ru, apesikin @ bk.ru, mvpuganov@yandex.ru

Приведены статистические данные о пожарах и гибели людей при пожарах на промышленных предприятиях, в зданиях промышленных предприятий с массовым пребыванием людей. Проанализированы мероприятия по обеспечению безопасности людей. Представлен анализ разрабатываемого документа «План эвакуации людей при пожаре» на промышленных объектах. Приведены нормативные требования к разработке планов эвакуации.

Ключевые слова: пожар, безопасность, эвакуация, противопожарный режим, план эвакуации.

TOPICAL ISSUES OF IMPROVING THE QUALITY OF EVACUATION PLANS IN CASE OF FIRES FOR INDUSTRIAL BUILDINGS

V. I. POPOV, A. Kh. SALIKHOVA, A. N. PESIKIN, M. V. PUGANOV

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

E-mail: Popovvi49@mail.ru, salina_77@mail.ru, apesikin @ bk.ru, mvpuganov@yandex.ru

Statistical data on fires and deaths in fires at industrial enterprises, buildings of industrial enterprises with a mass stay of people are given. Measures to ensure the safety of people are analyzed. The analysis of the document "Fire evacuation plan" being developed at industrial facilities is presented. Regulatory requirements for the development of evacuation plans are given.

Key words: fire, safety, evacuation, fire safety, evacuation plan.

Общее количество пожаров в России ежегодно снижается, но на промышленных предприятиях возрастает. На рис. 1 представлена диаграмма изменения количества пожаров на промышленных предприятиях. От общего количества пожаров в России пожары на промышленных предприятиях составляют не более 1 %. [1].

На рис. 2 представлено количество погибших при пожарах на промышленных предприятиях в России [1]. От общего количества погибших при пожарах в России составляет около 1 % (в 2021 году - 1,3 %).

Как видно из диаграммы рис. 2, в России в последние четыре года наблюдается увеличение трагических последствий от пожаров на промышленных объектах, ниже приведено описание некоторых из них:

- 17 ноября 2020 года в Челябинске пожар в здании промышленного предприятия (площадь пожара около 300 м²). При пожаре погибли 2 человека и пострадали от пожара 4 человека.

- 7 мая 2021 года в г. Мытищи при пожаре в здании сварочного цеха погибли 5 человек. Площадь пожара составляла 225 м².

- 19 ноября 2020 года в Хакасии (Алтайский район) при пожаре в бытовом помещении предприятия погибли 4 человека.

- 5 июня 2014 года при пожаре на газифракционной установке Ачинского нефтеперерабатывающего завода (Красноярский край) погибли 8 человек и 7 человек пострадали.

- 27 августа 2016 года 16 человек погибли во время пожара на складе на северо-востоке Москвы. Помещение, в котором погибли рабочие, оказалось отрезанным огнем. Пожарные проломили стену и нашли внутри 16 тел. Кроме этого, в результате пожара пострадали 4 человека, 12 человек спасли.

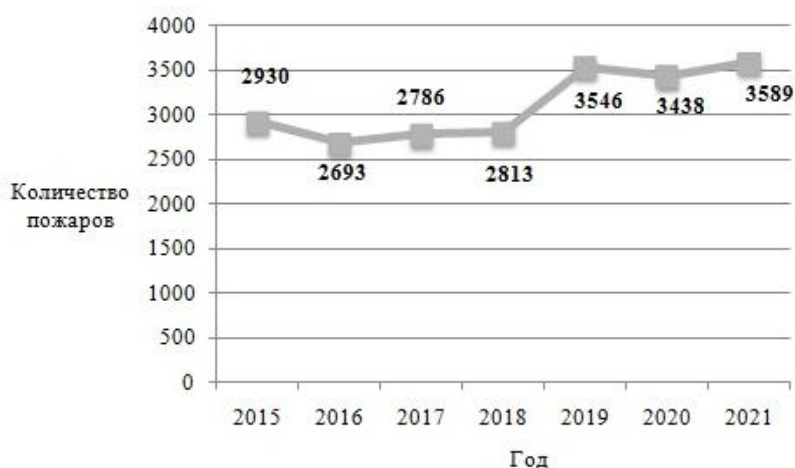


Рис. 1. Количество пожаров на промышленных предприятиях в России.

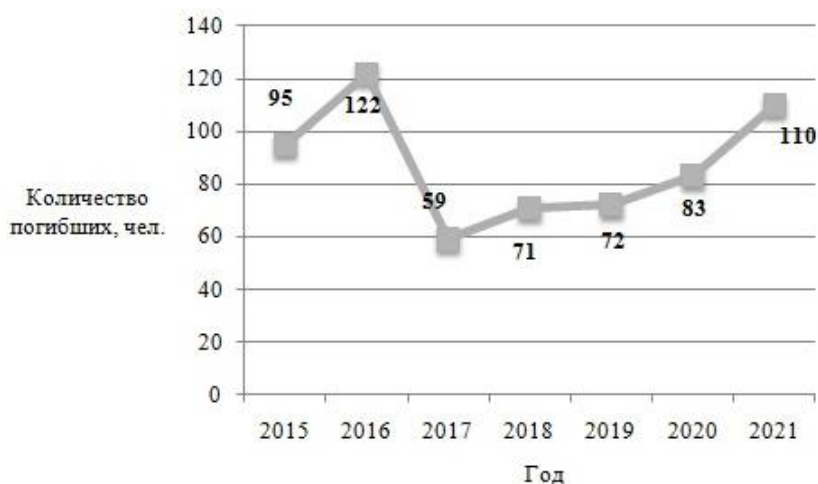


Рис. 2. Количество погибших при пожарах на промышленных предприятиях России.

В большинстве случаев к объектам с массовым пребыванием людей относят гражданские здания, сооружения и помещения (зрительные залы, залы торговых учреждений, лекционные залы учебных организаций, здания многофункциональных комплексов, спортивные стадионы и др.).

К объектам с массовым пребыванием людей относятся:

- объекты капитального строительства с возможностью одновременного нахождения на объекте 50 и более человек¹;
- помещения, в которых предусматривается пребывание 50 и более человек²;

¹ О критериях отнесения объектов, указанных в пунктах 4 и 5 части 2 статьи 49 Градостроительного кодекса Российской Федерации, к объектам массового пребывания граждан. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 10 апреля 2020 года № 198/пр.

² СП 118.13330.2022 Общественные здания и сооружения.

- помещения площадью 50 м² и более с постоянным или временным пребыванием людей более 1 человека на 1 м² площади помещений, не занятой оборудованием³;

- здания и сооружения (за исключением жилых зданий), в которых одновременно находятся 50 и более человек⁴.

В соответствии с приведенными выше определениями в нормативных документах отсутствует однозначное определение, понятие «объект с массовым пребыванием людей», так как в нормах употребляются понятия «объект», «здание», «сооружение», «помещение». Применительно к промышленным предприятиям, промышленный объект может состоять из нескольких зданий и сооружений – в этом случае, большинство промышленных объектов должны быть отнесены к объектам с массовым

³ СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности.

⁴ Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года № 1479.

пребыванием людей. Производственные здания могут быть многоэтажные и, следовательно, большинство производственных зданий – здания с массовым пребыванием людей. Относится объект к объектам с массовым пребыванием людей или нет, зависят нормативные требования по проектированию эвакуационных выходов и путей эвакуации и по эксплуатации объектов. Логично, по нашему мнению, что к объектам с массовым пребыванием людей должны быть отнесены помещения или этажи с количеством эвакуирующихся 50 и более человек. Но для производственных помещений не установлено такого требования.

В соответствии с нормативной документацией в части пожарной безопасности при эксплуатации предприятий и технологических процессов при пожаре и аварии должна обеспечиваться безопасность людей. На промышленном предприятии при одновременном нахождении в самом здании (сооружении) пятидесяти человек и более, с рабочими местами на этаже для десяти человек и более в обязательном порядке требуется разработка документа «План эвакуации людей при пожаре» (п. 5)⁴. В инструкции о мерах пожарной безопасности указывается численность персонала, находящегося одновременно на объекте, указываются должностные лица, которые несут ответственность за проведение спасения людей при помощи имеющихся сил и средств (п. 393)⁴.

Требования о необходимости принятия мер по обеспечению безопасности людей, находящихся на промышленном объекте, при аварийных ситуациях различного характера, в том числе при пожарах, установлены также в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (ст. 9)⁵ и нормах «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Например, для объектов химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, в нормах четко обозначено, что при реализации мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварийных ситуаций требуется планирование действий по выводу работников, которые не заняты в ликвидации аварии, в безопасное место⁶.

⁵ Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

⁶ Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 г. № 533 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для

В зданиях и сооружениях объектов количество рабочих мест (количество эвакуирующихся) различно. Разница в количестве персонала обусловлена видом (типом) производства и уровнем автоматизации осуществляемых процессов. Согласно статистическим данным наибольшее число работающего персонала в производственных помещениях приходится на предприятия пищевой, легкой (текстильной и швейной), деревообрабатывающей промышленности.

Подготовка к действиям в условиях пожара или аварии, проведение тренировок по эвакуации до сих пор является самым эффективным и важным мероприятием на объектах с массовым пребыванием. Поэтому очень важно правильно, качественно и профессионально грамотно разрабатывать документ «План эвакуации людей при пожаре», который, в первую очередь, направлен на обеспечение безопасности людей при пожаре. Учитывая пожарную опасность любых технологических процессов и статистику возникающих пожаров на промышленных предприятиях, требуется комплексно подходить к разработке инструкции о мерах пожарной безопасности, технологических регламентов, планов эвакуации людей. Требуется повышать эффективность и периодичность тренировок по эвакуации людей из здания. В связи с этим требуется новый научно-обоснованный подход к разработке планов эвакуации, с учетом современных изменений в нормативном регулировании требований пожарной безопасности и с учетом особенностей пожаровзрывоопасности технологических процессов.

Планы эвакуации при пожаре разделяются на несколько видов в соответствии с положениями нормативных документов:

- план эвакуации людей при пожаре;
- план эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре;
- индивидуальный план эвакуации при пожаре;
- план эвакуации материальных ценностей (автомобилей, самолетов, с/х техники и др.)

Конкретно на промышленных предприятиях должны быть разработаны план эвакуации людей при пожаре; план эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре; план эвакуации материальных ценностей (автомобилей, самолетов и др.).

Рассмотрим само понятие плана эвакуации, согласно нормативным документам. В межгосударственном стандарте ГОСТ 12.1.033-81* дается следующее определение «План эвакуации при пожаре – это до-

взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».

кумент, в котором указаны эвакуационные пути и выходы, установлены правила поведения людей, а также порядок и последовательность действий обслуживающего персонала на объекте при возникновении пожара»⁷.

В то же время в п. 3.11 ГОСТ 12.2.143-2009 приведено определение, отличающееся от ГОСТ 12.1.033-81*: «План эвакуации – это план (схема), в котором указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации»⁸. В новой редакции национального стандарта по фотолюминисцентным эвакуационным системам⁹ приводится еще одно определение: «План эвакуации — заранее разработанный план (схема), размещаемый на видном месте в здании или сооружении, в котором указана вся необходимая информация для передвижения людей в безопасную зону (пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, зоны безопасности, места сбора и т.п.), содержатся данные о местонахождении средств спасения, пожарного и медицинского оборудования, кнопок включения пожарной сигнализации, установлен порядок и последовательность первичных действий при обнаружении пожара».

Мы видим, что действующие национальные стандарты не дают единого определения, скорее всего, в связи с тем, что это понятие отсутствует и в нормативных правовых актах Российской Федерации в области пожарной безопасности.

Следующим «нормативным нюансом» является то, что отсутствует документ обязательного применения, в котором устанавливались требования к содержанию Планов эвакуации, их оформлению, порядку разработки и форме представления.

Национальным стандартом ГОСТ Р 2.2.143-2009 в разделе 6 установлены требования к планам эвакуации, но они распространяются только на ФЭС (фотолюминисцентные эвакуационные системы) и элементы системы, в том числе планы эвакуации. Но! Только в данном документе в п. 6.2 приведены требования к составу и содержанию Плана эвакуации.

Согласно приведенным определениям в обоих национальных стандартах План эвакуации должен включать графическую часть, на которой «указаны эвакуационные пути и выходы» и текстовую часть с приведением «правил поведения людей, а также порядок и последовательность действий обслуживающего персонала на объекте при возникновении пожара». Независимо от количества людей на объекте, эвакуирующихся при пожаре, должна быть приведена текстовая часть или инструкция о порядке действий при пожаре. Документ без такой инструкции не может относиться к «планам эвакуации при пожаре» по определению.

Применительно к производственным зданиям в современных национальных стандартах требования к составлению Планов эвакуации не приведено. В ГОСТ Р 12.2.143-2002, являющимся предыдущей редакцией стандарта ГОСТ Р 12.2.143-2009, был приведен образец Плана эвакуации людей при пожаре в зданиях и сооружениях промышленных объектов (рис. 3). Из редакции стандартов 2009 года и 2018 года данное Приложение исключено. В то же время этот же образец взят за основу рекламной продукции организаций, оказывающих услуги по разработке Планов эвакуации при пожаре (рис. 4).

Несмотря на то, что национальный стандарт является недействующим, образец Плана эвакуации людей при пожаре так и используется разработчиками независимо от того, что есть несоответствия по содержанию определения в межгосударственном стандарте ГОСТ 12.1.033-81* и требованиями Правил противопожарного режима в Российской Федерации⁴, являющимися обязательными к исполнению, других нормативных документов МЧС России. Например:

- наличие реквизита «СОГЛАСОВАНО» не требуется Правилами противопожарного режима в Российской Федерации⁴;

- применение понятий «запасный выход», «путь к запасному эвакуационному выходу», определения которых не даны в нормативных правовых актах Российской Федерации. Следовательно, не целесообразно применять такие термины.

- на схеме (рис. 3) «запасные выходы» соответствуют требованиям к эвакуационным выходам согласно ст. 89 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности¹⁰, следовательно, они эвакуационные.

⁷ ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ Пожарная безопасность. Термины и определения.

⁸ ГОСТ Р 12.2.143-2009 Системы фотолюминисцентные эвакуационные. Элементы систем. Классификация. Общие технические требования. Методы контроля. (отменен)

⁹ ГОСТ 34428-2018 Системы эвакуационные фотолюминисцентные. Общие технические условия.

¹⁰ Федеральный закон от 22.07.2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

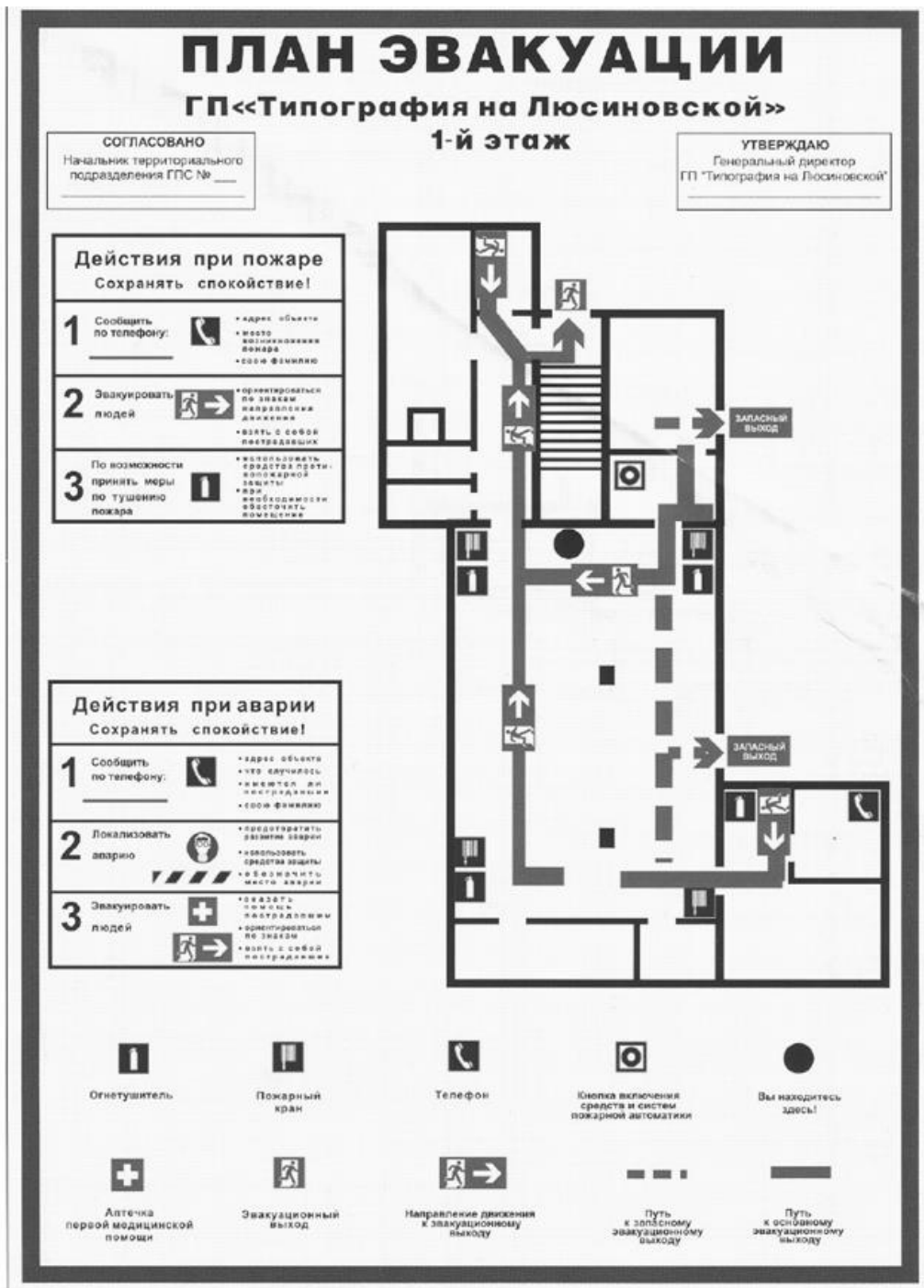


Рис. 3. Образец составления Плана эвакуации¹¹

Анализ Планов эвакуации при пожаре на действующих промышленных объектах показал, что имеющиеся на предприятиях Планы эвакуации людей при пожаре для зданий и сооружений в подавляющем большинстве не соответствуют по форме и содержанию определению «План эвакуации при пожаре», приведенному в ГОСТ 12.1.033-81*. Главный принципиальный недостаток состоит в том, что к

плану не разрабатывается инструкция с указанием конкретных действий обслуживающего персонала и ответственных лиц за выполнение определенных мероприятий.

¹¹ ГОСТ Р 12.2.143-2002 Системы фотолюминисцентные эвакуационные. Элементы систем. Классификация. Общие технические требования. Методы контроля. (отменен)



Рис. 4. Образец Плана эвакуации людей при пожаре

На основе анализа назначения документа и требований нормативных документов в области пожарной и промышленной безопасности авторами предлагается для зданий и сооружений производственного назначения разрабатывать «План эвакуации при пожаре» в виде отдельного документа, состоящего из 4 разделов:

1. Графическая часть (планы этажей с указанием эвакуационных путей и выходов, аварийных выходов, размещение пусковых кнопок систем противопожарной защиты и систем оповещения и управления эвакуацией, размещения телефонов и первичных средств пожаротушения, размещения участков с пожароопасными, взрывоопасными веществами; мест проявления производственных источников загорания);

2. Инструкция к плану эвакуации, с указанием последовательности действий работников при пожаре с распределением обязанностей среди специалистов объекта;

3. Список лиц, ознакомленных с планом эвакуации и инструкцией (под роспись);

4. Отработка плана эвакуации (с записями даты, времени отработки и результатах отработки).

На видных местах этажей зданий и сооружений должны быть вывешены выписки из документа «План эвакуации людей при пожаре» (графическая часть и инструкция). В Плане эвакуации людей при пожаре, кроме обеспечения безопасности людей, целесообразно указывать порядок, последовательность и перечень эвакуируемого имущества и документации и указывать на плане этажа размещение опасных технологических аппаратов, установок, веществ, например, баллонов с сжиженными или сжатыми газами, аппаратов с радиоактивными элементами и т.п.

В качестве примера разработки такого документа рекомендуется рассмотреть План эвакуации при пожаре, принятый в Республике Беларусь (рис. 5).

В Республике Беларусь планы эвакуации людей при пожаре разрабатываются в соответствии Постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 20 апреля 2018 г. № 21. В инструкции образца плана предусмотрена колонка «Исполнитель», что повышает значимость документа для практических целей¹².

¹² Об установлении формы плана эвакуации людей при пожаре. Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 20 апреля 2018 г. № 21.



Рис. 5. Образец «Плана эвакуации людей при пожаре» в Республике Беларусь.

Заключение

Безопасность людей при пожаре зависит от многих факторов, в том числе от однозначности требований нормативных документов в области пожарной безопасности, качества разрабатываемых документов при проектировании и эксплуатации объектов. В связи с этим не допускать применения требований национального стандарта ГОСТ Р 12.2.143-2009, документа добровольного применения к Планам эвакуации людей при пожаре, так как данный документ содержит требования к фо-

люминесцентным системам. При разработке планов следует руководствоваться документом «Рекомендации по организации тренировок и эвакуации персонала предприятий и учреждений при пожаре и иных чрезвычайных ситуациях»¹³. Целесообразно разработать межгосударственный стандарт ГОСТ «Планы эвакуации людей при пожаре» применительно к объектам различного функционального назначения, взяв за основу план эвакуации людей, разработанный в Республике Беларусь.

Попов Владимир Иванович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

Popov Vladimir Ivanovich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, docent

E-mail: Popovi49@mail.ru.

