

ISSN 2658-6223

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

Управление в социальных
и экономических системах
(технические науки)

Строительные конструкции,
здания и сооружения
(технические науки)

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

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

Строительные материалы
и изделия
(технические науки)

Экологическая безопасность
строительства
и городского хозяйства
(технические науки)

Пожарная и промышленная
безопасность
(технические науки)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

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

№ 2 (31), 2019



СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

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

Научный журнал

Издается с 2011 года

Выходит 4 раза в год

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

Территория распространения — Российская Федерация.

Журнал индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU / РИНЦ (Россия), Международном каталоге периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory» (США), размещается на платформе научной электронной библиотеки «КиберЛенинка» (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») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Бутман Михаил Федорович – д-р физ.-мат. наук, проф., Ивановский государственный химико-технологический университет (Россия, г. Иваново)
Бутузов Станислав Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий (в составе учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий) ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России» (Россия, г. Москва)
Ерофеев Владимир Трофимович – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева» (Россия, Республика Мордовия, г. Саранск)
Ефремов Александр Михайлович – д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры «Технология приборов и материалов электронной техники» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)
Камлюк Андрей Николаевич – канд. физ.-мат. наук, доц., Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Минск)
Ковтун Вадим Анатольевич – д-р техн. наук, проф., Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Гомель)
Колобов Михаил Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой механики и компьютерной графики ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)
Королева Светлана Валерьевна – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Лопанов Александр Николаевич – д-р техн. наук, проф., Белгородский государственный технологический университет (Россия, г. Белгород)
Назарычев Александр Николаевич – д-р техн. наук, профессор, ректор ФГАО ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» Министерства энергетики РФ (Россия, г. Санкт-Петербург)
Потемкина Ольга Владимировна – канд. хим. наук, доцент, помощник начальника ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Присадков Владимир Иванович – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, г. Балашиха)
Румянцева Варвара Евгеньевна – д-р техн. наук, профессор, Советник РААСН, директор института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)
Сырбу Светлана Александровна – д-р хим. наук, профессор, первый проректор – проректор по научной работе и международным отношениям, заведующий кафедрой неорганической и аналитической химии ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет» (Россия, г. Иваново)
Теличенко Валерий Иванович – д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик РААСН, президент Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет» (Россия, г. Москва)
Федосеев Вадим Николаевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой организации производства и городского хозяйства ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)
Хафизов Ильдар Фанильевич – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной и промышленной безопасности ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (Россия, г. Уфа)
Циркина Ольга Германовна – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Шарнина Любовь Викторовна – д-р техн. наук, профессор кафедры химических технологий волокнистых и красящих веществ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)
Шевцов Сергей Александрович – д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты Воронежского института – филиала ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Воронеж)

Технический редактор: *Шмелева Юлия Владимировна*

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

Подписано в печать 17.06.2019 г. Усл. печ. л. 6, 1. Тираж 100 экз. Заказ №71.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-73129 от 22.06.2018.

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

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

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

| | |
|--|---|
| Попов А. Л. Автоматизация процесса подготовки документов оперативной дежурной сменой центра управления в кризисных ситуациях..... | 5 |
| Popov A. L. Automating the process of documents preparation of the operational duty change of control center in crisis situations | 5 |

| | |
|---|----|
| Порошин А. А., Харин В. В., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю. Научно-методические подходы к оценке эффективности спасения людей на пожарах пожарно-спасательными подразделениями..... | 18 |
| Poroshin A. A., Kharin V. V., Bobrinev E. V., Kondashov A. A., Udavtsova E. Yu. Scientific-methodical approaches to the evaluation of the effectiveness of salvation of people in fires fire and rescue departments..... | 18 |

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

| | |
|--|----|
| Натареев С. В., Захаров Д. Е., Лапшин Н. А., Беляев С. В. Методика расчета аппарата с неподвижным кольцевым слоем катионита в системах водоподготовки..... | 25 |
| Natareev S. V., Zaharov D. E., Lapshin N. A., Beljaev S. V. Method of calculation of the apparatus with a fixed annular bed of cation-exchange resin in water treatment systems | 25 |

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

| | |
|---|----|
| Савин С. Н., Смирнова Е. Э. Прогноз ресурса зданий в условиях природных и техногенных чрезвычайных ситуаций..... | 33 |
| Savin S. N., Smirnova E. E. Predicting the service life of buildings in the conditions of natural and technogenic emergency situations | 33 |

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

| | |
|---|----|
| Азовцев А. Г., Сырбу С. А., Таратанов Н. А. Определение скорости коррозии материала марки «Сталь 3» в паровоздушной среде топочного мазута М-100 | 43 |
| Azovtsev A. G., Syrbu S. A., Taratanov N. A. Determination of the corrosion rate of material of the steel 3 brand in the air-steamed environment of the M-100 heating oil..... | 43 |

| | |
|--|----|
| Акулова М. В., Мочалов А. М. О результатах исследования влияния огнезащитных составов на основе органосилоксанов на воспламеняемость пенополистирола | 48 |
| Akulova M. V., Mochalov A. M. On the results of the study of the effect of flame retardants based on organosiloxanes on the flammability of polystyrene foam..... | 48 |

| | |
|---|----|
| Королева С. В., Мигунова Ю. С., Данилов П. В. Психофизиологическая модель профессиональной успешности и ее гендерные особенности для курсантов образовательной организации МЧС России..... | 56 |
| Koroleva S. V., Migunova Yu. S., Danilov P. V. Psychophysiological model of professional success and gender aspects for the students of the educational organizations of EMERCOM of Russia | 56 |

| | |
|--|----|
| Петров А. В., Гессе Ж. Ф., Фролова Т. В., Потемкина О. В. Термофизические и пожароопасные свойства полимерных композиционных материалов, модифицированных наполнителями различной природы | 67 |
| Petrov A. V., Gesse Zh. F., Frolova T. V., Potjomkina O. V. Thermophysical and fire-dangerous properties of the polymeric composite materials modified by fillers of various nature | 67 |

| | |
|---|-----|
| Семенов А. Д., Бубнов А. Г., Бочкарев А. Н. Повышение технической готовности гидравлического аварийно-спасательного инструмента при эксплуатации..... | 75 |
| Semenov A. D., Bubnov A. G., Bochkarev A. N. Increase the technical readiness of a hydraulic rescue tool during operation | 75 |
| Топоров А. В., Палин Д. Ю., Киселев В. В. Расчет магнитной системы комбинированного магнитожидкостного уплотнения..... | 83 |
| Toporov A. V., Palin D. Yu., Kiselev V. V. The magnetic system calculation of a combined magnetic fluid seal | 83 |
| Топоров А. В., Шарабанова И. Ю., Базанов С. В., Потапенко Л. В., Легкова И. А., Зейнетдинова О. Г. Разработка технического средства, обеспечивающего транспортировку пострадавшего | 90 |
| Toporov A. V., Sharabanova I. Yu., Bazanov S. V., Potapenko L. V., Legkova I. A., Zeinetdinova O. G. Development of technical means for transportation of the injured | 90 |
| Федосов С. В., Торопова М. В., Махов Н. М., Татиевский П. Б., Павлов Д.С., Виденев А. А. Разработка рекомендаций по выбору средств и методов для обеспечения пожарной безопасности текстильных производств..... | 97 |
| Fedosov S. V., Toropova M. V., Makhov N. M., Tatievsky P. B., Pavlov D. S., Videneev A. A. Development of recommendations on the choice of means and methods for ensuring the fire safety of textile industry..... | 97 |
| Шипилов Р. М., Казанцев С. Г., Давиденко А. С., Шалявин Д. Н. Разработка дополнительных нормативных заданий и их временных показателей к работе со штурмовой лестницей | 106 |
| Shipilov R. M., Kazantsev S. G., Davidenko A. S., Shalyavin D. N. Development of additional regulatory tasks and their temporal indicators to work with a storm ladder..... | 106 |

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

УДК 614.8.013

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ДОКУМЕНТОВ ОПЕРАТИВНОЙ
ДЕЖУРНОЙ СМЕНОЙ ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ**

А. Л. ПОПОВ

Государственное казенное учреждение города Москвы «Пожарно-спасательный центр»,
Российская Федерация, г. Москва
E-mail: pal_300353@mail.ru

Введение: на основе моделей и алгоритмов поддержки антикризисного управления реализован процесс поэтапного перехода к интеллектуальной поддержке деятельности руководителей и специалистов оперативной дежурной смены регионального Центра управления в кризисных ситуациях МЧС России с целью повышения эффективности работы. **Цель:** разработка системы управления базами данных автоматизированных рабочих мест. **Методы:** выявление и анализ проблемных вопросов; анализ информационной потребности специалистов; выявление основных организационных и технических задач интеллектуальной поддержки процесса подготовки документов; анализ регламентов и выбор не оптимизированных функций обеспечения подготовки и предоставления документов руководству Центра управления в кризисных ситуациях и Национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России. **Результаты:** реализована идея интеграции автоматизированных рабочих мест с информационными источниками эксплуатируемых автоматизированных систем и решены задачи автоматизации процесса подготовки отчетных документов при возникновении чрезвычайных ситуаций (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности. Разработаны интерфейсы автоматизированных рабочих мест согласно функциям руководителей и специалистов. Применены оригинальные алгоритмы: объединения данных подготовленных несколькими специалистами, генерации реквизитов документов, передачи информации между разными автоматизированными рабочими местами, фиксирования и контроля времени готовности документов, доступа к необходимой справочной информации, прогнозирования вероятности, анализа фактов и результатов предупреждения возможного возникновения чрезвычайных ситуаций (происшествий) и пожаров. **Практическая значимость:** организована эффективная интеллектуальная поддержка деятельности руководителей и специалистов в автоматизированном процессе качественной и оперативной подготовки документов.

Ключевые слова: автоматизированное рабочее место; анализ фактов и результатов; антикризисное управление; интеллектуальная поддержка; оперативная дежурная смена; отчетный документ; прогнозирование вероятности; система управления базами данных; отчетный документ; центр управления в кризисных ситуациях.

**AUTOMATING THE PROCESS OF DOCUMENTS PREPARATION OF THE
OPERATIONAL DUTY CHANGE OF CONTROL CENTER IN CRISIS SITUATIONS**

A. L. POPOV

Gosudarstvennoe kazennoe uchrezhdenie goroda Moskvy «Pozharno-spasatel'nyj centr»,
Russian Federation, Moscow
E-mail: pal_300353@mail.ru

Introduction: on the basis of models and algorithms of support for crisis management, a process of gradual transition to intellectual support of the activities of managers and specialists of the operational duty shift of the regional Crisis Management Center of the Emergencies Ministry of Russia with the aim of improving work efficiency has been implemented. **Purpose:** development of a database management system for automated workstations. **Methods:** identification and analysis of problematic issues; analysis of the infor-

mation needs of specialists; identification of the main organizational and technical tasks of intellectual support of the process of preparing documents; analysis of the regulations and the selection of non-optimized functions to ensure preparation and submission of documents to the management of the Crisis Management Center and the National Crisis Management Center of the Emergencies Ministry of Russia. **Results:** the idea of integrating automated workplaces with information sources of operated automated systems is implemented and the tasks of automating the process of preparing reporting documents in case of emergency situations (accidents), fires and functional documents in daily activities are solved. Interfaces of automated workplaces according to the functions of managers and specialists have been developed. Original algorithms were used: combining data prepared by several specialists, generating document details, transferring information between different workstations, recording and controlling the availability of documents, accessing necessary reference information, forecasting probability, analyzing facts and results of preventing possible emergencies (occurrences) and fires. **Practical significance:** an effective intellectual support of the activities of managers and specialists in the automated process of high-quality and efficient document preparation is organized.

Key words: automated workplace; analysis of facts and results; crisis management; intellectual support; operational duty shift; reporting document; probability prediction; database management system; reporting document; crisis management center.

Введение. Детальное изучение научных работ посвящённые моделям и алгоритмам обеспечения антикризисного управления с участием должностных лиц (руководителей и специалистов) Центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России позволяет реализовать поэтапный процесс перехода к интеллектуальной поддержке деятельности оперативной дежурной смены (ОДС) регионального ЦУКС. Этапы данного процесса представлены на рис. 1 [1].

На первом этапе определена зависимость эффективности работы ОДС от результатов выявления и анализа проблемных вопросов [2] на основании планируемых и фактических показателей регламентированной деятельности специалистов ОДС регионального ЦУКС [3] в части представления донесений (докладов) в Национальный центр управления в кризисных ситуациях (НЦУКС) МЧС России представленных в табл. 1.

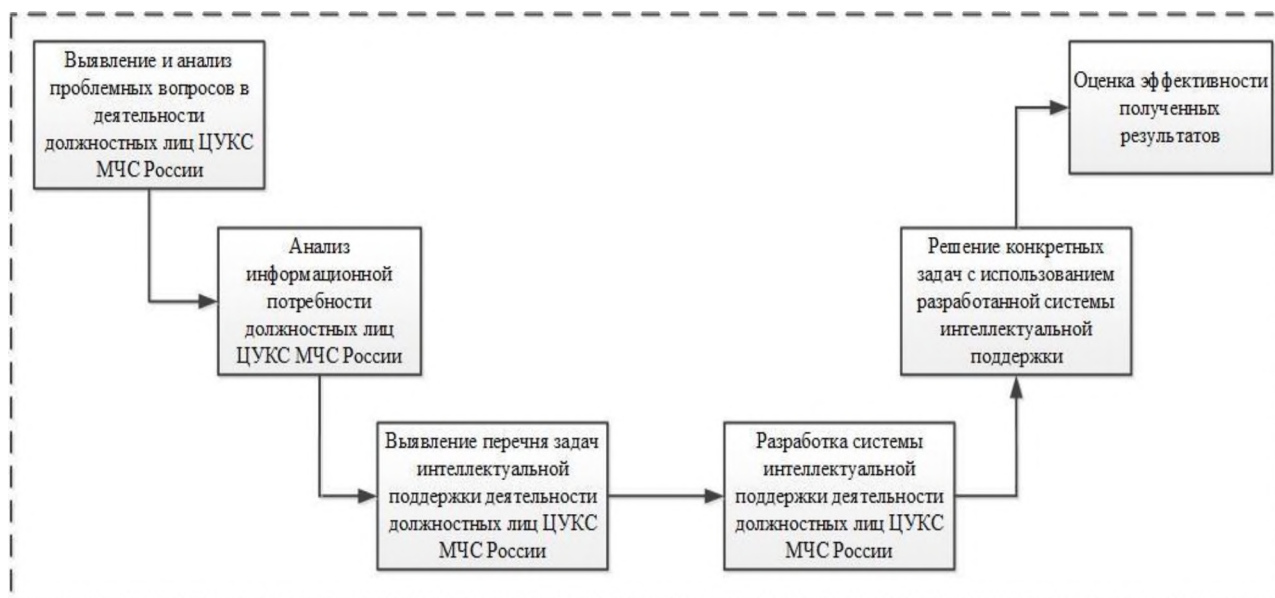


Рис. 1. Этапы перехода к интеллектуальной поддержке

Таблица 1. Основные планируемые и фактические показатели регламентированной деятельности специалистов ОДС ЦУКС

| Вид деятельности | Регламент | Специалист ОДС | Количество документов | Затраты времени (мин.) | Трудоемкость (мин./док.) | % загрузки за сутки |
|-------------------------------------|--|--|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| При возникновении ЧС (происшествия) | Представление в НЦУКС докладов (докладов) по реагированию на ЧС (происшествие) | Аналитик | 2 | 180 | 90 | 12,50% |
| | | Ведущий специалист (аналитик) | 6 | 365 | 61 | 25,35% |
| | | Ведущий специалист по информационному обеспечению | 1 | 240 | 240 | 16,67% |
| | | Главный специалист по 3D моделированию | 5 | 240 | 48 | 16,67% |
| | | Начальник дежурной смены СПТ | 1 | 60 | 60 | 4,17% |
| | | Начальник оперативно-дежурной смены | 2 | 110 | 55 | 7,64% |
| | | Начальник смены дежурной части | 2 | 150 | 75 | 10,42% |
| | | Помощник старшего оперативного дежурного | 1 | 240 | 240 | 16,67% |
| | | Специалист по анализу и подготовке оперативных данных | 8 | 460 | 58 | 31,94% |
| | | Специалист по взаимодействию со СМИ | 1 | 10 | 10 | 0,69% |
| | | Специалист по мониторингу и прогнозу развития ЧС | 1 | 30 | 30 | 2,08% |
| | | Специалист по применению сил и средств | 3 | 30 | 10 | 2,08% |
| | | Специалист по радиосвязи | 4 | 60 | 15 | 4,17% |
| | | Специалист по учету сил и контролю за обстановкой с пожарами | 3 | 420 | 140 | 29,17% |
| | | Специалист по цифровой информации, ГИС - технологиям | 2 | 60 | 30 | 4,17% |
| | | Старший оперативный дежурный | 2 | 20 | 10 | 1,39% |
| | | Старший смены ПСЦ | 2 | 145 | 73 | 10,07% |

| Вид деятельности | Регламент | Специалист ОДС | Количество документов | Затраты времени (мин.) | Трудоемкость (мин./док.) | % загрузки за сутки |
|--|---|--|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| При ликвидации ЧС (происшествия) | | Специалист по анализу и подготовке оперативных данных | 1 | 60 | 60 | 4,17% |
| | | Специалист по применению сил и средств | 7 | 540 | 77 | 37,50% |
| В среднем на одного специалиста | | | 3 | 180 | 73 | 12,50% |
| Реагирование и ликвидация в сутки ЧС (происшествий) = | | | 7 | за | 20,5 | Часов |
| При возникновении пожара | Представление в НЦУКС донесений (докладов) по пожарам | Ведущий специалист (аналитик) | 2 | 255 | 128 | 17,71% |
| | | Ведущий специалист по информационному обеспечению | 3 | 570 | 190 | 39,58% |
| | | Начальник оперативно-дежурной смены | 4 | 300 | 75 | 20,83% |
| | | Начальник дежурной смены СПТ | 2 | 300 | 150 | 20,83% |
| | | Специалист по анализу и подготовке оперативных данных | 2 | 280 | 140 | 19,44% |
| | | Специалист по взаимодействию со СМИ | 1 | 10 | 10 | 0,69% |
| | | Специалист по применению сил и средств | 1 | 30 | 30 | 2,08% |
| | | Специалист по учету сил и контролю за обстановкой с пожарами | 3 | 420 | 140 | 29,17% |
| | | Специалист по цифровой информации, ГИС - технологиям | 3 | 300 | 100 | 20,83% |
| | | Старший оперативный дежурный | 1 | 5 | 5 | 0,35% |
| | | Старший смены ПСЦ | 3 | 205 | 68 | 14,24% |
| | | В среднем на одного специалиста | | | 2 | 243 |
| Реагирование в сутки при возникновении пожаров = | | | 5 | за | 20,5 | Часов |
| Ежедневные донесения, Документы СОД, Донесения по ГПС | Представление в НЦУКС ежедневных донесений (докладов) | Ведущий специалист по информационному обеспечению | 1 | 60 | 60 | 4,17% |
| | | Начальник оперативно-дежурной смены | 3 | 180 | 60 | 12,50% |

| Вид деятельности | Регламент | Специалист ОДС | Количество документов | Затраты времени (мин.) | Трудоемкость (мин./док.) | % загрузки за сутки |
|--|-----------|--|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| | | Помощник старшего оперативного дежурного | 3 | 180 | 60 | 12,50% |
| | | Специалист по анализу и подготовке оперативных данных | 28 | 840 | 30 | 58,33% |
| | | Специалист по взаимодействию со СМИ | 2 | 120 | 60 | 8,33% |
| | | Специалист по мониторингу и прогнозу развития ЧС | 5 | 300 | 60 | 20,83% |
| | | Специалист по оповещению | 2 | 120 | 60 | 8,33% |
| | | Специалист по учету сил и контролю за обстановкой с пожарами | 1 | 60 | 60 | 4,17% |
| | | Старший оперативный дежурный | 5 | 300 | 60 | 20,83% |
| | | Старший технической смены | 2 | 120 | 60 | 8,33% |
| | | Старший смены ПСЦ | 1 | 60 | 60 | 4,17% |
| В среднем на одного специалиста | | | 5 | 213 | 57 | 14,77% |
| Ежедневные донесения в сутки подготовка | | | | за | 3,5 | Часа |

Исходя из представленных усредненных планируемых и фактических показателей сделан вывод, что реально один специалист ОДС в течение суточного дежурства может подготовить донесения (отчетные документы) в процессе реагирования на 7 ЧС (происшествий) или на 5 пожаров (для большего количества его ресурса уже недостаточно) при среднем количестве регистрируемых в сутки событий (происшествий и пожаров) равном 218-ти.

Последовательность процесса подготовки и количество отчетных документов при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности ОДС регионального ЦУКС представлены на рис. 2.

В совокупности донесения (доклады) представляемые ОДС регионального ЦУКС в НЦУКС в процессе реагирования на ЧС (происшествия), пожары и в повседневной деятельности имеют важное значение для эффективного решения оперативных задач с учетом свойств, распределенных по функциям управления [4].

Анализ информационной потребности. На втором этапе, по результатам выявления и анализа проблемных вопросов, определена информационная потребность специалистов одс [5] с целью увеличения возможности реагирования на большее количество ЧС (происшествий) или пожаров. На этом этапе проанализированы нижеследующие проблемные вопросы, решение которых влияют на снижение трудоемкости в процессе подготовки документов специалистами.

Проблемы организации процесса: отсутствует исчерпывающая регламентация всего процесса, распределенного по руководителям и исполнителям; организационное взаимодействие, документооборот и программно-аппаратное обеспечение процесса не структурированы. Документооборот на действующих АРМ не оптимизирован: повторно используются одинаковые данные и их интерпретация в различных документах; выполняется ручная обработка данных; превышаются временные регламенты готовности и предоставления документов руководству регионального ЦУКС и НЦУКС МЧС России.



Рис. 2. Последовательность процесса подготовки и количество отчетных документов при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности ОДС регионального ЦУКС

Подготовка документов выполняется на основании рекомендаций и образцов отчетных документов регионального ЦУКС и ИЦУКС МЧС России, путем дублирования и последующего редактирования ранее подготовленных однотипных документов, что приводит к повтору ошибок и неточностей предыдущих документов.

Отсутствует интеграция автоматизированных рабочих мест (АРМ) и информационных источников автоматизированных систем (АС), применяемых в региональном ЦУКС.

Не выполняется накопление и обработка статистических данных, получаемых в процессе подготовки документов ОДС при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и в режиме повседневной деятельности, нет возможности прогнозировать вероятность, анализировать факты и результаты предупреждения возможного возникновения ЧС (происшествий) и пожаров по заданным параметрам.

Перечисленные результаты анализа вызывают проблемные вопросы, которые увеличивают временные затраты и трудоемкость процесса и, как следствие, снижают эффективность и качество деятельности специалистов ОДС. Указанные, проблемные вопросы, к сожалению, не могут быть решены посредством действующих АС оперативного реагирования в региональном ЦУКС МЧС России, т.к. функции этих систем не поддерживают процессы подготовки документов специалистами ОДС.

Выявление перечня задач. На третьем этапе по методике [6] выявлены основные организационные и технические задачи интеллектуальной поддержки процесса подготовки документов:

- обеспечение контроля регламентации;
- структурирование организационного взаимодействия, документооборота и программно-аппаратного обеспечения;

- оптимизация подготовки документов на действующих АРМ, в том числе: исключение повторного использования одинаковых данных и их интерпретаций в различных документах, снижение ручной обработки данных, соблюдение временных регламентов готовности и предоставления документов руководству;
- автоматизация подготовки документов на основании рекомендаций и образцов отчетных и функциональных документов, отказ от дублирования и последующего редактирования ранее подготовленных однотипных документов;
- интеграция действующих АС регионального ЦУКС и АРМ ОДС ЦУКС;
- накопление и обработка статистических данных, получаемых из информационных источников АС ЦУКС;
- прогнозирование вероятности, анализ фактов и результатов предупреждения

возможного возникновения ЧС (происшествий) и пожаров по заданным параметрам.

Разработка системы интеллектуальной поддержки. На четвертом этапе реализована идея интеграции АРМ с информационными источниками АС, применяемых в региональном ЦУКС и автоматизации процесса подготовки отчетных и функциональных документов с целью снижения риска принятия руководителями и специалистами необоснованных решений в условиях ЧС природного и техногенного характера. Для обеспечения процесса интеграции и автоматизации применена система управления базами данных (СУБД) АРМ руководителей и исполнителей процесса подготовки отчетных документов при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности ОДС регионального ЦУКС (рис. 3).

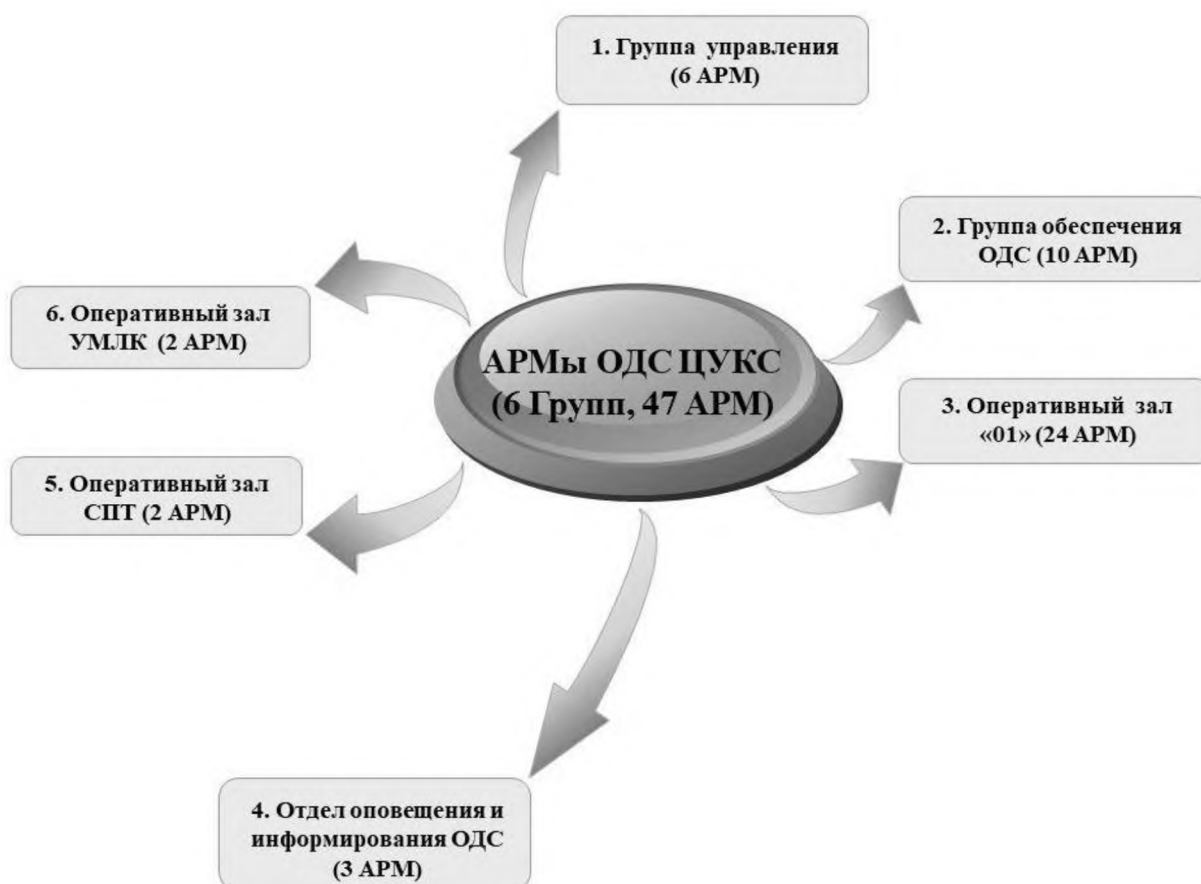


Рис. 3. АРМ руководителей и исполнителей процесса подготовки отчетных документов при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности ОДС регионального ЦУКС, где: «01» - Служба «01», УМЛК – Управление мониторинга и лабораторного контроля, СПГ – Служба пожаротушения

Данная СУБД позволяет хранить в архивах баз данных (БД) информацию о составе ОДС, готовить данные для отчетных документов и реализовывать схему автоматизированного документооборота. АРМ в составе СУБД позволяет оптимизировать документооборот, исключить ошибки и повысить производительность труда персонала ЦУКС МЧС России [7]. Такая система интеллектуальной поддержки

предназначена для оказания помощи должностному лицу в выполнении своих функциональных обязанностей и решении задач в повседневной деятельности и в режиме ЧС [8].

Решение конкретных задач. На пятом этапе решены конкретные задачи автоматизации процесса подготовки документов ОДС при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и в режиме повседневной деятельности представленные на рис. 4.

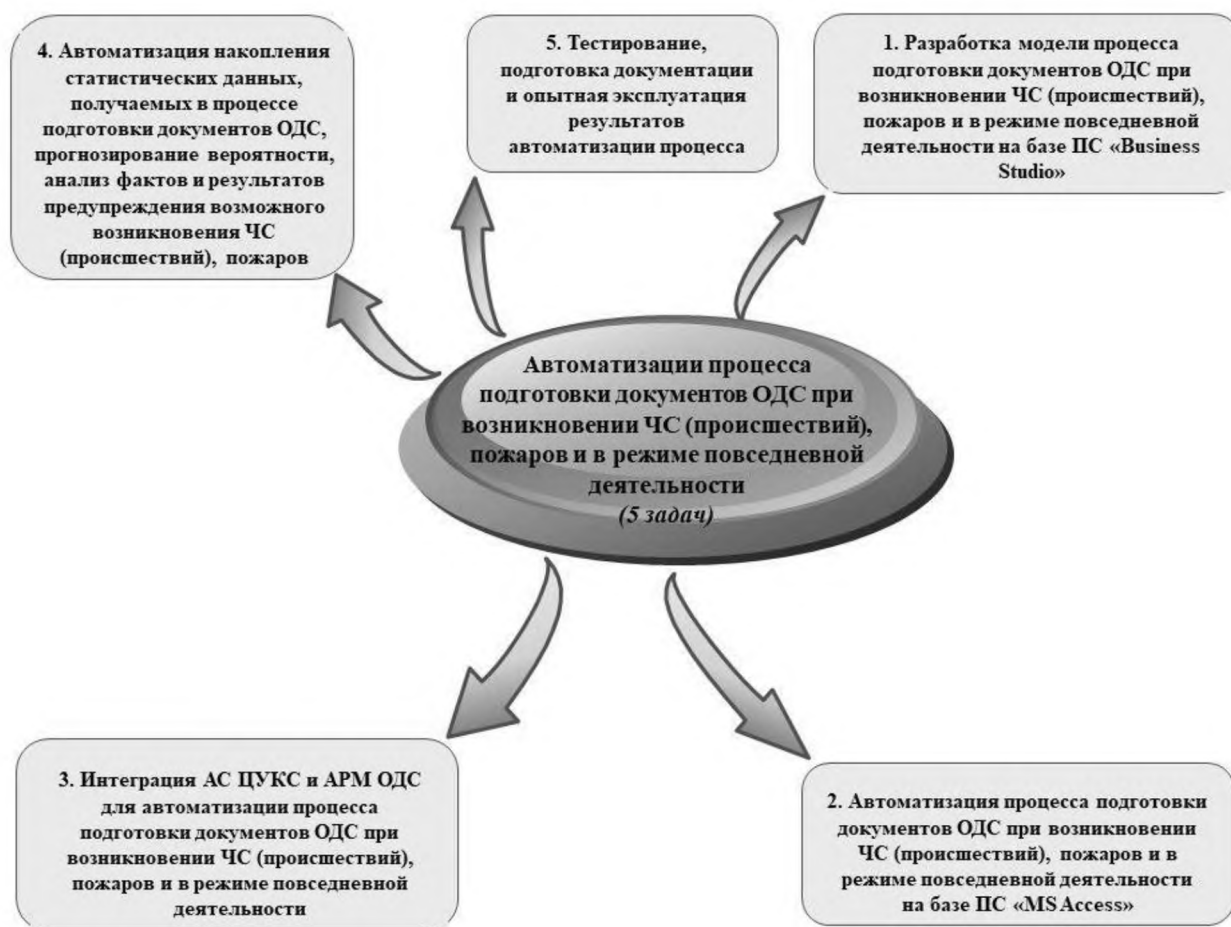


Рис. 4. Задачи автоматизации процесса подготовки отчетных документов при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности ОДС ЦУКС

Задача №1:

- обследован текущий процесс подготовки отчетных документов ОДС при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности ОДС ЦУКС на уровне «как есть»; заполнены и проанализированы анкеты руководителей и специалистов, действующих АРМ ОДС ЦУКС;

- смоделирован процесс на уровне «как есть» и «как должно быть» - на базе программного средства (ПС) «Business Studio».