¹³ Методические рекомендации от 4 сентября 2007 года № 1-4-60-10-19 «Организация тренировок по эвакуации персонала предприятий и учреждений при пожаре и иных чрезвычайных ситуациях». (Утв. Главным государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору Г. Н. Кирилловым)

Салихова Аниса Хамидовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: salina_77@mail.ru

Salikhova Anisa Khamidovna

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, docent

E-mail: salina_77@mail.ru

Песикин Александр Николаевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

старший преподаватель

Pesikin Alexander Nikolaevich

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

Russian Federation, Ivanovo

senior lecturer

E-mail: apesikin @ bk.ru

Пуганов Михаил Владимирович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук, старший преподаватель

E-mail: mvpuganov@yandex.ru

Puganov Mikhail Vladimirovich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of pedagogic sciences, senior lecturer

E-mail: mvpuganov@yandex.ru

УДК 614.843.27

ОБСЛУЖИВАНИЕ ПОЖАРНЫХ НАПОРНЫХ РУКАВОВ ДИАМЕТРОМ БОЛЕЕ 150 ММ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

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

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

E-mail: sad8_3@mail.ru, bubag@mail.ru, saraev-i-v@mail.ru, v-37viktor@mail.ru

В работе показано, что от своевременности и качества мероприятий по ТО пожарных рукавов зависят временные показатели эксплуатации, которые характеризуют наработку и ресурс. В работе предлагается проведение технического обслуживания плоскосворачиваемых напорных рукавов диаметром более 150 мм на месте, после применения, что сократит временные затраты по восстановлению технической готовности рукавов для последующей работы. Представлен перечень мероприятий по восстановлению технической готовности рукавов после применения в полевых условиях. Предложено проводить сушку рукавов путем конвективного осушивания атмосферным воздухом с использованием компрессорной установки. В качестве рукавного транспортирующего устройства целесообразно использовать установку для сворачивания и разворачивания гибкого плоскосворачиваемого рукава, в которой привод редуктора для скатки рукава предназначен для механизма автоматической прокладки рукавной линии (редуктор 1Ц2У-200). Дополнительно, в качестве рекомендаций по повышению эффективности процесса сушки плоскосворачиваемых напорных рукавов диаметром более 150 мм, предложено дооснастить рукавную катушку компрессором, который будет работать от электродвигателя либо бензинового агрегата.

Ключевые слова: плоскосворачиваемый полимерный рукав; техническое обслуживание; восстановление технической готовности.

MAINTENANCE OF FIRE PRESSURE HOSES WITH A DIAMETER OF MORE THAN 150 MM IN THE FIELD

A. D. SEMENOV, A. G. BUBNOV, I. V. SARAEV, V. V. VOLKOV

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: sad8_3@mail.ru, bubag@mail.ru, saraev-i-v@mail.ru, v-37viktor@mail.ru

The paper shows that the timing and quality of measures for the maintenance of fire hoses depend on the time indicators of operation, which characterize the operating time and resource. The paper suggests carrying out maintenance of flat-rotated pressure hoses with a diameter of more than 150 mm on the spot, after application, which will reduce the time spent on restoring the technical readiness of the hoses after application. A list of measures to restore the technical readiness of hoses after use in the field is presented. It is proposed to dry the hoses by convective drying with atmospheric air using a compressor unit. As a sleeve conveying device, it is advisable to use an installation for folding and unfolding a flexible flat-turnable sleeve, in which the gearbox drive for rolling the sleeve is designed for the mechanism of automatic laying of the sleeve line (gearbox 1C2U-200). Additionally, as recommendations for improving the efficiency of the drying process of flat-rotated pressure hoses with a diameter of more than 150 mm, it is proposed to retrofit the sleeve coil with a compressor that will operate from an electric motor or a gasoline unit.

Key words: flat-turnable polymer sleeve; maintenance service; restoration of technical readiness.

Успешное тушение пожара характеризуется величиной материального ущерба, определяющего эффективность тушения, которую можно представить как зависимость от таких факторов как степень готовности личного состава к тушению пожара, техническая готовность пожарной техники, наличие водоисточников и др.

На сегодняшний день разработаны и активно внедряются образцы мобильных средств пожаротушения с производительностью насосных установок до 300 л/с, с возможностью подачи огнетушащих веществ на расстоянии до нескольких километров [1]. Использование пожарных автомобилей с высокопроизводительными насосами позволяет осуществлять доставку огнетушащих веществ на значительное расстояние и способствует организации бесперебойной подачи огнетушащих веществ на тушение пожара в безводных районах.

Таким образом, использование технических решений по перекачке больших объемов огнетушащих веществ позволяет повысить показатели эффективности тушения пожара за счёт организации стабильной подачи огнетушащих веществ на тушение пожара в безводных районах. В подразделениях пожарной охраны отсутствует оборудование по обсаживанию напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм, а применение насосно-рукавных систем (НРС) большой производительности требует проведения дополнительных мероприятий по восстановлению технической готовности рукавов после применения.

Цель работы – повышение эффективности действий пожарных подразделений при проведении боевых действий по тушению пожаров, требующих значительного количества

огнетушащих веществ, путём разработки мероприятий по восстановлению технической готовности напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм в полевых условиях.

Общеизвестно, что техническая готовность пожарного оборудования зависит от качества профилактических мероприятий, проводимых при техническом обслуживании (ТО), которое влияет на продолжительность срока службы оборудования.

В работах [2, 3] и стандартах^{1,2,3,4} показано, что возникновение отказов носит закономерный характер, основные значения параметров которого изменяются в зависимости от условий эксплуатации технического оборудования. Основными показателями повышения эффективности эксплуатации пожарной техники в подразделениях являются качество ТО и ремонта, проведение которых зависит от ресурса работы, применяемого оборудования.

Таким образом, определительные мероприятия по оценке технического состояния и ресурса работы напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм способствуют повышению уровня технической готовности оборудования в подразделении, что сказывается на увеличении эффективности эксплуатации техники.

Основные представления в теории надежности технических систем позволяют провести оценку эффективности эксплуатации техники. Основные показатели, которые применяются для характеристики технической готовности подразделений являются K_r и K_n – коэффициенты готовности и простоя соответственно, зависящие от величин, связанных ресурсом и наработкой техники (табл. 1).

Таблица 1. Величины, характеризующие длительность эксплуатации технического изделия

Исчисление времени работы	Время работы до отказа (случайная величина)	Регламентированное время работы изделия (детерминированная величина)
Отработка в часах (наработка)	T – наработка до отказа	T_p – ресурс
В календарных часах (время работы)	T – срок службы до отказа	$T_{сл}$ – срок службы

¹ ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.

² ГОСТ Р 58714-2019. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Трубопроводы из гибких плоскостворачиваемых рукавов. Общие технические условия.

³ ГОСТ Р ИСО 1402-2019. Рукава резиновые и пластиковые и рукава в сборе. Гидравлические испытания.

⁴ ГОСТ ISO 8 3 3 1-2016. Рукава резиновые и пластиковые и рукава в сборе. Рекомендации по выбору, хранению, применению и техническому обслуживанию.

Таким образом, от своевременности и качества мероприятий по ТО пожарных рукавов зависят временные показатели эксплуатации, которые характеризуют наработку и ресурс напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм.

Рассмотрим требования, предъявляемые к периодичности, испытательным параметрам насосно-рукавных систем пожаротушения, которые изложены в стандартах^{1,2,3,4} и работах [3–6].

Согласно стандартам^{2,3} испытания напорных рукавов, находящихся в эксплуатации, проводятся после каждого применения, но не реже одного раза в 6 месяцев. В работе [7] проводится анализ конструкции плоскосторачиваемых рукавов диаметром больше 150 мм, показано, что рукава изготавливаются из полиуретана, обладают высокими показателями прочности и стойкости к внешним воздействиям. В стандарте³ показано, что назначенный срок службы полимерных плоскосторачиваемых рукавов с покрытием из полиуретана составляет 10 лет, а назначенный ресурс - не менее 3000 циклов. Таким образом, целесообразно проводить испытание рукавов с периодичностью не реже одного раза в 6 месяцев, либо согласно технической документации завода изготовителя.

В настоящее время испытания рукавов диаметром более 150 мм и длиной 100 м проводятся гидравлическим давлением при присоединении к насосу с манометром. К другому концу рукавов присоединяется, перекрывая заглушка или разветвление. В соединении между испытываемыми рукавами и применяемой арматурой должна быть обеспечена герметичность. После удаления воздуха и заполнения линии водой постепенно поднимается давление воды в испытываемом рукаве до требуемого. Под этим давлением держат линию в течение времени, необходимого для осмотра рукава по всей длине и соединительной арматуры. Появление деформации рукавов, «свищей» и капель воды не допускается.

Рассмотрим мероприятия, проводимые при обслуживании напорных пожарных рукавов. Обслуживание рукавов с DN свыше 150 мм может проводиться как в полевых условиях, так и в условиях пожарно-спасательной части. Анализ литературных источников [2, 3] и стандартов^{5,6,7,8} позволяет

предложить схему технологического порядка эксплуатации пожарных рукавов диаметром более 150 мм в подразделении (рис. 1), от способов реализации которой будет зависеть качество проведения технологических операций и долговечность применения рукавов. При этом стоит отметить, что требования к ТО рукавов большого диаметра после применения отсутствуют в свободном доступе.

В связи с большими массогабаритными размерами полиуретановых плоскосторачиваемых рукавов [3–6], для проведения мероприятий по восстановлению технической готовности требуется специализированное оборудование. Так, первичная очистка и укладка рукавов в отсек пожарного автомобиля производится с помощью механизированного устройства прокладывания рукавов на местности и их укладки после применения.

В условиях пожарно-спасательной части возможно использование следующего оборудования [3–6]:

- 1) рукавные катушки для сматывания рукавов в процессе ТО (две опоры для рукавных катушек с механическим приводом для реверсного вращения катушек; кран-балка или аналогичное устройство для снятия и установки рукавных катушек на опоры);
- 2) передвижное высоконапорное устройство подачи воды для мойки рукавов (типа мойки для автомобилей);
- 3) тепловая пушка либо устройство со сжатым воздухом для сушки внешней и внутренней поверхностей рукава.

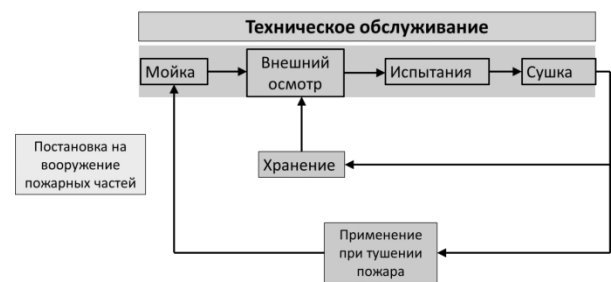


Рис. 1. Технологический порядок эксплуатации напорных рукавов диаметром более 150 мм в подразделении

⁵ ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.

⁶ ГОСТ Р 58714-2019. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Трубопроводы из гибких плоскосторачиваемых рукавов. Общие технические условия.

⁷ ГОСТ Р ИСО 1402-2019. Рукава резиновые и пластиковые и рукава в сборе. Гидравлические испытания.

⁸ ГОСТ ISO 8 3 3 1-2016. Рукава резиновые и пластиковые и рукава в сборе. Рекомендации по выбору, хранению, применению и техническому обслуживанию.

В настоящее время мощностные характеристики оборудования на постах ТО пожарных рукавов, позволяют проводить весь перечень мероприятий по восстановлению технической готовности напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм. Однако, зачастую для ТО таких рукавов, требуется модернизация соединительной арматуры под необходимый диаметр испытываемого рукава.

Таким образом, возможно применение классического оборудования по обслуживанию и восстановлению технического состояния напорных пожарных плоскостворачиваемых рукавов на рукавном посту пожарно-спасательной части. Тем не менее, значительная масса и габаритные размеры рукавов осложняют проведение ТО рукавов в подразделении, в связи с этим целесообразным является проведение ТО на месте после применения. Такое решение позволит сократить временные затраты по восстановлению технической готовности рукавов к работе.

Анализ технологического порядка (рис. 1) по восстановлению технического состояния рукавов показывает, что в полевых условиях для обслуживания рукав после их применения целесообразно проводить следующие операции [3]:

- 1) удаление остаточной влаги;
- 2) сушка;
- 3) очистка рукава и укладка рукавной

линии в отсек пожарного автомобиля.

Однако не ясно, какими техническими параметрами должно обладать оборудование по восстановлению технической готовности напорных плоскостворачиваемых рукавов после применения. Объем воды, находящийся в рукавах диаметром 150 мм, 200 мм, 300 мм длиной 100 м, соответственно равен 1766 л, 3140 л, 7065 л. Удаление воды, заполняющей рукав, целесообразно проводить с применением стационарных насосов, размещенных на пожарных автомобилях [1] с использованием промежуточных ёмкостей пожарных цистерн либо временных полимерных ёмкостей (пожарные водоёмы) для хранения воды, а также путем продувки одного отдельного или нескольких соединенных рукавов сжатым воздухом и (или) прогонкой внутри рукава специального мягкого пыжа в виде шара или цилиндра диаметром, соответствующим условному проходу рукава согласно стандарту⁹.

Следующим этапом работ является сушка рукава от остаточного содержания влаги после его опорожнения. Авторами [5-8] показано, что при удалении воды из рукава на его

поверхности за счёт сил поверхностного натяжения, образуется жидкостная пленка. Расчет общей массы жидкости, которая осталась при горизонтальном расположении в рукаве, можно определить выражением:

$$G^3 = \rho_{ж} \delta_r F_r, \quad (1)$$

где: F_r – образуемая при опорожнении площадь поверхности горизонтальных элементов рукава; δ_r – толщина жидкостной пленки, образующейся на горизонтальных поверхностях, освобождаемых при сливе.

Жидкостная плёнка, образующаяся на внутренних стенках рукава, характеризуется сложной формой, которая определяется физическими свойствами перекачиваемой жидкости и поверхности стенки. В работах [7-8] предлагается проводить расчёт остаточного количества воды по толщине пленки осредненной по всей смоченной поверхности. Вследствие того, что значение толщины образующейся пленки, зависит от физико-химических свойств перекачиваемой жидкости (скорости опускания, плотности, коэффициента динамической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения), то толщина слоя воды, зависит от критерия Рейнольдса, а при маленьких расходах жидкости размер слоя будет составлять 0,305 мм [7].

Определение остаточного количества воды в рукаве проводим по выражению 1 исходя из того, что толщина слоя на внутренней поверхности рукава равна 0,305 мм, длина рукава 100 м. Тогда, масса будет составлять 19,2 кг (19,2 л). Таким образом, для обеспечения сушки внутренней поверхности рукава длиной 100 м требуется удалить 19,2 л воды.

В [7] в качестве сушильного агента предлагается использовать воздух окружающей среды с относительной влажностью 70 % с интервалом температур 2–24 °С без предварительного подогрева. Применение такого подхода позволяет осуществить сушку внутренней поверхности рукава за 5–7 мин, что значительно упростит конструкцию сушильной установки и позволит уменьшить энергозатраты на процесс сушки. Анализ полученных значений времени сушки полиуретанового рукава позволяет оценить производительность компрессора по подаче воздуха на сушку, которая должна составлять 500 л/мин.

Таким образом, применение не подогретого воздуха как агента сушки позволяет осуществлять удаление остаточной влаги из рукава после использования. Сушивание рукава с помощью воздуха возможно лишь при предварительном удалении воды из рукава механическим способом. Реализация такого подхода требует компрессор по подаче воздуха

⁹ ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.

ха на сушку, производительность которого должна составлять 500 л/мин.

Намотку пожарных рукавов можно осуществлять через систему обжимающих валков, которые позволяют избежать перекручивания и нарушения симметрии намотки (рис. 2). Нижний ролик является подвижным в вертикальной плоскости, что обеспечивает прохождение соединительных головок.

Таким образом, механизированная прокладка и сборка пожарных рукавов, осо-



Рис. 2. Общий вид устройства по автоматическому сбору рукавной линии

Конструкция катушек представляет собой основание, на котором крепятся вертикальные стойки с монтируемым в их верхней части барабаном и конструктивными элементами для вращения барабана, а также привод.

Транспортировщики используют их для доставки и перемещения, полимерных плоскосворачиваемых рукавов, а также для осуществления их смотки-намотки и хранения. Разработанные технические решения [11] облегчают использование гибкого трубопровода, увеличивают ресурс его работы и позволяют наматывать требуемый объем рукавов различного диаметра от 50-400 мм.

Анализ литературных данных [11] показал, что для целей транспортировки, хранения, сворачивания-разворачивания трубопроводов применяется различное оборудование (рис. 4):

- 1) катушки с подставками для хранения, подъемные траверсы;
- 2) коробка и контейнеры для транспортировки с механизированным устройством для облегчения операций разворачивания-сворачивания;
- 3) устройства смотки-размотки, механизированные и ручные различных модификаций.

бенно большого диаметра (150-300 мм), является важной и актуальной задачей, решение которой позволит сократить время и трудозатраты личного состава подразделений пожарной охраны.

Анализ технических решений по устройствам для скатки и транспортировки рукавов показал, что для этих целей применяются специальные катушки, представленные на рис. 3.

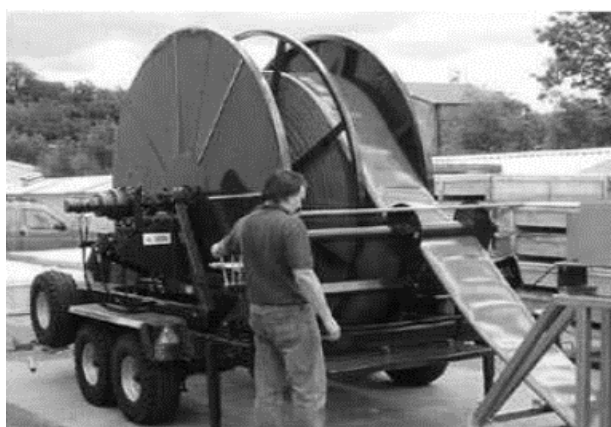


Рис. 3. Катушки с устройством разворачивания и сворачивания плоскосворачиваемых рукавов на прицепной подвижной платформе

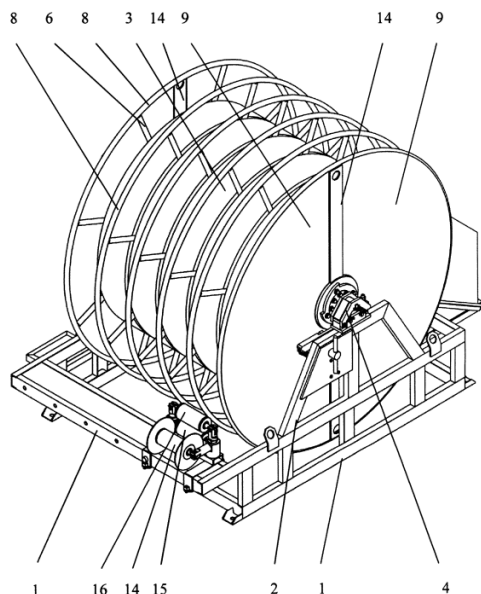
В работе [11] разработана модель полуприцепа с установленной на ней многосекционной катушкой, которая обеспечивает возможность хранения смотанного рукава, а также функции по разворачиванию, сворачиванию с помощью гидравлического привода с автономным двигателем. На рис. 4 представлено устройство для развёртывания и свёртывания – УРС -1000.

Таким образом, технические устройства по транспортировке плоскосворачиваемого рукава для насосно-рукавной системы должны быть мобильными и обеспечивать возможность хранения смотанного рукава, а также функции по его автоматическому разворачиванию, сворачиванию с помощью гидравлического привода, который оборудован автономным двигателем.

Авторами [11] разработана конструкция установки для сворачивания и разворачивания плоскосворачиваемых рукавов (рис. 4, 5). Рассматриваемая разработка, относится к устройствам, используемым при заполнении и опорожнении магистральных нефтепроводов, при проведении плановых и аварийных работ, и предназначена для разворачивания, сворачивания гибкого плоскосворачиваемого рукава,

удаления остатков нефти и нефтепродуктов из него, а также для хранения и транспортировки.

Оборудование для транспортировки плоскосворачиваемых рукавов представляет



собой многосекционные барабаны, которые монтируются на специальном шасси либо на платформе прицепа – чем достигается мобильность установок.

Рис. 4. Установка для сворачивания и разворачивания гибкого плоскосворачиваемого рукава (вид установки в аксонометрии с правой стороны):

- 1 – основание, 2 – вертикальные стойки, 3 – барабан, 4 – приспособление для вращения барабана,
- 6 – спицы, 8 – ободы, 9 – щеки, 14 – пластины, 15 – нижний валик, 16 – верхний валик

Таким образом, механизированная прокладка и сборка пожарных рукавов, особенно большого диаметра (150–300 мм), является важной и актуальной задачей, решение которой позволит сократить время и трудозатраты личного состава подразделений пожарной охраны. Наряду с этим, можно с уверенностью утверждать, что механизированная прокладка и сборка пожарных рукавов существен-

но повысит эффективность подразделений при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций на различных объектах.

Согласно [12] проведен расчёт мощности привода редуктора для скатки рукава. Так, для механизма автоматической прокладки рукавной линии подойдёт редуктор 1Ц2У-200, а мощность двигателя на привод редуктора должна находиться в пределах 3,6–7,3 кВт.

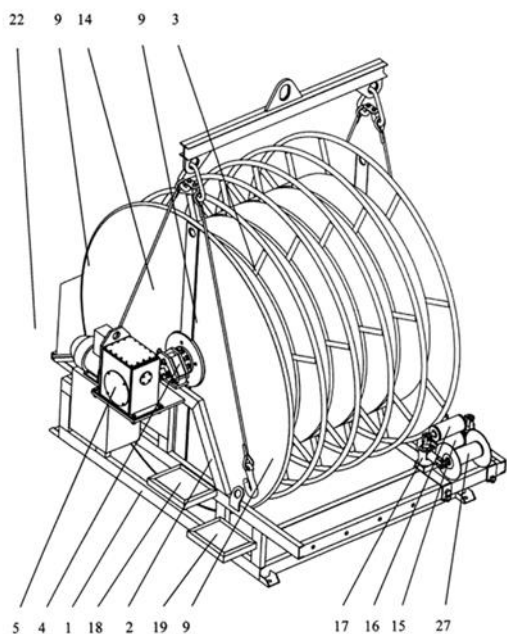


Рис. 5. Установка для сворачивания и разворачивания гибкого плоскосворачиваемого рукава (вид установки в аксонометрии с левой стороны):

- 1 – основание, 2 – вертикальные стойки, 3 – барабан, 4 – приспособление для вращения барабана,
- 5 – привод, 9 – щеки, 14 – пластины, 15 – нижний валик, 16 – верхний валик,
- 17 – узел отжимных валиков, 18 – площадка, 19 – площадка, 22 – бензоэлектростанция, 27 – ролик

Установки для транспортировки рукавов снабжены механической скаткой, которая реализована редукторной схемой, приводимой в движение электродвигателем от бензогенератора. При реализации обслуживания рукавов в полевых условиях требуется реализации возможности сушки и талькирования рукавов. Таким образом, необходимо оборудовать платформу рукавной катушки компрессором, который будет работать от электродвигателя либо бензинового агрегата. Удаление остаточных количеств влаги из рукава необходимо проводить с помощью вспененной губки или пыжа из хорошо впитываемого материала.

Таким образом, техническое совершенствование установки для скатки напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм необходимо направить на дооборудование платформы рукавной катушки компрессором, который будет работать от электродвигателя либо бензинового агрегата. Причем, применение не подогретого воздуха как агента сушки позволяет осуществлять удаление остаточной влаги из рукава после использования. Возможность осушивания рукава с помощью воздуха возможна лишь при предварительном удалении воды из рукава механическим способом. Реализация такого подхода требует производительность компрессора по подаче воздуха на сушку, которая должна составлять 500 л/мин.

Выводы

Показано, что от своевременности и качества мероприятий по ТО пожарных рукавов зависят временные показатели эксплуатации, которые характеризуют наработку и ресурс напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм.

Установлено, что большая масса и габаритные размеры рукавов осложняют прове-

дение ТО рукавов в подразделении, в связи с этим целесообразным является проведение ТО на месте, после применения. Такое решение позволит сократить временные затраты по восстановлению технической готовности рукавов после применения.

Показано, что в полевых условиях при обслуживании рукавов после применения целесообразно проводить следующие операции:

- 1) удаление остаточной влаги;
- 2) сушка;
- 3) очистка рукав и укладка рукавной линии в отсек пожарного автомобиля.

Предложено применение не подогретого воздуха как агента сушки позволяет осуществлять удаление остаточной влаги из рукава после использования. Возможность осушивания рукава с помощью воздуха возможна лишь при предварительном удалении воды из рукава механическим способом. Реализация такого подхода требует производительность компрессора по подаче воздуха на сушку, которая должна составлять 500 л/мин.

В качестве рукавного транспортирующего устройства целесообразно использовать установку для сворачивания и разворачивания гибкого плоскосворачиваемого рукава, в которой привод редуктора для скатки рукава так, для механизма автоматической прокладки рукавной линии используется редуктор 1Ц2У-200, а мощность двигателя на привод редуктора должна находиться в пределах 3,6–7,3 кВт. Наряду с этим, платформу рукавной катушки необходимо оборудовать компрессором, который будет работать от электродвигателя либо бензинового агрегата.

Осуществление указанных выше мероприятий позволит восстанавливать техническую готовность напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм в полевых условиях.

Список литературы

1. Ольховский И. А. Технология применения рукавных систем с пропускной способностью более 100 л/с для тушения пожаров на объектах энергетики: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. М., 2014. 145 с.

2. Малкин В. С. Надежность технических систем и техногенный риск. Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. 432 с.

3. Логинов В. И., Ртищев С. М., Козырев В. Н. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов. М.: ВНИИПО. 2008. 55 с.

4. Choosing hoselines for initial attack. Calif. Fire. Serv., 1990, vol. 10, pp.12–13.

5. Монахов Н. А., Федотов Ю. А. Общие технические требования и методы испытаний пожарных напорных рукавов // Пожарная техника: Средства и способы пожаротушения: сборник научных трудов. М.: ВНИИПО, 1996. С. 105.

6. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок. М.: Государственное энергетическое издание. 1962. 320 с.

7. Семенов А. Д., Бубнов А. Г., Моисев Ю. Н. Особенности сушки пожарных напорных рукавов диаметром более 150 мм // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 2 (39). С. 88–95.

8. Елфимова М. В., Архипов Г. Ф. Вакуумно-температурная сушка пожарных рукавов // Вестник Санкт-Петербургского универси-

тета государственной противопожарной службы МЧС России. 2010. № 4. С. 8–13.

9. Балайка Б., Сикора К. Процессы теплообмена в аппаратах химической промышленности. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. 1962. 351 с.

10. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов. Л.: Химия. 1987. 576 с.

11. Патент 139600 Российская Федерация МПК F 16 L 11/0. Установка для сворачивания и разворачивания гибкого плоскостворачиваемого рукава / В. В. Хлюпин, Н. В. Лехин, А. В. Малышев; опубл. 20.04.2014, Бюл. № 11.

12. Буланов Э. А. Детали машин. Расчет механических передач. Учебное пособие. М.: Юрайт, 2016. 202 с.

References

1. Olkhovsky I. A. Tekhnologiya primeniya rukavnykh sistem s propusknoy sposobnost'yu boleye 100 l/s dlya tusheniya pozharov na ob'yektakh energetiki. Diss. kand. tekhn. nauk [Technology for the use of hose systems with a capacity of more than 100 l/s for extinguishing fires at power facilities. Cand. tech. sci. diss.]. M., 2014. 145 p.

2. Malkin V. S. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyi risk [Reliability of technical systems and technogenic risk]. Rostov-na-Donu: Feniks, 2010. 432 p.

3. Loginov V. I. Methodological guidance on the organization and operation of fire hoses // V.I. Loginov, S.M. Rtishchev, V.N. Kozyrev. - M.: VNIPO. 2008. - 55 p.

4. Choosing hoselines for initial attack. Calif. Fire. Serv., 1990, vol. 10, pp.12–13.

5. Monakhov N. A., Fedotov Yu. A. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya i metody ispytaniy pozharnykh napornykh rukavov [General technical requirements and test methods for fire

pressure hoses]. *Pozharnaya tekhnika: Sredstva i sposoby pozharotusheniya: sbornik nauchnykh trudov*. M.: VNIPO, 1996, P. 105.

6. Lebedev P. D. *Raschet i proyektirovaniye sushil'nykh ustanovok* [Calculation and design of drying installations]. M.: Gosudarstvennoye energeticheskoye izdaniye, 1962. 320 p.

7. Semenov A. D., Bubnov A. G., Moiseev Yu. N. Osobennosti sushki pozharnykh napornykh rukavov diametrom boleye 150 mm [Features of drying fire pressure hoses with a diameter of more than 150 mm]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*. 2021, vol. 2 (39), pp. 88–95.

8. Elfimova M. V., Arkhipov G. F. Vakuumno-temperaturnaya sushka pozharnykh rukavov [Vacuum-temperature drying of fire hoses]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS Rossii*. 2010, issue 4, pp. 8–13.

9. Balaika B., Sikora K. *Protsessy teploobmena v apparatakh khimicheskoy promyshlennosti* [Heat transfer processes in apparatuses of the chemical industry]. M.: Gosudarstvennoye nauchno-tekhnicheskoye izdatel'stvo mashinostroitel'noy literatury, 1962. 351 p.

10. Pavlov K. F., Romanov P. G., Noskov A. A. *Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov khimicheskoy tekhnologii*. *Uchebnoye posobiye dlya vuzov* [Examples and tasks in the course of processes and apparatuses of chemical technology. Textbook for universities]. L.: Khimiya. 1987, 576 p.

11. Khlyupin V. V., Lekhin N. V., Malyshev A. V. Ustanovka dlya svorachivaniya i razvorachivaniya gibkogo ploskosvorachivayemogo rukava [Installation for folding and unfolding a flexible flat-folding sleeve], Patent 139600 Rossiyskaya Federatsiya IPC F 16 L 11/0, opubl. 20.04.2014. Byul. № 11.

12. Bulanov E. A. *Detali mashin. Raschet mekhanicheskikh peredach*. *Uchebnoye posobiye* [Machine parts. Calculation of mechanical gears. Tutorial]. M.: Yurayt, 2016. 202 p.

Семенов Андрей Дмитриевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: sad8_3@mail.ru,

Semenov Andrey Dmitrievich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences

E-mail: sad8_3@mail.ru.

Бубнов Андрей Германович

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

Доктор химических наук, доцент

E-mail: bubag@mail.ru

Bubnov Andrey Germanovitch

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

Russian Federation, Ivanovo

Doctor of Chemical Sciences, associate professor

E-mail: bubag@mail.ru

Сараев Иван Витальевич

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

Кандидат технических наук

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

Saraev Ivan Vitalevitch

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

Russian Federation, Ivanovo

Candidate of Technical Sciences

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

Волков Виктор Владимирович

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

Кандидат химических наук

E-mail: v-37viktor@mail.ru

Volkov Viktor 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 Consequence of Natural Disasters»;

Russian Federation, Ivanovo

Candidate of Chemical Sciences

E-mail: v-37viktor@mail.ru

УДК 614.8

АНАЛИЗ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ГРУЗОВ МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

Т. Р. ХАБИРОВ, С. А. САВЧЕНКО

Дальневосточная пожарно-спасательная академия –
филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России,
Российская Федерация, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский
E-mail: habirov.t@mail.ru

Научная новизна исследования заключается в анализе опасностей, возникающих при перевозке генеральных грузов, и возможность в будущем разработать способы повышения безопасности на судне при перевозке грузов.

Морские перевозки и морской транспорт являются жизненно важным компонентом мировой экономики и транспортной сети. Количество людей, фирм и организаций, пользующихся морскими перевозками, растет во всем мире. Как и в других транспортных системах, безопасность при морских перевозках имеет решающее значение. Поскольку процессы ликвидации аварийных ситуаций на судах сильно отличаются от процессов аварийной эвакуации из зданий и других транспортных средств, поэтому и являются более сложными.

В последние десятилетия морские аварии привлекали к себе большое внимание из-за огромного материального ущерба, несчастных случаев и серьезного загрязнения окружающей среды.

С морским транспортом могут возникать чрезвычайные ситуации, приводящие к катастрофическим жертвам, а также к смертельным травмам на море. Около 63 % несчастных случаев на судостроительстве являются повторяющимися. Другими словами, они возникают с судами, которые уже пережили хотя бы одну аварию. В этом случае планы управления в чрезвычайных ситуациях признаны приоритетными для оперативного рассмотрения с учетом потенциальных последствий стихийных бедствий в морской отрасли.

Цель – проанализировать аварийность морских судов, и риски, связанные с перевозкой генеральных грузов.

Ключевые слова: анализ рисков, чрезвычайные ситуации на море, морские перевозки.

ANALYSIS OF RISKS OF EMERGENCIES DURING TRANSPORTATION OF GENERAL CARGOES BY SEA TRANSPORT

T. R. KHABIROV, S. A. SAVCHENKO

Far Eastern Fire and Rescue Academy, branch of St. Petersburg University
of the Russian Ministry for Emergency Situations Far Eastern Fire and Rescue Academy,
Russian Federation, Primorsky Territory, Vladivostok, Island Russian
E-mail: habirov.t@mail.ru

Scientific novelty of the study is to analyze the dangers arising during the transportation of general cargo and in the future to develop ways to improve safety on the ship when transporting goods.

Maritime transportation and maritime transport is a vital component of the world economy and transport network. The number of people, firms, and organizations using maritime transportation is growing worldwide. As in other transportation systems, safety is critical in maritime transportation. Because vessel accident processes are very different from and more complex than building and other vehicle evacuation processes.

In recent decades, maritime accidents have attracted a great deal of attention because of the enormous property damage, accidents, and severe pollution of the environment.

Emergencies can occur with marine transportation, resulting in catastrophic casualties as well as fatal injuries at sea. About 63 % of shipping accidents are recurring. In other words, they occur with vessels that have experienced at least one previous accident. In this case, emergency management plans are recognized as a priority for operational consideration given the potential consequences of disasters in the maritime industry.

The goal is to analyze maritime vessel accidents, and the risks associated with transporting general cargo.

Key words: risk analysis, maritime emergencies, maritime transport.

Введение

Морские перевозки - это один из безопасных и экологически чистых видов коммерческого транспорта. На протяжении последних четырех десятилетий в судоходной отрасли наблюдалась тенденция к увеличению общего объема перевозок грузов. Благодаря восстановлению мировой экономики в 2021 году общий объем мировой морской торговли увеличился на 4 % и достиг 10,7 млрд тонн. Почти половина прироста объема приходится на сыпучие товары.

Перевозка грузов любым видом транспорта сопряжена с риском возникновения катастроф по вине других участников движения, климатических условий, неудачно выбранных упаковочных материалов или отсутствия маркировки. Хотя перевозка опасных грузов всегда является рискованной процедурой, однако возможность управления и снижения факторов риска до минимума является вполне реальным вариантом.

Что касается транспортировки генеральных грузов, то большая ответственность лежит на ответственных лицах при погрузке, упаковке, маркировке, оформлении документации, приемке и хранении. Риск происшествия с морским судном возникает на всех этапах логистики и отмечается, что для обеспечения безопасности перевозок при выборе транспортных средств необходимо изучить факторы, влияющие на риск перевозки.

Для обеспечения безопасности участников системы перевозки грузов необходимо учитывать следующие условия, оказывающие влияние на процесс перевозки:

- выбор альтернативных видов транспорта;
- оценка маршрутов;
- оценка технологического процесса перевозки;
- оценка риска перевозки;
- возможность снижения риска аварии до минимума.

Оценив, какую угрозу представляют морские катастрофы для людей, окружающей среды и всей транспортной инфраструктуры, а также их дальнейшее катастрофическое развитие на морской акватории или в порту необходимо исследовать условия, при которых морские суда попадают в чрезвычайные ситуации.

Состояние и причины аварийности с морскими судами в Российской Федерации

В таблице 1 можно увидеть динамику как повышения, так и понижения аварийных случаев на море. Катастрофические аварии на море имеют практически стабильный характер. Среди аварийных случаев на море, наибольшее количество связано с судами, перевозящими генеральный груз.

К наиболее частым причинам, приводящим к аварийности на море можно выделить:

- недостатки в организации ходовой навигационной вахты и штурманской службы на судах;
- несоблюдение общепринятых приёмов и способов управления судном; неучёт гидрометеорологических особенностей района плавания и стоянки судов;
- несоблюдение Правил технической эксплуатации морских судов, Правил технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций.

Из проведенного анализа аварийных случаев на море можно сделать вывод, что большую часть из них составляют технические аварийные случаи, в процентном соотношении это 67 процентов, которые привели к невозможности движения вследствие повреждения механизмов судна:

- главного двигателя (ГД);
- винто-рулевого комплекса (ВРК).

Причинами повреждений ГД и ВРК, отмеченными в заключениях по расследованию, явились:

- непринятие экипажем своевременных и должных мер по техническому осмотру, обслуживанию оборудования, поддерживающему ремонту;
- повреждения (разрушения) материалов, связанные с напряжением материала в результате длительной интенсивной эксплуатации.

Особо важно выделить навигационные аварийные случаи на море. Так в 2020 году на данные случаи пришлось 25 % от общего количества случаев. Из анализа видно, что в основном большая часть приходится на столкновения, на которые пришлось 47 % от всех случаев.

Таблица 1. Состояние аварийности в РФ на море

ПОКАЗАТЕЛЬ	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ВСЕГО АВАРИЙНЫХ СЛУЧАЕВ	72	82	46	67	46	30
Пассажирское судно	5	1	1	5	3	2
генеральный груз	8	6	15	24	18	12
танкер	7	4	7	14	5	9
буксир	2	1	14	13	9	3
НИС					2	1
атомный лихтеровоз						1
лоцманский катер портового плавания	1		2	1		
плашкоут			2			
ледокол	2		1	3	1	1
земснаряд				1	1	
самоходный плавкран				2	1	1
шаланда			1	2	1	
маломерное судно			1	1	3	
судно снабжения	1			1		
с рыбопромысловыми судами	23	35			2	
ОЧЕНЬ СЕРЬЕЗНЫЕ АВАРИИ	5	4	4	3	7	3
танкер			1	-	2	1
генеральный груз				1		
ледокол			1			
буксир			1	2	3	1
маломерное судно			1		1	
с судами торгового мореплавания	3	2				
с рыбопромысловыми судами	2	2			1	
самоходный плавкран						1
АВАРИИ	67	78	42	64	39	27
АВАРИИ, СВЯЗАННЫЕ С ГИБЕЛЬЮ ЛЮДЕЙ И ТРАВМАТИЗМОМ	44	14	5	4	11	3
Погибших в прямой связи с эксплуатацией судна, человек	86	22	6	6	16	5
из них пассажиров					3	
лоцманский катер			3	1		
буксир			-	2	3	
танкер			2		7	
генеральный груз	74	13	1	3		
на судах торгового мореплавания	12	9				
маломерное судно					1	
исследовательское судно					1	
сухогруз					1	
самоходный плавкран						2
Получивших тяжкий вред, причинённый здоровью в прямой связи с эксплуатацией судна, человек	1	5	1	-	2	1
на судах торгового мореплавания	1	3				
на рыбопромысловых судах		2				
буксир			1			
сухогруз					2	1

Причинами аварийных случаев, связанными со столкновениями, отмеченными в заключениях по расследованию, явились:

- недооценка судоводителями гидрометеорологических, навигационногидрографических факторов и маневренных характеристик судна при стоянке на якоре и съёмке с якоря в штормовых условиях;

- отсутствие должной организации вахтенной службы при стоянке на якоре, непринятие судоводителями своевременных и необходимых мер по прекращению дрейфа судна на якоре и предупреждению столкновения с находящимися рядом судами, стоящими на якоре;

- ненадлежащая организация безопасной ходовой навигационной вахты;

- несоблюдение приёмов и способов управления судном.

Анализ причин навигационных аварийных случаев свидетельствует что большинство случаев связано, с человеческим фактором. Практически все навигационные случаи, явились следствием невыполнения экипажами или судовладельцем нормативных документов, регламентирующих безопасность плавания.

Аварийные случаи, связанные с гибелью и травматизмом людей на судах рыбопромыслового флота, составили 47 % от общего количества аварий с рыбопромысловыми судами.

Основные причины гибели и травматизма людей на море:

- нарушение правил по охране труда при добыче (вылове), переработке водных биоресурсов и производстве отдельных видов продукции из водных биоресурсов;

- нарушение правил эксплуатации при обслуживании механизмов.

Анализ иных причин аварийных случаев показывает, что они стали следствием:

- нарушения правил технической эксплуатации морских судов, технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций.

- несоблюдения общепринятых приёмов и способов управления судном, неучёта гидрометеорологических особенностей района плавания и стоянки судов; низкой организации борьбы за живучесть судна.

Анализ причин аварийности при перевозках генеральных грузов на морском транспорте

Генеральным грузом перевозится штучная продукция, в различной упаковке. Упаковкой могут служить контейнеры, пакеты, тюки, бочки и иные виды упаковки. В основном данный груз перевозится сборными партиями.

Возможно, самым главным из факторов риска, связанных с морским транспортом, является чистый объём и количество грузов, перемещаемых по морю.

Большинство навалочных грузов, перевозимых мировым флотом, состоящим из судов для навалочных/генеральных грузов, перевозят относительно инертные соединения, такие как железная руда, уголь, зерно, бокситы, глинозем и каменный фосфат. Определённое количество навалочных грузов считается крайне опасным, т.к. потенциально могут быть объектом манипуляций со стороны организованных террористических групп. Главными из них являются оптовые поставки удобрений, таких как нитрат аммония.

Аммиачная селитра широко используется во всем мире в качестве сельскохозяйственных удобрений и обычно считается безопасным и стабильным соединением при правильном хранении и обращении. Однако, при некоторых манипуляциях (например, путем добавления мазута) и срабатывании достаточно большого взрывчатого катализатора, нитрат аммония, пригодный для удобрений, можно использовать в качестве мощного взрывчатого вещества.

Согласно статистическим данным из года в год, 80–85 % несчастных случаев вызваны человеческим фактором, так что есть мнение, что прямо или косвенно все происходит из-за человеческого фактора. Но непосредственно причины аварий можно сгруппировать в две общих группы, а именно:

- действия людей;

- состояние небезопасности, например, оборудование для обеспечения безопасности на борту находится в поврежденном или непригодном для использования виде;

Как правило, авария, которая может произойти на судне, является результатом:

- столкновения с другими судами;

- схождения на мель;

- утопления из-за плохой погоды;

- возгорания;

- повреждения двигателя (отключение / поломка двигателя).

Безопасность на море

Безопасность может быть определена как состояние морской системы (судно, человек, окружение), в котором ни один из ее элементов по какой-либо определенной причине не угрожает любому другому элементу системы.) При навигации состояние опасности вызвано морской катастрофой, понимаемое как нежелательное событие, вызывающее значительный ущерб и убытки (материальные и личные) в результате столкновения или внутренних противоречивых взаимодействий в си-

стеме: человек-объект-окружение. Следует отметить, что из компонентов, составляющих безопасность на море, наиболее изменчивой является безопасность мореплавания. По этой причине оценка морской безопасности отдельного судна обычно сводится к оценке его навигационной безопасности. Безопасность на море иногда определяется также как «такие желательные условия человеческой деятельно-

сти на море, которые не представляют опасности для жизни и имущества людей и не наносят вред морской среде». Она состоит из четырех компонентов, а именно: технологической и эксплуатационной безопасности судов, безопасности мореплавания, безопасности людей, терпящих бедствие, и предотвращения загрязнения окружающей среды с судов, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Четыре основных компонента безопасности на море

Особое внимание необходимо уделить размещению генерального груза, которое должно обеспечивать свободный проход к первичным средствам пожарной безопасности. Особое внимание необходимо уделить к креплению груза на судне. В аварийной ситуации необходимо учесть защиту груза от воздействия атмосферных факторов.

На основе анализа угроз, возможных при доставке генеральных грузов, можно опре-

делить угрозы по видам и времени (месяцам) появления угрозы. Результаты исследования приведены в табл. 2.

Загрязнение моря с судна предполагает штрафные меры на основе требований международных конвенций об ответственности за загрязнение моря или соответствующих национальных требований. Объем ущерба, уровень загрязнения и др., которые в работе принимаются условными.

Таблица 2. Вероятности возникновения угроз при перевозке генеральных грузов

	Вид угрозы	Наличие	Время появления
1.	Техногенного характера:		
1.1	взрывы	да	Декабрь, 2023 года
1.2	пожары	да	Декабрь, 2023 года
1.3	загрязнение моря	да	Декабрь, 2023 года
1.4	аварии оборудования	да	Декабрь, 2023 года
1.5	отказы оборудования	да	Декабрь, 2023 года
2.	Природного характера:		
2.1	ураганы	да	Декабрь, 2023 года
2.2	штормы	да	Декабрь, 2023 года
2.3	землетрясения	да	Декабрь, 2023 года
2.4	обледенение	да	Декабрь, 2023 года

Таблица 3. Ранжирование опасности

№ п/п	Вид угрозы	Вероятность проявления угрозы (%)	Категория угрозы (баллы)	Вероятность влияния на бизнес (%)	Категория ущерба (баллы)	∑ баллов	Ранжирование опасности
1	Взрывы	10	1	15	1	2	5
2	Пожары	20	1	25	2	3	4
3	Загрязнение моря	25	2	30	2	4	3
4	Аварии оборудования	10	1	10	1	2	5
5	Отказы оборудования	25	2	25	2	4	3
6	Ураганы	40	2	70	4	6	2
7	Штормы	75	4	55	3	7	1
8	Густые туманы	0	0	0	0	0	-
9	Землетрясения	25	2	25	2	4	3
10	Оползни	0	0	0	0	0	-
11	Сильное потепление	0	0	0	0	0	-
12	Сильное похолодание	40	2	40	2	4	3

Построим линейную диаграмму на основе полученных данных в табл. 3. Сумма баллов и виды угроз представляются в графическом виде для наглядного определения закономерностей (рис. 2).