Получены результаты:

- модель организационной структуры ОДС ЦУКС;
- модель процесса документооборота ОДС ЦУКС;

- модель структуры программно-аппаратного обеспечения процесса документооборота ОДС ЦУКС;

- прототипы должностных инструкций, регламентов, алгоритмов, технологических карт руководителей и исполнителей ОДС ЦУКС, а также шаблоны отчетных и функциональных документов.

Задача №2:

- разработана СУБД «АРМы ОДС» на базе ПС «MS Access», с целью автоматизации процесса подготовки отчетных документов ОДС при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности.

Получены результаты:

- интерактивные интерфейсы 47-ми АРМ поддержки руководителей и специалистов в процессе подготовки отчетных документов при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности ОДС ЦУКС в соответствии с утвержденными образцами (шаблонами) отчетных и функциональных документов, регламентными и функциональными обязанностями руководителей и исполнителей;

- обеспечена оптимизация и поддержка электронного документооборота - взаимного использования данных для формирования на АРМ различных отчетных и функциональных документов;

- реализованы функции автоматического формирования (генерации), анализа, предварительного просмотра, печати, сохранения, последующей обработки и контроля версий отчетных и функциональных документов в файловой структуре;

- автоматизирован контроль содержания и времени готовности отчетных документов в соответствии с регламентными требованиями;

- организован учет и хранение отчетных и функциональных документов в файловой структуре;

- обеспечен контекстный поиск документов.

Задача №3:

- интегрированы АС ЦУКС и СУБД «АРМы ОДС» (рис. 5).

Получены результаты:

- матрица данных (на базе ПС «MS Excel») для передачи данных в СУБД «АРМы ОДС» из АС ЦУКС;

- программные модули для интеграции АС ЦУКС и СУБД «АРМы ОДС» в соответствии с требованиями.

Задача №4:

- автоматизированы процедуры накопления и обработки статистических данных, получаемых из информационных источников АС ЦУКС.

Получены результаты:

- матрицы статистических данных (на базе ПС MS Excel);

- доработана СУБД «АРМы ОДС» на основе матриц статистических данных в соответствии с требованиями накопления статистических данных для последующей обработки, прогнозирования вероятности, анализа фактов и результатов предупреждения возникновения ЧС (происшествий), пожаров;

- накоплен в архивах БД объем статистических данных более чем за 10 лет функционирования АС ЦУКС.

Задача №5:

- проведено: тестирование, подготовка документации и опытная эксплуатация СУБД «АРМы ОДС», изменение регламентирующих документов руководителей и исполнителей процесса подготовки отчетных документов при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности ОДС ЦУКС.

Оценка эффективности. На шестом этапе выполнена оценка влияния оригинальных алгоритмов, примененных в интерфейсах АРМ, на эффективность деятельности специалистов ОДС при выполнении задач анализа, планирования, прогнозирования, контроля, учета и оперативного управления в процессе подготовки документов.

Значительному увеличению эффективности способствовало применение в интерфейсах АРМ оригинальных алгоритмов позволяющих: объединять данные подготовленные несколькими специалистами, выполнять автоматическую генерацию реквизитов документов, передавать информацию между разными АРМ, фиксировать и контролировать время готовности документов, обеспечивать непосредственный доступ к необходимым документам и к справочной информации, прогнозировать вероятность, анализировать факты и результаты предупреждения возможного возникновения ЧС (происшествий), пожаров по заданным параметрам.

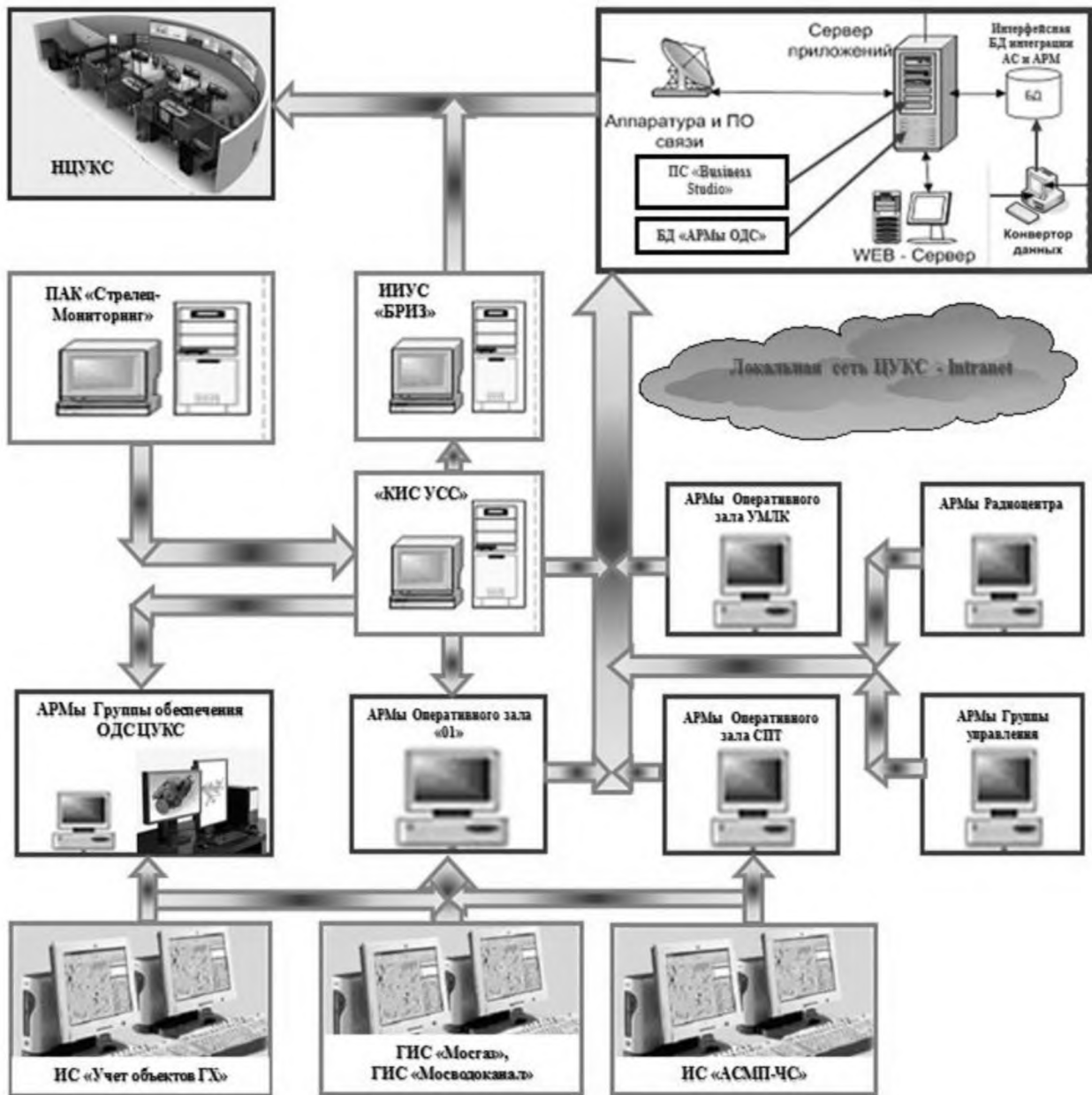


Рис. 5. Интеграция АС ЦУКС и СУБД «АРМы ОДС», где: НЦУКС (Национальный центр управления в кризисных ситуациях), АС (автоматизированная система), АРМы (автоматизированные рабочие места), ПО (программное обеспечение), ПС (программное средство), БД (база данных), ОДС (оперативная дежурная смена), WEB (World Wide Web), ПАК (программно-аппаратный комплекс), ИИУС (интегрированная информационно-управляющая система), КИС УСС (комплексная информационная система управления силами и средствами), УМЛК (Управление мониторинга и лабораторного контроля), ЦУКС (Центр управления в кризисных ситуациях), СПТ (Служба пожаротушения), ИС (информационная система), ГХ (городское хозяйство), ГИС (геоинформационная система), АСМП-ЧС (автоматизированная система мониторинга и прогнозирования ЧС), ЧС (чрезвычайная ситуация)

Заключение. Практическое внедрение результатов интеллектуальной поддержки деятельности специалистов ОДС регионального ЦУКС уменьшило примерно на 50% затраты времени в среднем на одного специалиста ОДС и существенно улучшили конкретные плановые и фактические количественные показатели процесса подготовки документов специалистами ОДС ЦУКС. Исходя из сравнения представленных в табл. 2 планируемых и фактических показателей до и после автоматизации процесса подготовки отчетных документов при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности ОДС ЦУКС

сделан вывод, что после автоматизации, в результате снижения трудоемкости примерно на 50% реально специалист ОДС ЦУКС в течение суточного дежурства увеличил собственный ресурс и улучшил качество подготовки документов в процессе реагирования на регистрируемые события: с 7 до 15 ЧС (происшествий) или с 5 до 11 пожаров.

Интеллектуальная поддержка деятельности специалистов ОДС регионального ЦУКС на базе СУБД «АРМы ОДС» обеспечивает автоматизированный процесс подготовки отчетных документов при возникновении ЧС (происшествий), пожаров и функциональных документов в режиме повседневной деятельности.

Таблица 2. Улучшение конкретных плановых и фактических количественных показателей процесса подготовки документов специалистами ОДС

| Показатели до автоматизации подготовки документов | | | | | | |
|---|---|---------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| Вид деятельности | Регламент | Специалист ОДС | Количество документов | Затраты времени (мин.) | Трудоемкость (мин./док.) | % загрузки за сутки |
| При возникновении ЧС (происшествия) | Представление в НЦУКС донесений (докладов) по реагированию на ЧС (происшествие) | В среднем на одного специалиста | 3 | 180 | 73 | 12,50% |
| Реагирование и ликвидация в сутки ЧС (происшествий) = | | | 7 | за | 20,5 | часов |
| При возникновении пожара | Представление в НЦУКС донесений (докладов) по пожарам | В среднем на одного специалиста | 2 | 243 | 94 | 16,89% |
| Реагирование в сутки при возникновении пожаров = | | | 5 | за | 20,5 | часов |
| Ежедневные донесения, Документы СОД, Донесения по ГПС | Представление в НЦУКС ежедневных донесений (докладов) | В среднем на одного специалиста | 5 | 213 | 57 | 14,77% |
| Подготовка ежедневных донесений в сутки | | | за | | 3,5 | часа |
| Показатели после автоматизации подготовки документов | | | | | | |
| Вид деятельности | Регламент | Специалист ОДС | Количество документов | Затраты времени (мин.) | Трудоемкость (мин./док.) | % загрузки за сутки |
| При возникновении ЧС (происшествия), При ликвидации ЧС (происшествия) | Представление в НЦУКС донесений (докладов) по реагированию на ЧС (происше- | В среднем на одного специалиста | 3 | 90 | 32 | 6,25% |

| Показатели до автоматизации подготовки документов | | | | | | |
|--|---|---------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| Вид деятельности | Регламент | Специалист ОДС | Количество документов | Затраты времени (мин.) | Трудоемкость (мин./док.) | % загрузки за сутки |
| | ствие) | | | | | |
| Реагирование и ликвидация в сутки ЧС (происшествий) = | | | 15 | за | 22,2 | часов |
| При возникновении пожара | Представление в НЦУКС донесений (докладов) по пожарам | В среднем на одного специалиста | 2 | 122 | 54 | 8,44% |
| Реагирование в сутки при возникновении пожаров = | | | 11 | за | 22,2 | часов |
| Ежедневные донесения, Документы СОД, Донесения по ГПС | Представление в НЦУКС ежедневных донесений (докладов) | В среднем на одного специалиста | 5 | 106 | 22 | 7,39% |
| Подготовка ежедневных донесений в сутки | | | | за | 1,8 | часа |

Список литературы

1. Антюхов В. И., Остудин Н. В. Алгоритмизация деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 2 (42). С. 10–15.

2. Антюхов В. И., Остудин Н. В. Методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2016. № 1. С. 97–106.

3. Попов П. А. Наставление по организации деятельности центров управления в кризисных ситуациях МЧС России. М.: НЦУКС МЧС России, 2012. 159 с.

4. Онов В. А., Остудин Н. В., Сафонов Д. П., Иванов А. Ю. Модель информационной поддержки принятия решения при оценке деятельности сотрудников МЧС России // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 2. С. 5–13.

5. Остудин Н. В. Модели и алгоритмы информационно-аналитической поддержки антикризисного управления: автореф. дис.... канд. техн. наук, 05.13.10. СПб УГПС МЧС России, 2018, 24 с.

6. Антюхов В. И., Остудин Н. В., Сорока А. В. Методика выявления перечня задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Вестник

Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2016. № 4. С. 63–76.

7. А.с. 2018621459 Российская Федерация. База данных автоматизированного рабочего места «Комплексной системы экстренного оповещения населения» «Комплексной информационной системы мониторинга и управления силами и средствами МЧС г. Москвы» / С. В. Ражников, А. Л. Попов, С. Ю. Бутузов; № 2018621203; заявл. 27.08.2018; опубл. 06.09.2018, ФИПС.

8. Антюхов В. И., Остудин Н. В. Моделирование процесса интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2017. № 2. С. 78–94.

References

1. Antyuhov V. I., Ostudin N. V. Algorithmizaciya deyatel'nosti dolzhnostnyh lic centrov upravleniya v krizisnyh situacijah MCHS Rossii [Algorithmization of the activities of officials of control centers in crisis situations of EMERCOM of Russia]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*, 2017, vol. 2 (42), pp. 10–15.

2. Antyuhov V. I., Ostudin N. V. Metodika vyyavleniya i analiza problemnyh voprosov v deyatel'nosti dolzhnostnyh lic CUKS MCHS Rossii

[Methods of identification and analysis of problematic issues in the activities of officials of the EMERCOM of Russia]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2016, issue 1, pp. 97–106.

3. Popov P. A. *Nastavlenie po organizacii deyatel'nosti centrov upravleniya v krizisnyh situatsiyah MCHS Rossii* [Instruction on organization of activity of control centers in crisis situations of EMERCOM of Russia]. Moscow: NCUKS MCHS Rossii, 2012. 159 p.

4. Onov V. A., Ostudin N. V., Safonov D. P., Ivanov A. Yu. Model' informacionnoj podderzhki prinyatiya resheniya pri ocenke deyatel'nosti sotrudnikov MCHS Rossii [Model of information support of decision-making in the performance assessment of employees of EMERCOM of Russia]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2017, vol. 26, issue 2, pp. 5–13.

5. Ostudin N. V. *Modeli i algoritmy informacionno-analiticheskoy podderzhki antikrizisnogo upravleniya*. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. [Models and algorithms of information and analytical support of crisis management. Cand. tech. sci. autoref. diss.], SPb UGPS MCHS Rossii, 2018. 24 p.

6. Antyuhov V. I., Ostudin N. V., Soroka A. V. Metodika vyavleniya perechnya zadach intellektual'noj podderzhki deyatel'nosti

dolzhnostnyh lic centrov upravleniya v krizisnyh situatsiyah MCHS Rossii [the Method of identification of the list of tasks of intellectual support of activity of officials of control centers in crisis situations of EMERCOM of Russia]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2016, issue 4, pp. 63–76.

7. Razhnikov S. V., Popov A. L., Butuzov S. Yu. A.s. 2018621459 Rossijskaya Federaciya. *Baza dannyh avtomatizirovannogo rabocheho mesta «Kompleksnoj sistemy ehkstretnogo opoveshcheniya naseleniya» «Kompleksnoj informacionnoj sistemy monitoringa i upravleniya silami i sredstvami MCHS g. Moskvy»* [Database workstation «Integrated system of emergency public notification» «Integrated information system for monitoring and control of forces and means of EMERCOM of Moscow»], № 2018621459, opubl. 06.09.2018, FIPS.

8. Antyuhov V. I., Ostudin N. V. Modelirovanie processa intellektual'noj podderzhki deyatel'nosti dolzhnostnyh lic centrov upravleniya v krizisnyh situatsiyah MCHS Rossii [Modeling of the process of intellectual support of the officials of the control centers in crisis situations of EMERCOM of Russia]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2017, issue 2, pp. 78–94.

Попов Александр Леонидович

ГКУ города Москвы «Пожарно-спасательный центр»,

Российская Федерация, г. Москва

главный специалист

E-mail: pal_300353@mail.ru

Popov Alexander Leonidovich

GKU of the city of Moscow «Fire and Rescue Center»

Russian Federation, Moscow

chief specialist

E-mail: pal_300353@mail.ru

УДК 614.84

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ НА ПОЖАРАХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ

А. А. ПОРОШИН, В. В. ХАРИН, Е. В. БОБРИНЕВ, А. А. КОНДАШОВ, Е. Ю. УДАВЦОВА
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,
Российская Федерация, г. Балашиха
E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Проведен анализ подходов к оценке эффективности выполнения пожарной охраной задачи по спасению людей. Изучена динамика показателя «доля спасенных людей из числа оказавшихся под воздействием опасных факторов пожара (без учета эвакуированных)», а также его составляющих за 2010-2018 годы в Российской Федерации. Показано увеличение этого показателя с 2010 по 2013 гг., а затем его снижение. Отмечено, что снижение в 2018 году рассматриваемого показателя связано не только с уменьшением количества спасенных при пожарах людей, но и с увеличением количества погибших людей при пожарах по сравнению с 2017 годом. Рассмотрено распределение субъектов Российской Федерации по этому показателю за 2018 год. Наибольшие значения рассматриваемого показателя получены в 2018 году в республиках Ингушетия, Чеченская, Дагестан, Адыгея, Калмыкия, Астраханской и Ростовской областях, Ставропольском крае. Наименьшие значения показателя получены в Смоленской, Ульяновской, Калужской, Псковской, Брянской, Тамбовской областях, республике Башкортостан. В этих субъектах следует уделять больше внимания оценке готовности пожарно-спасательными подразделениями к выполнению задачи по спасению людей при пожарах. Не исключено, что низкие значения рассматриваемого показателя связаны с недостаточным количеством существующих депо или необходимостью их реконструкции, оснащения их современной техникой и пожарно-техническим вооружением.

Ключевые слова: пожар; пожарно-спасательные подразделения; погибшие; спасенные; эффективность.

SCIENTIFIC-METHODICAL APPROACHES TO THE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SALVATION OF PEOPLE IN FIRES FIRE AND RESCUE DEPARTMENTS

A. A. POROSHIN, V. V. KHARIN, E. V. BOBRINEV, A. A. KONDASHOV, E. Yu. UDAVTSOVA
All-Russian Research Institute for Fire Protection,
Russian Federation, Balashikha
E-mail: otdel_1_3@mail.ru

The analysis of approaches to assessing the effectiveness of fire protection tasks to save people. The dynamics of the indicator «the proportion of rescued people from among those who were under the influence of fire hazards (excluding evacuees)», as well as its components for 2010-2018 in the Russian Federation was studied. The increase of this indicator from 2010 to 2013, and then its decrease is shown. It is noted that the decrease in 2018 of the considered indicator is associated not only with a decrease in the number of people rescued in fires, but also with an increase in the number of people killed in fires compared to 2017. The distribution of subjects of the Russian Federation on this indicator for 2018 is considered. The highest values of this indicator were obtained in 2018 in the republics of Ingushetia, Chechnya, Dagestan, Adygea, Kalmykia, Astrakhan and Rostov regions, Stavropol territory. The lowest values of the indicator were obtained in Smolensk, Ulyanovsk, Kaluga, Pskov, Bryansk, Tambov regions, the Republic of Bashkortostan. In these entities, more attention should be paid to assessing the readiness of fire and rescue units to perform the task of saving people in case of fires. It is possible that the low values of the considered indicator are associated with an insufficient number of existing depots or the need for their reconstruction, equipping them with modern equipment and fire-technical weapons.

Key words: fire; fire and rescue units; dead; rescued; efficiency.

Одними из приоритетных направлений государственной политики в области пожарной безопасности являются обеспечение качественного повышения уровня защищенности населения от пожаров, а также обеспечение эффективного функционирования пожарной охраны¹. В соответствии со статьей 4 69-ФЗ «О пожарной безопасности» одной из основных задач пожарной охраны является спасение людей при пожарах².

Показатель «количество населения, спасенного при чрезвычайных ситуациях, пожарах» считается одним из основных в системе индикаторов и показателей для измерения прогресса [1].

Однако вызывают сомнения в правильности мнения, что прогрессом следует считать увеличение этого показателя [2].

Проблема оценки эффективности выполнения пожарной охраной своей функции по спасению людей до сих пор не решена.

В ряде источников [3, 4] рекомендуется для оценки эффективности затрат использовать критерий, имеющий вид:

$$K_3 = \frac{C_i}{M_0(N) - M_i(N)},$$

где C_i – размер затрат на проведение i -го мероприятия;

$M_0(N)$ – математическое ожидание потерь до проведения i -го мероприятия;

$M_i(N)$ – то же, но после проведения i -го мероприятия.

Величина K_3 представляет оценку затрат на спасение одного человека в результате проведения системы мероприятий, или – стоимость одного спасенного.

В некоторых странах делаются попытки получить денежную оценку человеческой жизни. При этом проводится подсчет аккумулированных в человеке или человеческой жизни ценностей, включающих как средства уже вложенные в человека, так и ожидаемую от него отдачу в предстоящей жизни.

Оценка человеческой жизни, выполненная в различных странах, различными методами и для различных целей, колеблется от нескольких десятков тысяч до миллиона долларов [5–9].

Существует и другой подход оценки эффективности выполнения пожарной охраной своей задачи по спасению людей – статистический [10–13].

В Приказе МЧС России от 26 декабря 2014 г. № 727³ спасенными на пожаре считаются люди, перемещение которых в безопасную зону осуществлялось при прямом участии личного состава пожарно-спасательных подразделений. Общее количество спасенных и погибших при пожарах людей свидетельствует о величине группы населения, оказавшегося в зоне воздействия опасных факторов пожара, которая не смогла самостоятельно эвакуироваться. Эффективность деятельности пожарно-спасательных подразделений по спасению людей может быть оценена как доля количества спасенных на пожарах людей от суммарного количества спасенных и погибших на пожарах людей.

На рис. 1 представлена динамика показателя «доля спасенных людей из числа оказавшихся под воздействием опасных факторов пожара (без учета эвакуированных)». Наблюдается увеличение этого показателя с 2010 по 2013 гг., а затем его снижение. Причем снижение в 2018 году связано не только с уменьшением количества спасенных при пожарах людей (рис. 2), но и с увеличением количества погибших людей при пожарах по сравнению с 2017 годом (рис. 3). Следует отметить, что количество погибших при пожарах людей в 2018 году увеличилось как в городах, так и в сельской местности Российской Федерации⁴.

На рис. 4 представлено распределение субъектов Российской Федерации по показателю «доля спасенных людей из числа оказавшихся под воздействием опасных факторов пожара (без учета эвакуированных)» по результатам 2018 года. Красная линия соответствует среднему значению этого показателя по Российской Федерации (0,84).

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

²О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ.

³О совершенствовании деятельности по формированию электронных баз данных учета пожаров (загораний) и их последствий: приказ МЧС России от 26.12.2014 № 727.

⁴Статистика пожаров за 2018 год. URL: <https://sites.google.com/site/statistikapozaro/home/rezultaty-rascetov/operativnye-dannye-pozaram>. (дата обращения: 29.01.2019 г.).

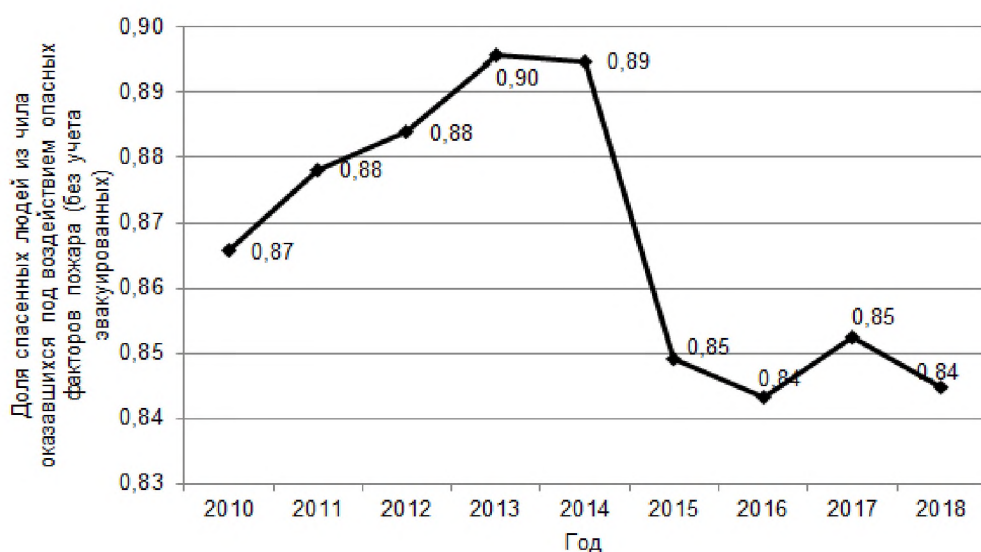


Рис. 1. Изменение доли спасенных людей при пожарах из числа оказавшихся под воздействием опасных факторов пожара (без учета эвакуированных) в Российской Федерации в 2010-2018 гг.

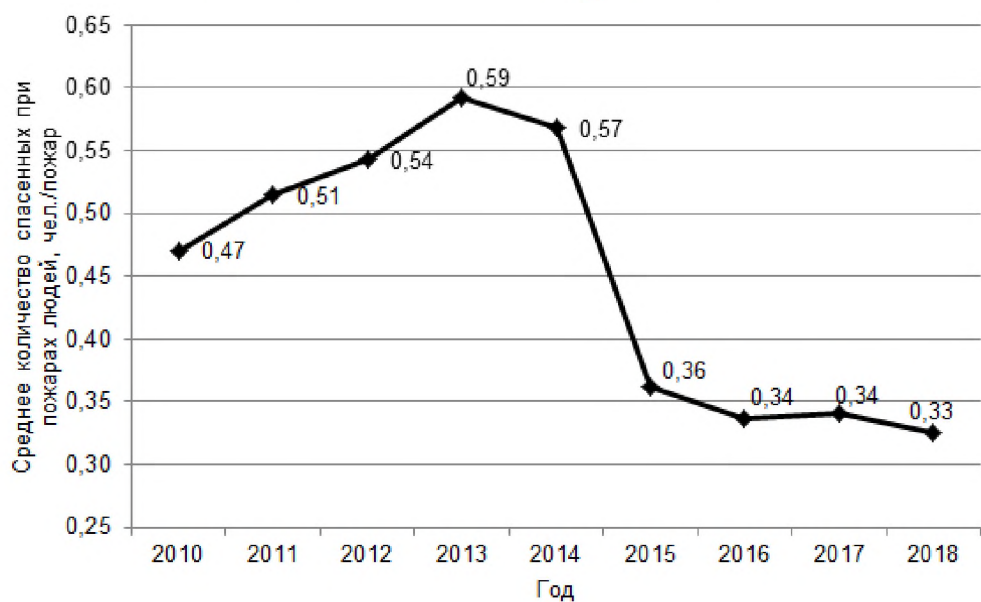


Рис. 2. Изменение среднего количества спасенных людей при пожарах в расчете на 1 пожар в Российской Федерации в 2010-2018 гг.

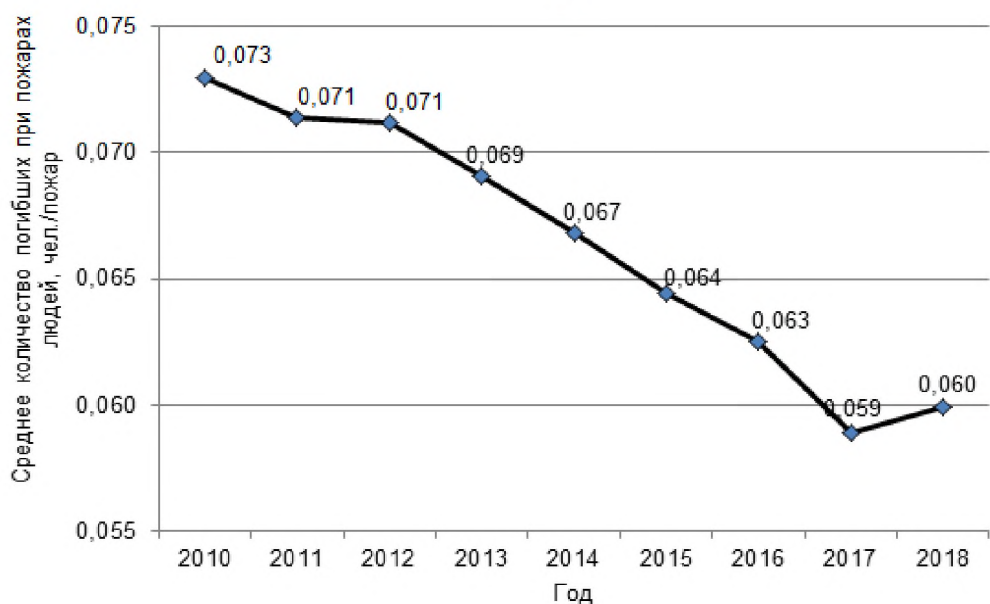


Рис. 3. Изменение среднего количества погибших людей при пожарах в расчете на 1 пожар в Российской Федерации в 2010-2018 гг.

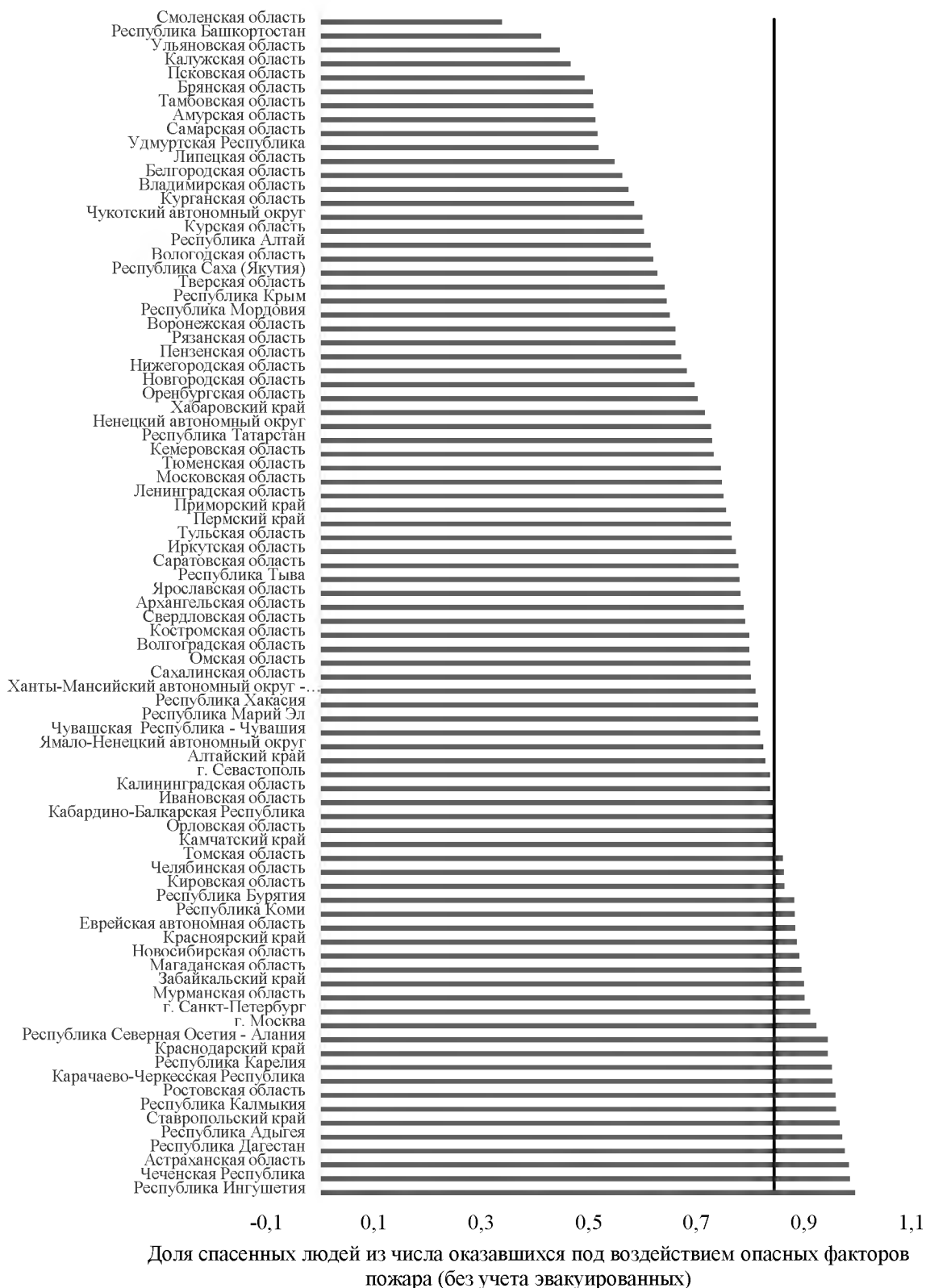


Рис. 4. Распределение субъектов Российской Федерации по показателю «доля спасенных людей из числа оказавшихся под воздействием опасных факторов пожара (без учета эвакуированных)» по результатам 2018 года

Из рис. 4 следует, что в 27 субъектах Российской Федерации эффективность выполнения пожарной охраной своей задачи по спасению людей выше, чем в среднем по Российской Федерации. Наибольшие значения рассматриваемого показателя получены в 2018 году в республиках Ингушетия, Чеченская, Дагестан, Адыгея, Калмыкия, Астраханской и Ростовской областях, Ставропольском крае. Обращает внимание, что все эти субъекты представляют Южный и Северо-Кавказский федеральные округа. Либо в этих округах отлично налажена деятельность пожарно-спасательных подразделений по спасению людей, либо в них недостаточно четко идет разграничение спасенных и эвакуируемых людей [16]. Наименьшие значения показателя получены в Смоленской, Ульяновской, Калужской, Псковской, Брянской, Тамбовской областях, республике Башкортостан.

Выводы. Таким образом, в результате анализа различных научно-методических подходов к оценке эффективности выполнения пожарной охраной задачи по спасению людей наиболее оптимальным способом оценки следует признать использование показателя «доля спасенных людей из числа оказавшихся под воздействием опасных факторов пожара (без учета эвакуированных)»,

Список литературы

1. Олтян И. Ю. Система индикаторов и показателей для измерения прогресса в рамках Сендайской рамочной программы: особенности применения в Российской Федерации // Актуальные проблемы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения: сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций МЧС России. М., 2016. С. 176–188.
2. Ермакова Е. С., Коротова К. И., Макиев Ю. Д. Статистический анализ индикаторов государственной программы и методический аппарат оценки влияния внешних факторов на достижение показателей (индикаторов) государственной программы // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2015. Т.5. № 2 (9). С. 85–93.
3. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Наука, 1998. 258 с.
4. Тараканов Н. Д., Овчинников В. В. Комплексная механизация спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ. М.: Энергоатомиздат, 1984.

Изучено изменение этого показателя за 2010-2018 годы в Российской Федерации. Отмечено, что снижение в 2018 году рассматриваемого показателя связано не только с уменьшением количества спасенных при пожарах людей, но и с увеличением количества погибших людей при пожарах по сравнению с 2017 годом.

Рассмотрено распределение субъектов Российской Федерации по предлагаемому показателю оценки эффективности выполнения пожарной охраной задачи по спасению людей за 2018 год. Определены субъекты Российской Федерации с минимальными значениями рассматриваемого показателя. В этих субъектах рекомендовано уделять больше внимания оценке готовности пожарно-спасательными подразделениями к выполнению задачи по спасению людей при пожарах. Не исключено, что низкие значения рассматриваемого показателя связаны с недостаточным количеством существующих депо или необходимостью их реконструкции, оснащения их современной техникой и пожарно-техническим вооружением.

5. Быков А. А., Фалеев М. И. К проблеме оценки социально-экономического ущерба с использованием показателя цены риска // Проблемы анализа риска. 2005. Т. 2. № 2. С. 114–132.
6. Харисов Г. Х., Тетерин И. М. Экономический эквивалент человеческой жизни: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. (Изд. 2-е, испр. и доп.). 56 с.
7. Трунов И. Л. «Стоимость человеческой жизни»: экономико-правовой эквивалент // Евразийский юридический журнал. 2012. № 2 (45). С. 127–130.
8. Тимофеева К. Е., Кырма К. И. Подходы к оценке стоимости жизни // Вестник Гуманитарного университета. 2014. № 4 (7). С. 28–32.
9. Зубец А. Н., Новиков А. В. Численная оценка стоимости жизни человека в России и в мире // Финансы: теория и практика. 2018. Т 22. № 4. С. 52–75.
10. Седов Д. В. О вероятности спасения людей как факторе снижения пожарного риска в общественных зданиях // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2011. № 2 (57). С. 42–48.

11. Порошин А. А., Харин В. В., Бобринев Е. В., Кондашов А. А. Проблемы оценки эффективности деятельности пожарной охраны по спасению людей // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. Воронеж. ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России, 2017. С. 589–591.

12. Евдокимов В. И., Алексанин С. С., Бобринев Е. В. Анализ показателей заболеваемости, травматизма, инвалидности и смертности сотрудников Государственной противопожарной службы России (1996–2015 гг.): монография. СПб.: Политехника-принт, 2019. 167 с.

13. Порошин А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А., Рюмина С. И. Методические подходы к оценке результативности деятельности пожарно-спасательных подразделений МЧС России // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2018. № 1. С.31–34.

References

1. Oltyan I. Yu. Sistema indikatorov i pokazatelej dlja izmerenija progressa v ramkah Sendajskoj ramочноj programmy: osobennosti primenenija v Rossijskoj Federacii [System of indicators and indicators for measuring progress within the Sendai framework: peculiarities of application in the Russian Federation]. *Aktual'nye problemy formirovanija kul'tury bezopasnosti zhiznedejatel'nosti naselenija*, 2016, pp. 176–188.

2. Ermakova E. S., Korotova K. I., Makiev Yu. D. Statisticheskij analiz indikatorov gosudarstvennoj programmy i metodicheskij apparat ocenki vlijanija vneshnih faktorov na dostizhenie pokazatelej (indikatorov) gosudarstvennoj programmy [Statistical analysis of indicators of the state program and methodological apparatus for assessing the impact of external factors on the achievement of indicators (indicators) of the state program]. *Strategija grazhdanskoj zashhity: problema i issledovanie*, 2015, vol. 5, issue 2 (9), pp. 85–93.

3. Ventzel E. S. *Teorija verojatnostej i ee inzhenernye prilozhenija* [Probability Theory and its engineering applications]. Moscow: Science, 1998. 258 p.

4. Tarakanov N. D., Ovchinnikov V. V. *Kompleksnaja mehanizacija spasatel'nyh i neotlozhnyh avarijno-vosstanovitel'nyh rabot* [Complex mechanization of rescue and emergency rescue and recovery operations]. Moscow: Energoatomizdat, 1984.

5. Bykov A. A., Faleev M. I. K probleme ocenki social'no-jekonomicheskogo ushherba s ispol'zovaniem pokazatelja ceny riska [On the problem of socio-economic damage assessment using the risk price index]. *Problemy analiza riska*, 2005, vol. 2, issue 2, pp. 114–132.

6. Kharisov G. Kh., Teterin I. M. *Jekonomicheskij jekvivalent chelovecheskoj zhizni* [The Economic value of human life]. Moscow: Acad. State. fire service, 2008. 56 p.

7. Trunov I. L. «Stoimost' chelovecheskoj zhizni»: jekonomiko-pravovoj jekvivalent [«The Cost of human life»: economic and legal equivalent]. *EvrAzijskij juridicheskij zhurnal*, 2012, vol. 2 (45), pp. 127–130.

8. Timofeeva K. E., Kyrma K. I. Podhody k ocenke stoimosti zhizni [Approaches to the valuation of life]. *Vestnik Gumanitarnogo universiteta*, 2014, vol. 4 (7), pp. 28–32.

9. Zubets A. N., Novikov A.V. Chislennaja ocenka stoimosti zhizni cheloveka v Rossii i v mire [Numerical assessment of the cost of human life in Russia and in the world]. *Finansy: teorija i praktika*, 2018, vol. 22, issue 4, pp. 52–75.

10. Sedov D. V. O verojatnosti spasenija ljudej kak faktore snizhenija pozhamogo riska v obshhestvennyh zdaniyah [On the probability of saving people as a factor of reducing the fire risk in public buildings]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii*, 2011, vol. 2(57), pp. 42–48.

11. Poroshin, A. A., Kharin V. V., Bobrinev E. V., Kondakov A. A. Problemy ocenki jeffektivnosti dejatel'nosti pozharnoj ohrany po spaseniju ljudej [Problems of assessment of efficiency of activity of the fire brigade to rescue people]. *Pozharnaja bezopasnost': problema i perspektivy: collection of articles on the materials of the VIII all-Russian scientific and practical conference. Voronezh*, 2017, pp. 589–591.

12. Evdokimov V. I., Aleksanin S. S., Bobrinev E. V. *Analiz pokazatelej zabolevaemosti, travmatizma, invalidnosti i smernosti sotrudnikov Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby Rossii (1996–2015 gg.)* [Analysis of morbidity, injury, disability and mortality of employees of the State fire service of Russia (1996-2015)]. SPb.: Polytechnic-print, 2019. 167 p.

13. Poroshin A. A., Bobrinea E. V., Udaltsova E. J., Kondakov A. A., Ryumin S. I. Metodicheskie podhody k ocenke rezul'tativnosti dejatel'nosti pozharно-spasatel'nyh podrazdelenij MChS Rossii [Methodological approaches to assessing the performance of fire and rescue units of EMERCOM of Russia]. *Sibirskij pozharно-spasatel'nyj vestnik*, 2018, issue 1, pp. 31–34.

Порошин Александр Алексеевич

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,
Российская Федерация, г. Балашиха

доктор технических наук, начальник НИЦ ОУП ПБ

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Poroshin Alexander Alexeevich

Federal state budgetary institution «All-Russian order» badge of Honor research Institute of fire defense of
EMERCOM of Russia, Russian Federation, Balashikha

Doctor of Technical Sciences, Chief of NIC OUPPB

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Харин Владимир Владимирович

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,
Российская Федерация, г. Балашиха

начальник отдела НИЦ ОУП ПБ

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Kharin Vladimir Vladimirovich

Federal state budgetary institution «all-Russian order» badge of Honor «research Institute of fire defense of
EMERCOM of Russia,

Russian Federation, Balashikha

Head of Departament

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Кондашов Андрей Александрович

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,
Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Kondashov Andrey Alexandrovich

Federal state budgetary institution «All-Russian order» badge of Honor research Institute of fire defense of
EMERCOM of Russia,

Russian Federation, Balashikha

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Бобринев Евгений Васильевич

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,
Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Bobrinev Evgeny Vasil'yevich

Federal state budgetary institution «All-Russian order» badge of Honor research Institute of fire defense of
EMERCOM of Russia,

Russian Federation, Balashikha

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Удавцова Елена Юрьевна

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,
Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Udavtsova Elena Yurievna

Federal state budgetary institution «All-Russian order» badge of Honor research Institute of fire defense of
EMERCOM of Russia,

Russian Federation, Balashikha

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

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

УДК 66.011:66.023

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА АППАРАТА
С НЕПОДВИЖНЫМ КОЛЬЦЕВЫМ СЛОЕМ КАТИОНИТА
В СИСТЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ**

С. В. НАТАРЕЕВ¹, Д. Е. ЗАХАРОВ¹, Н. А. ЛАПШИН¹, С. В. БЕЛЯЕВ²

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет,
Российская Федерация, г. Иваново

²ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: natoret@mail.ru

Предложена конструкция ионообменного аппарата с неподвижным кольцевым слоем ионита. В качестве ионообменного материала для умягчения и обессоливания воды используется катионит, полученный из целлюлозосодержащего сырья и хитозана. Разработана методика расчета данного аппарата, основанная на решении уравнения неравновесной динамики ионного обмена, учитывающей гидродинамические особенности движения раствора через слой ионита и смешанно диффузионную кинетику процесса. Методика расчета позволяет определить основные конструктивные и технологические параметры аппарата. Данная методика применена для расчета процесса умягчения воды.

Ключевые слова: ионный обмен, кольцевой адсорбер, целлюлозосодержащий сорбент, методика расчета.

**METHOD OF CALCULATION OF THE APPARATUS
WITH A FIXED ANNULAR BED OF CATION-EXCHANGE RESIN
IN WATER TREATMENT SYSTEMS**

S. V. NATAREEV¹, D. E. ZAHAROV¹, N. A. LAPSHIN¹, S. V. BELJAEV²

¹Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
Russian Federation, Ivanovo

²Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: natoret@mail.ru

An apparatus with a fixed annular bed of ion-exchange resin is developed. For softening and desalting of water cation exchanger from cellulosic raw materials and chitosan is used. Method of calculation of the apparatus is developed. The model takes into account the diffusion mechanism of ion exchange and the longitudinal dispersion in the flowing solution. By the method of design and technological parameters of the apparatus are calculated. This method is used to calculate the process of water softening.

Key words: ion exchange, apparatus with a fixed bed exchange resin, cellulose-containing sorbent, method of calculation.

Проблема дефицита чистой воды достаточно часто возникает в чрезвычайных ситуациях. Для обеспечения населения питьевой водой в случаях отсутствия централизованного водоснабжения подразделениями МЧС используются мобильные и блочно-модульные водоподготовительные установки различной производительности [1-3], в состав которых входят ионитовые фильтры. В качестве ионообменных материалов в данных аппаратах применяются синтетические иониты, которые имеют достаточно высокую стоимость. В связи с этим в настоящее время все большее внимание уделяется адсорбентам на основе целлюлозосодержащих материалов, которые в отличие от синтетических ионитов являются более дешевыми и простыми в получении. Отметим также, что выпускаемые промышленностью ионитовые фильтры не предназначены для очистки воды с помощью ионитов на основе целлюлозосодержащего сырья, поскольку эти иониты не образуют над дренажной системой неподвижный плотный слой, а при поступлении в аппарат очищаемой воды всплывают и перемешиваются внутри аппарата, т.к. их плотность меньше чем, плотность воды.

В работе предложена конструкция ионообменного аппарата с неподвижным слоем катионита кольцевого сечения [4]. В качестве ионообменного материала используется зернистый целлюлозно-хитозановый катионит (ЦХК), полученный на основе древесных опилок и хитозана [5]. Схема работы аппарата показана на рис. 1.

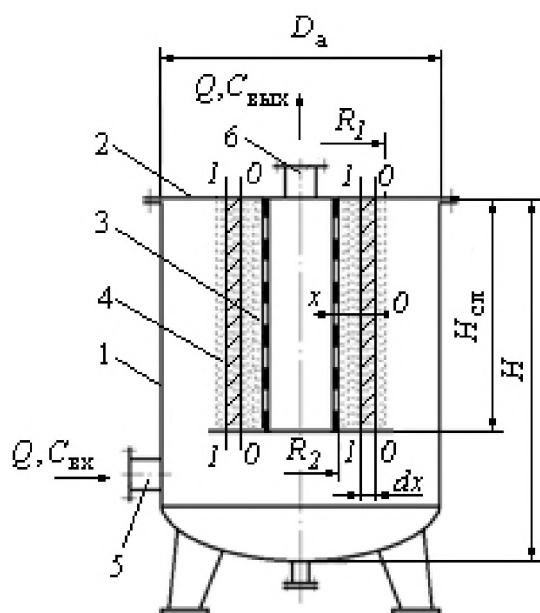


Рис. 1. Схема работы аппарата

Ионообменный аппарат представляет собой цилиндрический корпус 1 с плоской крышкой 2. Внутри аппарата вертикально установлены полая цилиндрическая перфорированная решетка 3, на которой намотана в рулон лента ионообменной ткани. Между слоями ткани находится в неподвижном состоянии слой частиц ионита 4. В нижней части корпуса 1 расположен штуцер для ввода исходного раствора 5. На крышке 2 находится штуцер для вывода из аппарата очищенного раствора 6.

Процесс ионообменной очистки раствора в аппарате заключается в пропускании этого раствора через кольцевой неподвижный слой ионита 4 в направлении от внешней цилиндрической поверхности кольцевого слоя ионита к внутренней. Исходный раствор поступает в корпус 1 аппарата через штуцер 5 и, проходя через кольцевой слой ионита, очищается от ионов целевого компонента. Затем очищенная вода проходит через отверстия полого перфорированного цилиндра 3 и выводится из аппарата через штуцер 6, расположенный на крышке аппарата 2.

При построении математического описания процесса ионного обмена в аппарате примем следующие допущения: структура потока раствора в слое зернистого ионита описывается однопараметрической диффузионной моделью; ионит имеет зерна сферической формы и однородную изотропную структуру; начальное распределение сорбируемых ионов в слое ионита является равномерным; скорость процесса лимитируется как внешней, так и внутренней диффузией; равновесие ионного обмена описывается нелинейным уравнением изотермы адсорбции Никольского.

Полагаем, что направление движение раствора совпадает с направлением координаты $0x$ (рис. 1). Выделим по толщине кольцевого слоя ионита элементарный объем слоя толщиной dx и высотой $H_{сп}$. Составим баланс вещества в выделенном элементарном объеме.

Вдоль оси $0x$ через поверхность S_x за время dt поступает путем конвекции количество вещества:

$$M_{кx} = QCdt. \quad (1)$$

Количество вещества, вышедшего из элементарного объема, равно:

$$M_{к(x+dx)} = QCdt + Q \frac{\partial C}{\partial x} dxdt. \quad (2)$$

Разность между количеством вещества, прошедшего через элементарный объем кольцевого слоя ионита за время dt в направлении оси Ox , равна:

$$dM_K = M_{Kx} - M_{K(x+dx)} = -Q \frac{\partial C}{\partial x} dx dt. \quad (3)$$

Количество вещества, вносимого в элементарный слой ионита через поверхность S_x путем турбулентной диффузии, составляет:

$$M_{dx} = -\varepsilon D_x S_x \frac{\partial C}{\partial x} dt. \quad (4)$$

Количество вещества, выносимого из элементарного объема слоя ионита за время dt путем турбулентной диффузии, равно:

$$M_{d(x+dx)} = -\varepsilon D_x S_x \frac{\partial C}{\partial x} dt - \varepsilon D_x \frac{\partial}{\partial x} \left(S_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) dx dt. \quad (5)$$

Тогда разность количества вещества, поступающего в элементарный слой ионита и уходящего из него количества вещества за время dt в направлении оси Ox , равна:

$$dM_d = M_{dx} - M_{d(x+dx)} = \varepsilon D_x \frac{\partial}{\partial x} \left(S_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) dx dt. \quad (6)$$

В соответствии с законом сохранения массы изменение массы вещества во времени в растворе и ионите в объеме кольцевого слоя сорбента равно:

$$dM_\tau = \varepsilon \frac{\partial C}{\partial \tau} dV dt; \quad (7)$$

$$d\bar{M}_\tau = (1-\varepsilon) \frac{\partial \bar{C}_{cp}}{\partial \tau} dV dt. \quad (8)$$

Уравнение сохранения массы:

$$dM_K + dM_d = dM_\tau + d\bar{M}_\tau. \quad (9)$$

Запишем уравнение (9) в следующем виде:

$$\varepsilon D_x \frac{\partial}{\partial x} \left(S_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) = Q \frac{\partial C}{\partial x} + (1-\varepsilon) S_x \frac{\partial \bar{C}_{cp}}{\partial \tau} + \varepsilon S_x \frac{\partial C}{\partial \tau}. \quad (10)$$

Площадь поверхности кольцевого слоя ионита на расстоянии x равна:

$$S_x = 2\pi(R_1 - x)H. \quad (11)$$

Объемный расход раствора в кольцевой слой ионита через наружную цилиндрическую поверхность радиусом R_1 равен:

$$Q = 2\varepsilon v_1 \pi H R_1. \quad (12)$$

Запишем уравнение сохранения массы (10) с учетом формул (11) и (12):

$$\varepsilon \frac{\partial C}{\partial \tau} + (1-\varepsilon) \frac{\partial \bar{C}_{cp}}{\partial \tau} + \frac{\varepsilon(v_1 R_1 + D_x)}{R_1 - x} \frac{\partial C}{\partial x} = \varepsilon D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}. \quad (13)$$

Начальные и граничные условия:

$$C(x,0) = C_0; \quad (14)$$

$$QC_{bx} = QC(0,\tau) - \varepsilon S_x D_x \frac{\partial C(0,\tau)}{\partial x}; \quad (15)$$

$$\bar{C}_{cp}(x,0) = \bar{C}_{cp,0}. \quad (16)$$

Запишем уравнение (15) с учетом формул (11) и (12):

$$v_1 C_{bx} = v_1 C(0,\tau) - D_x \frac{\partial C(0,\tau)}{\partial x}. \quad (17)$$

Уравнением изотермы ионного обмена для обмена двухвалентного иона на одновалентный:

$$\tilde{K} = \frac{(C_{bx} - C_p)^2 \bar{C}_{cp,p}}{(a_0 - \bar{C}_{cp,p})^2 C_p}. \quad (18)$$

В качестве уравнения кинетики используем уравнение диффузии в зерне сферической формы:

$$\frac{\partial \bar{C}(r,\tau)}{\partial \tau} = \bar{D}_{\text{эф}} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial \bar{C}(r,\tau)}{\partial r} \right]. \quad (20)$$

Начальные и граничные условия к уравнению (20):

$$\bar{C}(r,\tau) \Big|_{\tau=0} = \bar{C}_{cp,0}; \quad (21)$$

$$\frac{\partial \bar{C}(r,\tau)}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0; \quad (22)$$

$$\bar{D}_{\text{эф}} \frac{\partial \bar{C}(r,\tau)}{\partial r} \Big|_{r=r_0} = \beta [C - C_p(\bar{C})]. \quad (23)$$

Уравнение для определения средней концентрации сорбируемого вещества в сферической частице:

$$\bar{C}_{\text{ср}}(\tau) = \frac{3}{r_0^3} \int_0^{r_0} r^2 \bar{C}(r, \tau) dr. \quad (24)$$

Принятые сокращения и условные обозначения: a_0 – обменная емкость ионита, кг-экв/м³; D_a – диаметр аппарата, м; C – концентрация раствора, кг-экв/м³; \bar{C} – концентрация сорбируемого вещества в ионите, кг-экв/м³; D_x – коэффициент продольной диффузии, м²/с; \bar{D} – коэффициент диффузии целевого компонента в ионите, м²/с; d_3 – диаметр зерна ионита, м; H – высота аппарата, м; $H_{\text{сл}}$ – высота слоя ионита, м; $h_{\text{сл}} = R_1 - R_2$ – толщина слоя ионита, м; \tilde{K} – концентрационная константа ионообменного равновесия; Q – расход раствора, м³/с; r – радиальная координата частицы, м; r_0 – радиус частицы ионита, м; R_1, R_2 – радиус внешней и внутренней поверхности цилиндрического слоя ионита соответственно, м; S_1 и S_2 – площадь наружной и внутренней поверхности цилиндрического слоя ионита соответственно, м²; S_x – площадь цилиндрической поверхности кольцевого слоя ионита на расстоянии x от внешней поверхности данного слоя, м²; v_0, v_1 – фиктивная скорость раствора и действительная скорость раствора на входе во внешнюю цилиндрическую поверхность слоя ионита соответственно, м/с; V – объем цилиндрического слоя ионита, м³; x – текущая координата по толщине слоя ионита, м; β – коэффициент массоотдачи в растворе, м/с; ε – порозность; τ – время, с; индексы: 0 – начальный; вх – входящий; вых – выходящий; гр – граничный; р – равновесный; ср – средний; эф – эффективный.

Система дифференциальных уравнений (13), (14), (16)-(24) описывает процесс ионного обмена в неподвижном кольцевом слое ионита, в которой учтено изменение скорости движения потока раствора в радиальном направлении. Начальные условия (14) и (16) характеризуют содержание сорбируемого вещества соответственно в растворе и ионите в момент времени принятый за начальный. Выражение (17) соответствует равенству потока сорбируемого вещества, подводимого к кольцевому слою ионита за счет конвекции, с потоком входящим в слой за счет конвекции и диффузии. Условие симметрии (22) указывает, что массообмен между поверхностью частицы ионита и окружающим раствором происходит со всех сторон одинаково. При этом внутри частицы поверхности с одинаковой

концентрацией сорбируемого вещества будут представлять собой концентрические сферы. Граничное условие третьего рода (23) характеризует равенство потока целевого компонента, подводимого от раствора к межфазной границе, и количества целевого компонента, отводимого вглубь частицы ионита путем механизма эффективной диффузии. Данное математическое описание положено в основу методики расчета аппарата. В качестве исходных данных принимаем следующие параметры: $Q, C_{\text{вх}}, a_0, \tilde{K}, \bar{D}_{\text{эф}}, d_3, \varepsilon$, а также степень очистки раствора η , шаги расчета по координате Δx (м) и времени процесса Δt (с), количество циклов расчета N , абсолютную погрешность Δ (кг-экв/м³). В результате расчета необходимо определить габаритные размеры аппарата, выходную кривую процесса и время работы аппарата до требуемой степени очистки раствора.

Последовательность расчета.

1. На основании рекомендаций [6] задаем скорость движения раствора на входе в плотный кольцевой слой ионита v_0 и находим площадь ее цилиндрической поверхности:

$$S_1 = \frac{Q}{v_0}, \text{ м}^2. \quad (25)$$

2. Рассчитываем габаритные размеры аппарата.

Высота неподвижного слоя ионита:

$$H_{\text{сл}} = \sqrt{\frac{1,25 S_1}{\pi}}, \text{ м}. \quad (26)$$

Диаметр наружной решетки аппарата:

$$D_1 = \frac{H}{1,25}, \text{ м}. \quad (27)$$

Толщина неподвижного слоя ионита:

$$h_{\text{сл}} = 0,3 D_1, \text{ м}. \quad (28)$$

Диаметр аппарата:

$$D_a = 1,5 D_1, \text{ м}. \quad (29)$$

Высота корпуса аппарата:

$$H = 1,5 D_a, \text{ м}. \quad (30)$$

3. Определяем концентрацию раствора на выходе из аппарата:

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{вх}}(1 - \eta). \quad (31)$$

4. Решаем систему дифференциальных уравнений (13), (14), (16)-(24) на ЭВМ с применением однородных консервативных разностных схем [7]. Алгоритм расчета приведен на рис. 2.

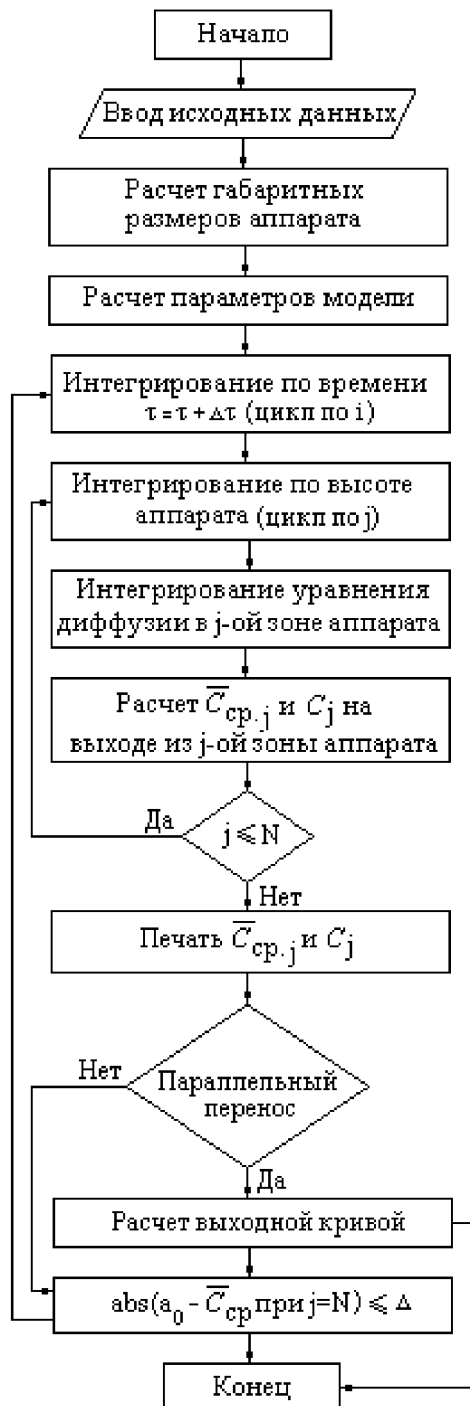


Рис. 2. Структурная блок-схема алгоритма расчета процесса ионного обмена в аппарате с неподвижным кольцевым слоем ионита

Расчет коэффициента массоотдачи в жидкой фазе находим по критериальному уравнению [8]:

$$Nu_3 = 0,395 Re_3^{0,64} Pr^{1/3}, \quad (32)$$

где $Nu_3 = \frac{2\varepsilon Nu}{3(1-\varepsilon)}$; $Re_3 = \frac{2Re}{3(1-\varepsilon)}$; $Nu = \frac{\beta d_3}{D}$ -

число Нуссельта; $Pr = \frac{\nu}{D}$ - число Прандтля;

$$Re = \frac{d_3 v_{cp}}{\nu} - \text{число Рейнольдса}; v_{cp} = \frac{2Q}{S_1 + S_2} -$$

средняя фиктивная скорость раствора в слое ионита, м/с; D - коэффициент диффузии сорбируемого вещества в растворе, м²/с; ν - кинематический коэффициент вязкости раствора, м²/с;

Значение коэффициента продольного перемешивания жидкой фазы рассчитываем по уравнению [9]:

$$D_x = 0,57 v_0^{1,25}, \text{ см}^2/\text{с}, \quad (33)$$

где единицы действительной скорости раствора v_0 см/с.

С помощью разработанной методики был рассчитан ионообменный аппарат для умягчения воды с загрузкой ЦХА. Для опытов использовали водный раствор хлорида кальция. Исходные данные имели следующие значения [10]: $Q = 3,3 \cdot 10^{-5}$ м³/с; $C_{вх} = 0,01$ кг-экв/м³; $\eta = 0,95$; $a_0 = 0,25$ кг-экв/м³; $d_3 = 2 \cdot 10^{-3}$ м; $\tilde{K} = 2,8$; $\bar{D}_{эф} = 9 \cdot 10^{-12}$ м²/с; $\varepsilon = 0,4$; $\Delta x = 0,001$ м; $\Delta t = 10$ с, $N = 32$. В результате расчета найдены следующие конструктивные и технологические показатели аппарата: $H = 0,24$ м; $D_a = 0,16$ м; $D_1 = 0,11$ м; $H_{ср} = 0,13$ м; $h_{ср} = 0,032$ м; $C_{вых} = 5 \cdot 10^{-4}$ кг-экв/м³. Для проверки соответствия расчетных характеристик работы аппарата реальным параметрам были проведены экспериментальные исследования процесса умягчению воды на ЦХК. Из сравнения экспериментальных кривых и выходных кривых, рассчитанных с помощью предложенной методики (рис. 3), следует, что они имеют одинаковые характерные особенности, что свидетельствует о правильном качественном и количественном отображении моделью процессов ионного обмена в аппарате. Расчетное время проскока до требуемой степени очистки воды отличается от экспериментального в среднем на 17 %. По ширине фронта массопереноса отклонение расчета от эксперимента не превышает 13 %.