Построим линейную диаграмму на основе полученных данных в табл. 3. Сумма баллов и виды угроз представляются в графическом виде для наглядного определения закономерностей (рис. 2).

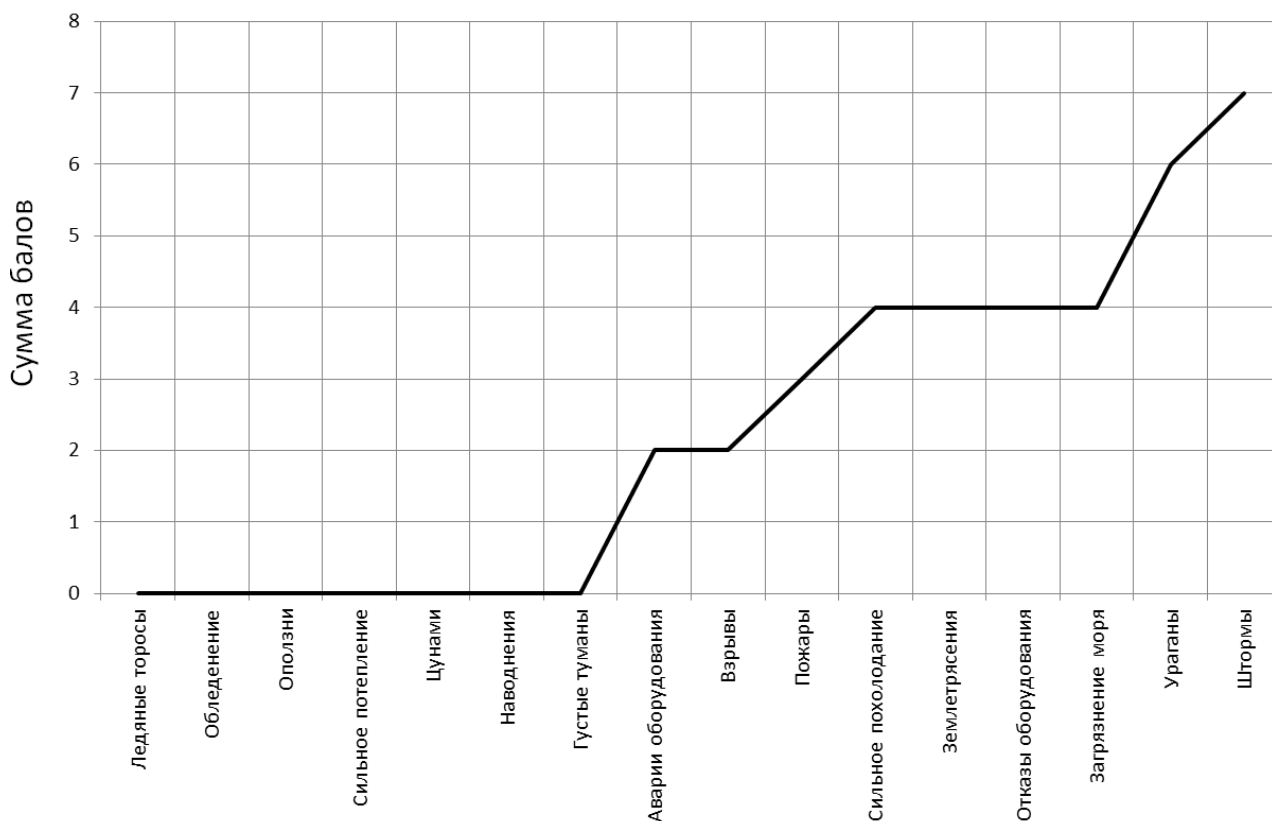


Рис. 2. Диаграмма зависимости видов угроз и суммы баллов

Для определения угроз необходимо построить матрицу. В графы заносится количество угроз, распределенных по категориям и ущербу табл. 4. После определяется сумма баллов по строкам и столбцам. Если же угрозы имеют одинаковую категорию и одинаковую

катеорию ущерба, на пересечении данных категорий записывается сумма этих угроз.

Например, для пожаров, взрывов категория угрозы составляет по 5 баллов, а ущерб по 4 балла, то на пересечении соответствующие строку и столбец заносится цифра 3 (количество суммы этих угроз).

Таблица 4. Матрица угроз техногенного и природного характера и ущерба при перевозке генеральных грузов

		Категория угроз (баллы)						Σ
		0	1	2	3	4	5	
Категория ущерба (баллы)	0	7	-	-	-	-	-	7
	1	-	2	-	-	-	-	2
	2	-	1	4	-	-	-	5
	3	-	-	-	-	1	-	1
	4	-	-	1	-	-	-	1
	5	-	-	-	-	-	-	-
Σ		7	3	5	-	1	-	16

Проанализируем данную матрицу. Как видим, наиболее опасными для доставки генеральных грузов являются ураганы и штормы. Все остальные угрозы находятся на допустимом уровне и не грозят техногенными катастрофами.

На основе полученного анализа построим диаграмму, которая будет отражать оценку угроз природного и техногенного характера (рис. 3).

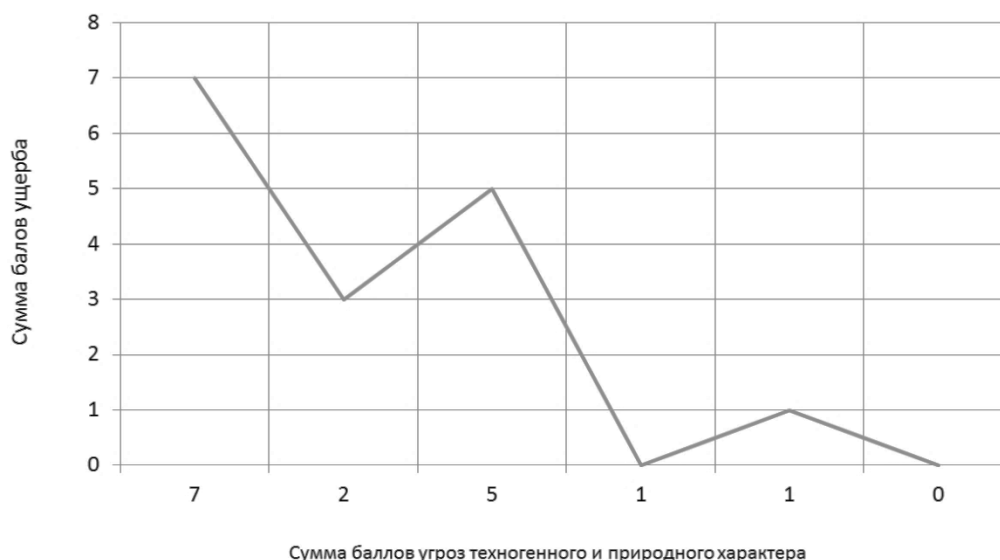


Рис. 3. Диаграмма, отражающая оценку угроз при перевозке генеральных грузов.

На диаграмме можно увидеть, что по 5 суммарных случаев угроз попадают на техногенный и природный характер, а также на ущерб при перевозке генеральных грузов. Однако значимым для оценки возможного ущерба является показатель суммы «1», который ока-

зывает влияние на техногенный характер при перевозке опасных грузов.

Поскольку грузооборот морских портов России ежегодно увеличивается, например, в 2017 году он составлял 350,6 млн. т. генеральных грузов, а к концу 2018 года составил 385

млн. т. (в основном это уголь, зерно, минеральные удобрения, а также грузы в контейнерах), а статистика пожаров и причиненный ущерб говорят о масштабах проблемы, то возникает необходимость в обеспечении пожарной безопасности в процессе перевозки генеральных грузов.

Заключение

Результаты проведенной работы показывают, что происхождение аварий и катастроф на морском транспорте, напрямую связаны с системами безопасности: навигации, технологической и операционной безопасности, с конструкцией судов и человеческим фактором, который является решающим при обеспечении безопасности судов.

Необходимо проводить дальнейшие

Список литературы

1. Аксютин Л. Р. Борьба с авариями морских судов от потери остойчивости. Л.: Судостроение. 1986. 159 с.
2. Белоусов Л. Н., Корхов Я. Г. Технология морских перевозок грузов: учебник для учащихся мореходных училищ. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1978. 344 с.
3. Жуков Е. И., Письменный М. И. Технология морских перевозок: учебник для вузов морского транспорта. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1991. 335 с.
4. Николаева Л. Л., Цимбал Н. Н. Морские перевозки: учебник. Одесса: Феникс, 2005. 425 с.
5. Cargo handling and stow age. Florencio D. Cosare. MARTA, Philippines, 2006. 78 p.
6. Снопков И. В. Технология перевозки грузов морем: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. СПб.: НПО «Профессионал», 2006. 560 с.

References

1. Aksyutin L. R. *Bor'ba s avariayami morskikh sudov ot poteri ostoychivosti* [Combat with

исследования происхождения и протекания аварий, возникающих при перевозке генеральных грузов на морских судах исследуя:

- причины возникновения ЧС, определения возможных масштабов и характер их развития;

- случаи, когда грузы и материалы стали источником чрезвычайной опасности при перевозке их морским транспортом;

- способы защиты людей в условиях катастрофы;

- воздействие аварий на окружающую среду.

И как в итоге, разработать метод, при котором будут соблюдаться необходимые технические требования к перевозке грузов с минимальным риском для людей и окружающей среды.

accidents of ships from loss of stability]. L.: Судостроение, 1986. 159 p.

2. Belousov L. N., Korkhov Y. G. *Tekhnologiya morskikh perevozkov gruzov: uchebnik dlya uchashchikhsya morekhodnykh uchilishch. 3-ye izd., pererab. i dop.* [Technology of marine cargo transportation: textbook for students of maritime schools]. M.: Transport, 1978. 344 p.

3. Zhukov E. I., Pismenny M. I. *Tekhnologiya morskikh perevozkov: uchebnik dlya vuzov morskogo transporta. 3-ye izd., pererab. i dop* [Technology of sea shipping: Textbook for maritime transport universities. 3rd edition, revised and supplementary]. M.: Transport, 1991. 335 p.

4. Nikolaeva L. L., Tsimbal N. N. *Morskiye perevozki: uchebnik*. [Marine transportation: Textbook]. Odessa: Feniks, 2005. 425 p.

5. Cargo handling and stow age. Florencio D. Cosare. MARTA, Philippines, 2006. 78 p.

6. Snopkov I. V. *Tekhnologiya perevozkki gruzov morem: uchebnik dlya vuzov. 4-ye izd., pererab. i dop.* [Technology of cargo transportation by sea: Textbook for universities. 4-th edition, revised and supplementary]. SPb.: NPO «Professional», 2006. 560 p.

Хабиров Тимур Ренатович

Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России
Российская Федерация, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский
старший преподаватель кафедры ТиАСР

E-mail: habirov.t@mail.ru

Khabirov Timur Renatovich

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

Russian Federation, Primorski Krai, Vladivostok, island Russian
Senior Lecturer of the Department of TiASR
E-mail: habirov.t@mail.ru

Савченко Сергей Александрович

Дальневосточная пожарно-спасательная академия –
филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России
Российская Федерация, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский
старший преподаватель кафедры ТиАСР
Savchenko Sergey Aleksandrovich
Far Eastern Fire and Rescue Academy –
branch of St. Petersburg State Fire Service University of the Russian Ministry
of Emergency Situations
Russian Federation, Primorski Krai, Vladivostok, island Russian
Senior Lecturer of the Department of TiASR

УДК 614.849

РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКОЙ 3D-МОДЕЛИ ОГНЕВОЙ ПОЛОСЫ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ

Р. М. ШИПИЛОВ, Б. Б. ГРИНЧЕНКО, Д. Ю. ЗАХАРОВ, И. М. ЧИСТЯКОВ, В. Е. ИВАНОВ

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

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru, grinchenko.borya@mail.ru, mr.dmitriyzakharov@mail.ru,
carcassburner@mail.ru, vitaliyivanov@yandex.ru

На базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России проводится научно-исследовательская работа по разработке огневой полосы психологической подготовки пожарного. Исследование организуется с целью совершенствования учебно-тренировочного процесса и формирования у газодымозащитников профессиональных компетенций в области тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ. Авторами была предпринята попытка определения значимости и роли огневой полосы психологической подготовки пожарного наряду с остальными учебно-тренировочными комплексами. Аналитическим путем был определен необходимый набор элементов огневой полосы психологической подготовки пожарного, с помощью топографо-геодезических работ определено оптимальное место для ее размещения. Разработаны подробные чертежи отдельно каждой учебной точки с их последующей 3D-визуализацией (физическая модель элемента). Представлен примерный перечень профессиональных компетенций, которые формируются при работе на огневой полосе психологической подготовки пожарного.

В статье представлены статистические результаты исследований имеющихся учебно-тренировочных комплексов и огневых полос психологической подготовки пожарного по 56 субъектам Российской Федерации. Проводились изыскания по проведению топографо-геодезических работ для строительства огневой полосы психологической подготовки пожарного. На основании полученных результатов, для последующего монтажа огневой полосы психологической подготовки пожарного было выбрано место на территории учебной базы Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России с. Бибирево. Также были выполнены подробные чертежи с размерами и подготовлены физические 3D-модели отдельных элементов огневой полосы. С целью подготовки газодымозащитников при работе на огневой полосе психологической подготовки пожарного, авторами был разработан ряд профессионально важных компетенций, исходя из особенностей каждой учебной точки. Компетенции представлены в виде навыков работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, как на высоте, так и при поиске и спасении пострадавших в условиях открытого источника огня, высоких температур и задымления. Для оценки времени проведения оперативно-тактических действий, психологической адаптации пожарных к работе на огневой полосе психологической подготовки пожарного, были представлены формулы определения временных значений $J_{ксп} \pm 6$.

Ключевые слова: газодымозащитники, подготовка, огневая полоса психологической подготовки пожарного, аварийно-спасательные работы, учебно-тренировочные комплексы, полигоны.

DEVELOPMENT OF A PHYSICAL 3D MODEL OF A FIRE STRIP FOR PROFESSIONAL TRAINING OF FIRE FIGHTERS

R. M. SHIPILOV, B. B. GRINCHENKO, D. Yu. ZAKHAROV, I. M. CHISTYAKOV, V. E. IVANOV

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: rim-sgpu@rambler.ru, grinchenko.borya@mail.ru, mr.dmitriyzakharov@mail.ru,
carcassburner@mail.ru, vitaliyivanov@yandex.ru

On the basis of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, research work is being carried out to develop a fire lane for the psychological training of a firefighter. Research is organized with the aim of improving the educational and training process and the formation of professional competencies among firefighters, expanding their tactical capabilities. In this regard, we have made an attempt to determine the significance and role of the fire zone of the psychological training of a firefighter in the system of the federal fire service of the State Fire Service, along with other training and simulator complexes. Also, the necessary set of elements of the fire zone for the psychological preparation of a firefighter was determined analytically, and with the help of topographic and geodetic work, the most optimal place for its placement was determined. Detailed drawings were developed separately for each training point and their 3D models. An exemplary list of professional competencies that are formed while working on the firing line of the psychological training of a firefighter is presented.

The article presents the statistical results of studies of the available training complexes and firing lanes for the psychological training of a firefighter in 56 constituent entities of the Russian Federation. Surveys were carried out to carry out topographic and geodetic work for the construction of a fire lane for the psychological training of a firefighter. Based on the results obtained, a place was chosen for the subsequent installation of a firing strip for the psychological training of a firefighter on the territory of the training base of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia with. Bibirevo. Also, detailed drawings with dimensions were made and 3D models of individual elements of the firing strip were prepared. In order to train gas and smoke protectors when working on the fire lane of the psychological training of a firefighter, the authors developed a number of professionally important competencies, based on the characteristics of each training point. Competences are presented in the form of skills to work in personal respiratory and vision protection equipment, both at height and in search and rescue of victims in conditions of an open source of fire, high temperatures and smoke. To estimate the time of carrying out operational-tactical actions, the psychological adaptation of firefighters to work on the fire lane of the psychological training of a firefighter, formulas were presented for determining the time values $J_{ксп} \pm 6$.

Key words: firefighters, preparation, firing lane for psychological training of a firefighter, emergency rescue operations, educational and training complexes, polygons.

В современном мире наблюдается возрастание объёма и сложности задач, связанных с решением проблем обеспечения безопасности, гражданской обороны, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), как техногенного, так и природного характера, обеспечения пожарной безопасности [1, 2, 3]. Таким образом, основной функцией, возложенной государством на Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) является подготовка компетентных специалистов, сотрудников федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы (ФПС ГПС), готовых к решению различного спектра задач по защите населения и территорий от ЧС и обеспечения пожарной безопасности¹. Особая роль в решении поставленных перед МЧС России задач, возлагается на личный состав ГПС, который на сегодняшний день насчитывает более 200 тысяч человек [1, 4]. Повышение уровня

профессиональной подготовки личного состава является основой повышения эффективности решения поставленных задач. Однако следует учитывать, что подготовка должна осуществляться на рубеже новейших достижений в науке и технике, с учётом особенностей деятельности пожарно-спасательных подразделений (ПСП).

В современных условиях основным вопросом обсуждения системы подготовки сотрудников ПСП выступают особенности профессиональной подготовки газодымозащитников к выполнению задач по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ (АСР) в условиях непригодной для дыхания среды (НДС). В исследованиях ряда ученых: Альдошиной Е. А. (2010); Шкитронова М. Е. (2010); Кондыкова А. В. (2012); Фадеева А. С. (2013); Мкртычяна А. С. (2018); Карапузикова А. А. (2020) в области профессиональной подготовки сотрудников ПСП, внимание акцентируется на проблему, связанную с совершенствованием процесса подготовки личного состава. Авторы обращают внимание на необходимость внедрения инновационных подходов в области подготовки сотрудников ПСП, на основе интеграции научной и профессиональной деятельности [5].

¹ Технология подготовки научно-педагогических кадров в вузах МЧС России: Методическое пособие / В. С. Артамонов, А. А. Миляев, А. Б. Трофимов [и др.]. СПб.: Санкт-Петербург. институт ГПС МЧС России, 2004. 121 с.

В системе МЧС России особая роль отводится профессиональной подготовке личного состава, которая максимально приближена к реальным условиям пожара и позволяет поддерживать высокий уровень готовности подразделений [6, 7, 8] к работе в условиях открытого источника огня, на высоте по самоспасанию и спасению пострадавших в условиях ограниченного пространства и в НДС. В соответствии с приказом МЧС России², с целью подготовки газодымозащитников к решению профессиональных задач, определена необходимость проведения тренировочных занятий (ТЗ) в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД). В качестве основных средств, используемых на тренировках, являются многофункциональные комплексы, тренировочные комплексы, полигоны, полосы психологической подготовки, учебные башни, тренажеры и т.д.[9]. С целью поддержания высокого уровня готовности газодымозащитников к деятельности в экстремальных условиях, устанавливается определенная периодичность занятий. Это позволяет добиваться от газодымозащитников полной отдачи сил, умственного напряжения и волевых усилий. В периодичность тренировок в зоне с НДС (теплодымокамере и учебно-тренировочных комплексах) занятия проводятся один раз в квартал, тренировки на свежем воздухе при проведении пожарно-тактических учений – один раз в месяц, для огневой полосы психологической подготовки необходимо не менее одного тренировочного занятия в год⁴. Данные ТЗ являются основной формой профессиональной подготовки газодымозащитников в составе звена газодымозащитной службы (ГДЗС).

Особую роль, хочется уделить огневой полосе психологической подготовки пожарных (ОПППП). Огневая полоса представляет собой – набор специальных снарядов, расположенных на определенной территории и предназначенных для развития у пожарных морально-психологических и волевых качеств, способности оперативно мыслить, умения контролировать свои действия и управлять ими в сложной обстановке пожара или чрезвычайной ситуации [10, 11]. Благодаря ОПППП у газодымозащитников формируются морально-психологические качества, помогающие им в различных экстремальных ситуациях. Именно по

этой причине обязательным компонентом подготовки являются тактические тренировки в условиях максимально приближенных к реальным⁴.

Целью исследования стал поиск пути совершенствования системы подготовки газодымозащитников на основе разработки ОПППП на базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

1. Определить наличие учебно-тренировочных комплексов (УТК), ОПППП по субъектам Российской Федерации (РФ), а также необходимый набор элементов ОПППП.
2. Определить наиболее оптимальное место размещения ОПППП, разработать подробные чертежи с 3D-визуализацией снарядов ОПППП.
3. Разработать примерный перечень профессиональных компетенций при работе на ОПППП.
4. Представить оптимальное уравнение определения уровня освоения элементов ОПППП.

Для организации исследования применялся ряд методов, в который вошли: анализ, синтез и моделирование. С помощью метода анализа были определены количественные характеристики и время эксплуатации УТК и ОПППП по субъектам Российской Федерации (РФ). Полученные данные проанализированы по 56 субъектам РФ и представлены в виде рисунков. Метод синтеза применялся при разработке технического задания, с целью выбора оптимального места последующего монтажа ОПППП. При подготовке технического задания был последовательно проведен комплекс инженерно-технических работ по определению инженерно-геологических условий, рельефа местности, гидрогеологических условий расположения, размеров, возможности хранения пожарно-технического оборудования и инвентаря. Метод моделирования применялся в ходе расчетов конструктивных элементов ОПППП. Были подготовлены инженерные (структурные) чертежи, чтобы определить реальные размеры и как будут строиться учебные места. Структурные чертежи связывались с дизайном сооружений в виде 3D-визуализацией (физическая модель элемента). Данные модели представлены в виде рисунков и позволяют понять объёмность изделия.

² Приказ МЧС России от 26 октября 2017 г. № 472 п. 85 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны».

³ Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы Федеральной противопожарной службы МЧС России. – Москва, 2008. 87 с. С. 14.

⁴ Огневая полоса психологической подготовки.
URL: https://xn--01-6kcaj2c6aih.xnp1ai/articles/dostupno_o_pozharnoj_bezопасnosti/ognevaya_polosa_psihologicheskoi_podgotovki/ (дата обращения 09.10.2022).

С целью повышения эффективности работы ГДЗС на пожаре при выполнении АСР в условиях НДС, одним из методов, могут являться ТЗ [9]. Характер деятельности газодымозащитников обуславливается перманентностью занятий в СИЗОД независимо от стажа службы. Несмотря на то, что с каждым годом улучшается техническая оснащённость гарнизона, количество пострадавших и погибших среди пожарных не снижается⁵. Одной из причин этого является сложность, скоротечность и непредсказуемость ЧС. Одним из кардинальных решений данной проблемы послужило внедрение и использование в тренировочном процессе различных УТК, полигонов, ОПППП, учебных башен и т.д. Данные средства характеризуются опасностью, риском, высокими физическими и психологическими нагрузками, что позволяет газодымозащитникам совершенствовать профессиональные навыки при работе в СИЗОД.