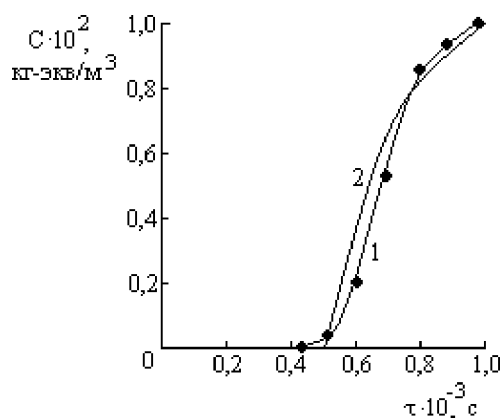


Рис. 3. Выходные кривые ионного обмена Cu^{2+} – Na^{+} в аппарате с неподвижным кольцевым слоем ЦХК: 1 – экспериментальные данные, 2 – расчетная кривая

Список литературы

1. Медведев Г. Н., Щеголькова В. В., Лагутина А. В., Шалимов Д. П. Перспективы применения в МЧС России быстровозводимых временных поселков из мобильных зданий для проживания пострадавшего в ЧС населения // *Технология гражданской безопасности*. 2011. Т. 8. № 4(30). С.34–39.
2. Булгаков Н. Ю. Малышев В. А. Актуальные вопросы оборудования и содержания пунктов водоснабжения с использованием штатных средств очистки воды СКО-8-БС-К (СКО-10) в условиях высокой мутности исходной воды // *Научные и образовательные проблемы гражданской защиты*. 2014. № 4. С. 59–63.
3. Александров П. П., Кравец И. В., Сайфуллин О. Р. Полевое водоснабжение войск. М.: ВИА, 2007. 296 с.
4. Патент 2655359 Российская Федерация. Адсорбер / С. В. Натарева, А. А. Быков, Д. Е. Захаров, Т. Е. Никифорова, С. В. Беляев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Иван. гос. хим.-тех. ун-т. № 2017134640; заявл. 03.10.17; опубл. 25.05.18. Бюл. № 15.
5. Патент № 2657506 Российская Федерация. Способ извлечения ионов тяжелых металлов из водных растворов / С. В. Натарева, В. А. Козлов, Т. Е. Никифорова, А. А. Быков, Д. Е. Захаров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Иван. гос. хим.-тех. ун-т.

Наблюдаемые отклонения обусловлены отсутствием учета неоднородности концентрационных условий по толщине слоя катионита. При движении раствора от внешней цилиндрической поверхности слоя катионита к его внутренней поверхности возрастает содержание ионов натрия в растворе, что приводит к замедлению скорости обмена ионов между фазами. С целью повышения точности расчета целесообразно снять и использовать зависимости изменения коэффициента внутренней диффузии от концентрации сорбируемого вещества при постоянном суммарном солесодержании раствора.

Также следует учесть возможное изменение механизма ионного обмена, поскольку на первых стадиях, как правило, скорость процесса определяется внешней диффузией, а на последних стадиях – внутренней диффузией.

Проведенные исследования подтвердили высокую эффективность разработанной конструкции аппарата и возможность применения для практических расчетов предложенной методики расчета данного аппарата.

№ 2017133411; заявл. 25.09.17; опубл. 25.09.18. Бюл. № 17.

6. Громогласов А. А., Копылов А. С., Пильщиков А. П. Водоподготовка. Процессы и аппараты: учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 272 с.

7. Самарский А. А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1989. 616 с.

8. Романков П. Г., Фролов В. Ф. Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой). Л.: Химия, 1990. 384 с.

9. Ширяев В. К., Сафонов М. С., Горшков В. И. Определение коэффициентов продольной диффузии в слое ионита при умеренных скоростях фильтрации // *Журнал физической химии*. 1969. Т. 43. № 6. С. 1603–1605.

10. Натарева С. В., Быков А. А., Захаров Д. Е. Разработка аппарата с неподвижным кольцевым слоем ионита // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2018. № 2 (54). С. 84–91.

References

1. Medvedev G. N., Schegolkova V. V., Lagutina A. V., Shalimov D. P. Perspektivy primeneniya v MChS Rossii bystrovozvodimyyh vremennykh poselkov iz mobil'nykh zdaniy dlja prozhivaniya posttravavshogo v ChS naseleniya [Fast Building Constructions Deployment Prospects for the

Emercom of Russia Temporary Settlements of Mobile Buildings for the People Suffered in Hazards]. *Tehnologija grazhdanskoj bezopasnosti*, 2011, vol. 8, issue 4(30), pp. 34–39.

2. Bulgakov N. Yu., Malyshev V. A. Aktual'nye voprosy oborudovaniya i sodержaniya punktov vodosnabzheniya s ispol'zovaniem shtatnyh sredstv ochistki vody SKO-8-BS-K (SKO-10) v uslovijah vysokoj mutnosti ishodnoj vody [Actual points of equipping and maintenance of water-supply points with use of regular means of water purification SKO-8-BS-K (SKO-10) in conditions of high turbidity of influent water]. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashhity*, 2014, issue 4, pp. 59–63.

3. Aleksandrov P. P., Kravets I. V., Saifullin O. R. *Polevoe vodosnabzhenie vojsk* [Field water supply troops]. Moscow: VIA, 2007. 296 p.

4. Natareev S. V., Bykov A. A., Zakharov D. E., Nikiforova T. E., Belyaev S. V. *Adsorber* [Adsorber], Patent 2655359, Russia, № 2017134640; effective date for property rights 03.10.17; date of publication 25.05.18. Bull. № 15.

5. Natareev S. V., Kozlov V. A., Nikiforova T. E., Bykov A. A., Zakharov D. E. *Sposob izvlecheniya ionov tjazhelyh metallov iz vodnyh rastvorov* [Method of extracting heavy metal ions from aqueous solutions], Patent 2657506, Russia,

№ 201733411; effective date for property rights 25.09.17; date of publication 14.06.18. Bull. № 17.

6. Gromoglasov A. A., Kopylov S. A., Pil'shchikov A. P. *Vodopodgotovka: Protsessy i apparaty* [Water Treatment: Processes and Equipment]. Moscow: Energoatomizdat, 1990. 272 p.

7. Samarskii A. A. *Teorija raznostnyh shem* [The theory of difference schemes]. Moscow: Nauka, 1989. 616 p.

8. Romankov P. G., Frolov V. F. *Mas-soobmennye protsessy v khimicheskoi tekhnologii* [Mass Exchange Processes in Chemical Technology]. Leningrad: Khimiya, 1990. 384 p.

9. Shiryaev V. K., Safonov M. S., Gorshkov V. I. Opredelenie koefitsientov prodolnoy diffuzii v sloe ionita pri umerennykh skorostyakh filtpatsii [Determination of the coefficients of longitudinal diffusion in the layer of the ion exchanger at moderate speeds filter. *Zhurnal fizicheskoi khimii*, vol. 43, issue 6, pp. 1603–1605.

10. Natareev S. V., Bykov A. A., Zakharov D. E. Razrabotka apparata s nepodvizhnym kol'cevym sloem ionita [Development out of the design of the device with fixed annular layer of ionite *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie*, 2018, vol. 2 (54), pp. 84–91.

Натареев Сергей Валентинович

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, профессор
E-mail: natoret@mail.ru

Natareev Sergej Valentinovich

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
Russian Federation, Ivanovo
Doctor of Technical Sciences, Professor.
E-mail: natoret@mail.ru

Захаров Дмитрий Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»,
Российская Федерация, г. Иваново
аспирант

E-mail: dimazah16@ya.ru

Zakharov Dmitrij Evgenevich

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
Russian Federation, Ivanovo
postgraduate student
E-mail: dimazah16@ya.ru

Лапшин Николай Александрович

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»,
Российская Федерация, г. Иваново
аспирант

E-mail: nikolaj.lapshin.93@bk.ru

Lapshin Nikolay Aleksandrovich

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
Russian Federation, Ivanovo
postgraduate student
E-mail: nikolaj.lapshin.93@bk.ru

Беляев Сергей Валерьевич

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, заведующий кафедрой
E-mail: sergej_belyaev@mail.ru

Belyaev Sergej Valer'evich

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Ivanovo
Candidate of Technical Sciences
E-mail: sergej_belyaev@mail.ru

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

УДК 624.058; 620.179.11; 624.058

**ПРОГНОЗ РЕСУРСА ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНЫХ
И ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

С. Н. САВИН, Е. Э. СМИРНОВА

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: esmimovae@yandex.ru

Использование зданий и сооружений во всех отраслях должно быть не только экономичным, но прежде всего безопасным, с спрогнозированным ресурсом прочности в разного рода природных и техногенных чрезвычайных ситуаций. В статье рассматривается решение задачи прогноза последствий разрушительных землетрясений, аварий, взрывов для эксплуатируемых зданий и сооружений.

Предлагается использовать в качестве основных параметров для верификации расчетных моделей собственные частоты, формы колебаний и декременты объектов, подвергшихся действию сейсмических нагрузок. Приведен пример оценки последствий аварии для здания в Санкт-Петербурге, частично обрушившегося в результате неравномерной осадки грунтов основания.

Сделан вывод о том, что использование динамических параметров позволяет решать самые различные задачи, как в области превентивной диагностики технического состояния зданий и сооружений, так и для текущего прогноза остаточного ресурса поврежденных объектов.

Ключевые слова: динамические параметры; здания и сооружения; верификация расчетных моделей; декременты колебаний, мониторинг, прогнозирование, риск, экологическая безопасность, ЧС.

**PREDICTING THE SERVICE LIFE OF BUILDINGS IN THE CONDITIONS OF NATURAL
AND TECHNOGENIC EMERGENCY SITUATIONS**

S. N. SAVIN, E. E. SMIRNOVA

Federal State budgetary educational Institution of higher Education
«Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»,
Russian Federation, Saint Petersburg
E-mail esmimovae@yandex.ru

The use of buildings and structures in all industries should be not only economical, but above all safe, with a predicted durability resource in various natural and man-made emergencies. This article discusses the solution to the task of predicting the consequences of catastrophic earthquakes for operational buildings and facilities. We suggest using such basic parameters for verifying the calculation models as natural frequencies, oscillation forms and decrements of objects under earthquake loads. We present the methods and means to conduct tests to estimate the dynamic parameters of buildings, as well as an example of such a test and the process of verification of the calculation model in the example of a panel multi-storey building.

Key words: dynamic parameters, building structures, verification of design models, decrement of vibrations, monitoring, risk, prediction, ecology safety, emergency situations.

В современном мире в значительной степени возросли риски природных стихийных бедствий и катастроф. На этом фоне повышение сейсмической активности кажется не слишком очевидным, поскольку не связано с глобальным потеплением и его последствиями. Однако факты свидетельствуют об обратном. По данным EMSC (European Mediterranean Seismological Centre) количество землетрясений с магнитудой больше 7,5 баллов возросло за последние 50 лет почти в 2,5 раза. Все это изменяет подход к защите населения от ЧС природного и техногенного характера, а именно, выдвигает в качестве первоочередных задач развитие методов прогноза и превентивных мер борьбы за безопасность.

Оценивая ущерб сооружения можно выделить 4 уровня информации о повреждении, которая с каждым шагом увеличивается: обнаружение повреждений; их локализация; количественная оценка ущерба и прогноз оставшегося срока службы. Уровень 1 предоставляет только информацию о наличии повреждений в конструкции. Для многих практических применений этого абсолютно достаточно. Задача будущей работы состоит в том, чтобы получить самую первую информацию, обнаружить небольшие повреждения в раннем состоянии и отделить последствия, вызванные повреждениями, от воздействий изменений окружающей среды. Уровень II расширяет знания о повреждении, определяя местоположение одного или нескольких участков повреждения, соответственно. На уровне III оценивается степень ущерба. Для этой цели расчетная модель должна быть способна описать влияние повреждения (посредством таких параметров, как уменьшение жесткости и т.д.) на динамическое поведение объекта. Если такой модели не существует, показатели повреждения должны быть определены с помощью калибровочных экспериментов. Следует отметить, что иногда определение типа повреждения включается в качестве дополнительного шага между уровнями II и III. Самый высокий и самый сложный уровень – это прогноз оставшейся жизни объекта. Это требует сочетания глобальной структурной модели с локальными моделями континуального повреждения или моделями механики разрушения, которые могут надежно описать эволюцию повреждения или роста усталостной трещины.

Таким образом стоит цель превентивного прогнозирования последствий аварии. Разумеется, речь не идет о прогнозе самого события. Это, вероятно, невозможно, поэтому прогнозируются возможные последствия. В данном контексте - это реакция зданий на сейсмическое воздействие. С одной стороны,

можно отметить существенное развитие методов расчета, в той или иной степени конкретизирующих возможную сейсмическую нагрузку, например, использование синтетических акселерограмм. С другой стороны, есть возможность с высокой степенью точности моделировать поведение самого здания. Однако учесть все нюансы его технического состояния без проведения детального мониторинга невозможно, ибо имеют место скрытые дефекты и повреждения, отступления от проектных характеристик и т.п., не проявляющиеся при эксплуатационных нагрузках. В случае же аварии они могут стать причиной разрушения. Отсюда следует, что задача оценки технического состояния здания, эксплуатируемого в течение известного периода времени, безусловно должна быть решена для ответа на вопрос о последствиях ЧС. Анализ методов диагностики показал, что наиболее надежными критериями технического состояния объекта являются его динамические параметры – частота колебаний, форма колебаний и декремент колебаний как свойства любой упругой системы. Естественно, что реально раскатать здание до заметных амплитуд было бы не безопасно, но и к тому же экономически затратным делом. Вот почему в настоящее время для расчета его колебаний используются микроколебания (от ветра, транспорта и т.п.), которые надлежащим образом точно измеряются вместе с появлением высокочувствительных датчиков и программ обработки записанных колебаний. При этом совершенно независимо было установлено, что для математических моделей зданий также предусмотрена возможность определения параметров их собственных колебаний автоматически в виде «экспандируемых» процедур – модального и гармонического анализа. Все это позволило решить поставленную задачу и создать модель здания, которая имеет совпадающие с существующим объектом динамические параметры. Исходные данные для такой модели, как правило, дают измерения параметров колебаний здания, которые гораздо менее трудоемки, чем детальное обследование и могут быть заранее определены и использованы для прогноза. Для снижения риска материальных и человеческих потерь в условиях дефицита данных о самом явлении (землетрясениях) именно этот подход неразрушающего контроля к оценке надежности, устойчивости и эксплуатационного ресурса зданий и сооружений является наиболее перспективным.

В настоящее время наиболее часто применяемый метод определения динамических параметров здания носит название «Метод свободных колебаний» (МСК) который, по-

жалуй, является наиболее эффективным из всех интегральных методов диагностики. Данный подход основан на анализе спектра свободных колебаний испытываемого объекта под воздействием направленных ударов. Он используется для поиска областей разрушения стыков между элементами в многослойных слоистых структурах значительной толщины из металлических и неметаллических материалов. При этом важно выбрать параметры, которые чувствительны к повреждению, происходящему в структуре сооружения, но не чувствительны к эксплуатационным или экологическим повреждениям. Благодаря развитию современных концепций обработки данных и их оценки, появлению новых сенсорных технологий, количеству исследователей в этой области быстро растет [1–5, 8–9]¹.

¹ В 2010 году применение данного метода для мониторинга за особо ответственными строительными объектами было узаконено в рамках ГОСТ Р 53778-2010: «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». В настоящее время метод свободных колебаний не нашел широкого применения в практике обследования. Среди многих организаций, которые его применяют для получения динамических характеристик зданий и сооружений, можно назвать региональные центры МЧС, оснащенные соответствующей аппаратурой, Центр исследования экстремальных ситуаций (ЦИЭКС), Московский государственный строительный университет, Новосибирский институт вычислительной математики и математической геофизики, а также Иркутский государственный университет. Поэтому для большинства зданий и сооружений отсутствует сравнительная база данных по исходным динамическим характеристикам объекта. Очевидно, что для тех сооружений, где такие данные существуют, динамический мониторинг может быть актуальным и эффективным. Кроме того, поскольку в нормативном документе не «узаконен» метод определения динамических параметров, возникает вопрос, в какой степени данные, полученные одной организацией, применяющей свои оригинальные методические подходы, могут быть использованы другими специалистами, придерживающимися иных методических принципов. И далее, в какой степени на конечный результат (динамические параметры) могут влиять те или иные методы, применяемые специалистами при испытаниях. В связи с уже отмеченным отсутствием базы динамических характеристик большинства объектов мониторинга ранее такой анализ не проводился.

В рамках МСК реализуются следующие операции:

- возбуждение и регистрация свободных или вынужденных микроколебаний;
- вычисление их спектров Фурье;
- анализ спектров Фурье с целью выделения резонансных пиков, соответствующих различным формам свободных колебаний;
- получение с помощью обратного преобразования Фурье импульсных реализаций выделенных резонансных пиков по каждой форме свободных колебаний;
- идентификацию и графическое представление различных форм колебаний.

Практика использования МСК позволила разработать универсальный механизм для уточнения динамических параметров расчетных моделей зданий, созданных в различных пакетах программных продуктов (Scad, Abacus, Ansys, Lira).

В настоящее время разработаны два методических подхода к проведению измерений: в пассивном и активном режиме возбуждения колебаний объекта. При «пассивной» регистрации производится запись отклика исследуемых конструкций на фоновое микросейсмическое воздействие, при «активном» – на специальный удар по конструкции. Такой удар наносится в верхней части здания, например, грузом до 50 кг.

Наиболее сложным в этом процессе является процедура возбуждения колебаний. На первый взгляд, у здания со значительной инерционной массой, колебания могут быть вызваны только достаточно длительным по времени и мощным по величине нагрузкой импульсом (например, взрывом). Однако, исследования, проведенные авторами этой работы, показали, что задача возбуждения колебаний все же имеет безопасное решение. Так, для традиционно используемого блока регистрации [6, 7] достаточным является внешний импульс, создаваемый ударом груза массой от 30 до 50 кг. Если такой удар наносится в узел жесткости, расположенный в верхней части сооружения, а продолжительность нагрузки определяется величиной около 0,5 периода колебаний здания по его первой форме, то амплитуда регистрируемого отклика оказывается достаточной для проведения оценки частоты и формы свободных колебаний. На практике для возбуждения колебаний можно использовать емкость, наполненную сыпучим материалом (песком), на которой выполнены амортизирующие прокладки, позволяющие добиться требуемой продолжительности воздействия.

Одновременно можно использовать дополнительные приемы, которые позволяют повысить как динамический диапазон реги-

стрирующей аппаратуры, так и добиться максимальной амплитуды колебаний по требуемой форме. Это:

- возбуждение и регистрация колебаний под действием точечной импульсной нагрузки, прикладываемой в различных точках конструкции;
- сложение (с учетом направления действия нагрузки) колебаний, зарегистрированных при приложении нагрузки в различных точках конструкции (имитация одновременного приложения нагрузки в нескольких точках).

Если строго подходить к теоретическому обоснованию правомочности разделения реальных колебаний здания на гармоники, то известно, что в общем случае системы с затуханием полностью не разделяются, так как не удастся исключить произведение коэффициентов демпфирования различных форм. Физически это означает, что не существует изолированных собственных форм колебаний, а при колебаниях по любой форме движения различных точек не синфазны. Однако при достаточно малом затухании этим обстоятельством можно пренебречь и предполагать, что демпфированной системе присущи классические собственные формы колебаний, при которых все массы одновременно достигают своих максимальных отклонений.

Таким образом, если декремент колебаний здания (затухание колебаний) мал, то предложенный метод может быть обоснованно применен для его диагностики. На практике это означает, что если в спектре зарегистрированных реализаций имеются изолированные пики, то затуханием можно пренебречь. Косвенным свидетельством «малого» затухания является наличие возможности четкого разделения колебаний различных форм. Следует подчеркнуть, что в каждом конкретном случае при оценке остаточного ресурса зданий и сооружений различных конструктивных схем, имеют место различные факторы, влияющие на их динамические параметры.

Рассмотрим на примере крупнопанельного здания, построенного в Санкт-Петербурге, каким образом можно создать надежную расчетную модель, использование которой позволит прогнозировать результаты любого внешнего воздействия, в том числе и сейсмического. Вид здания представлен на рис. 1.

Определение динамических параметров для объекта проводилось с использованием стандартного измерительного комплекса, включающего высокочувствительные акселерометры, цифровой преобразователь, персональный компьютер, программу ввода и обработки и средство возбуждения колебаний в виде мешка с песком. Измерительная схема –

это последовательное соединение датчиков (акселерометров), усилителей, многоканального аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и персонального компьютера (ПК). Датчики были установлены в вертикальном створе на различных этажах здания от подвала до кровли и соединены со станцией регистрации. Один из измерительных каналов предназначен для акселерометров, установленных в узлах жесткости (чтобы измерить момент приложения ударной нагрузки и ее импульсной величины), а также на поверхности конструкции.



Рис. 1. Главный фасад обследуемого здания

Колебания возбуждались в верхней и средней части здания путем нанесения многократных ударов с задержкой на время затухания собственных колебаний здания. Для возбуждения колебаний использовался также тампер (молоток) с установленным на нем пьезоакселерометром. Длительность ударного импульса регулировалась прокладочным вкладышем. На втором конце тампера закреплен акселерометр для измерения нагрузки. Для возбуждения низкочастотных волн использовался более тяжелый тампер с мягким накопником (поролон, ячеистая резина).

Трудность заключается в том, что в большинстве случаев речь идет о системе, имеющей сложную структуру. Так, перекрытие состоит из балок, опирающихся на колонны, ребристых плит, слоя утеплителя, цементной стяжки, рулонного покрытия. Это – сложная динамическая система с большим числом степеней свободы. В результате удара, приложенного в форме импульсного воздействия к нижнему поясу балки, возникают свободные колебания всей системы, т.е. вибрируют обследуемые балки, опирающиеся на нее плиты перекрытия, а также соседние балки. В результате в обследуемом объекте возникают вы-

нужденные колебания, и спектр его колебаний представляет собой набор ряда резонансных пиков, соответствующих как собственным свободным колебаниям балки, так и вынужденным, исходящим от соседних балок и плит перекрытий. С целью получения алгоритма идентификации частоты свободных колебаний объекта по спектру колебаний, возбужденных ударной импульсной нагрузкой, были выполнены методические эксперименты.

Результаты испытаний представлены графически в виде форм колебаний здания в продольном и поперечном направлениях (рис. 2–3). На рисунках по вертикальной оси отложена высота здания в метрах, а по горизонтальной – относительное перемещение, зафиксированное датчиками (точки на схеме), установленными по высоте здания, при колебаниях по различным формам:

- Изгибные по высоте поперечное направление (первый тон) – 1,25 Гц;
- Изгибные по высоте поперечное направление (второй тон) – 5,96 Гц;
- Изгибные по высоте поперечное направление (третий тон) – 14,89 Гц;
- Изгибные по высоте продольное направление (первый тон) – 1,92 Гц;
- Изгибные по высоте продольное направление (второй тон) – 6,98 Гц;

- Изгибные по высоте продольное направление (третий тон) – 18,99 Гц;
- Изгибные по фронту (первый тон) – 1,94 Гц;
- Изгибные по фронту (второй тон) – 7,812 Гц.

Для удобства максимальному перемещению датчика при колебаниях по каждой из форм присвоено значение равное единице. Показания остальных датчиков представлены в долях от максимального перемещения.

Очевидно, что на рис. 3 вторая (6.98 Гц) и третья (18.99 Гц) формы колебаний построены с использованием возможностей принципа суперпозиции колебаний и являются достаточно редким результатом для жилого здания. Ибо зафиксировать высшие формы колебания чрезвычайно сложно ввиду их маленькой амплитуды. При этом полученные формы позволяют уточнить характер деформации здания и рассматривать ее без учета влияния условий «защемления» в грунте, которые во многом определяют частоту колебаний по первой форме.

Полученные динамические параметры были использованы для создания расчетной модели здания в программном комплексе Ansys. Общий вид расчетной модели здания показан на рис. 4.

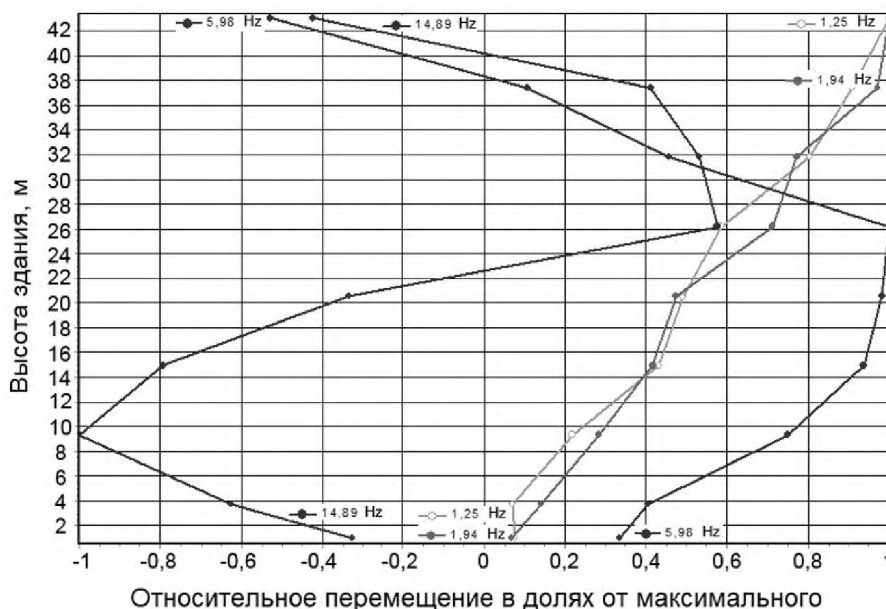


Рис. 2. Формы колебаний. Вертикальный створ, поперечное направление

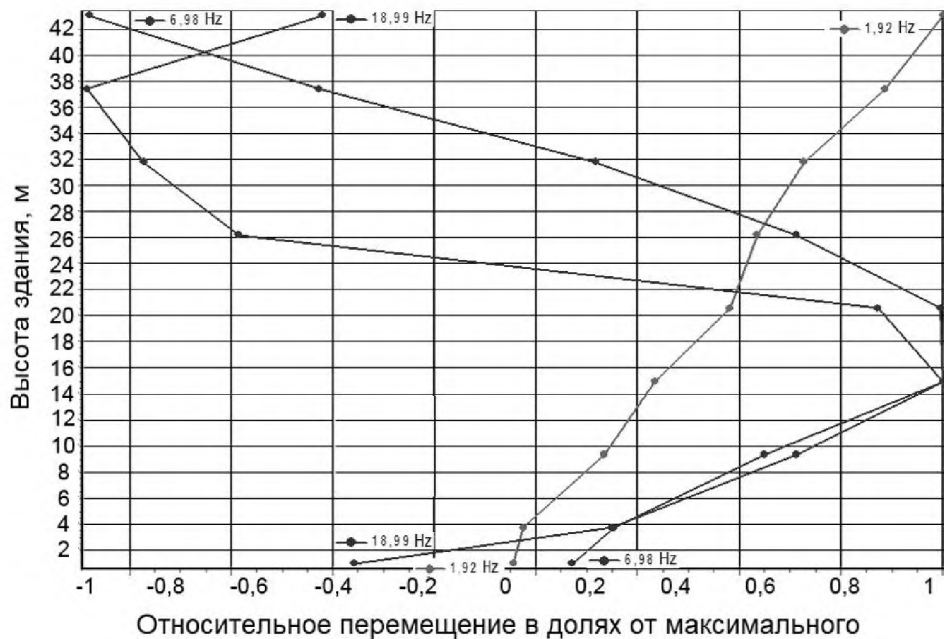


Рис. 3. Формы колебаний. Вертикальный створ, продольное направление

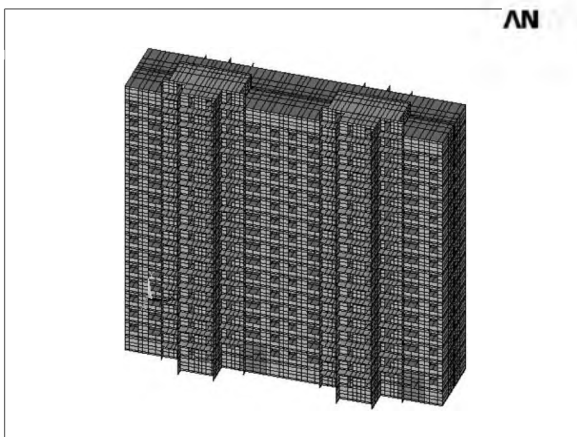


Рис. 4. Фрагмент конечно-элементной модели здания, выполненной в программном комплексе Ansys

Последовательность действий по корректировке данной модели до совпадения ее параметров с реальным объектом предполагала постепенное (дискретное) изменение параметров модели (модулей упругости материала и массы конструкций, а также условий работы) до совпадения теоретических и фактически измеренных частот колебаний по различным формам.

Создание геометрической и конечно-элементной модели жилого дома проводилось в программной среде ANSYS, согласно следу-

ющему алгоритму: синтез модели, получение программных решений, «экспандирование» мод, изучение результатов. Разберем по этапам.

1) Для нашего случая создание конкретной модели – это выбор типа анализа (до проведения гармонического анализа необходимо сделать модальный и найти собственные частоты мод), метода решения задачи на обобщенные собственные значения, число мод и др., иначе говоря, задание опций (включая приложение воздействий посредством Calculate prestress effects – блока вычисления предварительных напряжений). В пункте главного меню Load Step Opts в среде ANSYS определяются опции шага нагружения (решения): управление выводом и демпфирование.

2) Затем с помощью пункта главного меню Solve\Current LS исполняется решение запрограммированной задачи. В итоге, мы получаем геометрическую, конечноэлементную модель, на линиях которой представлены граничные условия. Для определения типа анализа, методов решения и опций следует загрузить файл Cyl_mod.txt выполнения модального анализа. Получив решения с помощью пункта меню Results Summary мы можем вывести таблицу, содержащую собственные частоты найденных мод и изучить информацию о конкретной моде.

3) Особую роль играют «экспандируемые» моды. В методе модального анализа под этим термином подразумевается запись соб-

ственных форм колебаний в конечный файл. Для просмотра мод колебаний в постпроцессоре их необходимо «экспандировать». «Expansion» применяется как к сокращенному, так и к полному методам модального анализа.

4) Аналитический обзор результатов.

Напряжённо-деформированное состояние здания оценивалось экспериментально-расчётным методом. Метод основан на использовании фундаментальных свойств сооружения, которые заключаются в связи его жесткости и массы с параметрами собственных и вынужденных колебаний. Изменение жесткости приводит к характерному сдвигу спектра собственных частот, что позволяет определить параметры, вызывающие это изменение. В результате повреждения обычно более высокие частоты подвергаются гораздо большему сдвигу. Расчёты производились на конечно-элементной компьютерной модели, откалиброванной согласно экспериментально определяемым элементам: матрице передаточных функций, спектру собственных частот и формам колебаний. При возникновении повреждений отдельных узлов сооружения в них устанавливается новое перераспределение внутренних усилий из-за снижения жесткости, в итоге меняется матрица передаточных функций и формы колебаний здания, снижаются собственные частоты и увеличиваются амплитуды колебаний. Анализ этих явлений проводился путем определения взаимосвязи между вынуждающей силой и возникающими колебаниями. Проблемы появляются, если изменения собственной частоты настолько малы, что последствия, вызванные повреждением, становятся похожими на изменения, вызванные условиями окружающей среды. Сами по себе эти изменения не позволяют сделать выводы об источнике изменений частоты. Поэтому должна быть доступна модель, которая «знает» связь между частотой и изменениями жесткости, а также позволяет вычислять частные производные первого порядка, описывающие чувствительность собственной частоты относительно изменений параметров [10].

В дальнейшем процедура корректировки параметров расчетной модели проводилась следующим образом. На первом этапе был выполнен модальный анализ и определены низшие частоты и соответствующие им формы собственных колебаний. Эти значения подвергались анализу и сравнивались с аналогичными данными, полученными при испытаниях. Учитывая, что геометрические размеры, масса и конструктивные особенности здания в модели выполнены без искажений, изменениям подвергались параметры, отвечающие за обобщенную жесткость материала конструк-

ций. При этом процедура корректировки включала следующие аспекты задачи:

- акустические характеристики материала конструкции здания определялись колебаниями, вызванными ударной импульсной нагрузкой, которая прикладывается к поверхности конструкции;

- для поверхностных волн определялась скорость распространения на разных длинах волн, а также интенсивность затухания и наличие отражений;

- абсолютные значения упругих характеристик строительного материала здания (модуля упругости) или его различных слоев (для многослойных конструкций) определялись с использованием значений скоростей продольных или поперечных волн для теоретической модели при условии, что максимальное совпадение действительно;

- были получены и рассчитаны дисперсионные кривые поверхностных волн;

- прочность материала конструкции или отдельных ее слоев определялась корреляционной зависимостью между силой и скоростью распространяющихся в ней продольных волн;

- для построения дисперсионных кривых отдельные измерительные лучи выбирались в разных частях по всей поверхности конструкции, а для построения годографа скорости выбирались измерительные выравнивания, образованные несколькими измерительными. В этом случае измерительные лучи располагались по прямой линии и смещались относительно друг друга вдоль измерительного выравнивания с постоянным шагом.