В связи с этим на базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (академия) организована научно-исследовательская работа (НИР) «Разработка проекта технического задания на создание ОПППП на базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России». В рамках данной НИР осуществляется разработка технического задания на монтаж ОПППП. С этой целью авторским коллективом был проведен ряд исследований.

Согласно полученным сведениям, на данный момент в гарнизонах имеется более 130 УТК и более 40 ОПППП (рис. 1). Сведения были получены из 56 субъектов РФ. Данные показатели свидетельствуют о том, что ОПППП имеет высокую значимость в системе ФПС ГПС и наряду с остальными УТК занимает весомую роль в качестве основного средства подготовки газодымозащитников.

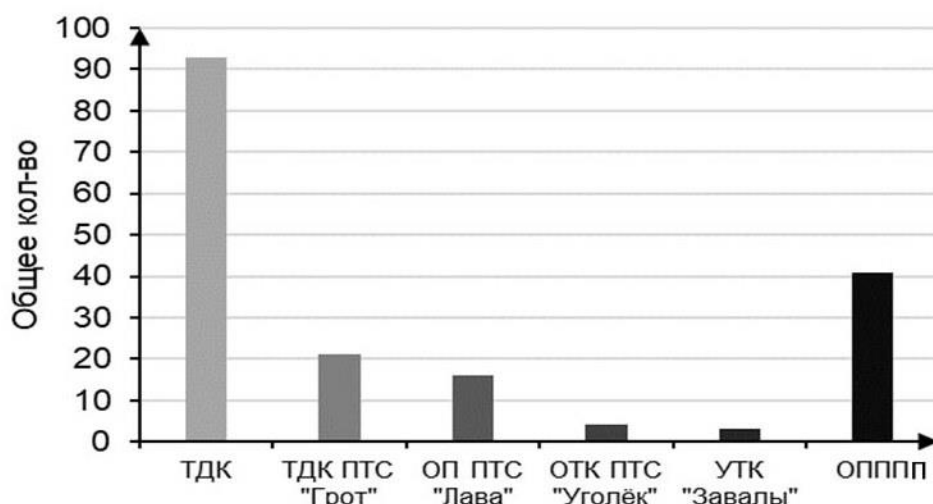


Рис. 1 Общее количество УТК и ОПППП по субъектам РФ

В результате исследования также были выявлены сроки эксплуатации ОПППП (рис. 2). Проведенный анализ полученных данных показывает, что на сегодняшний момент 36,6 % ОПППП по субъектам РФ имеют срок эксплуатации от 6 до 10 лет, в то же время 56,1 % имеющихся ОПППП превышают срок эксплуатации 10 лет. Согласно требованиям охраны труда⁶ срок службы на сами учебные точки ОПППП не устанавливается. В то же время прочность и надёжность конструкций, состоящих из стальных профилей, уголков,

швеллеров, прокатных листов, стальных труб и т.д., используемых при изготовлении, определяется ГОСТ и изготовителем. Однако, следует учитывать тот факт, что в результате коррозии⁷, длительного воздействия открытого источника огня⁸, веса конструктивных элементов и т.д., срок службы конструкции уменьшается. В конечном итоге возможны деформации ме-

⁵ Книга Памяти МЧС России (mchs.gov.ru) URL: <https://memory.mchs.gov.ru/?ysclid=I9xxpsz736133443219> (дата обращения 01.11.2022).

⁶ Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 11 декабря 2020 г. № 881н «Об утверждении правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны».

⁷ Пособие по проектированию защиты строительных металлоконструкций от коррозии. ФАУ «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве». М. 2019. URL: mp29_2019.pdf (faufcc.ru) (дата обращения 01.11.2022).

⁸ Огнезащита стальных конструкций. Правила производства работ. 25.07.2019. URL: docs.cntd.ru (дата обращения 01.11.2022).

таллических элементов с последующим их обрушением. Таким образом, можем предположить, что срок службы ОПППП, соответствующий времени эксплуатации более 10 лет, яв-

ляется достаточно большим и ОПППП с нашей точки зрения может являться устаревшей и не отвечать современным требованиям ГОСТ для проведения ТЗ с газодымозащитниками.

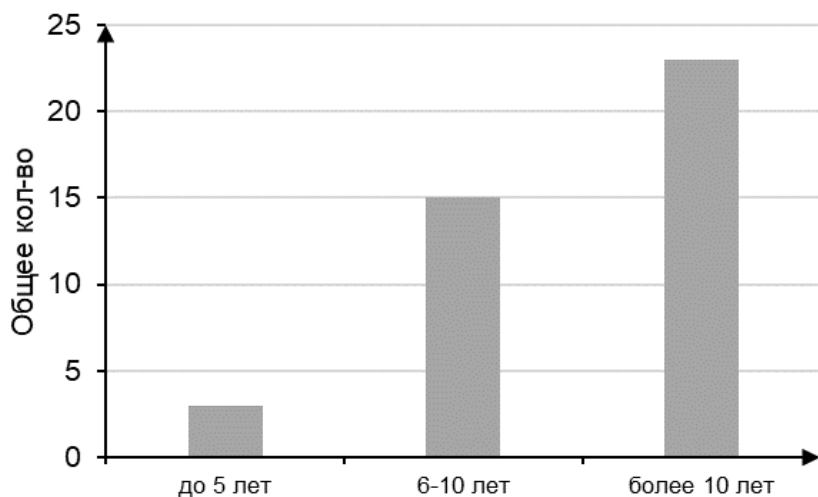


Рис. 2 Сроки эксплуатации ОПППП

Исходя из рекомендаций по проведению занятий по огневой полосе и ее оборудованию⁹ рекомендуемым перечнем снарядах являются: трап над приямок с горячей жидкостью; эстакада; подвал; противень; лабиринт; колодец; коллектор; эстакада «цистерна»; лестница; качающийся трап; эстакада со стационарным лафетным стволом; мишень. Также сюда можно отнести такие снаряды, как: металлический фрагмент трехэтажного дома; подземная открытая емкость с горячей жидкостью; металлическая площадка эстакады с поврежденным технологическим оборудованием [10]. Представленные снаряды решают ряд профессионально важных задач, а именно: согласованная работа в составе звеньев ГДЗС при работе в условиях ЧС; отработка оптимальных и безопасных приемов работы с применением СИЗОД; выполнение упражнений по ликвидации ЧС на высоте; передвижения в помещениях со сложной планировкой в условиях ограниченной видимости и пространства, а также в НДС; подъем по вертикальной лестнице в условиях ограниченной видимости; поиск и спасение пострадавших; работа в условиях открытого источника огня, высоких температур; подъем и спуск по автолестнице. Исходя из вышеперечисленных задач, было разработано пять учебных точек, которые в то же

время входят в перечень рекомендуемых снарядах. В качестве основных снарядах были разработаны: пенный подвал [12]; кабельный коллектор [13]; эстакада на отметке 5 м [14]; трап над огнем [15]; многофункциональная эстакада на отметке 10 м [16].

Для определения места размещения ОПППП применили ряд факторов: инженерно-геологические условия, рельеф местности, гидрогеологические условия, расположение, размеры, возможность хранения пожарно-технического оборудования и инвентаря. Описание данных факторов было представлено в техническом задании. На основании проведенных исследований в качестве основной площадки исследований была выбрана учебная база академии, расположенная в с. Бибирево.

В ходе исследования были подготовлены подробные чертежи с 3D-визуализацией в виде физических моделей пяти разработанных снарядах. В данной работе авторский коллектив представляет только 3D-модели учебных мест, так как на данный момент идет монтаж ОПППП и при возведении учебных точек, возможно внесение изменений в конструктивные особенности, без нарушения вида самого объекта.

⁹ Методические рекомендации по проведению занятий по огневой полосе психологической подготовки пожарных и ее оборудованию. М., УОП МЧС России, 2007.

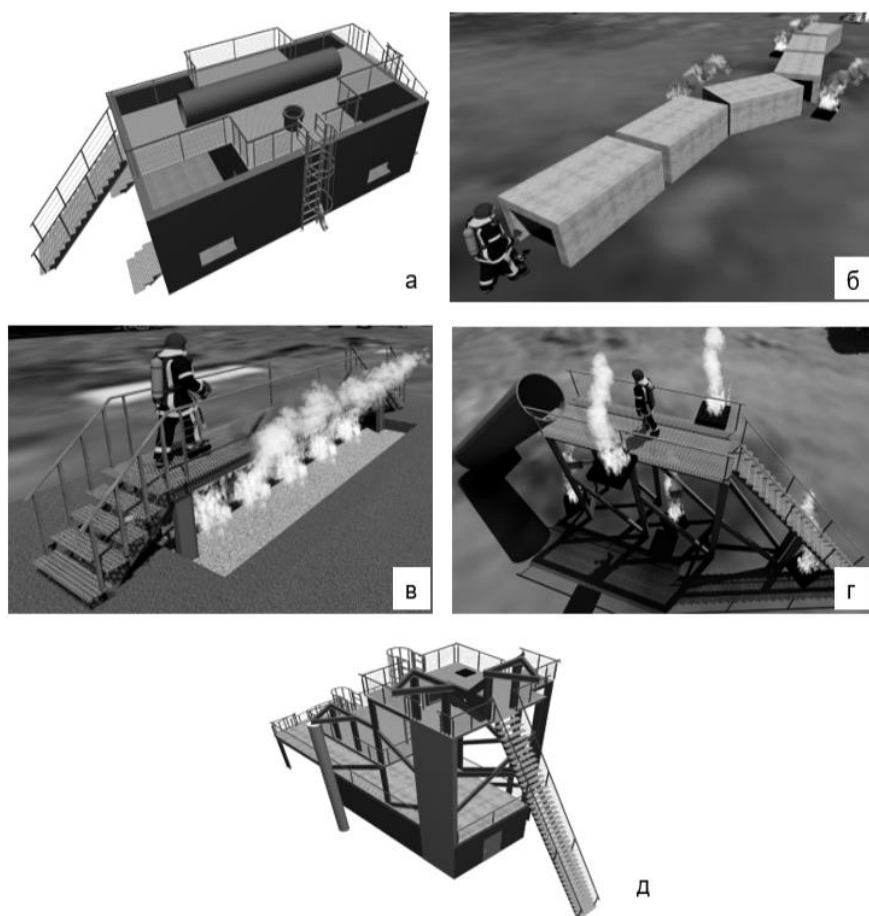


Рис. 3. 3D-модель ОПППП
(а – учебное место «Пенный подвал»;
б – учебное место «Кабельный коллектор»;
в – учебное место «Трап над огнем»;
г – учебное место «Эстакада на отметке 5 м от уровня земли»;
д – учебное место «Многофункциональная эстакада на отметке 10 м от уровня земли»

В качестве первого учебного места выступает «Пенный подвал» (рис. 3а). Данный снаряд представляет бетонную конструкцию, состоящую из двух уровней. На первом уровне располагается бетонное помещение в виде имитации пенного подвала с дверными и оконными проемами. Предназначено для осуществления работ по поиску и спасению пострадавших в условиях ограниченной видимости. На втором уровне предусмотрена стальная труба диаметром 1,5 м, предназначенная для отработки способов продвижения внутри шахт вентиляции. В основании второго уровня предусмотрен проем для подачи пены на первый уровень. Подъем на второй уровень предусмотрен с помощью металлических лестниц. Второй уровень также может быть использован для отработки способов самоспасания и способов поиска и спасения пострадавших.

Второе учебное место представляет собой «Кабельный коллектор» (рис. 3б). Снаряд состоит из пяти последовательно расположенных бетонных блоков. В начале и в конце учебного места установлены два бетонных столба с закладными элементами для крепления путевого троса. Учебное место предназначено для отработки способов продвижения га-

зодымозащитников в условиях ограниченного пространства, а именно внутри колодцев теплотрассы и кабельных коллекторов, с целью поиска и спасения пострадавших.

В качестве третьего учебного места располагается «Трап над огнем» (рис. 3в). Снаряд состоит из площадки трапа на высоте 1 м от уровня земли на металлических стойках. Бетонное основание выполнено в виде приямка, который необходим для организации открытого пламени на период эксплуатации объекта. Подъем на площадку предусмотрен с помощью металлических лестниц с ограждениями. Предназначен для психологической подготовки газодымозащитников при передвижении в условиях задымления или открытого источника огня.

Учебное место «Эстакада на отметке 5 м от уровня земли» (рис. 3г). Площадка эстакады располагается на высоте 5 м от уровня земли на металлических стойках с ограждениями. Внизу имеется бетонное основание в виде приямка для организации открытого пламени на период эксплуатации снаряда. Для подъема на площадку имеется металлическая лестница. Для спуска предусмотрена металлическая лестница в бетонной трубе диаметром 1,5 м. Данное учебное место может быть ис-

пользовано не только, как психологическая подготовка в условиях открытого источника огня и работы на высоте, но и отработка способов спасения через узкий лаз с использованием путевого троса.

Пятое учебное место представляет «Многофункциональная эстакада на отметке 10 м от уровня земли» (рис. 3д). Эстакада имеет четыре уровня. На уровне земли предусмотрено огражденное помещение для хранения инвентаря. На втором уровне (3 м от земли) имеется площадка размером 4x4 м. Подъем на площадку выполняется по металлической лестнице с одной стороны, а с другой имеется выход на боковую лестницу, где имеется возможность отработать способы спасения с помощью вертикальной лестницы. Третий уровень располагается на высоте 6 м. Подъем на третий уровень выполняется по вертикальной огражденной металлической лестнице. Площадка имеет размеры 4x4 м. С одной стороны площадки имеется выход для спуска обучающихся по столбу, где отрабатывается способ быстрого спуска в случае эвакуации. С другой стороны площадки третьего уровня имеется выход на боковую лестницу, где газодымозащитники также отрабатывают способы спасения с помощью вертикальной лестницы. Четвёртый уровень располагается на высоте 10 м. Подъем на площадку происходит по вертикальной огражденной лестнице. Площадка также имеет размеры 4x4 м. С одной стороны площадки имеется выход на боковую лестницу, где обучающиеся могут отрабатывать способы спасения с помощью вертикальной лестницы. С другой стороны площадки имеется люк, предназначенный для отработки способов подъема/спуска пострадавших с помощью спасательной веревки или рукава. Спуск с четвертого уровня выполняется по лестнице под углом, имеющим наклон 70 градусов. Данная лестница представляет собой имитацию стрелы автолестницы. Также работа на высоте 10 м будет способствовать психологической подготовленности газодымозащитников.

Результаты проведенных исследований послужили предпосылкой в поиске пути совершенствования системы подготовки и формирования у газодымозащитников профессиональных умений и навыков при организации работы на ОПППП. Исходя из представленных выше обоснований, а также предъявляемых требований к профессиональной подготовке сотрудников ФПС ГПС, согласно Приказа МЧС России от 26.10.2017 № 472¹⁰, был разработан примерный перечень компетенций,

которыми должны овладеть газодымозащитники при работе на ОПППП. В качестве примера, можно выделить следующие:

– согласованная работа в составе звеньев газодымозащитной службы при работе на высоте, на отметке 3, 6 и 10 м в условиях открытого источника огня, высоких температур и задымления;

– работа с использованием СИЗОД, пожарного и аварийно-спасательного оборудования и инструмента;

– отработка способов поиска и спасения пострадавших;

– отработка способов передвижения в помещениях в условиях ограниченной видимости и пространства;

– отработка действий по подъему и спуску с использованием имитации автолестницы, узкого лаза в полу;

– отработка действий по спуску через дверной проем по столбу, а также с использованием спасательной веревки.

Представленный перечень компетенций позволит разработать комплекс заданий (прикладных упражнений) по выполнению работ на ОПППП, что в свою очередь позволит подготовить высококвалифицированных специалистов для ФПС ГПС, обладающих значительным объемом современных знаний и профессиональных навыков в области тушения пожаров и проведения АСР.

На основании проведенного ранее исследования, авторами Кусаиновым А.Б. и Нарбаевым К.А. (2020), по разработке нормативов на ОПППП [17], нами была выдвинута гипотеза о возможности получения объективных временных показателей освоения элементов ОПППП, по которым может быть получено среднее значения J_{kcp} . Данные значения могут быть определены по формуле [18]:

$$J_{kcp} = \frac{\sum J_i}{N_j} \quad (1)$$

где, N_j – количество повторений выполнения задания, J_i – временные значения.

Согласно полученным временным значениям J_k , для определения max и min показателей, выявляется среднее квадратичное отклонение для каждого значения [13].

$$\sigma = \sqrt{\frac{(j_1 + J_{kcp})^2 + (j_2 - J_{kcp})^2 + \dots + (j_n + J_{kcp})^2}{N_j}} \quad (2)$$

где, J_{kcp} – соответствует среднему значению.

¹⁰ Приказ МЧС России от 26 октября 2017 г. № 472 п. 5 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны».

Полученное среднее квадратичное отклонение позволит рассчитать \max и \min значения средних квадратичных отклонений каждого временного значения $J_{k_{cp}} - 6 < J_{k_{cp}} < J_{k_{cp}} + 6$. Таким образом допускается возможность определения временных значений $J_{k_{cp}} \pm 6$ при работе на ОПППП.

Таким образом, в результате проведённого исследования был разработан алгоритм действий по проектированию ОПППП на базе академии. Результаты исследования подтвердили, что ОПППП имеет высокую значимость в системе ФПС ГПС и занимает весомую роль в качестве одного из основных средств подготовки газодымозащитников. Были подготовлены чертежи и модели учебных точек, представленные на математической и графической основе с учётом современных требований к сотрудникам ФПС ГПС. Весь комплекс

необходимых расчётов параметров осуществлялся согласно требований ГОСТ, а также «Правил по технике безопасности по топографо-геодезическим работам». На основании проведённых изысканий для последующего монтажа ОПППП было выбрано место на территории учебной базы академии с. Бибирево. В свою очередь, обоснование конструктивного исполнения снарядов позволило сформировать у газодымозащитников ряд компетенций в виде навыков работы в СИЗОД, на высоте, по поиску и спасению пострадавших в условиях открытого источника огня, высоких температур и задымления. Авторским коллективом также была предложена оценка времени выполнения представленных элементов ОПППП, как в отдельности, так и в целом в виде формул, определяющих временные значения $J_{k_{cp}} \pm 6$.

Список литературы

1. Шкитронов М. Е. Педагогические условия совершенствования подготовки инженеров пожарной безопасности в процессе изучения общепрофессиональных дисциплин в вузах ГПС МЧС России: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. СПб., 2010. 208 с.

2. Артамонов В. С. Некоторые управленческие вопросы деятельности образовательного учреждения: монография. Иркутск: Восточно-Сибирский институт МВД России, 1998.

3. Заир-Бек Е. С. Теоретические основы обучения педагогическому проектированию: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.01. СПб., 1995. 35 с.

4. Солнцев В. О. Педагогическая концепция воспитания в вузах государственной противопожарной службы МЧС России: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08. СПб., 2011. 360 с.

5. Концептуальный подход конструктивного исполнения тренажёров к работе с ручным механизированным инструментом при проведении аварийно-спасательных работ / Р. М. Шипилов, С. Г. Казанцев, Е. Е. Маринич [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 4 (33). С. 122–128.

6. Учебно-тренажерный комплекс «Спрут» / Ш. Ш. Дагиров [и др.] // Вытегра, 2011. 103 с.

7. Horn G.P., Stewart J.W., Kesler R.M. and etc. Firefighter and fire instructor's physiological responses and safety in various training fire environments. Safety Science, 2019, vol.116. pp. 287–294.

8. Physiological, psychophysical, and psychological responses of firefighters to fire-fighting training drills / D. L. Smith, S. J. Petruzzello, J. M. Kramer [et al.]. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 01 nov. 1996, vol. 67 (11), pp. 1063–1068.

9. Чистяков И. М., Никишов С. Н., Шипилов Р. М. Практическая подготовка пожарных и спасателей в современных учебно-тренировочных комплексах и тренажерах. Учебное пособие. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. 225 с.

10. Пожарная безопасность: энциклопедия. 6-е изд., испр. и доп. Москва: ВНИИПО, 2019. 603 с.

11. Пожарная безопасность. Энциклопедия. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. 416 с.

12. Учебное место «Пенный подвал» для подготовки пожарных к работе в условиях ограниченной видимости / Б. Б. Гринченко, Р. М. Шипилов, В. А. Смирнов [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения. Иваново, 2021. С. 262–267.

13. Учебное место «Кабельный коллектор» для подготовки пожарных к работе в условиях ограниченного пространства / Р. М. Шипилов, В. А. Смирнов, Б. Б. Гринченко [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года

науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения. Иваново, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 423–426.

14. Учебное место «Эстакада на отметке 5 м от уровня земли» для подготовки пожарных к работе на высоте / Д. Ю. Захаров, Р. М. Шипилов, В. А. Смирнов [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения. Иваново, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 281–284.

15. Учебное место «Трап над огнём» для подготовки пожарных к работе в условиях высоких температур / И. М. Чистяков, Р. М. Шипилов, В. А. Смирнов [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения. Иваново, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 419–422.

16. Учебное место «Многофункциональная эстакада на отметке 10 м от уровня земли» для подготовки пожарных при работе на высоте / В. А. Смирнов, Р. М. Шипилов, Б. Б. Гринченко [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения. Иваново, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 392–396.

17. Кусаинов А. Б., Нарбаев К. А. Разработка нормативов огневой полосы психологической подготовки пожарных и спасателей // Вестник Кокшетауского технического института, 2020. № 3 (39). С. 30-36.

18. Ивченко Г. И., Медведев И. Ю. Введение в математическую статистику: учебное пособие. М.: ЛКИ, 2010. 600 с.

References

1. Shkitronov M. Ye. Pedagogicheskiye usloviya sovershenstvovaniya podgotovki inzhenerov pozharnoy bezopasnosti v protsesse izucheniya obshcheprofessional'nykh distsiplin v vuzakh GPS MCHS Rossii: Diss. kand. ped. nauk [Pedagogical conditions for improving the training of fire safety engineers in the process of studying general professional disciplines in the universities of the State Fire Service of the Ministry of Emer-

gency Situations of Russia. Cand. ped. sci. diss.]. SPb., 2010. 208 p.

2. Artamonov B.C. *Nekotoryye upravlencheskiye voprosy deyatel'nosti obrazovatel'nogo uchrezhdeniya: monografiya* [Some managerial issues of the activity of an educational institution: monograph]. Irkutsk: Vostochno-Sibirskiy institut MVD Rossii, 1998.