Для обнаружения дефектных участков в строительном материале конструкции использовался метод прозвучивания, основанный на измерении скорости распространения акустических волн в материале: продольной или поперечной. Определение значений этих скоростей в разных точках конструкции позволило выявить дефектные участки и оценить упругие характеристики конструкции. Возбуждение и обнаружение продольных и поперечных упругих волн выполнялось с использованием средств, позволяющих с приемлемой точностью фиксировать время прохождения волн:

- источник должен обеспечивать короткий фронт волны (до 1 мсек);

- приемники (датчики) должны быть широкополосными (1 – 3000 Гц) для измерения этой волны без динамических искажений.

Тем не менее качественный динамический мониторинг модальных параметров, результаты которого служат решению задачи обнаружения «слабых» мест объекта возможен

только с устройством стационарной станции мониторинга. Продолжительный мониторинг спектра колебаний позволяет с высокой точностью до 0,01 Гц определить декременты затухания для большого числа частот и давать оптимальные по точности расчеты динамических воздействий на сооружения.

В результате последовательных корректировок значений обобщенной жесткости

удалось добиться удовлетворительного совпадения расчетных собственных частот колебаний и их значений, полученных по данным натурных испытаний. Итоговые результаты адаптации модели, т.е. совпадения динамических параметров с фактически измеренными приведены в таблице

Таблица. Сравнительные данные о частотах колебаний обследуемого здания

| Форма колебаний по расчетной модели | Частота колебаний, зафиксированная при проведении испытаний, Гц | Частота колебаний по расчетной модели, адаптированной по динамическим характеристикам, Гц | Несовпадение частоты колебаний по отношению к расчетной |
|-------------------------------------|---|---|---|
| 1 | 1,25 | 1,291 | 3,1 % |
| 2 | 1,92 | 1,944 | 1,2 % |
| 3 | 1,94 | 2,045 | 5,1 % |
| 4 | 5,96 | 5,604 | 5,9 % |
| 5 | 6,98 | 6,832 | 2,1 % |
| 6 | 7,812 | 7,456 | 4,5 % |
| 7 | - | 11,716 | - |
| 8 | - | 12,587 | - |
| 9 | 14,89 | - | - |
| 10 | 18,99 | - | - |

Выводы. Поскольку прогноз самого события невозможен, прогнозируются возможные последствия, т.е. реакция зданий на сейсмическую нагрузку. С одной стороны, можно отметить существенное развитие методов расчета в той или иной степени конкретизирующих возможную сейсмическую нагрузку (например, использование синтетических акселерограмм). С другой стороны, есть возможность с высокой степенью точности моделировать поведение самого здания. Анализ методов диагностики показал, что наиболее надежными критериями технического состояния объекта являются его динамические параметры, что отражается в динамическом паспорте здания (фактические амплитуды ускорения вынужденных колебаний; основные частоты собственных колебаний; собственные формы колебаний; логарифмические декременты колебаний). Авторами используются микроколебания объекта (от ветра, температуры, перемещения людей и транспорта и т.п.), которые были измерены с помощью высокочувствительных датчиков и программ обработки записанных колебаний. Результаты динамических испытаний показывают, что при фоновых испытаниях дополнительные конструктивные элементы не проявляются и период колебаний больше, тогда как при сильных динамических импульсах они начинают проявлять себя,

уменьшая период собственных колебаний. Изменение жесткости конструктивных элементов приводит к изменению периода собственных колебаний здания. Как свидетельствует данные табл. 1, фактически измеренные значения собственных частот колебаний, зафиксированные при динамических испытаниях, и колебаний по расчетной модели хорошо согласуются между собой. Это позволяет утверждать, что удалось создать адекватную расчетную модель, которую можно использовать для настройки подсистемы внепланового, периодического мониторинга на корректное определение состояния здания, включая надежный прогноз результата аварийных воздействий природного и техногенного характера, в том числе и сейсмических. Данный метод динамического контроля неоднократно использовался для массовых обследований и сертификации зданий и сооружений, мониторинга технического состояния особо важных объектов. Отметим, что похожий мониторинг разработан в организациях Министерства обороны РФ и давно успешно применяется, в том числе в условиях Арктики. Помимо точных данных измерений в качестве входных данных, необходимы надежные количественные модели для интерпретации данных, особенно на уровнях II–IV оценки ущерба. Поэтому обновление модели также является одним из ключей к успешному приращению идентификации повреждений.

Список литературы

1. Ларионов В. И., Нигметов Г. М., Сотин В. Н., Суцнев С. П., Шахраманьян М. А. Мобильные диагностические комплексы для оценки сейсмостойкости зданий и сооружений // Сейсмостойкое строительство. 1999. № 2. С. 41–44.
2. Савин С. Н., Демишин С. В., Ситников И. В. Мониторинг уникальных объектов с использованием динамических параметров по ГОСТ Р 53778–2010 // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 7. С. 33–39.
3. Шахраманьян А. М., Колотовичев Ю. А. Опыт использования автоматизированных систем мониторинга деформационного состояния несущих конструкций на Олимпийских объектах Сочи-2014 и стадионов чемпионата мира по футболу 2018 // Вестник МГСУ. 2015. № 12. С. 92–105.
4. Патрикеев А. В. Система динамического мониторинга инженерного сооружения как ключевой элемент его технической безопасности // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 133–140.
5. Савин С. Н. Использование упругих колебаний различных длин волн для оценки динамических параметров зданий и сооружений и прочности каменной кладки // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2017. № 4. С. 43–54.
6. Савин С. Н., Данилов И. Л. Сейсмобезопасность зданий и территорий. СПб.: Лань, 2015. 240 с.
7. Суцнев С. Л., Ларионов В. А., Галиуллин Р. Р., Нигметов Г. М., Савин С. Н., Самарин В. В. О практическом применении метода динамических испытаний для оценки категории технического состояния и сейсмостойкости зданий и сооружений при слабых и сильных импульсных воздействиях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2014. № 3. С. 52–59.
8. Savin S., Tsakalidis V. The use of elastic oscillations of different wavelengths to evaluate the dynamic parameters of buildings and structures and assess the strength of materials of the building construction. *COMPdyn 2015. 5th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*. 25-27 May 2015 Crete Island, Greece. M. Papadrakakis, V. Papadopoulos, V. Plevris (eds.). Hersonissos, Crete: National Technical University of Athens, 2015, pp. 706–720.
9. Savin S., Smirnova E. Evaluation of mechanical safety of building structures using elastic vibrations varying in wavelength. *World Applied Sciences Journal*, 2013, vol. 23, no. 11, pp. 1448–1454.

10. Суцнев С. П., Самарин В. В., Адаменко И. А., Сотин В. Н. Мониторинг технического состояния несущих конструкций зданий и сооружений // Мониторинг. Наука и безопасность. 2011. № 1. С. 24–32.

References

1. Larionov V. I., Nigmatov G. M., Sotin V. N., Sushhev S. P., Shahraman'jan M. A. Mobil'nye diagnosticheskie komplekсы dlja ocenki sejsmostojkosti zdanij i sooruzhenij [Mobile diagnostic systems to assess the seismic resistance of buildings and structures]. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo*, 1999, issue 2, pp. 41–44.
2. Savin S. N., Demishin S. V., Sitenkov I. V. Monitoring unikal'nyh ob#ektov s ispol'zovaniem dinamicheskikh parametrov po GOST R 53778–2010 [Monitoring of unique objects using dynamic parameters in accordance with GOST R 53778–2010]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, 2011, issue 7, pp. 33–39.
3. Shahraman'jan A. M., Kolotovichev Ju. A. Opyt ispol'zovanija avtomatizirovannyh sistem monitoringa deformacionnogo sostojanija nesushhih konstrukcij na Olimpijskih ob#ektah Sochi-2014 i stadionov chempionata mira po futbolu 2018 [Experience in application of the technologies of building information modeling when constructing the Olympic objects of Sochi-2014 and stadiums of the FIFA World Cup 2018]. *Vestnik MGSU*, 2015, issue 12, pp. 92–105.
4. Patrikeev A. V. Sistema dinamicheskogo monitoringa inzhenernogo sooruzhenija kak ključevoj jelement ego tehničeskoj bezopasnosti [Dynamic monitoring of engineering structures as a key element of its technical security]. *Vestnik MGSU*, 2014, issue 3, pp. 133–140.
5. Savin S. N. Ispol'zovanie uprugih kolebanij razlichnyh dlin voln dlja ocenki dinamiceskikh parametrov zdanij i sooruzhenij i prochnosti kamennoj kladki [The use of elastic vibrations with different wavelengths to evaluate the dynamic parameters of buildings and structures and assess the strength of materials of the building construction]. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij*, 2017, issue 4, pp. 43–54.
6. Savin S. N., Danilov I. L. *Sejsmobe-zopasnost' zdanij i territorij* [Seismic safety of buildings and territories]. St. Petersburg: Lan', 2015. 240 p.
7. Sushhev S. L., Larionov V. A., Galiullin R. R., Nigmatov G. M., Savin S. N., Samarin V. V. O praktičeskom primenenii metoda dinamicheskikh ispytanij dlja ocenki kategorii tehničeskogo sostojanija i sejsmostojkosti zdanij i sooruzhenij pri slabych i sil'nyh impul'snyh vozdejstvijah [Practical application of the method of dynamic tests for evaluation of the category of technical state and

seismic stability of buildings and constructions in weak and strong pulse influences]. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij*, 2014, issue 3, pp. 52–59.

8. Savin S., Tsakalidis V. The use of elastic oscillations of different wavelengths to evaluate the dynamic parameters of buildings and structures and assess the strength of materials of the building construction. *COMPdyn 2015. 5th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, 25-27 May 2015 Crete Island, Greece. Papadrakakis, M., Papadopoulos, V., Plevris, V. (eds.). Hersonissos, Crete: National Technical University of Athens, 2015, pp. 706–720.

9. Savin S., Smirnova E. Evaluation of mechanical safety of building structures using elastic vibrations varying in wavelength. *World Applied Sciences Journal*, 2013, vol. 23, no. 11, pp. 1448–1454.

10. Sushhev S. P., Samarin V. V., Adamenko I. A., Sotin V. N. Monitoring tehnikeskogo sostojanija nesushhih konstrukcij zdanij i sooruzhenij [Monitoring for technical condition of bearing structures]. *Monitoring. Nauka i bezopasnost'*, 2011, issue 1, pp. 24–32.

Савин Сергей Николаевич

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
E-mail: savinsn@gmail.com

Savin Sergej Nikolaevich

Dr. Sci. Tech., Professor,
Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»,
Russian Federation, Saint Petersburg
E-mail: savinsn@gmail.com

Смирнова Елена Эдуардовна,

кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
E-mail: esmirnovae@yandex.ru

Smirnova Elena Jeduardovna

Ph. Sci. Tech., Docent
Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»,
Russian Federation, Saint Petersburg.
E-mail: esmirnovae@yandex.ru

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

УДК 614.835.3

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ МАТЕРИАЛА МАРКИ «СТАЛЬ 3»
В ПАРОВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ТОПОЧНОГО МАЗУТА М-100**

А. Г. АЗОВЦЕВ, С. А. СЫРБУ, Н. А. ТАРАТАНОВ

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

E-mail: asovtsev121@mail.ru, syrbye@yandex.ru, taratanov_n@mail.ru

В статье приводятся данные о скорости сероводородной коррозии в паровоздушной среде резервуаров вертикальных стальных для хранения топочного мазута М-100, полученные на экспериментальной установке при содержании сероводорода от 0,02 до 0,5 % об. Представлены данные о возможной скорости роста пирофорных отложений на поверхности стенок резервуаров вертикальных стальных для хранения топочного мазута М-100. Данные обрабатывались с помощью утвержденных методик в области единой системы защиты от коррозии и старения, для удобства и большей показателности применялся глубинный показатель коррозии. Результаты эксперимента показывают, что со временем скорость коррозии увеличивается.

Ключевые слова: коррозия, нефтегазовая отрасль, пирофорные отложения, топочный мазут, сероводород.

**DETERMINATION OF THE CORROSION RATE OF MATERIAL OF THE STEEL 3
BRAND IN THE AIR-STEAMED ENVIRONMENT OF THE M-100 HEATING OIL**

A. G. AZOVTSSEV, S. A. SYRBU, N. A. TARATANOV

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

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: asovtsev121@mail.ru, surbue@yandex.ru

The article presents data on the rate of hydrogen sulfide corrosion in the vapor-air medium of vertical steel tanks for storage of fuel oil M-100, obtained on an experimental setup with hydrogen sulfide content from 283 до 7070 mg/m³. The data on the possible growth rate of pyrophoric deposits on the surface of the walls of vertical steel tanks for the storage of fuel oil M-100 are presented. The data were processed using approved methods in the field of a unified system of protection against corrosion and aging, for convenience and greater exponency, a deep corrosion indicator was used. The experimental results show that the corrosion rate increases over time.

Key words: corrosion, oil and gas industry, pyrophoric deposits, fuel oil, hydrogen sulfide.

Коррозия на объектах нефтегазовой отрасли является одной из статей, для борьбы с которой ежегодно выделяется порядка 5-10 % валового национального продукта промышленно развитых стран [1].

Помимо коррозии металла, в частности стали, из которой изготовлены резервуары вертикальные стальные (далее – РВС) для хранения нефти и нефтепродуктов, на внутренней поверхности резервуаров образуются пирофорные отложения.

Пирофорные отложения при контакте с кислородом воздуха начинают активно окисляться с выделением большого количества тепла, в результате чего при достижении температуры самовоспламенения серы, которая входит в состав пирофорных отложений, происходит последующее воспламенение паровоздушного пространства внутри РВС. Одним из таких событий являлся пожар, который произошел 28.04.2016 на Гремихинском месторождении. Там произошел взрыв паровоздушной смеси внутри РВС со срывом крыши из-за самовозгорания пирофорных отложений.

В период с 2000 по 2017 гг. по причине самовозгорания пирофорных отложений произошло 17 пожаров, что говорит о том, что практически каждый год происходит один пожар. При этом материальный ущерб от таких пожаров часто превышает миллионы рублей.

В состав пирофорных отложений входят сульфиды, полисульфиды, оксиды железа, элементарная сера [2, 3]. Пирофорные отложения образуются в результате взаимодействия сероводорода и других сернистых соединений с железом, которое является основным компонентом стали – материала для изготовления РВС. В работе авторов [3] было представлено, что примерно за 2 года эксплуатации РВС рост пирофорных отложений составил ~33–35 мм, при этом также было рассчитано, что скорость роста пирофорных отложений может составить ~30 мм/год. Следует отметить, что толщина стенки верхнего пояса РВС-5000 составляет 6 мм.

Учитывая то, что в работах [2-4] было показано, что при толщине пирофорных отложений более 5 мм выделение теплоты в их толще больше, чем отдачи тепла, можно предположить, что пожароопасная толщина указанных отложений может быть достигнута за 2 месяца.

Поэтому задача определения скорости коррозии материала, из которого изготавливают РВС для хранения определенного вида нефтепродуктов, не теряет своей актуальности. Заметим также, что процесс сероводородной коррозии наиболее активно протекает в паровоздушной среде внутри резервуара.

Некоторые исследования [5] показывают изменчивость скорости коррозии со временем. Скорость коррозии может как снижаться, так и увеличиваться. Это обосновывается образованием сначала плотного макиновитового слоя, но при его дальнейшем разрушении, продукты коррозии обладают стимулирующим влиянием. При исследовании скорости коррозии стали Ст3 во времени при соприкосновении металла в присутствии сероводорода одновременно с водной и углеводородной фазой

скорость коррозии в первые 400 часов снизилась в 2 раза, после увеличилась более чем в 3 раза. При исследовании зависимость скорости коррозии стали Ст3 во времени при соприкосновении металла в присутствии сероводорода отдельно с углеводородной фазой спустя 600 часов произошло увеличение скорости коррозии более чем в 6 раз.

В качестве объекта исследования скорости коррозии нами был выбран РВС для хранения топочного мазута М-100. Материалом для изготовления, указанных выше РВС, служит Сталь 3. РВС из Стали 3 для хранения топочного мазута М-100 используют, например, предприятия компании «Лукойл».

Исходя из вышесказанного, нами была создана экспериментальная установка для моделирования условий образования пирофорных отложений в паровоздушной среде внутри РВС (далее – Установка), принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

Для определения скорости коррозии на незащищенной стали для дальнейшего сравнения защитных составов были изготовлены образцы марки Сталь 3 размерами 100×40×4 мм. Поверхность образцов предварительно была подвергнута механической обработке наждачной бумагой с размерами зерен SiC 80, 100, 150 последовательно; промыта дистиллированной водой, высушена и обезжирена Растворителем универсальным №1. Подготовленные образцы помещались в Установку и экспонировались в течение определенного времени. Образцы периодически вынимались (после 408, 1848 и 2400 ч) и взвешивались на аналитических весах с точностью $\pm 10^{-4}$ г. Исследование образцов было осуществлено при различных концентрациях сероводорода (0,02, 0,2 и 0,5 % об).

Исследование скорости коррозии осуществлялось в соответствии с методикой, утвержденной ГОСТ 9.908-85¹ и ГОСТ 9.506-87².

Потеря массы на единицу площади поверхности Δm , кг/м², определяется по формуле (1) [5]:

$$\Delta m = \frac{m_0 - m_1}{S} \quad (1)$$

¹ГОСТ 9.908-85 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.

²ГОСТ 9.506-87 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Ингибиторы коррозии металлов в водно-нефтяных средах. Методы определения защитной способности.

где: m_0 – масса образца до испытаний, кг;
 m_1 – масса образца после испытаний и удаления продуктов коррозии, кг;
 S – площадь поверхности образца, m^2 .

Изменение размеров образца ΔL определяется, как правило, прямыми измерениями. Однако в нашем случае использовался плоский образец, и данный показатель высчитывается по формуле (2):

$$\Delta L = \frac{\Delta m}{\rho} \quad (2)$$

где: ρ – плотность, $кг/м^3$.

Скорость равномерной коррозии v , $г/(м^2 \cdot ч)$ определяется по формуле (3) [6]:

$$v = \frac{\Delta m}{S \cdot t} \quad (3)$$

где: Δm – масса убыли (прибыли), г;
 S – площадь поверхности образца, $м^2$;
 t – время экспонирования, ч.

Для удобства пользовались глубинным показателем коррозии Π , который определялся по формуле (4):

$$\Pi = \frac{v}{\rho} \quad (4)$$

где: ρ – плотность, $г/см^3$;

v – скорость равномерной коррозии, $\frac{г}{м^2 \cdot ч}$.

В результате экспонирования образцов в Установке в течение 408, 1848 и 2400 ч соответственно были получены следующие данные об изменении их массы при различной концентрации сероводорода в газовой среде (таблица). Погрешность составила $\pm 0,03 г/(м^2 \cdot ч)$.

Изменение скорости равномерной коррозии при данных, представленных в таблице, показано на рис. 2.

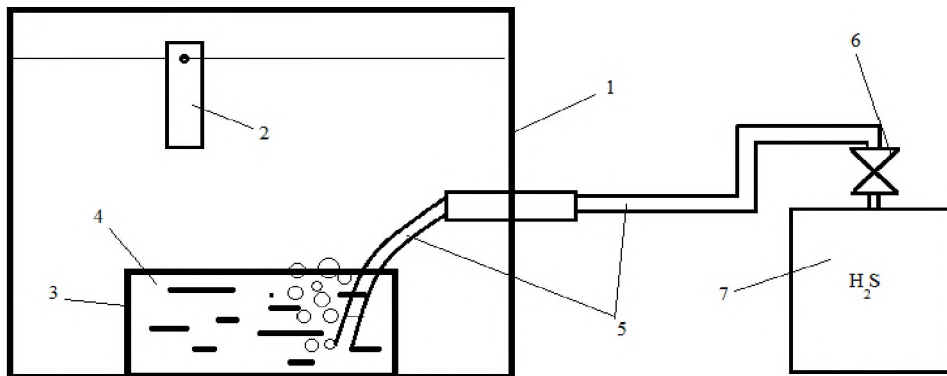


Рис. 1. Принципиальная схема установки для моделирования условий образования пирофорных отложений в паровоздушной среде внутри ПВХ:
1 – корпус; 2 – образец; 3 – емкость и нефтью или нефтепродуктом; 4 – нефть (нефтепродукт);
5 – газоотводная трубка; 6 – вентиль; 7 – баллон с сероводородом

Таблица. Масса образцов при экспонировании в Установке

| Время экспонирования, ч | Номер образца | Масса образца, г, при концентрации сероводорода, % об | | |
|-------------------------|---------------|---|----------|----------|
| | | 0.02 | 0.2 | 0.5 |
| 0 | 1 | 119,9799 | 120,3017 | 120,1448 |
| | 2 | 121,1628 | 121,4846 | 121,3277 |
| | 3 | 119,219 | 119,5408 | 119,3839 |
| 408 | 1 | 119,9924 | 120,3142 | 120,1573 |
| | 2 | 121,1754 | 121,4972 | 121,3403 |
| | 3 | 119,2332 | 119,555 | 119,3981 |
| 1848 | 1 | 120,0694 | 120,3912 | 120,2343 |
| | 2 | 121,2819 | 121,6037 | 121,4468 |
| | 3 | 119,2975 | 119,6193 | 119,4624 |
| 2400 | 1 | 120,0902 | 120,412 | 120,2551 |
| | 2 | 121,3145 | 121,6363 | 121,4794 |
| | 3 | 119,3425 | 119,6643 | 119,5074 |

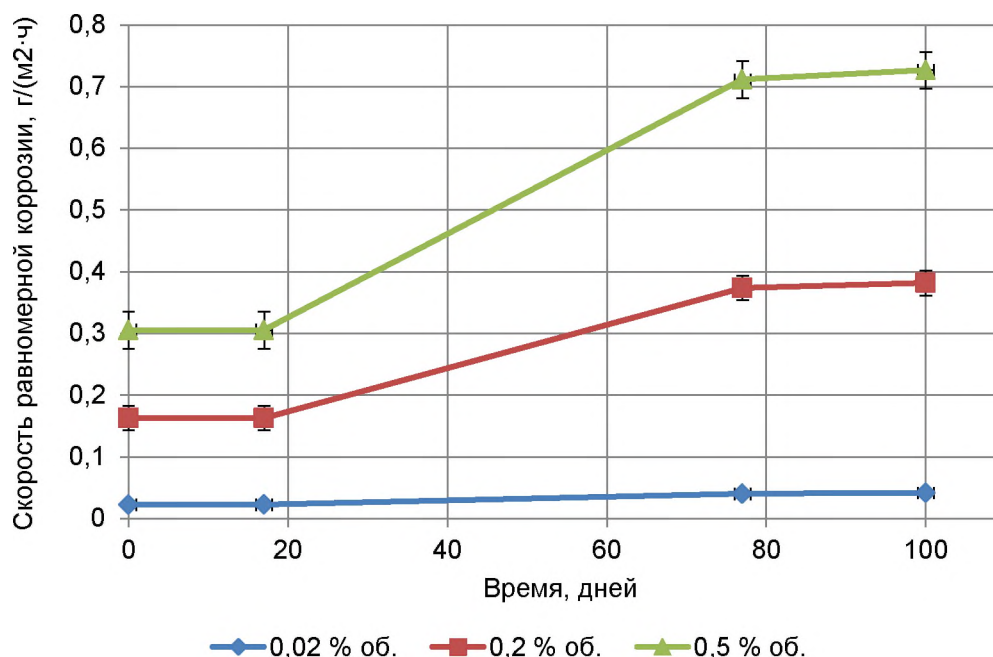


Рис. 2. Изменение скорости равномерной коррозии

Список литературы

1. Popoola L.T., Grema A.S., Latinwo G.K., Gutti B. and Balogun A.S. Corrosion problems during oil and gas production and its mitigation. *International Journal of Industrial Chemistry a SpringerOpen Journal*, 2013, vol. 4, p. 15.

2. Коррозионные пирофорные отложения как промотеры самовозгорания резервуаров с сернистой нефтью / Ю.А. Бейлин [и др.] // *Защита металлов*. 2007. Т. 43. №3. С. 290–295.

3. Бояров А.Н. Механизм формирования и защита от самовозгорания пирофорных отложений в вертикальных резервуарах: дис.... канд. техн. наук: 05.26.03. Уфа, 2010. 129 с.

4. Моделирование тепловых процессов при нагреве пирофорного слоя в резервуаре вертикальном стальном для хранения нефти и нефтепродуктов / А. Г. Азовцев [и др.] // *Технологии техносферной безопасности*. 2018. Вып. 2 (78). С. 43–54. DOI: 10.25257/TTS.2018.2.78.

5. Гоник А.А. Коррозия нефтепромыслового оборудования и меры ее предупреждения. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1976. 192 с.

References

1. Popoola L.T., Grema A.S., Latinwo G.K., Gutti B. and Balogun A.S. Corrosion problems during oil and gas production and its mitigation. *International Journal of Industrial Chemistry a SpringerOpen Journal*, 2013, vol. 4, p. 15.

2. Korroziionnye pirofornye otlozhenija kak promotery samovozgoranija rezervuarov s sernistoj neft'ju / Ju.A. Bejlin [i dr.] [Corrosive pyrophoric deposits as promoters of spontaneous combustion of sulfur oil tanks]. *Zashhita metallov*, 2007, vol. 43, issue 3, pp. 290–295.

3. Bojarov A.N. *Mehanizm formirovanija i zashhita ot samovozgoranija pirofornyh otlozhenij v vertikal'nyh rezervuarah*. Diss. cand. tekhn. nauk [Mechanism of formation and protection against spontaneous combustion of pyrophoric deposits in vertical tanks. Cand. tech. sci. diss.]. Ufa, 2010. 129 p.

4. Modelirovanie teplovyh processov pri nagreve piroforного sloja v rezervuare vertikal'nom stal'nom dlja hranenija nefti i nefteproduktov / A. G. Azovcev [i dr.] [Simulation of thermal processes during heating of the pyrophoric layer in a vertical steel tank for storage of oil and oil products]. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti*, 2018, vol. 2 (78), pp. 43–54. DOI: 10.25257/TTS.2018.2.78.

5. Gonik A.A. *Korrozija neftepromyslovogo oborudovanija i mery ee preduprezhdenija* [Corrosion of oilfield equipment and measures to prevent it]. Moscow, 1976. 192 p.

Азовцев Александр Григорьевич

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

E-mail: asovtsev121@mail.ru

Azovtsev Aleksandr Grigor'evich

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

E-mail: asovtsev121@mail.ru

Сырбу Светлана Александровна

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

E-mail: syrbue@yandex.ru

Syrbu Svetlana Aleksandrovna

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

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: syrbue@yandex.ru

Таратанов Николай Александрович

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

E-mail: taratanov_n@mail.ru

Taratanov Nikolay Aleksandrovich

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

candidate of chemical sciences

E-mail: taratanov_n@mail.ru

УДК 614.841.315

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНОСИЛОКСАНОВ НА ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

М. В. АКУЛОВА¹, А. М. МОЧАЛОВ²

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново

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

E-mail: m_akulova@mail.ru, anton.mochalov.93@mail.ru

В работе описываются преимущества и недостатки утеплителей на основе пенополистирола, предлагается путь решения проблемы его повышенной пожарной опасности, приводятся результаты исследования влияния огнезащитных составов на основе органосилоксанов, на воспламеняемость пенополистирольных плит. Показано, что предлагаемый способ защиты утеплителей на основе пенополистирола существенно увеличивает время их воспламенения, что, в случае пожара, дает возможность для эвакуации людей из здания и снижает пожарные риски.

Ключевые слова: Пожарная безопасность, воспламеняемость пенополистирола, огнезащитные составы, жидкое стекло, органосилоксаны.

ON THE RESULTS OF THE STUDY OF THE EFFECT OF FLAME RETARDANTS BASED ON ORGANOSILOXANES ON THE FLAMMABILITY OF POLYSTYRENE FOAM

M. V. AKULOVA¹, A. M. MOCHALOV²

¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State Politechnical University»,
Russian Federation, Ivanovo

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

E-mail: m_akulova@mail.ru, anton.mochalov.93@mail.ru

The paper describes the advantages and disadvantages of insulants based on polystyrene foam, proposes a way to solve the problem of its increased fire hazard, presents the results of a study of the effect of flame retardants based on organosiloxanes on the flammability of polystyrene plates. It is shown that the proposed method of protection of insulation based on polystyrene foam significantly increases the time of ignition, which, in case of fire, makes it possible to evacuate people from the building and reduces fire risks.

Key words: Fire safety, polystyrene foam flammability, flame retardants, liquid glass, organosiloxanes.

При строительстве зданий приоритетное внимание уделяется снижению расходов средств и ускорению процесса строительства, что достигается путем массового применения легких быстровозводимых ограждающих конструкций и дешевых, но эффективных утеплителей.

В качестве утеплителей широко распространено использование пенополистирольных плит.

Применение пенополистирольных плит при утеплении зданий разнообразно (рис. 1), служит эффективным средством теплоизоляции.

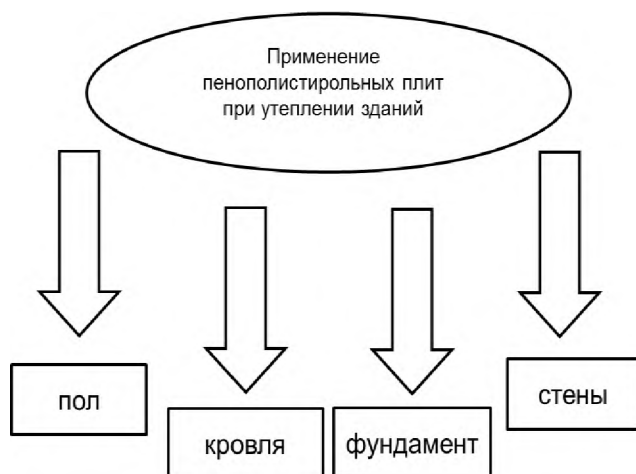


Рис. 1. Сфера применения пенополистирольных плит при утеплении зданий

Пенополистирол обладает положительными свойствами: звукоизоляция, долговечность, влагостойкость, низкий коэффициент теплопроводности, простота в монтаже и креплении [1]. Но помимо положительных свойств пенополистирол обладает отрицательным свойством, которое ограничивает его повсеместное применение – это пожарная опасность. Пожарная опасность пенополистирола приводит к увеличению материального ущерба и гибели людей на пожарах, возникающих в зданиях, где пенополистирол был использован в качестве утеплителя. Пенополистирол относится к группе горючих материалов с высокой дымообразующей способностью и токсичностью продуктов горения.

Как и многие другие органические строительные материалы, пенополистирол может воспламеняться [2]. При оценке пожарной опасности пенополистирольных плит следует учитывать то, что она определяется не только специфическими свойствами материала, но во многом и условиями его применения и использования. Так, проблема пожарной опасности пенополистирола оценивается по двум основным направлениям: опасность собственно горения материала (воздействие температуры и пламени) и опасность продуктов термического разложения и окисления.

Одним из наиболее опасных факторов пожара рассматриваемого материала является повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения. При воздействии на организм продуктов горения при повышенной температуре и пониженной концентрации кислорода могут наблюдаться различные клинические проявления, отражающие, прежде всего, состояние кислородной недостаточности тканей и органов. Вы-

сокая температура повышает чувствительность организма к токсическому воздействию по причине нарушения процессов терморегуляции. Учащение дыхания и сердечных сокращений, увеличение минутного объема дыхания приводят к ускорению абсорбции газо- и паробразных веществ через дыхательные пути и большому поступлению их в кровь [3]. В среднем только 18 % людей при пожаре гибнет от ожогов, остальные — являются жертвами отравления в сочетании с действием стресса, тепла и других поражающих факторов. Статистика показывает, что даже при сравнительно небольшом пожаре в помещении, насыщенном полимерными материалами, происходит быстрая гибель находящихся там людей главным образом от отравления ядовитыми летучими продуктами, соответственно, пенополистирол также относится к полимерным материалам. Описанные негативные свойства пенополистирола иллюстрируют события, произошедшие в г. Пермь, пожар в клубе «Хромая лошадь» унес жизни более 150 человек, большая часть из которых погибли не от воздействия высокой температуры или пламени, а от отравления токсичными продуктами горения.

Согласно [1] все пенополистирольные плиты относятся к горючим материалам.

Линейная скорость распространения огня по поверхности пенополистирола 1 см/сек, что объясняет чрезвычайно высокую скорость распространения огня в зданиях, утепленных пенополистиролом, данное свойство влияет на быстрое распространение пожара в здании, что способствует большому количеству травмированных и погибших, а также приводит к увеличению и материального ущерба. Удельная массовая скорость выгорания пенополистирола марки ПСБ — 2,19 кг/мин*м². Вследствие большой скорости горения пенополистирола и высокой удельной теплоты его сгорания теплота высвобождается при пиковой температуре 1500 °С в относительно малое время. В соответствии с [4] через 2 минуты горения ППС достигается температура 1200 °С.

Горение пенополистирола сопровождается обильным выделением густого дыма (рис. 2). Согласно исследованиям во время испытания материалов при воздействии пламенем горелки на поверхность материала образуется расплав, горящие капли которого можно наблюдать в течение 10-15 секунд на первой-второй минуте эксперимента. Несмотря на то, что остальные значения параметров горючести могут соответствовать значениям параметров, установленных для группы Г1 (вследствие высокой ползучести материала под воздействием пламени), наличие горящих

капель расплава однозначно относит такой материал к группе Г4 (сильногорючие материалы).



Рис. 2. Обильное выделение густого дыма при горении пенополистирола

Воспламенение пенополистиролов происходит при температуре от 220 до 380 °С, тогда как самовоспламенение соответствует температуре 460-480 °С [5].

При испытаниях пенополистирольных плит ПСБ, ПСБ-С в ряде случаев не наблюдалось появление горящих капель расплава, однако по остальным параметрам эти материалы относятся к группам горючести ГЗ или Г4.

Анализ характеристик термодеструкции, полученных по кривым термического анализа, позволяет установить, что все материалы ППС имеют коксовый остаток 2-5 %, высокую скорость терморазложения (до 45 %/мин) в интервале температур 350 ... 500 °С и невысокую скорость тепловыделения. Температура начала интенсивного разложения составляет 320 °С. Это подтверждает то, что материалы имеют одинаковую потенциальную пожарную опасность [6].

Все термопластичные пластмассы в течении трех минут способны воспламеняться от лучистой энергии интенсивностью 19800 Вт/м². При условии защиты пенополистирола гипскокартонной стеной (толщиной 8 мм) и смежной с ней древесноволокнистой плитой, то приблизительно через 22 минуты после начала горения в помещении, появляются условия способствующие самовоспламенению пенополистирольного утеплителя внутри стеновой конструкции [4]. В случае, если пенополистирол защищен асбоцементным листом,

(толщиной 6 мм), то, через 7-8 минут под воздействием лучистой энергии пламени он прогревается до температуры самовоспламенения. В трехслойных железобетонных панелях с утеплителем из ПСБ-С и защитным слоем из мелкозернистого тяжелого бетона толщиной 50 мм, через 15 минут пожара происходит оплавление пенополистирола на значительную глубину, а через 45 минут его полное расплавление.

Таким образом, пенополистирол строительного назначения относится к высокой степени горючести. Самозатухающий пенополистирол также подвержен горению, о свойствах самозатухающего пенополистирола исследователи из Новой Зеландии пишут следующее: «В основном существует две широко используемые марки полистирола: обычная и огнеупорная. Стандартная марка широко используется в упаковочной промышленности. Электронные приборы, такие как компьютеры, телефоны и телевизоры упаковываются для пересылки и распространения с использованием полистирола. Этот продукт легко воспламеняется и хорошо горит, не смотря на то что коэффициент тепловыделения низок так как высоко соотношение воздуха относительно массы полистирола. Это происходит при 285-440°С, когда разлагается или деполимеризуются легковоспламеняющиеся материалы, в том числе горючий стирол. Температура вспышки установлена и находится на уровне 345-360°С, а температура самовоспламенения - 488-496°С.

Огнеупорный тип пенополистирола при воздействии температуры свыше 100°С плавится. При дальнейшем нагревании свыше 200°С, образуются газообразные продукты горения при плавлении. Тем не менее, при такой температуре, как только будет удалён источник зажигания, пенополистирол потухнет сам. Это было показано в ряде небольших испытаний на горючесть и воспламеняемость. Однако Догерти Г. (сотрудник противопожарной службы Южной Австралии) предупреждает, что термин «самозатухающий» – это искажение свойств материала. Огнестойкость придают полимеру путем включения в состав присадок, а не распылением на поверхностное покрытие. Первая линия защиты – это металлический лист строительной панели. Однако, как только она разрушится, огнестойкость материала обеспечивается за счет галогенированных соединений, которые были добавлены в смесь. Они предлагали использовать два способа: во-первых, путем ингибирования свободнорадикальных цепных реакций, участвующих в разложении полимера в горючие газы, а во-вторых, выделением тяжелых галогеносодер-

жащих газов, которые защищают фазу конденсации, препятствуя доступу кислорода и передаче тепла. Наиболее популярным соединением является ароматический бром в довольно небольших количествах (1–2%), а в пене из шариков его процентное содержание может быть снижено до менее чем 1% путем добавления радикальных инициаторов, таких как органические пероксиды. Типичные антипирены включают в себя такие сложные соединения, как гексабромбутеновые и гексабромфенилаллиловые эфиры. Следует отметить, что в таких маленьких пропорциях, эти огнезащитные соединения могут быть легко подавлены в большом пламени и будут замедлять распространение пламени только до тех пор, пока не будут израсходованы. Возможно также, что после длительного периода (годы) воздействия даже небольшого нагревания, огнезащитные соединения теряют свою эффективность. Пенополистирол в конечном итоге будет гореть при условии, что он находится в непосредственной близости к большому источнику зажигания или значительному тепловому потоку не менее 50 кВт/м². Опытная температура воспламенения составляет 320–380°C. В отсутствие условий стандартных испытаний температура самовоспламенения составляет 450–510°C» [12]. Исходя из отчета [12] можно сделать вывод, что и применение самозатухающего пенополистирола не является безопасным.

Существующие марки пенополистирольных плит «обеспечивают» высокую скорость распространения огня при пожаре, кроме того при горении выделяется густой дым и свободный стирол.

Вышеописанные положительные свойства пенополистирола, позволяют назвать его высокоэффективным дешевым строительным материалом, применение которого позволит сократить сроки строительства и сэкономить средства на отопление помещений, однако его отрицательные пожароопасные свойства не позволяют применять пенополистирол безопасно и в необходимых объемах. Авторами статьи ведется работа над разработкой наиболее эффективных огнезащитных составов, позволяющих снизить пожарную опасность, и обеспечить широкое применение пенополистирола.

Для этого была выдвинута гипотеза: применение огнезащитных составов, разработанных на основе органосилоксанов, позволит добиться увеличения времени воспламенения пенополистирольных плит. Несмотря на то, что основным поражающим фактором пенополистирола при его горении является воздействие токсичных продуктов горения, авторы, в первую очередь, делают ставку на увеличение

времени воспламенения материала, так как при положительном результате проведенного исследования пенополистирол либо воспламенится намного позже, чем при применении его в «необработанном» виде, либо не воспламенится вовсе.

Органосилоксаны или силиконы составляют наиболее важную из групп полимеров, в которых основная цепь образована вместо углерода другими элементами [7].

Органосилоксаны с R-Si₂ используются для создания лаковых покрытий и пластических масс, в качестве смол для тепло- и электроизоляции, а также защитных химических покрытий. Стеклоткани, пропитанные силиконовыми смолами, применяются для электроизоляции электрических машин и допускают нагрев до 400 °С. Из смол со стеклотканью изготавливают стеклопластики, которые характеризуются высокой прочностью.

Органосилоксаны могут быть линейного, циклического и разветвленного строения. Все они характеризуются высокой гибкостью и свободой вращения атомных группировок вокруг связей Si - C и Si - O.

Участки разной полярности отдельных силоксановых группировок линейных силоксановых цепей при вращении вокруг связей стремятся расположиться в пространстве так, чтобы дипольные моменты разных группировок были, по возможности, скомпенсированы [8]. В итоге линейные органосилоксаны образуют надмолекулярные структуры. Данное свойство имеет большое значение в практике, оно приводит к тому, что свойства органосилоксанов практически не зависимы к воздействию на них температуры.

Пожарная опасность материалов, применяемых в строительстве, характеризуется свойствами, перечисленными в Федеральном законе¹. Как отмечалось выше, в рамках эксперимента, описанного в данной статье, проведена проверка изменения времени воспламенения пенополистирольных плит, до обработки предложенными составами и после. Остальные показатели пожарной опасности пенополистирола, после его обработки огнезащитными составами, планируется изучить при дальнейшем проведении исследования.

Объектами исследования являются пенопласты, применяемые в строительстве в качестве утеплителей - пенополистиролы типов RAVATHERM XPS STANDARD (ТУ 2244-002-00259620-2013, АО «НИСКО Индастри», д. Крюково, Московская область) и ПСБ-С 15У (ТУ

¹Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

2244-007-04001508-96, СП «ТИГИ KNAUF», г. Красногорск Московской области) изготовленные в соответствии с ГОСТ². Растворы, содержащие водорастворимый этиленсилоксан.

В работе применялся метод снижения пожарной опасности пенополистирола с помощью нанесения на его поверхность защитных растворов, содержащих водорастворимые органосилоксаны. Сущность метода состоит в определении параметров воспламеняемости материала при заданных стандартом уровнях воздействия на поверхность образца лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания. К таким параметрам относятся критическая поверхностная плотность теплового потока (далее-КППТП), а также время воспламенения. После проведения исследования для отнесения материала к той ли иной группе воспламеняемости используют КППТП.

Общий вид установки для испытаний на воспламеняемость приведен на рис. 3.



Рис. 3. Испытательная установка для определения воспламеняемости

Образцы для проведения исследования были подготовлены в соответствии с ГОСТ³ (рис. 4).

Для снижения пожарной опасности пенополистирола его поверхность обрабатывали растворами на основе этиленсилоксана, жидкого стекла и сульфанола в различных концентрациях (5% 10% 2,5%) (табл. 1).

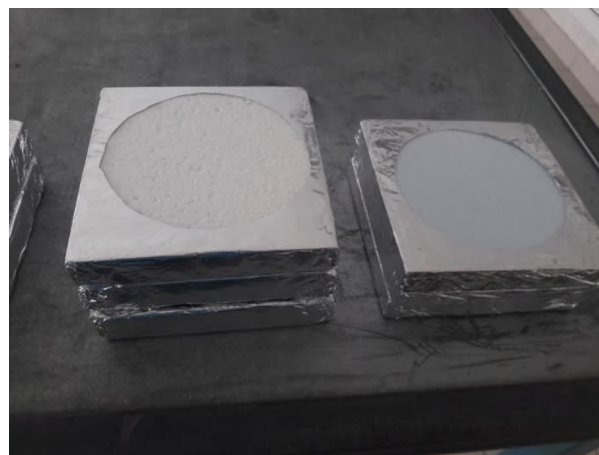


Рис. 4. Образцы для проведения исследования

Подготовленные растворы наносили с помощью кисти на поверхность образцов, затем высушивали в течение суток.

По итогам проведения исследования было выявлено, что все образцы относятся к группе воспламеняемости В3 (легковоспламеняемые), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока менее 20 киловатт на квадратный метр, это связано с большим шагом плотности теплового потока между группами воспламеняемости.

Однако, проанализировав параметры времени воспламенения, температуры начала плавления, изменение массы образцов до и после испытания, а также время самостоятельного горения приведенные в табл. 2 и 3, можно сделать вывод об эффективности нанесенных защитных составов, представленных в табл. 1.

Анализ характеристик, полученных в ходе исследования, позволяет установить, что все огнезащитные составы снижают критерии пожарной опасности, так время воспламенения пенополистирола марки ПСБ-С 15У увеличилось на 58% и составило 284 секунды (рис. 5). Наиболее эффективным оказался состав №3 состоящий из 10% органосилоксана и 1% десятипроцентного раствора сульфанола, время самостоятельного горения пенополистирола RAVATHERM XPS STANDARD обработанного составом №3 снизилось в 10 раз (рис. 6). Также температура начала плавления увеличилась на 10%, температура начала интенсивного разложения составляет 300 °С.

²ГОСТ 15588-2014 Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия.

³ГОСТ 30402-96 Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.

Таблица 1. Составы огнезащитных растворов

| № | 1 состав | 2 состав | 3 состав | 4 состав | 5 состав |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| этиленсилоксан | 5% | - | 10% | - | 2,5% |
| жидкое стекло | - | 5% | - | 10% | 2,5% |
| 10% раствор сульфанола | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| вода | 94% | 94% | 89% | 89% | 94% |

Таблица 2. Воспламеняемость пенополистирола ПСБ-С 15У с нанесенными на поверхность жаростойкими растворами

| | Время воспламенения, с | Температура плавления, °С | Изменение массы, % | Образование горящих капель | Время самостоятельного горения, с |
|---------------|------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Без обработки | 186 | 326 | 48 | - | 1 |
| | 173 | 312 | 49 | - | 1 |
| | 180 | 320 | 52 | - | 2 |
| 1 состав | 244 | 359 | 40 | - | 0 |
| | 246 | 355 | 38 | - | 0 |
| | 250 | 360 | 40 | - | 0 |
| 2 состав | 200 | 330 | 43 | - | 0 |
| | 210 | 326 | 42 | - | 0 |
| | 206 | 333 | 39 | - | 1 |
| 3 состав | 286 | 430 | 35 | - | 0 |
| | 280 | 425 | 30 | - | 0 |
| | 288 | 429 | 32 | - | 0 |
| 4 состав | 220 | 359 | 36 | - | 0 |
| | 236 | 366 | 34 | - | 0 |
| | 250 | 363 | 32 | - | 0 |
| 5 состав | 242 | 350 | 40 | - | 0 |
| | 240 | 355 | 38 | - | 0 |
| | 241 | 360 | 40 | - | 0 |

Таблица 3. Результаты испытаний на воспламеняемость образцов пенополистирола RAVATHERM XPS STANDARD

| | Время воспламенения, с. | Температура плавления, °С | Изменение массы, % | Образование горящих капель | Время самостоятельного горения, с. |
|---------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Без обработки | 150 | 268 | 86 | + | 10 |
| | 154 | 264 | 89 | + | 9 |
| | 157 | 259 | 87 | + | 13 |
| 1 состав | 180 | 290 | 76 | + | 5 |
| | 182 | 299 | 78 | - | 2 |
| | 176 | 289 | 73 | - | 3 |
| 2 состав | 166 | 273 | 80 | + | 6 |
| | 162 | 280 | 80 | - | 7 |
| | 169 | 277 | 79 | + | 4 |
| 3 состав | 217 | 330 | 65 | - | 1 |
| | 218 | 324 | 68 | - | 0 |
| | 222 | 327 | 65 | - | 0 |
| 4 состав | 177 | 290 | 75 | - | 0 |
| | 178 | 291 | 75 | - | 2 |
| | 173 | 290 | 79 | - | 0 |
| 5 состав | 186 | 292 | 73 | - | 1 |
| | 186 | 301 | 76 | - | 0 |
| | 190 | 299 | 70 | - | 2 |

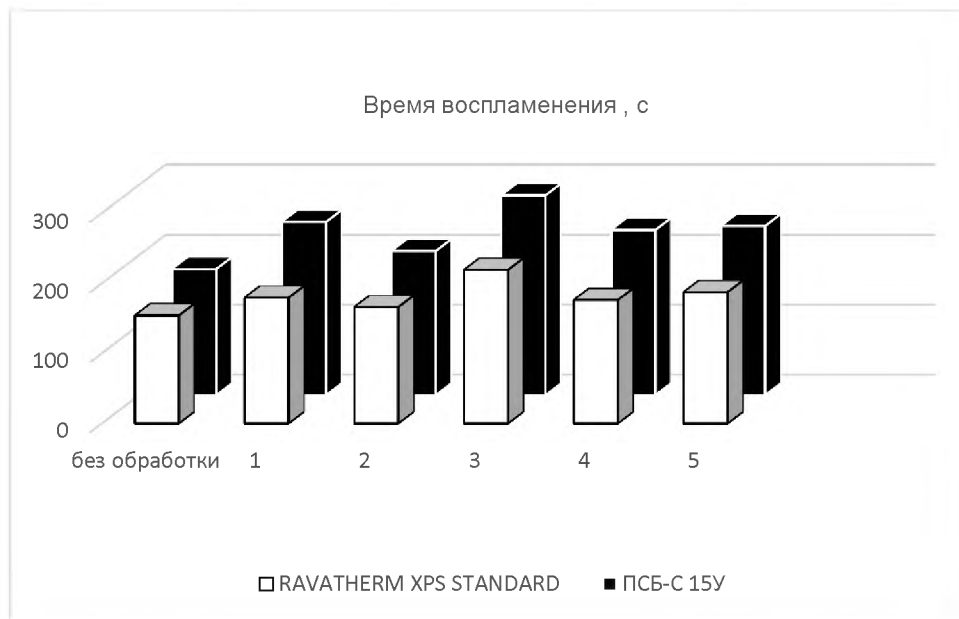


Рис. 5. Время воспламенения пенополистирола исследуемых марок

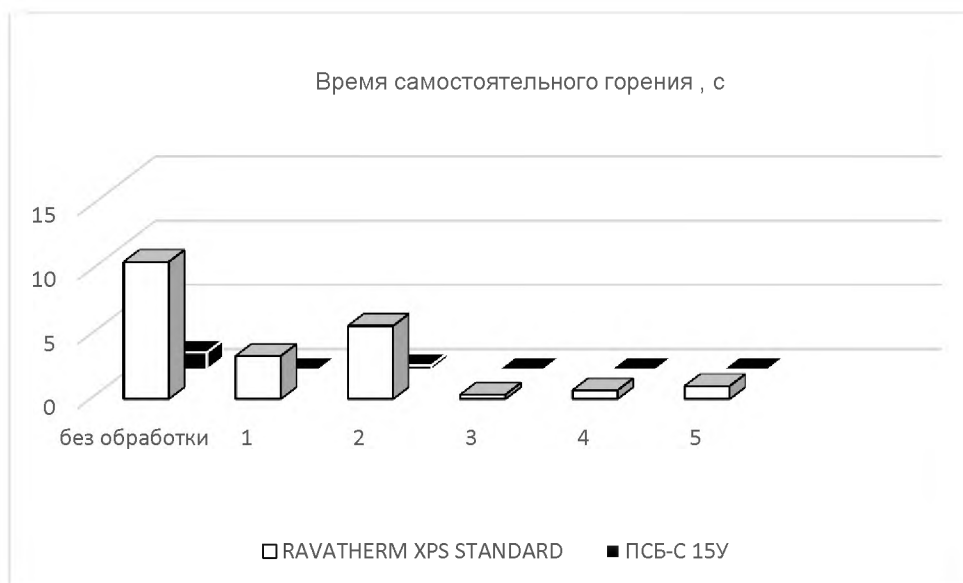


Рис. 6. Время самостоятельного горения пенополистирола исследуемых марок

Таким образом, по итогам проведенного исследования можно сделать вывод, о том, что предложенный огнезащитный состав при использованной методике его нанесения является действенным способом для защиты пенополистирольных плит от воздействия пламени. При этом, следует учитывать, что применение предложенного огнезащитного состава не вли-

яет на изменение группы воспламеняемости пенополистирола, однако происходит время увеличения воспламенения пенополистирольной плиты, что может увеличить время для эвакуации людей из здания, в котором начался пожар. По результатам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что выдвинутая гипотеза подтвердилась.

Список литературы

1. Свойства пенопласта. URL: <http://stkpenoplast.ru/Polystyrene/Properties.html/> (дата обращения 09.03.2019).
2. Акулова М. В., Мочалов А. М., Лебедев Д. В., Родионов Е. Г. О безопасности самозатухающего пенополистирола // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Иваново 20–21 сентября 2017 года. Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2017. С. 9–12.
3. Корольченко А. Я., Трушкин Д. В. Пожарная опасность строительных материалов. М.: «Пожнаука», 2005. 232 с.
4. Гуюмджян П. П., Коканин С. В., Пискунов А. А. О пожароопасности полистирольных пенопластов строительного назначения // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. №8. С. 4–8.
5. Серков Б. Б., Фирсова Т. Ф. Здания и сооружения. М.: ИНФРА-М, 2019. 168 с.
6. Етумян А. С., Молчадский А. И. Пожарная опасность теплоизоляционных материалов из пенополистирола // Пожаровзрывобезопасность. 2006. №6 С. 66–68.
7. Четфилд Х. В., Воложинский Л. А., Гольдберг М. М. Лакокрасочные покрытия. М.: Химия, 1968. 640 с.
8. Воронков М. Г., Милешкевич В. П., Южелевский В. А., Силоксановая связь. Новосибирск, 1976:

References

1. *Svoystva penoplasta* [Properties of foam]. URL: <http://stkpenoplast.ru/Polystyrene/Properties.html/> (дата обращения 09.03.2019).
2. Akulova M. V., Mochalov A. M., Lebedev D. V., Rodionov E. G. O bezopasnosti samozatuhajushhego penopolistirola [On the safety of self-extinguishing polystyrene foam]. *Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tehnologii*, 2017, pp. 9–12.
3. Korol'chenko A. Ja., Trushkin D. V. *Pozharnaja opasnost' stroitel'nyh materialov* [Fire hazard of building materials. Textbook]. Moscow, 2005. 232 p.
4. Gujumdzhjan P. P., Kokanin S. V., Piskunov A. A. O pozharoопасности polistirol'nyh penoplastov stroitel'nogo naznachenija About the fire danger of polystyrene foams for construction purposes]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2011, vol. 20, issue 8, pp.4–8.
5. Serkov B. B., Firsova T. F. *Zdanija i sooruzhenija* [Buildings and structures]. Moscow, 2019. 168 p.
6. Etumjan A. S., Molchadskij A. I. *Pozharnaja opasnost' teploizoljacionnyh materialov iz penopolistirola* [Fire hazard of thermal insulation materials from polystyrene foam]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2006, issue 6, pp. 66–68.
7. Chetfild H. V., Volozhinskij L. A., Gol'dberg M. M. *Lakokrasochnye pokrytija* [Paint coating]. Moscow, 1968. 640 p.
8. Voronkov M. G., Mileshkevich V. P., Juzhelevskij V. A., *Siloksanovaja svjaz'* [Siloxane bond]. Novosibirsk, 1976.

Акулова Марина Владимировна

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, профессор

E-mail: m_akulova@mail.ru

Akulova Marina Vladimirovna

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State Polytechnical University»,

Russian Federation, Ivanovo

Doctor of Technical Sciences, Professor

E-mail: m_akulova@mail.ru

Мочалов Антон Михайлович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: anton.mochalov.93@mail.ru

Mochalov Anton Mikhailovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State

Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of

Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

Teacher

E-mail: anton.mochalov.93@mail.ru

УДК 159.9.072.43+612.017

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ УСПЕШНОСТИ И ЕЕ ГЕНДЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЛЯ КУРСАНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЧС РОССИИ

С. В. КОРОЛЕВА, Ю. С. МИГУНОВА, П. В. ДАНИЛОВ

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

Качественная подготовка специалистов экстремального профиля, эффективная их деятельность и профессиональное долголетие невозможны без разработки персонализированных программ, основанных на раннем выявлении дезадаптации. Продуктивные способы реагирования на стресс – значимая составляющая профессионализации в оптимальном «коридоре» адаптации. Новизна исследования заключается в выявлении и обосновании маркеров непродуктивного реагирования на стрессогенные ситуации, и на их основе – разработке комплексной модели профессиональной успешности курсантов вуза МЧС России. Для исследования было обследовано 84 курсанта – 45 человек 4 года обучения (18 девушек и 27 юношей), 39 – 5-го (17 девушек, 22 – юношей). Использован копинг-теста Лазаруса, адаптированный Т.Л. Крюковой с соавт. (2004). В качестве внешнего критерия успешности приняты оценки по профильным дисциплинам выпускающей кафедры. Используются стандартные методы медико-биологической статистики непараметрического распределения, в том числе, дискриминантный анализ для построения модели. Впервые проанализированы копинг-стратегии у курсантов вуза МЧС России, а также выявлены гендерные особенности, что позволило предложить унифицированную модель профессиональной успешности для оптимального практико-ориентированного обучения.

Установлена значимость объективной оценки копинг-поведения с обоснованием наиболее целесообразного периода для формирования профессиональных компетенций – 4 года обучения. Значимость технологии для курсантов женского пола обусловлена искажением на ранних этапах адаптации структуры стратегий совладания со стрессом.

Ключевые слова: копинг-стратегии; МЧС России; образовательные организации; профессионализация; успешность обучения; дезадаптация; курсанты; курсанты женского пола; совладающее поведение; стрессогенные условия.

PSYCHOPHYSIOLOGICAL MODEL OF PROFESSIONAL SUCCESS AND GENDER ASPECTS FOR THE STUDENTS OF THE EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF EMERCOM OF RUSSIA

S. V. KOROLEVA, Yu. S. MIGUNOVA, P. V. DANILOV

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

High-quality training of specialists of an extreme profile, their effective activity and professional longevity are impossible without development of the personified programs based on early identification of disadaptation. Productive ways of response to a stress – a significant component of professionalizing in optimum "corridor" of adaptation. The novelty of a research consists in identification and justification of markers of unproductive response to stressogenny situations, and on their basis – development of complex model of professional success of cadets of higher education institution of Emercom of Russia. For a research 84 cadets – 45 people 4 years of training (18 girls and 27 young men), 39 - the 5th were examined (17 girls, 22 - the young man). It is used Lazarus's koping-test, adapted by T.L. Kryukova et al. (2004). As external criterion of

success estimates on profile disciplines of the releasing department are accepted. Standard methods of medicobiological statistics of nonparametric distribution, including, the discriminant analysis for creation of model are used. Coping-strategy at cadets of higher education institution of Emercom of Russia are for the first time analysed and also gender features are revealed that allowed to offer the unified model of professional success for optimum praktikooriyentirovanny training.

The importance of objective assessment of coping-behavior with justification of the most expedient period for formation of professional competences – 4 years of training is established. The importance of technology for female cadets is caused by distortion at early stages of adaptation of structure of strategy of mastering a stress.

Key words: coping strategies; EMERCOM of Russia; educational organizations; professionalization; success of training; maladaptation; cadets; female cadets; coping behavior; stress conditions.

Одной из важных проблем социальной психологии, как известно, является проблема профессиональной деятельности и подготовка к ней. Принципиальное звучание она приобретает по отношению к видам деятельности, которые отличаются высокой социальной значимостью. К одному из таких видов деятельности относится служба в МЧС России. Существенное значение имеют оптимальные социально-психологические условия сопровождения специалистов экстремального профиля во время их учебно-служебной деятельности. В процессе своей профессиональной деятельности специалисты пожарной безопасности вынуждены иметь дело с различными стрессовыми факторами психологического и физического характера. Поэтому важным представляется своевременное предупреждение и профилактика возникновения непродуктивных способов реагирования будущих специалистов на ситуации, связанные со стрессогенными факторами, и выработка у них продуктивных поведенческих механизмов, что оптимизирует и персонализирует программы подготовки в оптимальном «коридоре» адаптации, способствуя высокой эффективности деятельности и профессиональному долголетию.

В данном контексте интересным представляется исследование структуры совладающего поведения у курсантов образовательных организаций высшего образования МЧС России в процессе их обучения для нахождения сензитивных периодов для психофизиологического, учебного и воспитательного воздействия. При этом нельзя нивелировать данные о наличии биологически детерминированных половых различий между курсантами женского и мужского полов, обуславливающих особенности адаптивного поведения как в обычных, так и в стрессогенных условиях [1, 2]. В частности, женщины, по сравнению с мужчинами, склонны к накоплению ресурсов, более пластичны, но менее лабильны при воздействии стресса [3, 4, 5]. Восстановление нарушенных адаптационных и компенсаторных возможно-

стей организма у мужчин протекает быстрее, но одинаковый уровень воздействия психотравмирующих факторов боевых действий вызывает равную частоту возникновения ПТСР (посттравматического стрессового расстройства) [6, 7].

Особенностью обучения в образовательных организациях МЧС России является его практикоориентированность (моделирование условий пожара, значительные физические нагрузки, воздействие открытого огня и т.д., и на этой основе – формирование профессиональных умений и навыков). Но в системе сопровождения обучения практически отсутствуют технологии, направленные на диагностику дезадаптивных состояний, а имеющиеся критерии профессионального отбора рассчитаны, в первую очередь, на мужчин. Очевидна зависимость формирования адаптации к экстремальным условиям деятельности от индивидуальных особенностей личности курсанта вуза [8]. Первые 2–3 года – период наибольшей уязвимости в отношении развития дезадаптации, проявляющейся в неуспеваемости и в манифестации скрытых соматических и психофизиологических расстройств, несовместимых с дальнейшим обучением [9]. На завершающем этапе обучения появляется возможность оценить успешность профессионализации. Очевидно, что стартовые возможности мужчин и женщин по окончании вуза одинаковы, но не определяют карьерный рост, что составляет резерв развития предлагаемой технологии.

Одной из наиболее интересных методик исследования поведенческих феноменов реагирования на стресс является изучение личностных копинг-стратегий, малоизученных у обучающихся вузов МЧС России [10,11,12]. Основоположники исследования данного вопроса – психологи С. Фолкман [13] и Р. Лазарус [14], – определяли копинг-стратегии как когнитивные и поведенческие усилия, необходимые отдельному индивиду для снижения стрессового влияния с целью

урегулирования взаимоотношений с окружающей действительностью. Т.Л. Крюкова обозначает копинг-поведение, как осознанную стратегию действий, направленную на лучшую адаптацию человека к требованиям ситуации и помогающую преобразовать ее в соответствие со своими намерениями, либо выдержать, изменить которые человек не может [15]. В исследовании мы также опирались на труды Л.И. Анциферовой [16,17], Л.И. Дементия [18], Ч. Карвера [19], М.М. Кашапова [20], Г.С. Корытовой [21], которые также занимались изучением совладающего поведения.

Таким образом, сформулирована цель исследования – разработать социально-психологическую модель профессиональной успешности специалистов экстремально-го профиля на основе копинг-стратегий и установить сензитивный период для психофизиологического, учебного и воспитательного воздействия; рассмотреть гендерные особенности формирования копинг-стратегий на завершающем этапе профессионального обучения в образовательных организациях высшего образования МЧС России.

В исследовании приняли участие 84 курсанта – 45 человек 4 года обучения (18 девушек и 27 юношей), 39 – 5-го (17 девушек, 22 – юношей). Группы 4 и 5 курсов не различались достоверно по полу и возрасту, все обучающиеся были полностью информированы об особенностях обследования. Средний возраст составил $20,4 \pm 0,3$ года. Результаты обработаны стандартными методами медико-биологической статистики [22, 23]. Учитывая относительно небольшое число респондентов в выборке, для проведения описательного, дисперсионного и корреляционного анализов применялись методы непараметрической статистики (F-тест для сравнения двух совокупностей, тест Манна-Уитни, 2-выборочный тест Колмогорова-Смирнова, ранговая корреляция R Спирмена, Тау Кендалла, Гамма). Уровень значимости принят 0,95 ($p=0,05$ и меньше). Для построения модели использован дисперсионный анализ на платформе SPSS 23.

Диагностика совладающего поведения была проведена с использованием копинг-теста Р. Лазаруса, адаптированным Т.Л. Крюковой, Е.В. Куфтяк, М.С. Замышляевой в 2004 г. В качестве внешнего критерия успешности обучения приняты оценки зимней сессии на 4 и 5 гг. обучения по профильным дисциплинам выпускающей кафедры – Государственный надзор.

В предыдущих исследованиях нами были определены наиболее профессиональ-

но значимые копинг-стратегии [24,25, 26,27,28,29], способствующие профессиональной адаптации обучающихся в вузах МЧС России. Такими копинг-стратегиями явились: самоконтроль (усилия по регулированию своих чувств и действий); планирование решения проблемы (произвольные проблемно-фокусированные усилия по изменению ситуации, включающие аналитический подход к проблеме); положительная переоценка (усилия по созданию положительного значения с фокусированием на росте собственной личности) [15, 30]. Исследование показало, что именно эти копинг-стратегии у курсантов вуза МЧС России могут чаще всего находиться в напряженном дезадаптивном состоянии.