3. Zair-Bek Ye. S. *Teoreticheskiye osnovy obucheniya pedagogicheskomu proyektirovaniyu. Avtoref. diss. d-ra ped. nauk* [Theoretical foundations of teaching pedagogical design. Author. dr. ped. sci. diss.]. SPb., 1995. 35 p.

4. Solntsev V. O. *Pedagogicheskaya kontsepsiya vospitaniya v vuzakh gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MCHS Rossii. Diss. d-ra ped. nauk* [The pedagogical concept of education in the universities of the state fire service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Dr. ped. sci. diss.]. SPb., 2011. 360 p.

5. *Kontseptual'nyy podkhod konstruktivnogo ispolneniya trenazhorov k rabote s ruchnym mekhanizirovannym instrumentom pri provedenii avariyno-spasatel'nykh rabot* [Conceptual approach of the design of simulators to work with a hand-held mechanized tool during rescue operations] / R. M. Shipilov, S. G. Kazantsev, Ye. Ye. Marinich [et al.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2019, vol. 4 (33), pp. 122–128.

6. *Uchebno-trenazhernyy kompleks «Sprut»* [Educational and training complex «Octopus»] / Sh. Sh. Dagirov [et al.]. Vytegra, 2011. 103 p.

7. Horn G.P., Stewart J.W., Kesler R.M. and etc. Firefighter and fire instructor's physiological responses and safety in various training fire environments. *Safety Science*, 2019, vol.116. pp. 287–294.

8. Physiological, psychophysical, and psychological responses of firefighters to firefighting training drills / D. L. Smith, S. J. Petruzzello, J. M. Kramer [et al.]. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 01 nov. 1996, vol. 67 (11), pp. 1063–1068.

9. Chistyakov I. M., Nikishov S. N., Shipilov R. M. *Prakticheskaya podgotovka pozharnykh i spaseley v sovremennykh uchebno-trenirovochnykh kompleksakh i trenazherakh. Uchebnoye posobiye* [Practical training of firefighters and rescuers in modern training complexes and simulators. Tutorial]. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2018. 225 p.

10. *Pozharnaya bezopasnost': entsiklopediya. 6-ye izd., ispr. i dop.* [Fire safety: encyclopedia. 6th ed., rev. and additional]. M.: VNIPO, 2019. 603 p.

11. Pozharnaya bezopasnost'. Entsiklopediya [Fire safety: encyclopedia]. M.: FGU VNIPO MCHS Rossii, 2007. 416 p.

12. Uchebnoye mesto «Penny podval» dlya podgotovki pozharnykh k rabote v usloviyakh ogranichennoy vidimosti [Training place «Foam basement» for training firefighters to work in conditions of limited visibility] / B. B. Grinchenko, R. M. Shipilov, V. A. Smirnov [et al.]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy provedeniyu v Rossiyskoy Federatsii Goda nauki i tekhnologii v 2021 godu i 55-letiyu uchebnogo zavedeniya*. Ivanovo, 2021, Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, pp. 262–267.

13. Uchebnoye mesto «Kabel'nyy kollektor» dlya podgotovki pozharnykh k rabote v usloviyakh ogranichennoy prostranstva [Training place «Cable Collector» for training firefighters to work in confined spaces] / R. M. Shipilov, V. A. Smirnov, B. B. Grinchenko [et al.]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy provedeniyu v Rossiyskoy Federatsii Goda nauki i tekhnologii v 2021 godu i 55-letiyu uchebnogo zavedeniya*. Ivanovo, 2021, Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, pp. 423–426.

14. Uchebnoye mesto «Estakada na otmetke 5 m ot urovnya zemli» dlya podgotovki pozharnykh k rabote na vysote [Training place «Flyover at 5 m above ground level» for training firefighters to work at height] / D. Yu. Zakharov, R. M. Shipilov, V. A. Smirnov [et al.]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'. Sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy provedeniyu v Rossiyskoy Federatsii Goda nauki i tekhnologii v 2021 godu i 55-letiyu uchebnogo zavedeniya*. Iva-

novo, 2021, Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, pp. 281–284.

15. Uchebnoye mesto «Trap nad ognom» dlya podgotovki pozharnykh k rabote v usloviyakh vysokikh temperatur [Training place «Ladder over the fire» for training firefighters to work in high temperatures] / I. M. Chistyakov, R. M. Shipilov, V. A. Smirnov [et al.]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy provedeniyu v Rossiyskoy Federatsii Goda nauki i tekhnologii v 2021 godu i 55-letiyu uchebnogo zavedeniya*. Ivanovo, 2021, Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, pp. 419–422.

16. Uchebnoye mesto «Mnogofunktsional'naya estakada na otmetke 10 m ot urovnya zemli» dlya podgotovki pozharnykh pri rabote na vysote [Training place «Multifunctional overpass at 10 m above ground level» for training firefighters when working at height] / V. A. Smirnov, R. M. Shipilov, B. B. Grinchenko [et al.]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy provedeniyu v Rossiyskoy Federatsii Goda nauki i tekhnologii v 2021 godu i 55-letiyu uchebnogo zavedeniya*. Ivanovo, 2021, Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, pp. 392–396.

17. Kusainov A. B., Narbayev K. A. Razrabotka normativov ognevoy polosy psikhologicheskoy podgotovki pozharnykh i spasateley [Development of fire zone standards for psychological training of firefighters and rescuers]. *Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta*, 2020, vol. 3 (39), pp. 30–36.

18. Ivchenko G. I., Medvedev I. Yu. Vvedeniye v matematicheskuyu statistiku: uchebnoye posobiye [Introduction to mathematical statistics: textbook.]. M.: LKI, 2010. 600 p.

Шипилов Роман Михайлович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук, преподаватель

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Shipilov Roman Mihailovich

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, lecturer

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

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

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 Evgenevich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, docent

E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ,
СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
WATER SUPPLY, SEWER SYSTEM, CONSTRUCTION SYSTEMS
OF PROTECTION OF WATER RECOURSES (TECHNICAL)**

УДК 692.78

**СПЕЦИАЛЬНОЕ МАГНИТНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ
ДЛЯ ОТКРЫВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЫШКИ ЛЮКА
ВОДОВОДНОГО КОЛОДЦА**

Д. Ю. ПАЛИН, П. В. ПУЧКОВ

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

В данной статье описывается конструкция специального магнитного приспособления, предназначенного для поднятия (открывания) металлических крышек люков водопроводных колодцев. Подробно описана конструкция и принцип работы приспособления, кроме того указаны основные технические характеристики и достоинства приспособления перед другими устройствами. В статье приведены результаты экспериментальных исследований, позволивших определить рациональную конструкцию пластикового корпуса приспособления. В заключении сформулированы выводы о перспективах применения устройства в пожарно-спасательных формированиях.

Ключевые слова: крышка люка; водопроводный колодец; постоянный магнит; магнитная система, 3D-печать, ударная вязкость

**SPECIAL MAGNETIC DEVICE FOR OPENING THE METAL MANHOLE COVER
OF A WATER WELL**

D. Yu. PALIN, 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: denis_palin@bk.ru

This article describes the design of a special magnetic device designed to lift (open) metal manhole covers of water wells. The design and principle of operation of the device are described in detail, in addition, the main technical characteristics and advantages of the device over other devices are indicated. The article presents the results of experimental studies that made it possible to determine the rational design of the plastic housing of the device. In conclusion, conclusions are formulated about the prospects of using the device in fire and rescue formations.

Key words: manhole cover; water well; permanent magnet; magnetic system, 3D printing, impact strength

Известно, что крышки люков водопроводных колодцев предназначены для защиты от попадания в них мусора, посторонних предметов, падения людей, животных, а также для обеспечения безопасности движения на авто-

трассах и городских улицах. Кроме того, крышки люков служат для свободного и оперативно-го доступа к различным коммуникациям для обслуживания или пожарным гидрантам при тушении пожаров в условиях города. Необходимо отметить, что крышки люков классифицируются по материалу изготовления. Напри-

мер, они могут быть выполнены из высокопрочного серого чугуна, пластика, полимер-песчаной смеси, композитного состава и резины. В настоящее время наиболее широко используются крышки люков, изготовленные из высокопрочного серого чугуна, так как они обладают высокой прочностью, устойчивостью к механическим повреждениям, легко переносят интенсивные и локальные нагрузки, достаточно долговечны^{1,2}. Такой вид люков устанавливается на городских автомобильных дорогах с интенсивным движением.



а)



б)

Рис. 1. Крышки люков водопроводных колодцев, установленные в городской среде:

а – крышка люка установлена ненадлежащим образом; б – крышка заглублена в дорожное покрытие

Стоит отметить, что некоторые модификации крышек люков не имеют области или отверстий для зацепления крюком, а часть крышек люков заглублены в дорожное покрытие (рис. 1б). Достаточно часто при тушении пожара в городской среде возникает проблема с открыванием крышки люка колодца водопроводной сети для установки автоцистерны на гидрант. Установленные ненадлежащим образом крышки люков приводят к потере времени при их открывании, что в свою очередь влечет за собой увеличение времени локализации и ликвидации пожара и как следствие приводит к росту ущерба от пожара. Кроме того, использование инструмента в виде металлического крюка для отрывания и закрывания крышки люка водопроводного колодца может быть травмоопасным для исполнителя. Подведя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что вопрос создания принципиально новых безопасных устройств для оперативного открывания крышек люков является весьма акту-

альным на сегодняшний день. Однако, информация о способах открывания заклинивших металлических крышек люков в открытой печати практически отсутствует.

Для решения проблемы оперативного открывания крышек люков, установленных ненадлежащим образом разработано новое специальное магнитное приспособление с грузоподъемностью 120 кгс (СМП-120). Трехмерная модель конструкции приспособления представлена на рис. 2 [1].

Специальное магнитное приспособление для открывания (закрывания) крышек люков колодцев различного назначения состоит из корпуса в виде крестовины (поз. 1), магнитной системы, состоящей 4-х постоянных магнитов с креплением, изготовленных из сплава неодим-железо-бор (поз. 3), закрепленных на корпусе с помощью гаек М6 (поз. 2) (рис. 2). В центре корпуса установлена подъемная рым-гайка М8, предназначенная для подъема, опускания или удержания на весу крышки люка (поз. 4) на которой закрепляется винтовой карабин с муфтой (поз. 5), служащий для присоединения к устройству тяги блочной (поз. 6) с рукоятью (поз. 7). Разработанное приспособление предназначено для открывания крышек люков, обладающих ферромагнитными свойствами (сталь, чугун) (рис. 3).

¹ ГОСТ 3634-2019. Люки смотровых колодцев и дождеприемники ливнесточных колодцев. М.: Изд-во стандартов, 2019. 19 с.

² Канализационные полимерные люки: виды и характеристики URL: <https://sovet-ingenera.com/kanaliz/truby/kanalizacionnye-lyuki>. (дата обращения 01.07.2022).

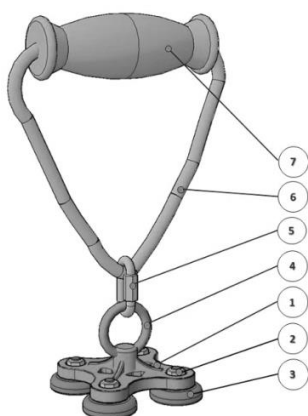


Рис. 2. Виртуальная трехмерная модель СМП-120 для открывания крышек люков водопроводного колодца:

- 1 – корпус устройства; 2 – крепежные элементы;
- 3 – магнит постоянный;
- 4 – кольцо соединительное;
- 5 – карабин винтовой с муфтой;
- 6 – стропа; 7 – рукоять



Рис. 3. Подъем чугунной крышки люка водопроводного колодца с помощью СМП-120



Рис. 4. Экспериментальный образец СМП-120 для открывания и закрывания крышки люка водопроводного колодца

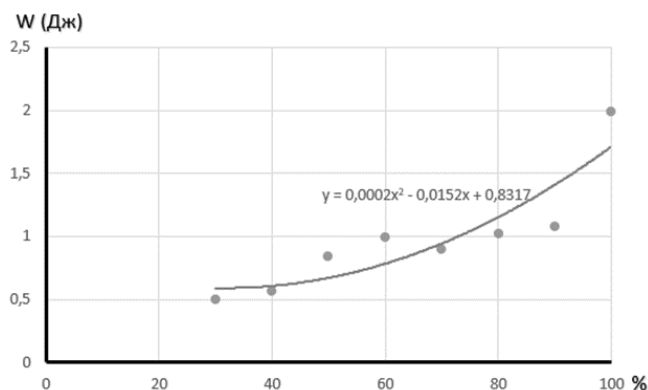


Рис. 5. Зависимость затрачиваемой работы на разрушение образца от плотности заполнения

В таблице 1 представлены технические характеристики магнитной системы с креплением³.

Таблица 1. Технические характеристики магнитной системы

Параметр	Характеристики
Форма	Диск с винтом
Диаметр, мм	42
Материал	Неодимовый магнит, сталь
Покрытие	Никель
Рабочая температура, °С	От -60 до +80
Резьба, мм	M6
Сила сцепления макс., кгс	60
Срок размагничивания, припл.	1% в 10 лет
Толщина / Высота с выступом, мм	20
Толщина / Высота, мм	9
Вес, г	80

³ Магнитное крепление с винтом С42 (M6) URL: <https://www.chipdip.ru/product/8003276195>. (дата обращения 01.07.2022).

К преимуществам магнита NdFeB можно отнести:

- независимость магнитного момента от его формы;
- способность полностью восстанавливать магнитный поток в процессе магнитного возврата;
- высокое значение коэрцитивной силы.

Данный тип постоянных магнитов обладает способностью сохранять свои магнитные свойства при разборке, ударах, вибрациях и других внешних воздействиях, что немаловажно при эксплуатации приспособления СМП-120 в тяжелых условиях⁴ [2].

Выбор спеченного постоянного магнита на основе сплавов типа NdFeB в качестве магнитной системы обусловлен следующими преимуществами перед другими магнитами с точки зрения миниатюризации магнитных устройств:

- более высокими магнитными параметрами по сравнению с литыми и ферритовыми магнитами (NdFeB в 8-10 раз мощнее феррита);
- возможность создания сильных магнитных полей при малых габаритах;
- обладает одним из наилучших соотношений энергетического произведения к цене.

Для защиты поверхности магнитной системы от самопроизвольного случайного примагничивания мелких посторонних металлических предметов (при транспортировке приспособления) изготовлен пластиковый чехол (рис. 4).

Для проведения экспериментальных исследований работоспособности устройства изготовлен опытный образец СМП-120 (Рис. 4). Корпус приспособления изготовлен из биоразлагаемого термопластичного PLA пластика с помощью технологий 3D-печати. Достоинством технологии 3D-печати является дешевизна, доступность оборудования и полное отсутствие дополнительной оснастки, кроме того технология легко переналаживаемая. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что технология 3D-печати незаменима в единичном и штучном производстве. Материал для изготовления корпуса устройства СМП-120 обладает достаточными механическими свойствами для выполнения своих функций: прочность на разрыв 57,8 МПа, модуль упругости при растяжении 3,3 ГПа, модуль упругости при изгибе 2,3 ГПа. Кроме того, наличие 4-х ребер жесткости на корпусе устройства повышает его

жесткость и прочность (рис. 4). Для изготовления опытного образца из пластика необходимой прочности предварительно были проведены эксперименты по определению прочности образцов из PLA пластика с различной плотностью заполнения на ударный изгиб (метод Шарпи). При подготовке образцов для проведения эксперимента задавались следующие параметры: температура печати – 220 °С, высота слоя – 0,25 мм, толщина стенки – 0,8 мм, температура рабочего стола – 60 °С, материал для 3D-печати – PLA пластик. Плотность заполнения образца изменялась с шагом в 10 % в интервале от 30 % до 100 %. На рис. 5 показана зависимость затрачиваемой работы на разрушение образца от плотности заполнения формы. Как видно из рис. 5, затрачиваемая работа на разрушение образца при 70 % заполнении ниже, чем при 60 % заполнении. Это можно объяснить тем, что внутри детали увеличивается количество концентраторов напряжения при заполнении внутренней части детали в виде сеточной (ромбовидной) структуры. Далее для каждого эксперимента рассчитывалась ударная вязкость образца (кДж/см²). При плотности заполнения образца на 60 % ударная вязкость составила 0,99 кДж/см², а при заполнении на 70 % – 0,9 кДж/см². Эксперимент показал, что при уменьшении плотности заполнения на 10 %, ударная вязкость изменилась всего 0,09 %.

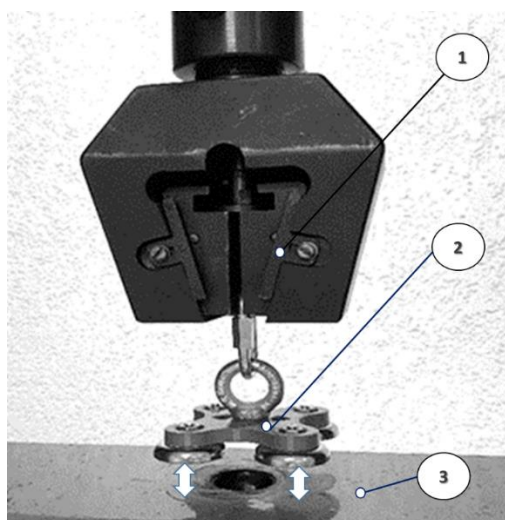
Исходя из результатов экспериментальных исследований выявлено, что для обеспечения необходимой и достаточной прочности и жесткости корпуса СМП-120 необходимо обеспечить плотность заполнения формы при 3D-печати в пределах 60–70 %. При увеличении плотности заполнения формы до 80–90 % расход материала увеличивается на 10–20 % соответственно, а прочность конструкции возрастает незначительно (рис. 5) [3,4].

Грузоподъемность устройства СМП-120 установлена экспериментально с помощью разрывной машины Р-5 (рис. 6).

Сила на отрыв магнитной системы СМП-120 от металлической поверхности измерялась в момент отрыва 4-х постоянных магнитов при испытании на растяжение. Винтовой карабин корпуса специального магнитного приспособления фиксировался в губках неподвижного верхнего захвата разрывной машины Р-5, а магнитная система устройства примагничивалась к стальной траверсе подвижного захвата разрывной машины. Затем к устройству прикладывалась статическая осевая нагрузка. Силоизмеритель машины фиксировал максимальную силу сцепления устройства с металлической поверхностью при ее отрыве. Было получено максимальное усилие отрыва в 1240 Н (~120 кгс). Достаточно

⁴ Магниты. На основе сплава неодим-железобор марки ЧЗ6Р. Технические условия. ТУ 48-0531-384-88. Введ. 01.10.88.- Пышемский опытный завод «Гиредмет».

большая грузоподъемность СМП-120 объясняется наличием 4-х постоянных магнитов NdFeB с максимальной силой сцепления каждого магнита в 60 кгс (табл. 1). В ходе тестирования СМП-120 при подъеме стандартных чугунных крышек люков (легкого класса – 48 кг, среднего класса – 82 кг) было установлено, что предложенная конструкция приспособления позволяет оперативно открывать те



люки, крышки которых невозможно подцепить за край металлическим крюком или подобным шанцевым инструментом. Кроме того, устройство позволяет снизить затраты времени на выполнение действий по открыванию крышки люка водопроводного колодца по сравнению с металлическим крюком, особенно при ненадлежащем монтаже люка.

Рис. 6. Эксперимент по определению величины силы сцепления на отрыв СМП-120 на разрывной машине Р-5:

- 1 – верхний захват разрывной машины Р-5;
- 2 – Приспособление СМП-120;
- 3- стальная траверса подвижного захвата

Также следует отметить, что опытный образец разработанного магнитного приспособления обладает целым рядом преимуществ перед другими традиционными устройствами: небольшой вес (0,8 кг); компактные размеры (*габаритные размеры: 100x100x55мм*); большая грузоподъемность (*до 120 кг*); ремонтпригодность устройства за счет крепления магнитной системы с помощью резьбы; высокая мобильность; высокая коррозионная стойкость.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что разработанное магнитное приспособление СМП-120 позволит пожарно-спасательным формированиям не только оперативно получить доступ к пожарным гидран-

там, установленным в водопроводных колодцах, оснащенных чугунными крышками люков, но и перемещать (транспортировать) металлические элементы конструкций для расчистки завалов при выполнении аварийно-спасательных работ. Предложенное устройство СМП-120 не снижает физических нагрузок человека при открывании люка, а лишь позволяет оперативно извлечь крышку из обечайки люка, который не получается вскрыть традиционными способами. Проведенные эксперименты по определению прочности изготовленного корпуса устройства СМП-120 позволили установить, что для обеспечения достаточной прочности пластиковый корпус можно изготавливать не полностью, а с ячеистой структурой, с плотностью заполнения 60–70 %.

Список литературы

1. Палин Д. Ю. Разработка магнитного устройства для открывания крышек люков водопроводного колодца // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2021. С. 361–363.

2. Вонсовский С. В. Магнетизм. М.: Наука, 1971. 1032 с.

3. Пучков П. В. К вопросу о методике определения ударной вязкости металлов и сплавов. Научно-популярный журнал NovalInfo. 2017. № 72. Т. 1. С. 59–66.

4. Иванов В. Е., Пучков П. В. Разработка конструкции устройства со стропорезом для разбивания автомобильных стекол // Современные проблемы гражданской защиты. № 2 (43). 2022. С. 66–71.

References

1. Palin D. Yu. Razrabotka magnitnogo ustroystva dlya otkryvaniya kryshek lyukov vodoprovodnogo kolodtsa [Development of a magnetic device for opening manhole covers of a water well]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy provedeniyu v Rossiyskoy Federatsii Goda nauki i tekhnologii v 2021 godu i 55-letiyu uchebnogo zavedeniya*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii. 2021, pp. 361–363.

2. Vonsovsky S. V. *Magnetizm* [Magnetism]. M.: Nauka, 1971, 1032 p.

3. Puchkov P. V. K voprosu o metodike opredeleniya udarnoy vyazkosti metallov i splavov [To the question of the method of determining the impact strength of metals and alloys]. *Nauchno – populyarnyy zhurnal NovalInfo*, 2017, issue 72, vol. 1, pp. 59–66.

4. Ivanov V. E., Puchkov P. V., Toporov A. V. Razrabotka konstruksii ustroystva so stroporezom dlya razbivaniya avtomobil'nykh stekol [Design development of a device with a sling cutter for breaking car windows]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 2 (43), pp. 66–71.