В качестве технологий совладания со стрессом на ранних стадиях адаптационного периода к обучению курсанты используют: бегство-избегание (мысленное стремление и поведенческие усилия, направленные на бегство или избегание проблемы); поиск социальной поддержки (поиск информационной, действенной и эмоциональной поддержки). При этом на рассматриваемом периоде становления специалистов экстремально-го профиля сильные коррелятивные взаимосвязи обратной направленности установлены у копинга «Бегство/избегание» и «Планирование решения проблемы» [31, 24]. То есть при увеличении обращений к копингу бегство-избегания у обучающихся первых курсов теряется (не формируется) способность анализировать ситуацию с целью ее самостоятельного разрешения.

Критическим периодом формирования профессионально значимых психофизиологических характеристик у обучающихся является 3 год обучения. Также можно отметить, что именно на данном году обучения в образовательной программе присутствует максимальный объем учебных дисциплин профессиональной направленности [3,24]. Поэтому можно рассматривать 4 и 5 год обучения как содержащий информацию о заключительном этапе формирования профессиональных качеств молодых специалистов пожарной безопасности, в том числе, с точки зрения присутствия у них выбранных стратегий совладающего поведения. Половая дифференциация в выборе копинг-стратегий у обучающихся 4 и 5 годов не выявлена (таблица).

Однако можно отметить, что вклад в структуру совладающего поведения у мужчин и женщин различен. На диаграмме (рис. 1) показана рассматриваемая копинг-структура.

Таблица. Показатели копинг-стратегий у курсантов мужского и женского пола 4 и 5 годов обучения

| Год обучения | девушки | | * | юноши | | * |
|-------------------------------|---------|--------|------|--------|--------|------|
| | 5 курс | 4 курс | | 5 курс | 4 курс | |
| Конфронтация | 9 | 9 | 0,60 | 9 | 9 | 0,84 |
| Дистанцирование | 9 | 10 | 0,37 | 9 | 8 | 0,57 |
| Самоконтроль | 13 | 12,5 | 0,73 | 13 | 13 | 0,48 |
| Поиск социальной поддержки | 13 | 11,5 | 0,29 | 11 | 10 | 0,95 |
| Принятие ответственности | 8 | 8 | 0,86 | 6,5 | 7 | 0,20 |
| Бегство/избегание | 11 | 9,5 | 0,60 | 8 | 8 | 0,88 |
| Планирование решения проблемы | 13 | 13,5 | 0,76 | 13 | 14 | 0,29 |
| Положительная переоценка | 13 | 13 | 0,37 | 11,5 | 11 | 0,86 |

Примечание - * достоверность различий между показателями 4 и 5 курса

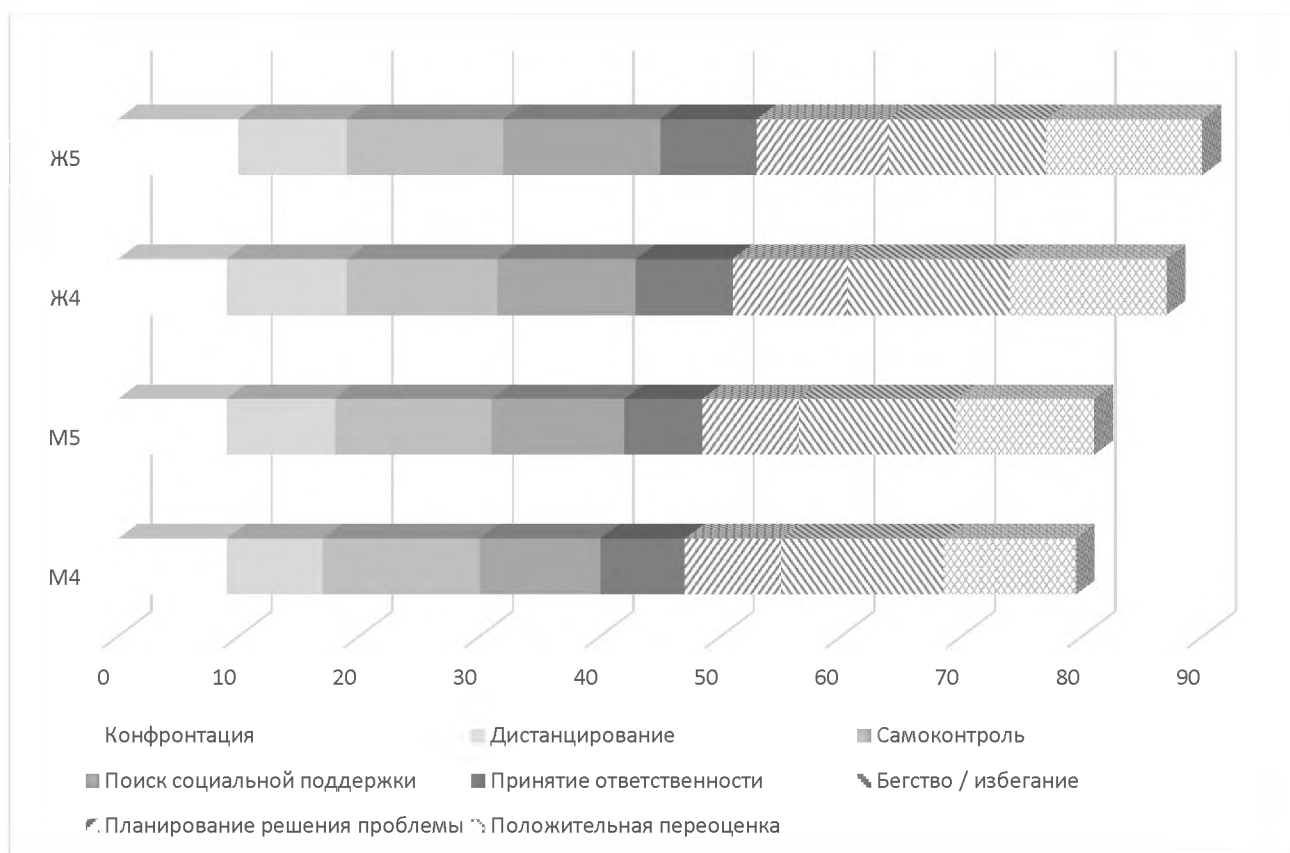


Рис. 1. Копинг-портреты мужчин (м) и женщин (ж) 4 и 5 лет обучения

Основной вклад в повышение риска дезадаптации у девушек вносят напряженные копинги «Поиск социальной поддержки» и «Бегство/избегание», «сохранившиеся» от ранней стадии адаптации, а также «Положительная переоценка», которая может спровоцировать иллюзорный взгляд на действительность. Из этого следует, что для девушек-курсантов характерны проблемы, связанные с несформированностью чувства ответственности за результат своей деятельности. Это явление может быть связано с излишней опекой

девушек-курсантов и снисходительным к ним отношением при распределении задач в учебном подразделении. Важно вовремя распознавать и корректировать возникновение данных негативных явлений в поведении специалистов женского пола для более продуктивной подготовки их к профессиональной деятельности. В профессиональной деятельности социальная поддержка может быть тесно сопряжена с необходимостью принятия решений, в том числе, не соответствующих мнению референтных лиц. Такой выбор для женщин всегда со-

проводится дополнительной стрессогенной нагрузкой.

Для оценки динамики формирования профессионально значимых копингов у девушек-курсантов на завершающем этапе обучения был проведен корреляционный анализ.

Результаты взаимосвязи копинг-стратегий с решением задач профессионального порядка – планирование и решение задач по предназначению, умение контролировать себя и ситуацию, способности провести анализ и выделить проблемные вопросы, – представлены на диаграмме (рис. 2).

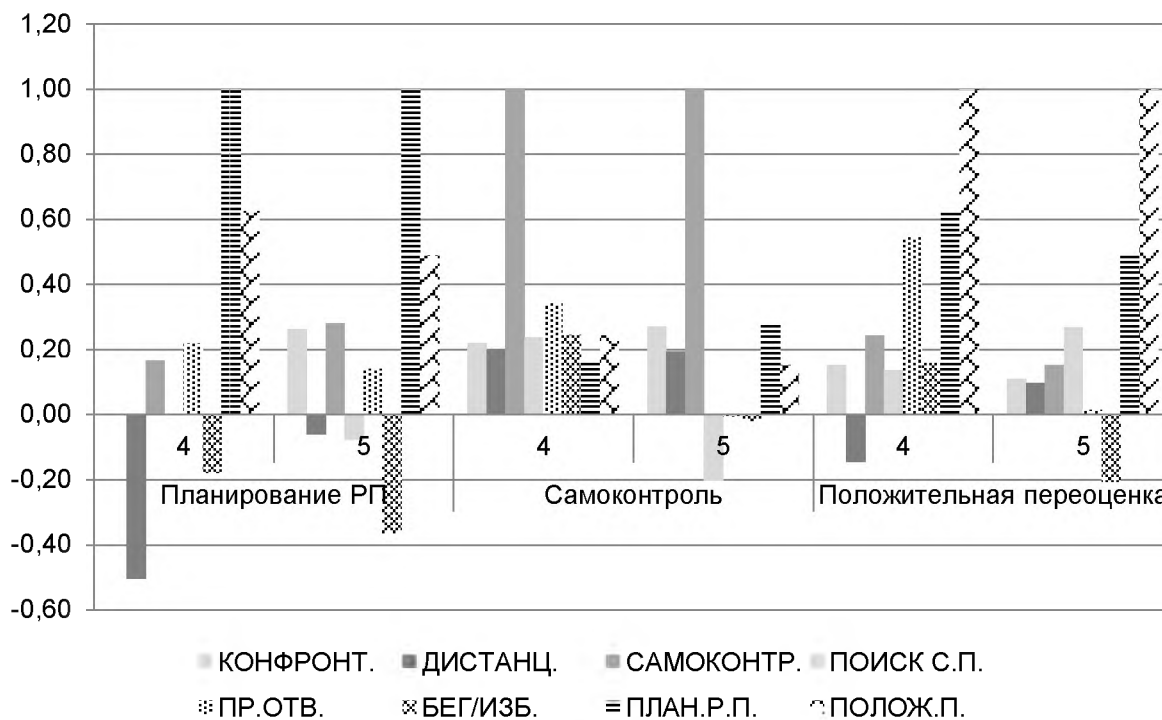


Рис. 2. Результаты корреляционного анализа копингов девушек-курсантов 4 и 5 курсов

Достаточно наглядно продемонстрировано, что в течение последних 2 лет обучения продолжается становление продуктивных психофизиологических механизмов реагирования на стресс, которые выражаются в поведенческих паттернах совладания с ситуацией. У курсантов женского пола на 4-5 гг. обучения выявлены устойчивые однонаправленные взаимосвязи между копингами «Положительная переоценка», с одной стороны и «Планирование решения проблемы» ($R=+0,53$, $p=0,022$ для 4 курса и $R=+0,51$, $p=0,039$) и «Принятие ответственности» (Корреляция Спирмена $R = +0,46$, $p = 0,058$; Тау Кендалла = $+0,35$, $p = 0,042$; Гамма = $+0,40$) – с другой стороны. Такое сочетание свидетельствует об устойчивой тенденции формирования умения извлекать опыт из новых знаний и умений, привлекать к решению профессиональных задач свой предыдущий опыт и за счет этого снижать стрессогенную нагрузку в профессиональной деятельности, способность к анализу собственных ошибок и принятия решения, опираясь на имеющийся опыт. Поэтому, поддержи-

вая развитие непродуктивного копинга положительной переоценки, высока вероятность развития продуктивных для исследуемой профессиональной деятельности копингов планирования решения проблемы и принятия ответственности. Также отличительной чертой для 4 курса можно отметить наличие достоверной обратной направленности средней по силе корреляционной взаимосвязи между копингами «Планирование решения проблемы» и «Дистанцирование» (Корреляция Спирмена $R=-0,47$, $p=0,048$; Тау Кендалла = $-0,37$, $p=0,034$, Гамма= $-0,50$ при заданном уровне значимости). С точки зрения формирования специалиста, на 4 году обучения следует предусмотреть возможность увеличения коллективных форм занятий, с возможностью отработки навыков коллективного принятия решения для профилактики возникновения ошибок индивидуальных решений у курсантов женского пола. Способность опираться на имеющийся опыт в профессиональной сфере и принимать ответственное решение – важная составляющая специалиста экстремального профиля.

Отдельно проведен анализ копингов, внесших более значимый «вклад» в копинг-структуру курсантов женского пола. К основному анализу приняты три наиболее напряженных по результату исследования копинга – «Поиск социальной поддержки» (ПСП), «Бегство/избегание» и «Положительная переоценка» (ПП). Полученные результаты для обоих курсов сведены в диаграмму (рис. 3).

Исследование показало, что более организованная структура копинг-стратегий характерна для обучающихся 4 курса. На 5 году обучения у курсантов женского пола при заданном уровне значимости выявлена только одна достоверная взаимосвязь между копингами «Поиск социальной поддержки» и «Бегство/избегание» – корреляция Спирмена $R = +0,71$, $p = 0,001$; Тау Кендалла = $+0,57$, $p = 0,001$; Гамма = $+0,63$.

Однонаправленность изменений свидетельствует, что копинг избегания проблем не используется в качестве технологии снижения стрессогенности других стратегий. Частая опора девушек-курсантов на мнение коллектива при необходимости принимать решения может быть опять же интерпретирована как уход от ответственности и желание снизить дополнительную стрессовую нагрузку. Данные

результаты характерны для курсанток 5 года обучения.

Для девушек 4 года обучения копинг-стратегия «Бегство/избегание» выявила достоверную однонаправленную взаимосвязь с копингами «Конфронтации», «Дистанцирования» и «Поиска социальной поддержки». Таким образом, процесс профессионализации на 4 году обучения претерпевает значительные изменения и находится в своеобразном «поиске». В случае необходимости принятия оперативного решения в короткий срок в экстремальных условиях профессиональной деятельности копинг «Конфронтации» отражает принцип единоначалия и при грамотном управлении способствует быстрому реагированию, даже за счет принятия решений, которые не всегда соответствуют коллективному мнению.

С целью конструирования модели профессиональной успешности на основе копинг-стратегий был проведен дискриминантный анализ, показавший высокий уровень достоверности (75%) построенной функции и значимые различия по успешности обучения между юношами и девушками. Однако различия копинг-стратегий при значимости ($p=0,003$) не выявлены.

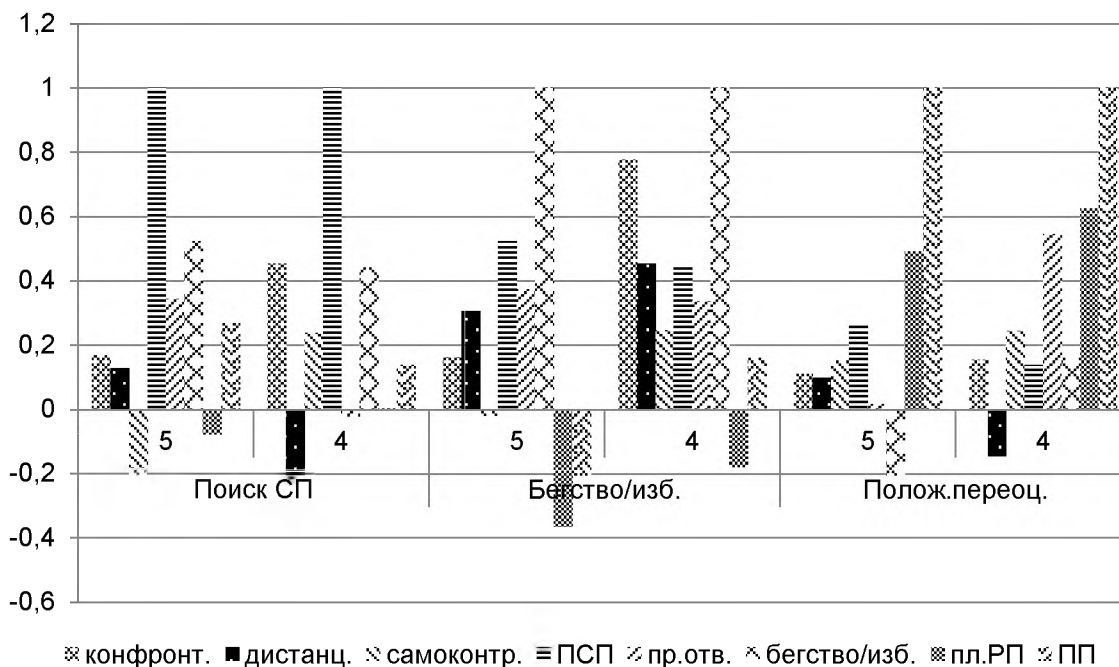


Рис. 3. Корреляционные взаимосвязи выявленных дезадаптивных копинг-стратегий у девушек-курсантов 4 и 5 курсов

Анализ проводился на респондентах 4 года обучения академии. Наиболее значимым оказался коэффициент стандартизованной канонической дискриминантной функции у копинга «Планирование решения проблемы» ($p=0,048$), на уровне устойчивой тенденции – «Дистанцирование» ($p=-0,088$) и «Поиск социальной поддержки» ($p=0,062$).

$$D_4^1 = -2,954 + 2,457x_1 + 0,018x_2 + 0,40x_3 + 0,314x_4 - 0,36x_5 - 0,115x_6 + 0,025x_7 - 0,110x_8 - 0,184x_9 \quad (1)$$

$$D_4^2 = -2,537 - 0,301x_1 - 0,231x_2 - 0,098x_3 + 0,157x_4 + 0,270x_5 - 0,066x_6 + 0,346x_7 + 0,391x_8 - 0,261x_9 \quad (2)$$

где x_1 – пол (1-м, 2-ж), x_2 – показатель по копингу «Планирование решения проблемы», x_3 – «Положительная переоценка», x_4 – «Конфронтация», x_5 – «Дистанцирование», x_6 – «Самоконтроль», x_7 – «Поиск социальной поддержки», x_8 – «Принятие ответственности», x_9 – «Бегство/избегание».

Выявленная формула позволяет с высокой вероятностью спрогнозировать успешность освоения профессиональных компетенций обучающимися образовательных организаций высшего образования МЧС России. Успешность будет определяться через показатели, которые отображены в координатах точки на системе координат (D1; D2).

Отличительной чертой обучающихся с высоким средним баллом является ненапряженность копинга «Поиск социальной поддержки». В окончательном виде формула «успешности» для 4(D4) курса по двум функциям принимает вид (1), (2):

На рис. 4 изображены центроиды – «3», «4», «5» (точки, определяющие центр разброса показателей успешности в зависимости от балла успеваемости освоения профессиональных компетенций). В зависимости от приближенности найденной точки к определенному центроиду, мы можем прогнозировать успешность рассматриваемого курсанта: «3» - базовый уровень освоения профессиональных компетенций; «4» – базовый расширенный или «5» – повышенный уровни освоения. Таким образом, на рассчитанном графике канонических дискриминантных функций строим точку по полученным функциям D1 и D2, и на их пересечении получаем искомое значение «успешности».

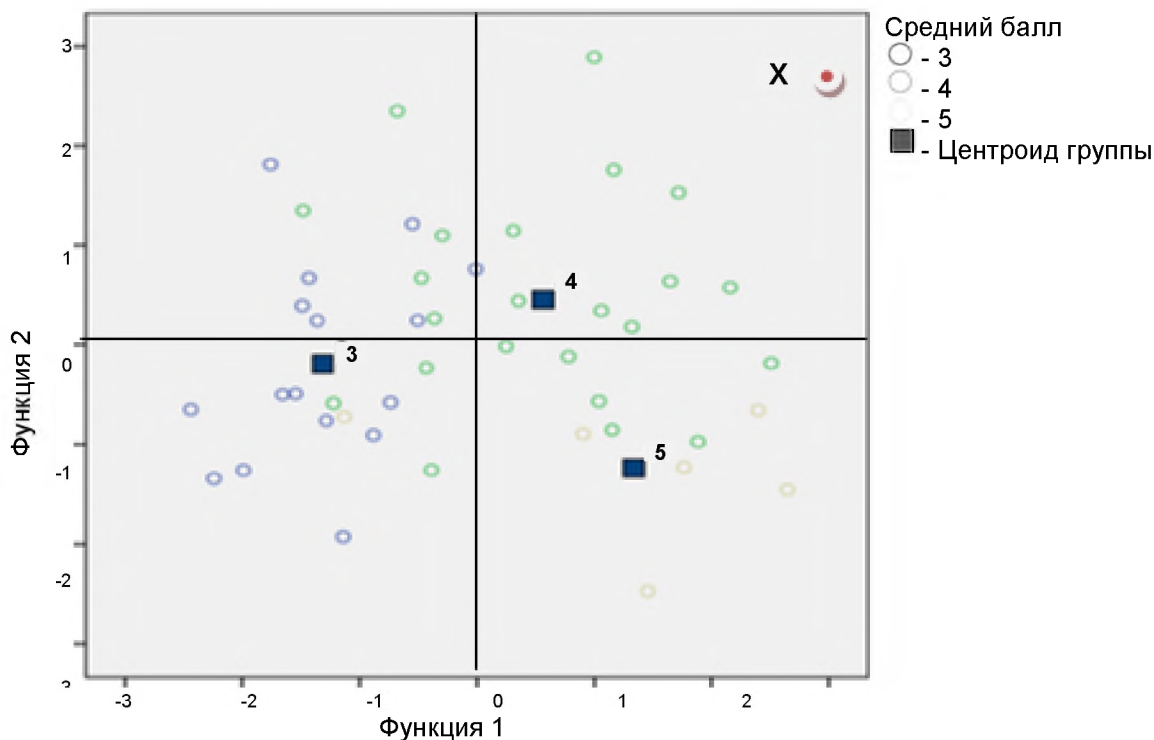


Рис. 4. Канонические дискриминантные функции с отметкой «X» респондента

Проверяем действенность модели. Подставляем полученные значения копингов у респондента X (№41 на ослепленном списке). $D1=+3,1342$, $D2=+2,439$. С высокой степенью достоверности данный респондент получает оценку «Хорошо». Полученный результат совпадает с результатами внешней экспертной оценки.

Подведем итоги проведенного исследования:

1. Копинг-поведение обучающихся образовательных организаций высшего образования МЧС России, чья деятельность связана с постоянным психофизиологическим напряжением, является профессионально важным социально-психологическим показателем их адаптации к условиям службы и обучения.

2. Наиболее сензитивный период для психолого-педагогического и воспитательного воздействия на будущих специалистов с целью формирования профессиональных компетенций и профессионально важных качеств – 4 год обучения.

3. Особое внимание в исследовании было обращено на курсантов женского пола в виду искажения на ранних этапах адаптации структуры стратегий совладания со стрессом.

4. Была определена модель профессиональной успешности на основе копинг-стратегий с помощью дискриминантного анализа.

Список литературы

1. Алексанин С. С. Состояние здоровья и медико-психологическое сопровождение профессиональной деятельности спасателей МЧС России в чрезвычайных ситуациях: дис. ... д-ра мед. наук. СПб., 2007. 499 с.

2. Троицкая Е. А. Стили совладающего поведения в юношеском возрасте // Вестник московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки. 2017. №785. С. 170–184.

3. Авитисов П. В., Королева С. В. К вопросу применения маркеров профессиональной адаптации в оценке готовности к работе в чрезвычайной ситуации обучающихся вуза МЧС России // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2018. № 1 (36). С. 88–96.

4. Жуков Д. А. Стой, кто ведет? Биология поведения человека и других зверей: в 2 т.; 3-е изд. М.: Альпина нон-фикшн. 2016. Т. 2. 368 с.

5. Юсупов В. В., Кузина Р. Х., Перфилова О. В. Проблемы профессиональной адаптации женщин-военнослужащих. СПб.: «АЙ-СИНГ», 2009. 116 с.

6. Maguen Sh. Gender Differences in Mental Health Diagnoses Among Iraq and Afghanistan Veterans Enrolled in Veterans Affairs Health Care, Sh. Maguen // *Am J Public Health*, 2010, vol. 100, issue 12, pp. 2450–2456.

7. Pereira A. Combat trauma and the diagnosis of post-traumatic stress disorder in female and male veterans / A. Pereira // *Mil Med*, 2002, vol. 167, issue 1, pp. 23–27.

8. Волкова М. Г. Адаптация курсантов военного вуза в условиях изменения социальной среды: дис. ... канд. психол. наук. Ярославль, 2003. 239 с.

9. Формирование психосоматических заболеваний у военнослужащих женского пола в процессе образования в Военно-медицинской академии / Н. В. Зеленина Н. В. [и др.] // Вестн. Росс. воен-мед. акад. 2015. № 4 (52). С. 133–138.

10. Ашанина Е. Н. Ведущие копинг-стратегии и психодиагностические технологии оценки и прогноза копинг-поведения сотрудников ГПС МЧС России // Вестник психотерапии. СПб, 2007. №24 (29). С. 30–33.

11. Ашанина Е. Н. Психология копинг поведения сотрудников государственной противопожарной службы МЧС России (концепция, модель, технологии): дис... д-ра психол наук. СПб., 2011. 240 с.

12. Борисова И. В., Нутрикова М. А., Цыганкова Т. Н. Взаимосвязь показателей интеллекта и стратегий копинг-поведения студентов // Казанский педагогический журнал. 2018. №1 (126) С. 161–166

13. Folkman S., Lazarus R. S. Coping and emotion // *Stress, Appraisal and Coping*. New York, 1991. Pp. 207–227.

14. Lazarus R. S., Folkman S. The concept of coping emotion // *Stress, Appraisal and Coping*. New York, 1991. Pp. 189–206.

15. Крюкова Т. Л., Куфтяк Е. В. Опросник способов совладания (адаптация методики WCQ) // Журн. практического психолога. 2007. № 3. С. 93–112.

16. Анцыферова Л. И. Личность в трудных жизненных условиях: переосмысление, преобразование и психологическая защита // Психологический журн. 1994. Т. 15. № 1. С. 3–18.

17. Анцыферова Л. И. Психология повседневности: жизненный мир личности и

«техники» её бытия // Психологический журн. 1993. № 2. С. 3–16.

18. Дементий Л. И. К проблеме диагностики социального контекста и стратегий копинг-поведения // Журн. прикладной психологии. 2004. № 3. С. 20–25.

19. Carver C. S., Scheier M. F., Weintraub J. K. Assessing coping strategies: a theoretically based approach // J. of Personality and Social Psychology, 1989, vol. 56, pp. 267–283.

20. Кашапов М. М. Конструктивная конфликтность как копинг-ресурс личности // Психология стресса и совладающего поведения: Международная научно-практическая конференция. Кострома, 2013. С. 247.

21. Корытова Г. С. Защитное и совладающее поведение личности: теоретические основания. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского ун-та, 2006. 890 с.

22. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998. 459 с.

23. Гринхальх Т. Основы доказательной медицины: пер с англ. / Т. Гринхальх. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. С. 125–140.

24. Королева С. В., Бабарыкин И. А., Мкртычян А. С., Петров Д. Л. Динамика копинг-стратегий у курсантов вузов ГПС МЧС России в процессе обучения // Актуальные проблемы военной и экстремальной медицины: сборник научных статей интернет-конференции с международным участием. Гомель, 2013. С. 97–106.

25. Королева С. В. Совладающее поведение как критерий профессионализации специалиста экстремального профиля // Современные проблемы гражданской защиты. 2018. №3. С. 57–60.

26. Мигунова Ю. С. Взаимоотношения в курсантских коллективах как отражение социально-психологических характеристик командиров младшего звена // Казанская наука. 2015. № 6. С. 276–279.

27. Мигунова Ю. С. Закономерности влияния мотивационной сферы командиров младшего звена на направленность межличностных отношений // Российский психологический журнал. 2016. Т. 13. № 3. С. 312–327. DOI: 10.21702/rpj.2016.3.18.

28. Рыбников В. Ю., Ашанина, Е. Н. Психология копинг-поведения специалистов опасных профессий: монография. С.-Пб; Политехника сервис, 2011. 120 с.

29. Рыбников В. Ю., Ашанина Е. Н. Психологические механизмы копинг-поведения специалистов экстремальных профессий // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2009. №2 (37). С. 46–50.

30. Muller L., Spitz E. Multidimensional assessment of coping: validation of the Brief

COPE among French population // Encephale. 2003 Nov-Dec; 29(6):507-18. PubMed PMID: 15029085.

31. Конокпаева И. С. Стратегии совладания студентов первого курса // Вопросы науки и образования. 2018. №10 (22). С. 226–228.

References

1. Aleksanin S.S. *Sostoyanie zdorov'ya i mediko-psihologicheskoe soprovozhdenie professional'noj deyatel'nosti spasatelej MCHS Rossii v chrezvychajnyh situacijah* [State of health and medical and psychological support of professional activity of rescuers of EMERCOM of Russia in emergency situations]: dis. ... d-ra med. nauk. SPb., 2007. 499 p.

2. Troickaya E.A. *Stili sovladayushchego povedeniya v yunosheskom vozraste* [Styles of coping behavior in adolescence]. *Vestnik moskovskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. Obrazovanie i pedagogicheskie nauki*, 2017, vol. 785, pp. 170–184.

3. Avitsov P.V., Koroleva, S.V. *K voprosu primeneniya markerov professional'noj adaptacii v ocenke gotovnosti k rabote v chrezvychajnoj situacii obuchayushchihsya vuzov MCHS Rossii* [To the question of the use of markers of professional adaptation in assessing the readiness to work in an emergency situation of students of the University of EMERCOM of Russia]. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2018, vol. 1 (36), pp. 88–96.

4. Zhukov D.A. *Stoj, kto vedet? Biologiya povedeniya cheloveka i drugih zverej* [Wait, who's driving? Biology and behavior of humans and other animals]: v 2 t., 3-e izd., M.: Al'pina non-fikshn, 2016, vol. 2. 368 p.

5. Yusupov V.V., Kuzina, R.H., Perfilova, O.V. *Problemy professional'noj adaptacii zhenshchin-voennosluzhashchih* [Problems of professional adaptation of female soldiers]. SPb.: «AJSING», 2009. 116 p.

6. Maguen Sh. Gender Differences in Mental Health Diagnoses Among Iraq and Afghanistan Veterans Enrolled in Veterans Affairs Health Care, Sh. Maguen. *Am J Public Health*, 2010, Vol. 100, № 12, P. 2450-2456.

7. Pereira A. Combat trauma and the diagnosis of post-traumatic stress disorder in female and male veterans, A. Pereira. *Mil Med*, 2002, Vol. 167, № 1, P. 23-27.

8. Volkova M.G. *Adaptaciya kursantov voennogo vuzov v usloviyah izmeneniya social'noj sredy* [Adaptation of cadets of military higher education institution in the conditions of change of the social environment]: diss. ... kand. psihol. nauk. Yaroslavl', 2003. 239 p.