Палин Денис Юрьевич

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

научный сотрудник отделения информационного обеспечения населения и технологий
информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности научно-технического отдела

E-mail: denis_palin@bk.ru

Palin Denis 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

researcher of the department of information support for the population and information support technologies
of the RSChS and fire safety of the scientific and technical department

E-mail: denis_palin@bk.ru

Пучков Павел Владимирович

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

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: palpuch@mail.ru

Puchkov Pavel Vladimirovich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: palpuch@mail.ru

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

УДК 666.97:66.02:620.193

**ГЕТЕРОГЕННЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МАССОПЕРЕНОСА
АГРЕССИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В СТРУКТУРЕ БЕТОНА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ
В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ ПАРАМЕТРАМИ**

**С. В. ФЕДОСОВ^{1,4}, В. Е. РУМЯНЦЕВА^{2,3}, И. В. КРАСИЛЬНИКОВ^{3,4},
И. А. КРАСИЛЬНИКОВА⁵, Н. С. КАСЬЯНЕНКО³**

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Российская Федерация, г. Москва

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

³ Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново

⁴ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН,
Российская Федерация, г. Москва

⁵ Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых,
Российская Федерация, г. Владимир

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru, varrym@gmail.com, korasb@mail.ru,
irinanebukina@rambler.ru, kasiyanenko@gmail.com

В работе описана проблема прогнозирования долговечности железобетонных конструкций эксплуатируемых в воздушной среде, в которой содержатся различные газы, распространённые неравномерно, вариационно и могут быть адсорбированы бетоном. В зависимости от свойств газов и их взаимодействия с минералами цементного камня представлено деление газов на 3 группы. Показан график изменения концентрации агрессивного газа в воздухе и его упрощение гистограммой. Описаны подпроцессы гетерогенного физико-химического процесса взаимодействия газовых агрессивных сред с бетоном. Графически представлена принципиальная схема динамики массопереноса в системе «железобетон-воздушная агрессивная среда». Расчет диффузии агрессивного компонента по толщине конструкции с изменяющимися параметрами агрессивной среды эксплуатации предложено проводить методом «микропроцессов». Приведено дифференциальное уравнение переноса агрессивного компонента по толщине железобетонной конструкции с необходимыми начальными и граничными условиями. Записанные уравнения, для упрощения математических выкладок и улучшения качества анализа получаемого решения, переведены в безразмерные переменные. Методом интегрального преобразования Лапласа получено аналитическое решение распределения концентраций агрессивного компонента по толщине конструкции *i*-го «микропроцесса» для малых чисел Фурье. По полученному решению выполнен численный эксперимент, позволяющий рассчитывать поля концентраций агрессивных веществ по толщине железобетонной конструкции.

Ключевые слова: газовая коррозия, долговечность, массоперенос, метод «микропроцессов», безразмерные переменные, цементный бетон.

**HETEROGENEOUS PHYSICO-CHEMICAL PROCESSES OF MASS TRANSFER
OF AGGRESSIVE SUBSTANCES IN THE CONCRETE STRUCTURE
OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OPERATED
IN A GAS ENVIRONMENT WITH VARYING PARAMETERS**

**S. V. FEDOSOV^{1,4}, V. E. RUMYANTSEVA^{2,3}, I. V. KRASILNIKOV^{3,4}, I. A. KRASILNIKOVA⁵,
N. S. KASYANENKO³**

¹Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),
Russian Federation, Moscow

²Federal 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

³Ivanovo State Polytechnic University,
Russian Federation, Ivanovo

⁴Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN,
Russian Federation, Moscow

⁵Vladimir State University,
Russian Federation, Vladimir

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru, varrym@gmail.com,
korasb@mail.ru, irinanebukina@rambler.ru, kasiyanenko@gmail.com

The paper indicates that the air environment always contains various gases that are distributed unevenly, variationally and can be adsorbed by concrete. Depending on the properties of gases and their interaction with cement stone minerals, the division of gases into 3 groups is presented. A graph of changes in the concentration of aggressive gas in the air and its simplification by a histogram is shown. The subprocesses of the heterogeneous physicochemical process of interaction of gas aggressive media with concrete are described. A schematic diagram of the dynamics of mass transfer in the "reinforced concrete – air aggressive environment" system is graphically presented. The calculation of the diffusion of the aggressive component along the thickness of the structure with varying parameters of the aggressive operating environment is proposed to be carried out by the method of "microprocesses". A differential equation for the transfer of an aggressive component over the thickness of a reinforced concrete structure, with the necessary initial and boundary conditions, is given. The recorded equations, in order to simplify mathematical calculations and improve the quality of analysis of the resulting solution, are translated into dimensionless variables. An analytical solution of the distribution of concentrations of the aggressive component over the thickness of the structure of the i -th "microprocess" for small Fourier numbers is obtained by the method of the integral Laplace transform. According to the obtained solution, a numerical experiment was performed that allows calculating the concentration fields of aggressive substances by the thickness of the reinforced concrete structure.

Key words: gas corrosion, durability, mass transfer, the method of "micro-processes", dimensionless variables, cement concrete.

В воздухе всегда в большей или меньшей концентрации присутствуют газы, которые могут быть адсорбированы бетоном. На территории жилой застройки воздух, как правило, содержит небольшие концентрации агрессивных газов. В промышленных районах наблюдается другая ситуация: концентрация углекислого газа может достигать значений $1...2 \text{ г/м}^3$ [1]. Воздух производственных помещений может содержать различные агрессивные вещества.

Механизм коррозии бетона в кислых газовых средах во многом определяется составом газа, а точнее свойствами солей кальция, которые являются продуктами реакций нейтрализации между кислотами, возникающими в результате растворения газов, и гидроксида кальция. Наиболее существенными свойствами являются: изменение объема твердой фазы при химическом взаимодействии гидроксида кальция с кислотами, возникающими в результате растворения газов; растворимость в воде и гигроскопичность образующихся солей кальция. Кроме этого, для железобетонных конструкций важным свойством

является агрессивность образующихся солей кальция по отношению к стальной арматуре. В зависимости от этих свойств профессором С. Н. Алексеевым и предложено деление газов на 3 группы [2]:

- газы первой группы, образующие при взаимодействии с гидроксидом кальция практически нерастворимые и малорастворимые соли, кристаллизующиеся с небольшим изменением объема твердой фазы;

- газы второй группы, образующие слабо-растворимые кальциевые соли, которые при кристаллизации присоединяют значительное количество воды;

- газы третьей группы, которые, реагируя с гидроксидом кальция, образуют хорошо растворимые соли, обладающие высокой гигроскопичностью:

а) не вызывающие коррозию стали в щелочной среде бетона;

б) вызывающие коррозию стали в щелочной среде бетона.

Примеры кислых газов, с распределением по группам приведены в табл. 1.

Таблица 1. Классификация газов по их взаимодействию с гидроксидом кальция

Группа газов	Вид газа, пара	Химическая формула	Образующаяся соль при реакции с $Ca(OH)_2$	Растворимость соли в воде, г/л при температуре 20 °С
I	Оксид углерода (IV)	CO_2	$CaCO_3$	0,065
	Кислота фтористоводородная	HF	CaF_2	0,016
II	Оксид серы(IV)	SO_2	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2,04
	Оксид серы(VI)	SO_3	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2,04
	Сероводород	H_2S	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2,04
III	Соляная кислота	HCl	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	745
	Хлор	Cl_2	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	745
	Йод (пары)	I_2	$CaI_2 \cdot 6H_2O$	2086
	Бром (пары)	Br_2	$CaBr_2 \cdot 6H_2O$	1430
	Оксиды азота	NO, NO_2	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	845
	Азотная кислота (пары)	HNO_3	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	845

Цель исследования: разработать математическую модель гетерогенных физико-химических процессов диффузии агрессивных веществ в структуре бетона железобетонных конструкций, эксплуатируемых в газовой среде с изменяющимися параметрами.

Концентрация агрессивных веществ в воздухе не является постоянной. К примеру, концентрация углекислого газа в атмосфере увеличивается, происходят сезонные колебания концентраций агрессивных веществ. В производственных помещениях она также не одинакова, пропорциональна загруженности предприятия, имеет место аккумулятивный эффект. Кроме этого, технологические изменения в производстве также повлекут за собой изменения в химическом составе воздуха. В этих условиях, с формальной математической точки зрения концентрация агрессивного газа в воздухе определяется выражением [3]:

$$C_{A, \text{воз.}} = f(\tau), \quad (1)$$

где $C_{A, \text{воз.}}$ - концентрация агрессивного газа в воздухе, кг/м^3 ; τ - время, с.

Схематичный график изменения концентрации агрессивного газа в воздухе можно изобразить гистограммой (рис. 1). Таким образом, весь период эксплуатации здания разбивается на временные интервалы:

$$\Delta\tau = \tau_{i+1} - \tau_i. \quad (2)$$

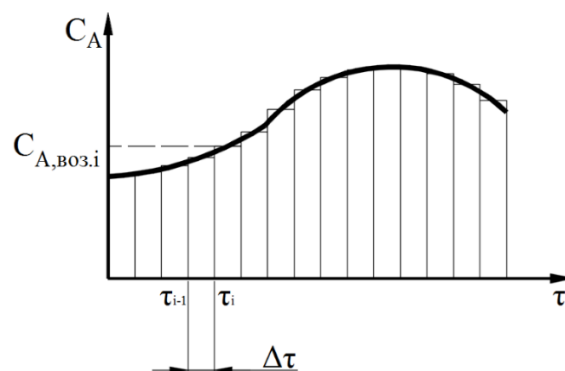


Рис. 1. Схематичное распределение кривой концентрации агрессивного газа в воздухе и ее гистограмма

Взаимодействие газовых агрессивных сред с бетоном представляет собой гетерогенный физико-химический процесс, протекающий между газом и твердым пористым телом – бетоном [4–6]. Данный процесс сопровождается следующими этапами или подпроцессами, протекающими последовательно и(или) параллельно:

- диффузия газа из объема окружающей газовой среды к поверхности бетона;
- массоперенос газа вглубь бетона по порам и капиллярам, заполненным воздухом;
- растворение газа в жидкой фазе пор бетона с образованием кислоты;
- диффузия раствора образовавшейся кислоты в жидкой фазе порового пространства бетона;

- химическое взаимодействие кислоты с гидроксидом кальция с последующим образованием соли;
 - диффузия гидроксида кальция в зону химических реакций;
 - кристаллизация образовавшихся солей из раствора.
- Общая схема моделируемых процессов показана на рис. 2.

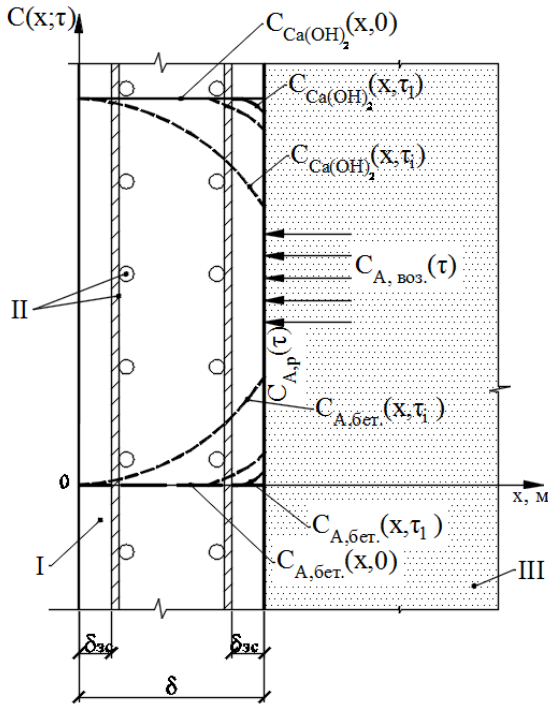


Рис. 2. Принципиальная схема массопереноса в системе «железобетон-воздушная агрессивная среда» (I – бетон; II – арматура; III – воздушная агрессивная среда)

На рисунке и последующих выражениях обозначено: $C_{Ca(OH)_2}(x,t)$ - концентрация гидроксида кальция в поровой структуре бетона в момент времени t в произвольной точке с координатой x , кг $Ca(OH)_2$ /кг бетона; $C_{A,воз}$ - концентрация агрессивного газа в воздухе, кг/м³; $C_{A,бет}(x,t)$ - распределение концентраций кислоты (агрессивного компонента – АК), образовавшейся в результате растворения газа в жидкой фазе пор бетона, кг АК / кг бетона; $C_{A,р}$ - равновесная концентрация агрессивного компонента (АК) на поверхности бетона, кг АК / кг бетона. При моделировании процесса будем считать, что жидкости в порах бетона на поверхности достаточно для растворения газа в ней и образования кислоты, которая в дальнейшем будет диффундировать в теле бетона и вступать в химическое взаимодействие с гидроксидом кальция.

Исходя из вышесказанного, математическая модель процесса коррозии для системы «железобетон-воздушная агрессивная среда» должна включать в себя совокупность аналитических решений распределения полей концентраций агрессивного компонента (кислоты, образовавшейся в результате растворения газа в жидкой фазе пор бетона) $C_{A,бет}(x,t)$ и гидроксида кальция $C(x,t)$. Поглощение(выделение) в результате химического взаимодействия данных компонентов в уравнениях массопереноса учитывается внутренним источником выделения (поглощения) массы и определяется химической кинетикой. Потоки массы гидроксида кальция на границах взаимодействия с воздушной окружающей средой отсутствуют.

Взаимосвязь между равновесной концентрацией агрессивного компонента на поверхности бетона и концентрацией агрессивного газа в воздухе определяется на основании уравнений равновесия, которые подробно рассмотрены нами в работах [5, 7-9].

Диффузия агрессивного компонента в пористой структуре бетона описывается нелинейным дифференциальным уравнением нестационарного массопереноса параболического типа с источниковым членом [5,10]:

$$\frac{\partial C_{A,бет}(x,t)}{\partial t} = \text{div}[k_A(x,t) \cdot \text{grad} C_{A,бет}] + \frac{q_{v,A}(x)}{\rho_{бет}} \quad (3)$$

где: k_A - коэффициент массопроводности (диффузии) агрессивного компонента в бетоне, м²/с; $q_{v,A}(x,t)$ - мощность объемного выделения (поглощения) агрессивного компонента вследствие фазовых и химических превращений, кг АК/(м³·с); $\rho_{бет}$ - плотность бетона, кг/м³.

При этом во время эксплуатации конструкции концентрация агрессивного компонента в воздухе изменяется по схеме рис. 1. Поэтому, расчет диффузии агрессивного компонента по капиллярно-пористой структуре бетона при изменяющихся параметрах агрессивной среды эксплуатации проводим методом «микропроцессов», разбивая весь период эксплуатации на небольшие временные интервалы $\Delta t = t_i - t_{i-1}$. В рамках каждого микропроцесса считаем параметры среды и коэффициент массопроводности постоянными, но изменяющимися при переходе в расчете к последующему микропроцессу.

Математически задача массопереноса агрессивного компонента в теле бетонной конструкции при одностороннем воздействии среды в конце i -го «микропроцесса» [11] запишется следующей системой уравнений:

$$\frac{\partial C_{A, \text{бет.}}(x, \tau)}{\partial \tau} = k_A \frac{\partial^2 C_{A, \text{бет.}}(x, \tau)}{\partial x^2} + \frac{q_{v,A}(x)}{\rho_{\text{бет.}}}, \tau > 0, 0 \quad (4)$$

начальное условие:

$$C_{A, \text{бет.}}(x, 0) = C_{A0, \text{бет.}}(x), \quad (5)$$

граничные условия:

$$\left. \frac{\partial C_{A, \text{бет.}}(x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad (6)$$

$$C_{A, \text{бет.}}(\delta, \tau) = C_{A,p}. \quad (7)$$

Начальное условие (5) характеризует отправное, для рассматриваемого *i*-го «микропроцесса», распределение массосодержания агрессивного компонента по толщине конструкции в виде математической функции. В реальных расчетах данное условие является аналитическим решением распределения концентраций агрессивного компонента по толщине конструкции на предшествующем (*i*-1)-м «микропроцессе» [12].

$$E(\bar{x}, Fo_m) = \frac{C_{A,p} - C_{A, \text{бет.}}(x, \tau)}{C_{A,p}}, \quad \bar{x} = \frac{x}{\delta}, \quad Fo_m = \frac{k_A \tau}{\delta^2}, \quad Po_m^*(\bar{x}) = \frac{q_{v,A}(x) \cdot \delta^2}{k_A \rho_{\text{бет.}} C_{A,p}}. \quad (8)$$

С учетом обозначений (8), в безразмерных переменных уравнение система уравнений (4)–(7) запишется в следующем виде:

$$\frac{\partial E(\bar{x}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 E(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}^2} + Po_m^*(\bar{x}), \quad Fo_m > 0, \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1, \quad (9)$$

начальное условие:

$$E(\bar{x}, 0) = \frac{C_{A0, \text{бет.}}(x)}{C_{A,p}} = E_0(\bar{x}), \quad (10)$$

граничные условия:

$$\left. \frac{\partial E(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} \right|_{\bar{x}=0} = \frac{\partial E(0, Fo_m)}{\partial \bar{x}} = 0, \quad (11)$$

$$E(1, Fo_m) = \frac{C_{A,p} - C_{A,p}}{C_{A,p}} = 0. \quad (12)$$

В частном случае, в момент начала эксплуатации конструкции, распределение агрессивного компонента равно нулю.

Краевое условие (7) отражает тот факт, что в месте правой границы конструкции, соприкасающейся с агрессивной средой, установилось равновесие. В частном случае это значение может быть равно нулю.

Одновременно, на протяжении всего рассматриваемого *i*-го «микропроцесса» на левой плоскости конструкции, не контактирующей с агрессивной воздушной средой, ввиду отсутствия потока массы агрессивного компонента, принимается условие проляции (6), которое является частным случаем условия Неймана [12].

Для получения аналитических решений, справедливых для целой группы подобных явлений, представим систему уравнений (4)–(7) в виде функциональных зависимостей между определяемыми и определяющими критериями подобия и безразмерными величинами, удобными для анализа динамики и кинетики процессов коррозии [13]:

Решение системы уравнений (9)–(12), установит аналитическую зависимость распределения полей концентраций агрессивного компонента по толщине конструкции в конце *i*-го «микропроцесса». Применим к системе уравнений (9)–(12) прямое преобразования Лапласа по временной переменной:

$$\frac{\partial^2 E(\bar{x}, s)}{\partial \bar{x}^2} - s E(\bar{x}, s) + E_0 + \frac{Po_m^*(\bar{x})}{s} = 0, \quad (13)$$

$$\frac{\partial E(0, s)}{\partial \bar{x}} = 0, \quad (14)$$

$$E(1, s) = 0. \quad (15)$$

Выражение (13), с математической точки зрения, – линейное однородное дифференциальное уравнение второго порядка. Общее решение данного уравнения имеет следующий вид [5, 13]:

$$E(\bar{x}, s) = A \cdot \text{ch}(\bar{x}\sqrt{s}) + B \cdot \text{sh}(\bar{x}\sqrt{s}) - \frac{1}{\sqrt{s}} \int_0^{\bar{x}} E_0(\xi) \cdot \text{sh}\sqrt{s}(\bar{x}-\xi) d\xi - \frac{1}{s\sqrt{s}} \int_0^{\bar{x}} Po_m^*(\xi) \cdot \text{sh}\sqrt{s}(\bar{x}-\xi) d\xi. \quad (16)$$

Определив константы интегрирования А и В используя выражения (14) и (15), получаем

$$E(\bar{x},s) = \frac{ch(\bar{x}\sqrt{s})}{\sqrt{s} \operatorname{ch}\sqrt{s}} \int_0^1 E_0(\xi) \operatorname{sh}\sqrt{s}(1-\xi) d\xi + \frac{ch(\bar{x}\sqrt{s})}{s\sqrt{s} \operatorname{ch}\sqrt{s}} \int_0^1 Po_m^*(\xi) \cdot \operatorname{sh}\sqrt{s}(1-\xi) d\xi - \frac{1}{\sqrt{s}} \int_0^{\bar{x}} E_0(\xi) \cdot \operatorname{sh}\sqrt{s}(\bar{x}-\xi) d\xi - \frac{1}{s\sqrt{s}} \int_0^{\bar{x}} Po_m^*(\xi) \cdot \operatorname{sh}\sqrt{s}(\bar{x}-\xi) d\xi. \quad (17)$$

Мерой интенсивности массообменных процессов является массообменный критерий Фурье – Fo_m , точнее, числитель этого критерия – произведение ($k_A \cdot t$). Чем интенсивнее процесс и мало время его реализации или медленнее протекает массоперенос в твёрдой фазе, тем меньше $k_{A,t}$ и меньше значение критерия Fo_m .

Оценим значения числа Фурье при массопереносе агрессивных компонентов в струк-

окончательное решение в области изображений:

туре бетона, с учетом принятой в нашем исследовании концепции расчета полей концентраций на небольших временных этапах. К примеру, коэффициент диффузии в условиях воздействия газообразного хлора и хлористого водорода находится в интервале 0,36...7,42 м²/с [6], тогда в интервале эксплуатации 1 год, при толщине конструкции 0,2 м, значения массообменного числа Фурье будут находиться в интервале:

$$Fo_m = (0.36 \dots 7.42) \frac{10^{-12} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{0.2^2} = 0,0003 \dots 0,006. \quad (18)$$

Академик А. В. Лыков показал [14], что при $Fo_m < 0,1$ целесообразнее получение приближенных решений, точность которых возрастает с уменьшением Fo_m , а неоспоримым преимуществом является отсутствие необходимости поиска корней характеристического уравнения.

Обратимся к решению краевой задачи (13)-(15) в области изображений (17) и преобразуем его. Из теории функций комплексного переменного известно, что при $Fo_m \rightarrow 0$ величины s и \sqrt{s} стремятся к бесконечно большому значению. Для этого случая, с учетом свойств гиперболических функций в области больших и малых значений аргументов справедливо:

$$\operatorname{ch}(\sqrt{s}) = \frac{1}{2} (e^{\sqrt{s}} + e^{-\sqrt{s}}) \Big|_{s \rightarrow \infty} = \frac{1}{2} e^{\sqrt{s}}, \quad (18)$$

$$\operatorname{sh}(\sqrt{s}) = \frac{1}{2} (e^{\sqrt{s}} - e^{-\sqrt{s}}) \Big|_{s \rightarrow \infty} = \frac{1}{2} e^{\sqrt{s}}, \quad (19)$$

$$\operatorname{ch}(\bar{x}\sqrt{s}) = \frac{1}{2} (e^{\bar{x}\sqrt{s}} + e^{-\bar{x}\sqrt{s}}), \quad (20)$$

$$\operatorname{sh}(\bar{x}\sqrt{s}) = \frac{1}{2} (e^{\bar{x}\sqrt{s}} - e^{-\bar{x}\sqrt{s}}). \quad (21)$$

А перевод в область действительных чисел осуществим по следующим схемам:

$$L^{-1} \left[\frac{1}{\sqrt{s}} \exp(-k\sqrt{s}) \right] \rightarrow \frac{1}{\sqrt{\pi Fo_m}} \exp\left(-\frac{k^2}{4Fo_m}\right), \quad (22)$$

$$L^{-1} \left[\frac{1}{s\sqrt{s}} \exp(-k\sqrt{s}) \right] \rightarrow 2\sqrt{Fo_m} \operatorname{ierfc}\left(-\frac{k}{2\sqrt{Fo_m}}\right). \quad (23)$$

После применения равенств (18)–(23) к решению (17), получаем аналитическое уравнение распределения концентраций агрессивного компонента по толщине конструкции i -го «микропроцесса» в области действительных чисел в безразмерных величинах:

$$E(\bar{x}, Fo_m) = \frac{1}{2\sqrt{\pi Fo_m}} \int_0^1 E_0(\xi) \left[\exp\left(-\frac{(\bar{x}+\xi)^2}{4Fo_m}\right) - \exp\left(-\frac{(2+\bar{x}-\xi)^2}{4Fo_m}\right) \right] d\xi + 2\sqrt{Fo_m} \left\{ \int_0^{\bar{x}} Po_m^*(\xi) \operatorname{ierfc}\left(-\frac{\bar{x}+\xi}{2\sqrt{Fo_m}}\right) d\xi + \int_{\bar{x}}^1 Po_m^*(\xi) \cdot \operatorname{ierfc}\left(-\frac{\xi+\bar{x}}{2\sqrt{Fo_m}}\right) d\xi - \int_0^1 Po_m^*(\xi) \operatorname{ierfc}\left(-\frac{2+\bar{x}-\xi}{2\sqrt{Fo_m}}\right) d\xi \right\}. \quad (24)$$

В выражении (3.2.51) введено обозначение:

$$f(\pm x) = f(+x) + f(-x). \quad (25)$$

Продemonстрируем численную реализацию решения (24) на рисунках 3 и 4. При этом обратим внимание, на то, что в принятых безразмерных обозначениях (8) и граничных условиях (11) и (12), $E(\bar{x}) = 1$ означает отсутствие агрессивного компонента в бетоне, а $E(\bar{x}) = 0$ соответствует равновесной концентрации на поверхности бетона [15,16].

Рисунок 3 показывает продвижение с течением времени агрессивного компонента вглубь конструкции. Кроме этого, при расчетах учтено наличие фронта химических реакций по зависимости вида:

$$Po_m^*(\xi) = -\xi^{10}. \quad (26)$$

Выбор такого вида функции обоснован крайне низкими значениями ординат при значениях аргумента меньших 0,8, что очень близко физико-химической природе внутреннего источника выделения (поглощения) вещества. Расчеты показывают, что на небольших временных этапах, вклад источника массы невелик. При массообменных числах Фурье 0,0001 и 0,001 расчеты с источником массы и без него не имели существенных числовых

отличий. А вот с массообменными числами Фурье 0,01 и 0,05 вклад источника был заметен, он уменьшал количество агрессивного компонента в бетоне, что полностью согласуется с физико-химическими представлениями о процессе. Агрессивный компонент вступает в химические реакции со «свободным» гидроксидом кальция, тем самым уменьшаются концентрации исходных веществ.

Полученное аналитическое решение (24) позволяет производить расчеты с произвольным начальным распределением концентраций, что в большей степени необходимо при моделировании полей концентраций с учетом изменяющихся параметров агрессивной среды эксплуатации в рамках метода «микропроцессов». Проверим работоспособность полученного решения с неравномерным распределением концентраций при значении массообменного числа Фурье 0,01. Пусть начальное распределение концентраций также изменяется по степенным зависимостям, покажем каким будет поле концентраций за один и тот же промежуток времени, но при разных начальных распределениях (рис. 4). Номограмма показывает, за один и тот же промежуток времени агрессивный компонент в бетоне продвигается тем больше, чем первоначально толщина затронутого агрессивным компонентом слоя была меньше.

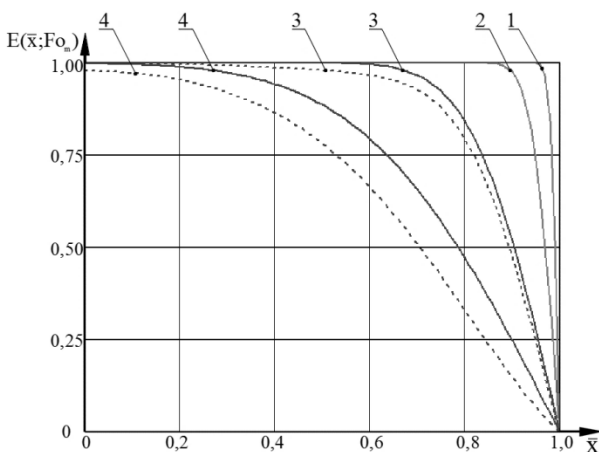


Рис. 3. Номограмма полей безразмерных концентраций агрессивного компонента по толщине конструкции при $Fo_m=1$ - 0,0001; 2 – 0,001; 3 – 0,01; 4 – 0,05
сплошные линии - $Po_m^*(\xi)=0$;
пунктирные - $Po_m^*(\xi)=-\xi^{10}$

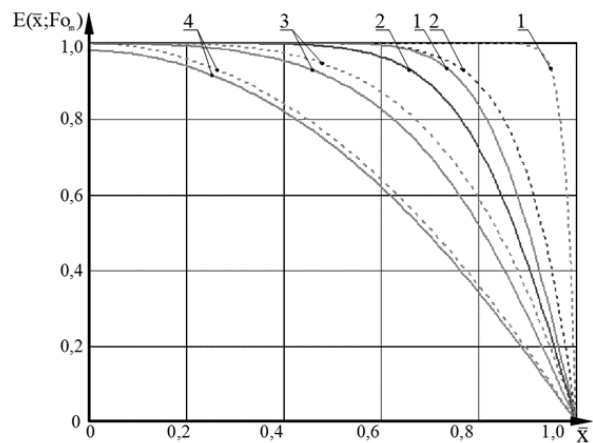


Рис. 4. Номограмма полей безразмерных концентраций агрессивного компонента по толщине конструкции при $Fo_m=0,01$ и начальном распределении в виде зависимости $E_0(\xi)=1-x^n$; $n = 1-2$; 2 – 4; 3 – 10; 4 – 50
сплошные линии - $E(\bar{x}, Fo_m)$; пунктирные - $E_0(\xi)$

Построенные номограммы полностью согласуются с физико-химическими представлениями о процессах газозащитной коррозии бетона [1, 2, 4–6], а полученное выражение (24) позволяет более точно прогнозировать значе-

ния концентраций агрессивного компонента именно в защитном слое арматуры, что позволяет своевременно не допустить начала электрохимического взаимодействия стальной арматуры с агрессивным компонентом [17, 18].

Список литературы

1. Розенталь Н. К. Проблемы коррозионного повреждения бетона // Бетон и железобетон. 2007. № 6. С. 55–59.

2. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С. Н. Алексеев, Ф. М. Иванов, С. Модры [и др.]. М.: Стройиздат, 1990. 320 с.

3. Исследование влияния процессов массопереноса на надежность и долговечность железобетонных конструкций, эксплуатируемых в жидких агрессивных средах / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Строительные материалы. 2017. № 12. С. 52–57.

4. Определение коррозионной стойкости торкрет-бетона как защитного покрытия бетонных и железобетонных конструкций / В. Ф. Степанова, Н. К. Розенталь, Г. В. Чехний [и др.] // Строительные материалы. 2018. № 8. С. 69–73.

5. Федосов С. В., Румянцева В. Е., Красильников И. В. Методы математической физики в приложениях к проблемам коррозии бетона в жидких агрессивных средах. М.: АСВ, 2021. 246 с.

6. Розенталь Н. К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. М.: ФГУП ЦПП, 2006. 520 с.

7. Исследование диффузионных процессов массопереноса при жидкостной коррозии первого вида цементных бетонов / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. № 1. С. 99–104.

8. Математическое моделирование нестационарного массопереноса в системе «цементный бетон-жидкая среда», лимитируемого внутренней диффузией и внешней массоотдачей / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Строительные материалы. 2022. № 1-2. С. 134–140.

9. Исследования физико-химических процессов в системе «цементный бетон-жидкая агрессивная среда» / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Известия вузов. Серия: Химия и химическая технология. 2022. Т. 65. Вып. 7. С. 61–70.

10. Лыков, А. В. Теплообмен. М.: Энергия, 1978. 480 с.

11. Formulation of mathematical problem describing physical and chemical processes at concrete corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 2017, vol. 13, issue 2, pp. 45–49.

12. Федосов С. В., Румянцева В. Е., Красильников И. В. Оценка влияния параметров массопереноса на кинетику и динамику процессов, протекающих при жидкостной коррозии первого вида цементных бетонов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2018. № 1. С. 14–22.

13. Теоретические и экспериментальные исследования процессов коррозии первого вида цементных бетонов при наличии внутреннего источника массы / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 44–47.

14. Лыков А. В. Теория теплопроводности М.: Высшая школа, 1967. 600 с.

15. Monitoring of the penetration of chloride ions to the reinforcement surface through a concrete coating during liquid corrosion S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. electronic edition. Vladivostok, 2018, pp. 042–048. DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042048

16. Математическое моделирование массопереноса в системе «цементный бетон-жидкая среда», лимитируемого внутренней диффузией переносимого компонента при жидкостной коррозии первого вида / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Строительные материалы. 2021. № 7. С. 4–9.

17. О концепции развития нормативно-технической базы строительных объектов в период их эксплуатации / В. И. Травуш, В. В. Гурьев, А. Н. Дмитриев [и др.] // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 1. С. 121–133.

18. Селяев В. П., Селяев П. В., Хамза Е. Е. Основы теории деградации и прогнозирования долговечности железобетонных конструкций с учетом фрактального строения структуры материала // Эксперт: теория и практика. 2022. № 1 (16). С. 23–36.

References

1. Rozental' N. K. Problemy korrozijnogo povrezhdenija betona [Problems of concrete corrosion damage]. *Beton i zhelezobeton*, 2007, issue 6, pp. 55–59.
2. *Dolgovechnost' zhelezobetona v agressivnyh sredah* [Durability of reinforced concrete in aggressive environments] / S. N. Alekseev, F. M. Ivanov, S. Modry [et al.]. M.: Stroizdat, 1990. 320 p.
3. Issledovanie vlijanija processov massoperenosa na nadezhnost' i dolgovechnost' zhelezobetonnykh konstrukcij, jekspluatiruemykh v zhidkikh agressivnyh sredah [Investigation of the influence of mass transfer processes on the reliability and durability of reinforced concrete structures operated in liquid aggressive environments] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2017, issue 12, pp. 52–57.
4. Opredelenie korroziionnoj stojkosti torkret-betona kak zashhitnogo pokrytija betonnykh i zhelezobetonnykh konstrukcij [Determination of corrosion resistance of shotcrete as a protective coating of concrete and reinforced concrete structures] / V. F. Stepanova, N. K. Rozental', G. V. Chehnij [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2018, issue 8, pp. 69–73.
5. Fedosov S. V., Rumjanceva V. E., Krasil'nikov I. V. *Metody matematicheskoy fiziki v prilozhenijah k problemam korrozii betona v zhidkikh agressivnyh sredah* [Methods of mathematical physics in applications to the problems of concrete corrosion in liquid aggressive media]. M.: ASV, 2021. 246 p.
6. Rozental' N. K. *Korroziionnaja stojkost' cementnykh betonov nizkoj i osobo nizkoj pronicaemosti* [Corrosion resistance of cement concretes of low and especially low permeability]. – M.: FGUP CPP, 2006. 520 p.
7. Issledovanie diffuzionnykh processov massoperenosa pri zhidkostnoj korrozii pervogo vida cementnykh betonov [Investigation of diffusion processes of mass transfer in liquid corrosion of the first type of cement concretes] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *Izvestija vysshikh uchebnykh zavedenij. Serija: Himija i himicheskaja tehnologija*, 2015, vol. 58, issue 1, pp. 99–104.
8. Matematicheskoe modelirovanie nestacionarnogo massoperenosa v sisteme «cementnyj beton-zhidkaja sreda», limitiruemogo vnutrennej diffuziej i vneshnej massootdachej [Mathematical modeling of unsteady mass transfer in the "cement concrete-liquid medium" system, limited by internal diffusion and external mass transfer] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2022, issue 1–2, pp. 134–140.
9. Issledovanija fiziko-himicheskikh processov v sisteme «cementnyj beton - zhidkaja agressivnaja sreda» [Investigations of physico-chemical processes in the system "cement concrete-liquid aggressive medium"] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Serija: Khimiya i himicheskaya tehnologiya*, 2022, vol. 65, issue 7, pp. 61–70.
10. Lykov A. B. *Teplomassoobmen* [Heat and mass transfer]. M.: Jenergija, 1978. 480 p.
11. Formulation of mathematical problem describing physical and chemical processes at concrete corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2017, vol. 13, issue 2, pp. 45–49.
12. Fedosov S. V., Rumjanceva V. E., Krasil'nikov I. V. Ocenka vlijanija parametrov massoperenosa na kinetiku i dinamiku processov, protekajushchih pri zhidkostnoj korrozii pervogo vida cementnykh betonov [Evaluation of the influence of mass transfer parameters on the kinetics and dynamics of processes occurring during liquid corrosion of the first type of cement concretes]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Serija: Materialy. Konstrukcii. Tehnologii*, 2018, issue 1, pp. 14–22.
13. Teoreticheskie i jeksperimental'nye issledovanija processov korrozii pervogo vida cementnykh betonov pri nalichii vnutrennego istochnika massy [Theoretical and experimental studies of corrosion processes of the first type of cement concretes in the presence of an internal mass source] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, N. S. Kas'janenko [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2013, issue 6, pp. 44–47.
14. Lykov A. V. *Teorija teploprovodnosti* [Theory of heat conduction]. M.: Vysshaya shkola, 1967. 600 p.
15. Monitoring of the penetration of chloride ions to the reinforcement surface through a concrete coating during liquid corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vladivostok, 2018, pp. 042–048. DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042048
16. Matematicheskoe modelirovanie massoperenosa v sisteme «cementnyj beton-zhidkaja sreda», limitiruemogo vnutrennej diffuziej perenosimogo komponenta pri zhidkostnoj korrozii pervogo vida [Mathematical modeling of mass transfer in the «cement concrete-liquid medium» system, limited by internal diffusion of the transferred component during liquid corrosion of the first type] / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva,

I. V. Krasilnikov [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2021, issue 7, pp. 4–9.

17. O koncepcii razvitiya normativno-tehnicheskoy bazy stroitel'nyh ob#ektov v period ih jekspluatacii [About the concept of development of the regulatory and technical base of construction facilities during their operation] / V. I. Travush, V. V. Gur'ev, A. N. Dmitriev [et al.]. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*, 2021, issue 1, pp. 121–133.

18. Seljaev V. P., Seljaev P. V., Hamza E. E. Osnovy teorii degradacii i prognozirovaniya dolgovechnosti zhelezobetonnyh konstrukcij s uchetom fraktal'nogo stroenija struktury materiala [Fundamentals of the theory of degradation and prediction of durability of reinforced concrete structures taking into account the fractal structure of the material structure]. *Jekspert: teorija i praktika*, 2022, issue 1 (16), pp. 23–36.

Федосов Сергей Викторович

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Российская Федерация, г. Москва

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН,

Российская Федерация, г. Москва

Академик РААСН, доктор технических наук, профессор

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru

Fedosov Sergey Viktorovich

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),

Russian Federation, Moscow

Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN,

Russian Federation, Moscow

Academician of the RAASN, Doctor of Technical Sciences, Professor

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru

Румянцева Варвара Евгеньевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Ивановский государственный политехнический университет,

Российская Федерация, г. Иваново

Член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор

E-mail: varrym@gmail.com

Rumyantseva Varvara Evgenievna

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

Russian Federation, Ivanovo

Ivanovo State Polytechnic University,

Russian Federation, Ivanovo

Corresponding Member of the RAASN, Doctor of Technical Sciences, Professor

E-mail: varrym@gmail.com

Красильников Игорь Викторович

Ивановский государственный политехнический университет,

Российская Федерация, г. Иваново

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН,

Российская Федерация, г. Москва

кандидат технических наук, доцент, руководитель центра научно-исследовательских работ и технической экспертизы

E-mail: korasb@mail.ru

Krasilnikov Igor Viktorovich

Ivanovo State Polytechnic University,

Russian Federation, Ivanovo

Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN,

Russian Federation, Moscow

Candidate of Technical Sciences, docent, Head of the Center for Research and Technical Expertise

E-mail: korasb@mail.ru

Красильникова Ирина Александровна

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых,
Российская Федерация, г. Владимир
кандидат технических наук, ассистент

E-mail: irinanebukina@rambler.ru

Krasilnikova Irina Aleksandrovna

Vladimir State University,
Russian Federation, Vladimir
Candidate of Technical Sciences, Assistant
E-mail: irinanebukina@rambler.ru

Касьяненко Наталья Сергеевна

Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент кафедры естественных наук и техносферной безопасности

E-mail: kasiyanenko@gmail.com

Kasyanenko Natalya Sergeevna

Ivanovo State Polytechnic University,
Russian Federation, Ivanovo
Candidate of Technical Sciences, docent Departments of Natural Sciences and Technosphere Safety
E-mail: kasiyanenko@gmail.com

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К рассмотрению принимаются рукописи в электронном формате документа Microsoft Word (*.doc, *.docx). Файлы высылаются по адресу: journal@edufire37.ru

Статьи должны полностью соответствовать специальностям журнала.

Обязательно указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

В статье указывается шифр основной специальности, по которой выполнена работа.

При направлении материалов в редакцию по электронной почте в одном письме направляются:

- файл статьи в формате MS Word;
- внешняя рецензия, заверенная в установленном в организации порядке (рецензенты и авторы статей не должны находиться в должностных отношениях);
- сканированная копия сопроводительного письма.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ СТАТЕЙ

Обязательные элементы рукописи:

УДК, аннотация, ключевые слова, текст статьи.

Аннотация должна иметь объем 150–200 слов, а её содержание – отражать структуру статьи.

Минимальный объем ключевых слов – 5. Ключевые слова отделяются друг от друга точкой с запятой.

В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

Структура размещения статьи в журнале:

- Блок 1 – на русском языке: УДК; название статьи; автор(ы); адресные данные авторов (полное юридическое название организации, адрес организации, адрес электронной почты всех или одного автора); аннотация; ключевые слова;
- Блок 2 – транслитерация и перевод на английский язык соответствующих данных Блока 1 в той же последовательности: название статьи – на английском языке; авторы – на латинице (транслитерация); название организации, адрес организации, аннотация, ключевые слова – на английском языке;
- Блок 3 – полный текст статьи на языке оригинала (русском), оформленный в соответствии с действующими требованиями Журнала;
- Блок 4 – список литературы на русском языке (название «Список литературы»);
- Блок 5 – список литературы в романском алфавите (название References). Если список литературы состоит только из англоязычных источников, то Блок 5 может отсутствовать.
- Блок 6 – сведения об авторах на русском и английском языках.

Технические требования к оформлению

Рукописи представляются в формате А4. Объем представляемых рукописей (с учетом пробелов):

- статьи – до 20 тысяч знаков;
- обзора – до 60 тысяч знаков;
- краткого сообщения – до 10 тысяч знаков.

Оформление текста статьи:

- для набора используется шрифт Arial, размер шрифта – 10;
- отступ первой строки абзаца 1,25 см;
- все поля 2 см;
- все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом использовании;
- недопустимо использование расставленных вручную переносов.

Оформление формул, рисунков и таблиц:

• формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 или Math Type 5.0-6.0 Equation (шрифт Arial), размер шрифта – 10. Пояснения к формулам (экспликация) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Формулы нумеруют в круглых скобках по правому краю страницы;

• в тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на таблицы, рисунки, графики;

• графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них.

Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Рисунки обяза-

тельно должны быть сгруппированы (т.е. не должны «разваливаться» при перемещении и форматировании);

- подрисуночные подписи размещаются по центру;
- названия рисунков даются под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Слово «Рис.» с порядковым номером пишется полужирно, название рисунка – с прописной буквы, обычным шрифтом: **Рис. 1.** Отдельные элементы дымопроницаемой мембраны в сложенном состоянии;
- если рисунок в тексте один, номер не ставится: **Рисунок.** Статистика пожаров, произошедших на различных объектах;
- подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см;
- ссылки в тексте на таблицы пишутся: «табл.», «табл. 1»;
- слово «Таблица» с порядковым номером и названием размещается по центру. Слово «Таблица» набирается курсивом, название таблицы выделяется полужирно: *Таблица 1. Экспериментальные данные по допустимым срокам непрерывной продолжительности работы в изолирующих термоагрессивостойких костюмах для пожарных;*
- единственная в статье таблица не нумеруется: *Таблица. Анализ оборудования для задачи воздушно-механической пены;*
- по возможности следует избегать использования рисунков и таблиц, размер которых требует альбомной ориентации страницы;
- поворот рисунков и таблиц в вертикальную ориентацию недопустим;
- текст статьи не должен заканчиваться таблицей, рисунком или формулой.

Правила оформления списка литературы

После текста статьи приводится список литературы, оформленный в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Источники указываются в порядке цитирования в тексте. На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте.

В список литературы включаются только научные и приравненные к ним публикации (статьи, монографии, учебные издания, патенты на изобретения, авторские свидетельства). Ссылки на нормативные документы (законы, постановления, стандарты) должны оформляться как подстрочные сноски.

В статье должны быть представлены два варианта списка использованной литературы:

– список на русском языке. Для изданий на русском языке обязательна транслитерация оригинального названия и перевод названия на английский язык (в квадратных скобках); тире, а также символ // в описании на английском языке не используются;

– список в романском алфавите (References). В References при переводе статьи на английский названия изданий и журналов не переводятся, используется транслитерация.

Для изданий на английском языке транслитерация не производится.

Если есть, обязательно указывается DOI.

Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Современные проблемы гражданской защиты»,
тел.: (4932) 93-08-00 доб. 15-60; e-mail: journal@edufire37.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
№ 4 (45), 2022

16+

Дата выхода в свет 29.12.2022 г. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Формат 60 × 90 1/8. Усл. печ. л. 19,25. Тираж 100 экз.
Заказ № 85. Цена свободная

Оригинал-макет подготовлен
Ивановской пожарно-спасательной академией ГПС МЧС России
АДРЕС РЕДАКЦИИ (ИЗДАТЕЛЯ): 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33;
тел.: (4932) 93-08-00, доб. 1560; e-mail: journal@edufire37.ru

Отпечатано в АО «Информатика»
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, 90