9. Formirovanie psihosomaticheskikh zabolevanij u voennosluzhashchih zhenskogo pola v processe obrazovaniya v Voennomedicinskoj akademii [Formation of psychosomatic diseases in female soldiers in the process of education in the Military medical Academy]. *Vestn. Ross. voen-med. akad.*, 2015, vol. 4 (52), pp. 133–138.
10. Ashanina E.N. Vedushchie koping-strategii i psihodiagnosticheskie tekhnologii ocenki i prognoza koping-povedeniya sotrudnikov GPS MCHS Rossii [Leading coping strategies and psycho-diagnostic technology assessment and forecast of the coping behaviour of employees of state fire service of EMERCOM of Russia]. *Vestnik psihoterapii*, 2007, vol. 24 (29), pp. 30–33.
11. Ashanina E.N. *Psihologiya koping povedeniya sotrudnikov gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii (konceptsiya, model', tekhnologii)* [Psychology of coping behavior of employees of the state fire service of EMERCOM of Russia (concept, model, technology)]. Dr. ps. sci. diss.]. SPb., 2011. 240 p.
12. Borisova I.V., Nutrikova M.A., Cygankova T.N. Vzaimosvyaz' pokazatelej intellekta i strategij koping-povedeniya studentov [The relationship between intelligence indicators and coping strategies of students]. *Kazanskij pedagogicheskij zhurnal*, 2018, vol. 1 (126), pp. 161–166.
13. Folkman S., Lazarus R. S. Coping and emotion // *Stress, Appraisal and Coping*. New York, 1991. Pp. 207–227.
14. Lazarus R. S., Folkman S. The concept of coping emotion // *Stress, Appraisal and Coping*. New York, 1991. Pp. 189–206.
15. Kryukova T. L., Kuftyak E. V. Oprosnik sposobov sovladaniya (adaptaciya metodiki WCQ) [Questionnaire ways of coping (adaptation techniques WCQ)]. *ZHurn. prakticheskogo psihologa*, 2007, vol. 3, pp. 93–112.
16. Ancyferova L. I. Lichnost' v trudnyh zhiznennyh usloviyah: pereosmyslivanie, preobrazovanie i psihologicheskaya zashchita [Personality in difficult life conditions: rethinking, transformation and psychological protection]. *Psihologicheskij zhurn*, 1994, vol. 15, issue 1, pp. 3–18.
17. Ancyferova L. I. Psihologiya povsednevnosti: zhiznennyj mir lichnosti i «tekhniki» eyo bytiya [Psychology of everyday life: the life world of the individual and the «technique» of its existence]. *Psihologicheskij zhurn*, 1993, issue 2, pp. 3–16.
18. Dementij L. I. K probleme diagnostiki social'nogo konteksta i strategij koping-povedeniya [On the problem of diagnostics of social context and coping strategies]. *ZHurn. prikladnoj psihologii*, 2004, issue 3, pp. 20–25.
19. Carver C. S., Scheier M. F., Weintraub J. K. Assessing coping strategies: a theoretically based approach // *J. of Personality and Social Psychology*, 1989, vol. 56, pp. 267–283.
20. Kashapov M. M. Konstruktivnaya konfliktnost' kak koping-resurs lichnosti [Constructive conflict as a coping resource of personality]. *Psihologiya stressa i sovladayushchego povedeniya: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya*. Kostroma, 2013. 247 p.
21. Korytova G. S. *Zashchitnoe i sovladayushchee povedenie lichnosti: teoreticheskie osnovaniya* [Protective coulduse behavior and personality: theoretical foundations]. Ulan-Udeh: Izd-vo Buryatskogo un-ta, 2006, 890 p.
22. Glanc S. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medical and biological statistics]. Moscow, 1998. 459 p.
23. Grinhal'h T. *Osnovy dokazatel'noj mediciny* [Fundamentals of evidence-based medicine]. Moscow, 2006, pp. 125–140.
24. Koroleva S. V., Babarykin I. A., Mkrtychyan A. S., Petrov D. L. Dinamika koping-strategij u kursantov vuzov GPS MCHS Rossii v processe obucheniya [The dynamics of the coping strategies of students of universities of the state fire service of EMERCOM of Russia in the process of learning]. *Aktual'nye problemy voennyh i ehkstremal'noj mediciny: sbornik nauchnyh statej internet-konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Gomel', 2013, pp. 97–106.
25. Koroleva S. V. Sovladayushchee povedenie kak kriterij profesionalizacii cpecialista ehkstremal'nogo profilya [Coping behavior as a criterion of professionalization of the extreme profile specialist]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2018, issue 3, pp. 57–60.
26. Migunova Yu. S. Vzaimootnosheniya v kursantskih kollektivah kak otrazhenie social'no-psihologicheskikh harakteristik komandirov mladshogo zvena [Relationships in cadet teams as a reflection of the socio-psychological characteristics of Junior commanders]. *Kazanskaya nauka*, 2015, № 6, S. 276-279.
27. Migunova Yu. S. Zakonomernosti vliyaniya motivacionnoj sfery komandirov mladshogo zvena na napravlennost' mezhluchnostnyh otnoshenij [Regularities of the influence of motivational sphere of Junior commanders on the direction of interpersonal relations]. *Rossijskij psihologicheskij zhurnal*, 2016, vol. 13, issue 3, pp. 312–327. DOI: 10.21702/rpj.2016.3.18
28. Rybnikov V. Yu., Ashanina E. N. *Psihologiya koping-povedeniya specialistov opasnyh professij* [Psychology of coping behav-

ior of specialists of dangerous professions]: monografiya. S-Pb; Politehnika servis, 2011.120 p.

29. Rybnikov V. Yu., Ashanina E. N. Psihologicheskie mekhanizmy koping-povedeniya specialistov ehkstremaal'nyh professij [Psychological mechanisms of coping behavior of specialists of extreme professions]. *Psihopedagogika v pravoohranitel'nyh organah*, 2009, vol. 2 (37), pp. 46–50.

30. Muller L., Spitz E. Multidimensional assessment of coping: validation of the Brief COPE among French population. *Encephale*. 2003 Nov-Dec;29(6):507-18. PubMed PMID: 15029085.

31. Konokpaeva I. S. Strategii sovladaniya studentov pervogo kursa [Coping strategies for first-year students]. *Voprosy nauki i obrazovaniya*, 2018, vol. 10 (22), pp. 226–228.

Королева Светлана Валерьевна

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

Профессор, доктор медицинских наук, доцент

E-mail: drqueen@mail.ru

Koroleva Svetlana Valerevna

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

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

E-mail: drqueen@mail.ru.

Мигунова Юлия Станиславовна

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

преподаватель

E-mail: sttassiya@rambler.ru

Migunova Yulia Stanislavovna

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

teacher

E-mail: sttassiya@rambler.ru

Данилов Павел Владимирович

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

старший преподаватель

E-mail: KGZiUii@mail.ru

Danilov Pavel Vladimirovich

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

senior lecturer

E-mail: KGZiUii@mail.ru

УДК 691.175

ТЕРМОФИЗИЧЕСКИЕ И ПОЖАРООПАСНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАПОЛНИТЕЛЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

А. В. ПЕТРОВ, Ж. Ф. ГЕССЕ, Т. В. ФРОЛОВА, О. В. ПОТЕМКИНА
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: avp75@inbox.ru

В работе проведено исследование влияния наполнителей различной природы на термофизические и пожароопасные свойства полимерных композиционных материалов. Проведены термические испытания 7 образцов в режиме дифференциальной сканирующей калориметрии, определены значения кислородных индексов. Показано, что модифицирование ПВХ-пленок макрогетероциклом (тетрафенилпорфином) приводит к наибольшему увеличению значения кислородного индекса и снижению пожарной опасности полимерного композиционного материала.

Актуальность и практическая значимость работы обусловлена необходимостью поиска наполнителей полимерных композиционных материалов, обеспечивающих заданные свойства создаваемых материалов, в том числе и пониженную пожарную опасность.

Ключевые слова: полимерные материалы; термический анализ; пожарная безопасность.

THERMOPHYSICAL AND FIRE-DANGEROUS PROPERTIES OF THE POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS MODIFIED BY FILLERS OF VARIOUS NATURE

A. V. PETROV, Zh. F. GESSE, T. V. FROLOVA, O. V. POTJOMKINA
Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense,
Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: avp75@inbox.ru

In the present work the research of influence of fillers of various nature on thermophysical and fire-dangerous properties of polymeric composite materials is conducted. Thermal tests of 7 samples in the mode of the differential scanning calorimetry are carried out, values of oxygen indexes are defined. It is shown that modifying of PVC films a macroheterocycle (tetraphenilporfin) leads to the greatest increase in value of the oxygen index and decrease in fire hazard of polymeric composite material.

The relevance and the practical importance of work is caused by need of search of fillers of the polymeric composite materials providing the set properties of the created materials including the lowered fire hazard.

Key words: polymeric materials; thermal analysis; fire safety.

На протяжении нескольких десятилетий работы по созданию композиционных полимерных материалов с заданными свойствами являются приоритетным направлением развития современной науки. В полимерной индустрии особое внимание уделяется разработке полимерных материалов, обладающих повышенной огнестойкостью, прочностью, теплопроводностью, термостойкостью, электропроводностью, пониженным тепловым расширением.

Анализ тенденций развития фундаментальных работ и технологий получения новых композиционных полимерных материалов показывает, что эффективность традиционных методов (полимеризация и поликонденсация) несколько снизилась. На первое место выходит модификация полимеров, чему посвящено большое количество работ [1–7], которая может быть проведена как в лабораторных условиях, так и в промышленности.

Одним из наиболее распространенных полимерных материалов, используемых повсеместно, является поливинилхлорид (ПВХ). Основными сферами применения которого является изготовление оконных профилей, пленок, труб, различных покрытий и т.д. [8]. Поливинилхлорид применяется также в автомобильной отрасли, химической промышленности, медицине.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния наполнителей различной природы на термофизические и пожароопасные свойства ПВХ-пленок.

В качестве полимера для получения пленок использовали суспензионный поливинилхлорид ПВХ С 7059М (производство ООО «Дзержинск Хим», г. Дзержинск) со следующими характеристиками:

- размер частиц: $1\text{-}2\cdot 10^{-4}$ м;
- молекулярная масса: 40000-145000;
- константа Фикенчера: $K_{\text{ф}} = 70$;
- $\rho = 1350\text{-}1430$ кг/м³;
- $T_{\text{ст.}} = 348\text{-}353$ К;
- $T_{\text{пл.}} = 423\text{-}473$ К.

В качестве растворителя использовали циклогексанон (Aldrich). Дополнительную очистку не производили. Пленочные образцы для исследований получали методом полива раствора ПВХ (с массовой долей 11 %) в циклогексаноне на стеклянную подложку с последующим испарением растворителя. Содержание модификаторов составляло 0,5 масс. ч. на 100 масс. ч. полимера.

Модификацию ПВХ-пленок проводили с применением следующих наполнителей:

1) парафин хлорированный – порошок без запаха, бесцветный, светло-серого или светло-бежевого цвета (ХП);

2) Многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) получены газофазным осаждением на катализаторе в результате пиролиза углеродсодержащих газов (ООО НПЦ «Квадра», г. Москва). МУНТ представляют собой мелкодисперсный порошок черного цвета. По данным просвечивающей электронной микроскопии, представленным производителем, МУНТ являются одномерными нитевидными образованиями поликристаллического графита диаметром не менее $3\cdot 10^{-8}$ м (МУНТ);

3) углерод технический (марка П-803) в виде мелкодисперсного порошка черного цвета, печной, с высоким показателем дисперсности и средним показателем структурности, фракция $4\cdot 10^{-5}$ м. Удельная поверхность $16\cdot 10^3$ м²/кг (П803);

4) углерод технический (марка П-324), активный технический углерод, выработанный из жидкого углеводородного сырья с высоким значением дисперсности и средним значением

структурности. Удельная поверхность $84\cdot 10^3$ м²/кг (сажа 324);

5) макрогетероцикл – тетрафенилпорфин, структура которого представлена на рис. 1 (МГЦ).

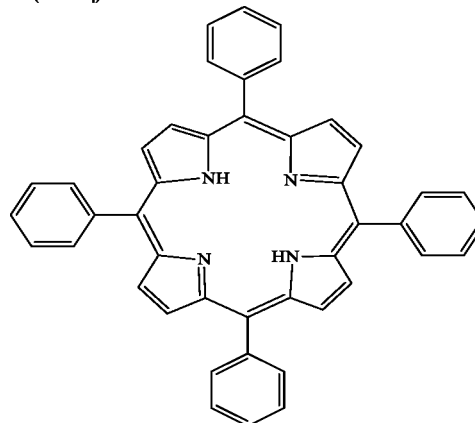


Рис. 1. Структурная формула тетрафенилпорфина

Термические испытания проводили на термическом анализаторе SETSYS Evolution (S60/58798) в режиме дифференциальной сканирующей калориметрии [9]. Трехтермопарный датчик Pt/PtRh6%/PtRh30% позволял фиксировать температуру до 1873 К. Диапазон измерения встроенных весов $\pm 2\cdot 10^{-6}$ кг, с разрешением $2,3\cdot 10^{-11}$ кг.

Тигли, используемые в ходе проведения испытаний, были сделаны из оксида алюминия. До и после проведения испытаний проводилось контрольное взвешивание навески исследуемого вещества на аналитических весах AND GR-200.

Получение термогравиметрических кривых производили в следующей последовательности:

- 1) нагрев от 293 до 343 К при скорости нагрева 273,08 К/с;
- 2) выдерживание образца при температуре 343 К в течение 1800 с;
- 3) нагрев от 343 до 1273 К при скорости нагрева 273,08 К/с.

При проведении эксперимента поддерживали инертную атмосферу (гелий, скорость потока газа через реакционную камеру $8,3\cdot 10^{-7}$ м³/с).

Измерение кислородного индекса проводили по ГОСТ¹ на приборе для определения индекса воспламеняемости – кислородного

¹ ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Стандартинформ, 2006.

индекса (UCFT-OI). Расход газа через колонку составлял $2,8 \cdot 10^{-4}$ м³/с. Подача газа: 99,5% кислород и чистый азот при $2,6 \cdot 10^{-6}$ Па. Анализатор кислорода: диапазон: 0 - 100% O₂, воспроизводимость: $\pm 0,1\%$ O₂, линейность: $\pm 0,1\%$ O₂.

Результаты термических испытаний показали, что введение в состав ПВХ-пленок технического углерода незначительно влияет на их термическую стабильность.

Введение в состав ПВХ макрогетероциклического модификатора снижает температуру начала разложения полимера, однако практически не влияет на температуру, при которой происходит потеря 30% массы вещества и приводит к увеличению температур 50 и 70 % потери массы (табл. 1, рис. 2). Также это закономерно сопровождается уменьшением общей потери массы при нагреве образца до 1273 К.

Таблица 1. Результаты испытаний поливинилхлоридных пленок

| Исследуемый образец | Температура 1% потери массы, К | Температура 30% потери массы, К | Температура 50% потери массы, К | Температура 70% потери массы, К |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ПВХ+ХП+0% МУНТ | 477,66 | 545,41 | 555,89 | 652,58 |
| ПВХ+ХП+0,05% МУНТ | 481,10 | 547,92 | 559,73 | 675,06 |
| ПВХ без добавок | 479,74 | 548,87 | 558,67 | 610,68 |
| ПВХ + МУНТ | 480,23 | 551,40 | 561,35 | 610,75 |
| ПВХ+П803 | 475,82 | 549,26 | 560,03 | 693,71 |
| ПВХ+сажа 324 | 469,87 | 549,05 | 559,05 | 606,43 |
| ПВХ+МГЦ | 384,29 | 548,13 | 579,14 | 719,08 |

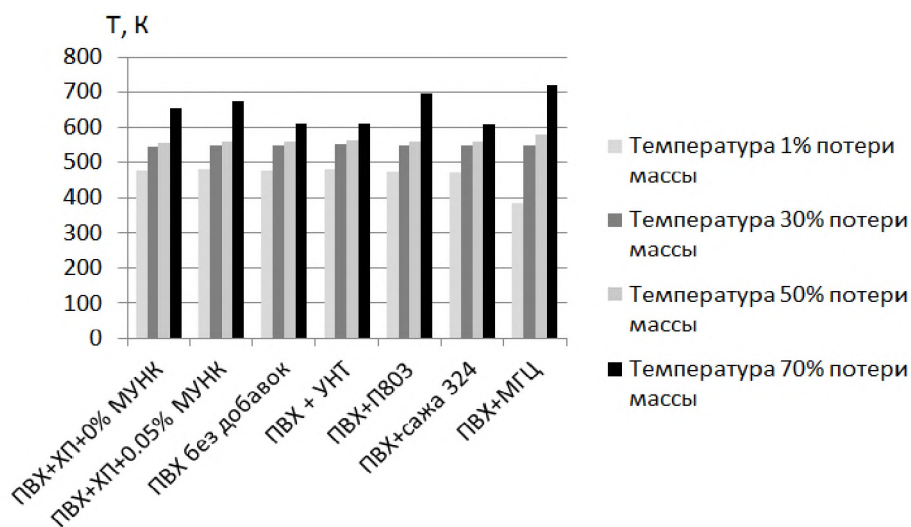


Рис. 2. Зависимость потери массы полимерных композиционных материалов от температуры

Разложение полимерных композиционных материалов происходит в 2 стадии. Первая – при температуре 553–593 К, вторая – при температуре 713–743 К. Максимальная скорость разложения полимерных композиционных материалов практически не зависит от наполнителя. Можно отметить только некоторое уменьшение температуры для поливинилхлорида, модифицированного макрогетероциклом (табл. 2, рис. 3).

Данные по потери массы на первой и второй стадии о разложения образцов, полученные по данным термогравиметрического исследования, представлены в табл. 3 и на рис. 4. Из представленных данных следует, что основная потеря массы происходит на первом этапе разложения полимеров. Для всех полимерных материалов, за исключением полимера с макрогетероциклом, потеря массы на 1 этапе составляет 65–67 %, а на втором этапе 12–14 %.

Таблица 2. Температура, при которой достигается максимальная скорость разложения полимеров

| Исследуемый образец | DTG, Peak max 1, К | DTG, Peak max 2, К |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| ПВХ+ХП+0% МУНТ | 549,69 | 722,52 |
| ПВХ+ХП+0,05% МУНТ | 553,39 | 724,59 |
| ПВХ без добавок | 553,78 | 723,31 |
| ПВХ + МУНТ | 556,41 | 726,17 |
| ПВХ+П803 | 553,61 | 726,37 |
| ПВХ+сажа 324 | 556,08 | 723,94 |
| ПВХ+МГЦ | 541,90 | 717,27 |

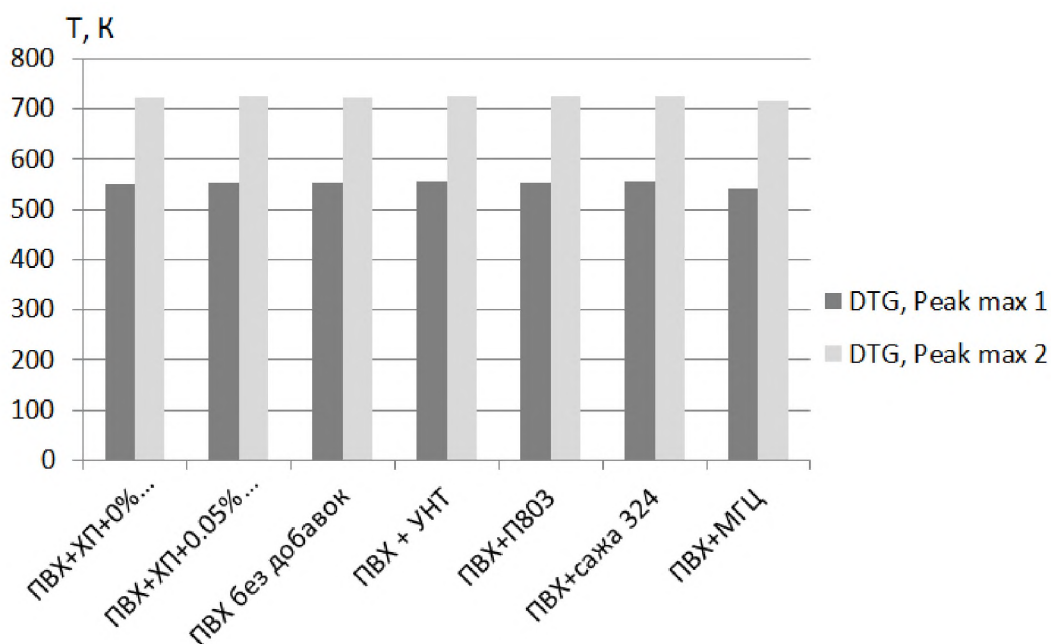


Рис. 3. Зависимость температуры максимальной скорости разложения от вида полимерного композиционного материала

Таблица 3. Потеря массы на первой и второй стадиях разложения

| Исследуемый образец | Потеря массы (1 этап), % | Потеря массы (2 этап), % | Общая потеря массы, % |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| ПВХ+ХП+0% МУНТ | 66,11 | 12,503 | 87,935 |
| ПВХ+ХП+0,05% МУНТ | 66,28 | 13,288 | 87,447 |
| ПВХ без добавок | 68,561 | 13,039 | 88,345 |
| ПВХ + МУНТ | 68,393 | 14,416 | 88,991 |
| ПВХ+П803 | 65,617 | 13,166 | 85,382 |
| ПВХ+сажа 324 | 67,755 | 13,487 | 88,967 |
| ПВХ+МГЦ | 51,228 | 19,136 | 83,489 |

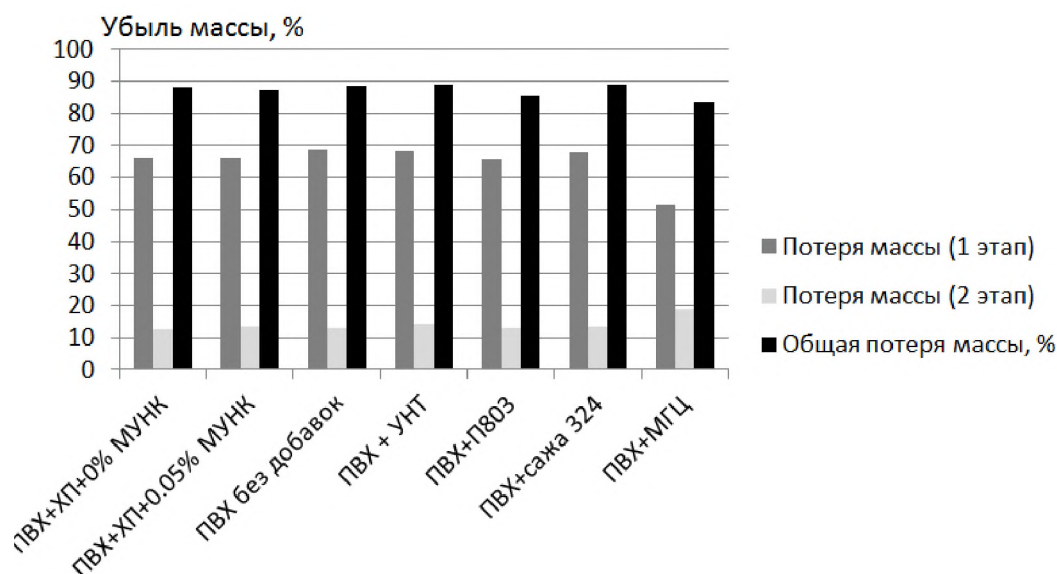


Рис. 4. Зависимость потери массы на 1 и 2 этапе разложения от вида полимерного композиционного материала

Для полимера с макрогетероциклом потеря массы на первом этапе существенно уменьшается и составляет 51,2 %, при этом происходит увеличение потери массы при температурах 713-743 К. Тем не менее, общая потеря массы для полимерного материала, модифицированного тетрафенилпорфином, снижается по сравнению с остальными образцами и составляет 83,5 %.

Результаты измерений кислородного индекса для исследованных образцов представлено в табл. 4 и на рис. 5.

Таблица 4. Кислородный индекс

| Исследуемый образец | Кислородный индекс, % |
|---------------------|-----------------------|
| ПВХ+ХП+0% МУНТ | 24 |
| ПВХ+ХП+0,05% МУНТ | 23,9 |
| ПВХ без добавок | 24,1 |
| ПВХ + МУНТ | 24,1 |
| ПВХ+П803 | 23,7 |
| ПВХ+сажа 324 | 23,2 |
| ПВХ+МГЦ | 26,9 |

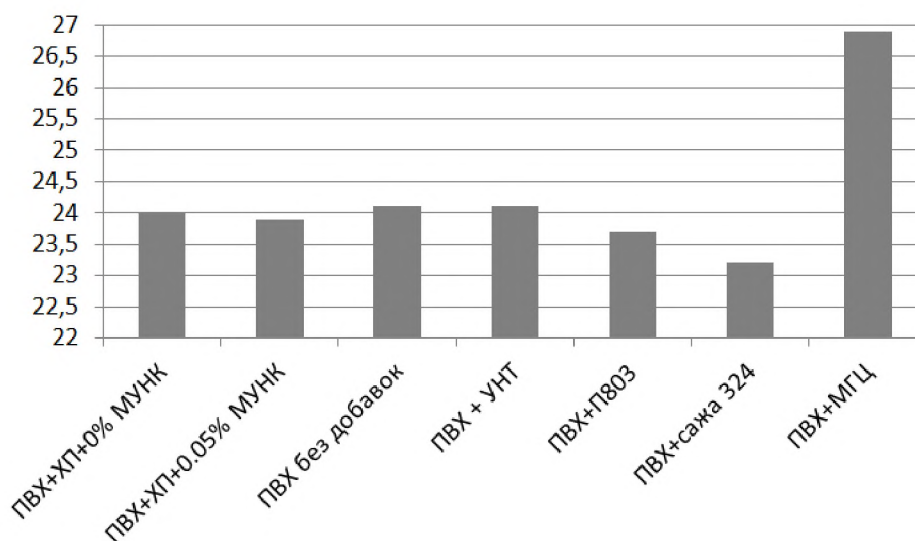


Рис. 5. Значения кислородного индекса исследуемых образцов, %

Введение в состав ПВХ-пленки углерода, как в виде нанотрубок, так и в виде технического углерода, не оказывает значительного влияния на значение кислородного индекса. При модифицировании ПВХ-пленок углеродными нанотрубками значение кислородного индекса не изменяется, а при введении углерода технического, и особенно сажи, значение кислородного индекса уменьшается, что говорит об увеличении пожарной опасности материала. Модифицирование макрогетероциклическим соединением приводит к увеличению значения кислородного индекса, и, следовательно, снижению пожарной опасности материала.

При сравнении результатов, полученных при измерении кислородного индекса и данных, полученных при проведении термогравиметрического эксперимента можно отметить, что изменение кислородного индекса совпадает с изменением общей убиты массы. Образец с макрогетероциклом обладает наибольшим значением кислородного индекса и наименьшим значением общей потери массы в процентах.

Сравним термогравиметрические данные для образца поливинилхлорида без добавок с образцом, содержащим добавку макрогетероцикла (рис. 6).

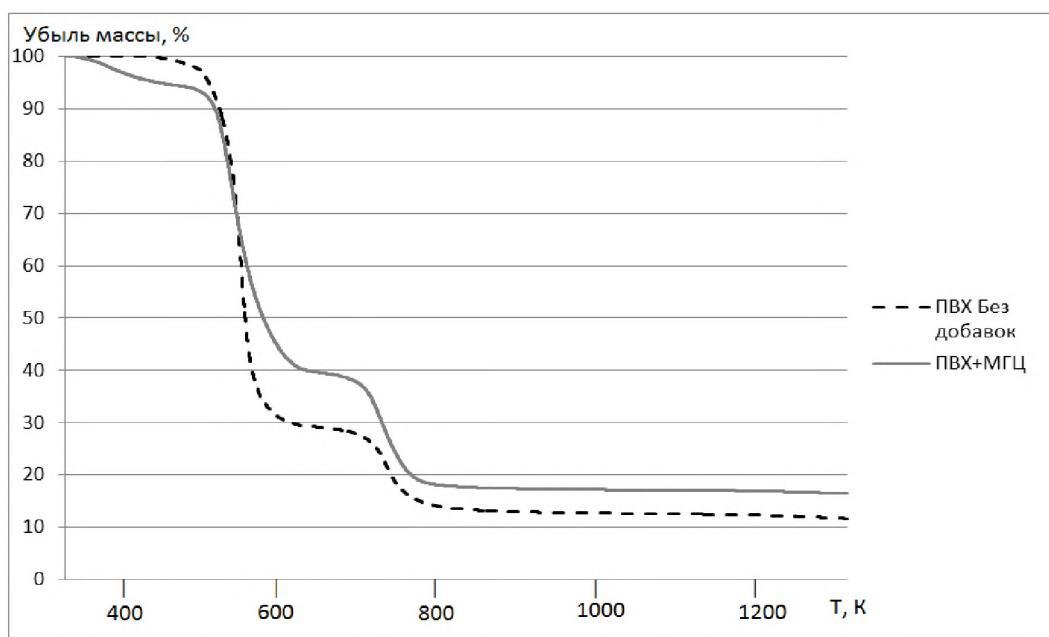


Рис. 6. Убыль массы в % в зависимости от температуры. 1 - ПВХ без добавок, 2 - ПВХ +МГЦ

На рис. 6 показано, что образец ПВХ+МГЦ начинает разлагаться при температуре 384 К, а образец без добавок – при температуре 479 К (температура потери 1% массы), что говорит о том, что на начальном этапе начинается разложение введенного в состав тетрафенилпорфина. Однако после достижения температуры 573 К убыль массы модифицированного образца значительно замедляется. На первом этапе разложения потеря массы образца ПВХ составляет 68,5 %, а образца – ПВХ+МГЦ - 51,2 %, а общая потеря массы составляет для образца ПВХ 88,3%, а для ПВХ с макрогетероциклом – 83,5 %. Таким образом, несмотря на более раннее начало разложения, образец с введенным в состав макрогетеро-

циклом оказывается более термически устойчивым.

Подводя итоги, следует отметить, что используемая методика проведения термического анализа эффективна, а ее результаты позволяют проводить сравнение исследуемых образцов полимерных композиционных материалов. Кроме того, установлено, что введение технического углерода закономерно приводит к уменьшению кислородного индекса. Для образца, модифицированного тетрафенилпорфином, наблюдается значительное увеличение кислородного индекса, что говорит о большей огнестойкости данного образца. Результаты термического анализа (убыль массы) согласуются со значениями кислородного индекса, полученными для исследуемых образцов.

Список литературы

1. Назаров В. Г. Поверхностная модификация полимеров. М.: Московский государственный университет печати, 2008. 474 с.
2. Шапошников Г. П., Кулинич В. П., Майзлиш В. Е. Модифицированные фталоцианины и их структурные аналоги. М.: Красанд, 2012. 480 с.
3. Платэ Н. А., Сливинский Е. В. Основы химии и технологии мономеров: учебное пособие. М.: Наука: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002. 696 с.
4. Кочнев А. М., Галибеев С. С. Модификация полимеров: монография. Казань: Казан. гос. технол. ун-т., 2008. 533 с.
5. Виноградова С. В., Васнев В. А. Поликонденсационные процессы и полимеры. М.: Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. 373 с.
6. Говарикер В. Р., Висванатхан Н. В., Шридхар Дж. Полимеры. М.: Наука, 1990. 396 с.
7. Машляковский Л. Н., Лыков А. Д., Репкин В. Ю. Органические покрытия пониженной горючести. Л.: Химия, 1989. 184 с.
8. Киячков А. Производство ПВХ в России: состояние и перспективы // Пластикс. 2014. № 5(134). С. 42–47.
9. Берштейн В. А., Егоров В. М. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров. Л.: Химия, 1990. 256 с.
2. Shaposhnikov G. P., Kulinich V. P., Mayzlish V. E. *Modificirovannye ftalocianiny i ih strukturnye analogi* [The modified phthalocyanine and their structural analogs]. Moscow: Krasand, 2012. 480 p.
3. Plate N. A., Slivinsky E. V. *Fundamentals of chemistry and technology of monomers. Manual.* — Moscow: Science: MAIK Science / Interperiodika, 2002. 696 p.
4. Kochnev A. M., Galibeev S. S. *Osnovy himii i tehnologii monomerov* [Modification of polymers]. Kazan, 2008. 533 p.
5. Vinogradova S. V., Vasnev V. A. *Polikondensacionnye processy i polimery* [Polycondensation processes and polymers]. Moscow: Science, MAIK "Science / Interperiodika", 2000. 373 p.
6. Govariker V. R., Visvanatkhan N. V., Shridkhar J. *Polimery* [Polymers]. Moscow: Science, 1990. 396 p.
7. Mashlyakovskiy L. N., Lykov A. D., Repkin V. Yu. *Organicheskie pokrytija ponizhennoj gorjuchesti* [Organic coverings of the lowered combustibility]. Leningrad: Chemistry, 1989. 184 p.
8. Kilyachkov A. *Proizvodstvo PVH v Rossii: sostojanie i perspektivy* [Production of PVC in Russia: state and prospects] // *Plastiks*. 2014. No. 5(134). Page 42-47.
9. Berstein V. A., Egorov V. M. *Differencial'naja skanirujushhaja kalorimetrija v fizikohimii polimerov* [The differential scanning calorimetry in physical chemistry of polymers]. Leningrad: Chemistry, 1990. 256 p.

References

1. Nazarov V. G. *Poverhnoznaja modifikacija polimerov* [Superficial modification of polymers]. Moscow: Moscow State University of the press, 2008. 474 p.

Петров Андрей Вячеславович

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

кандидат химических наук, доцент, начальник научно-исследовательского отделения УНК

«Государственный надзор»

E-mail: avp75@inbox.ru

Petrov Andrey Viacheslavovich

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

candidate of chemical sciences, associate professor, Head of the Research Department of the UNOC «State Supervision»

E-mail: avp75@inbox.ru

Гессе Женни Фердинандовна

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

кандидат химических наук, старший преподаватель
E-mail: zhenni.gesse@mail.ru
Gesse Zhenni Ferdinandovna
Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Ivanovo
candidate of Chemistry Sciences, Senior Lecturer
E-mail: zhenni.gesse@mail.ru

Фролова Татьяна Владиславовна
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, старший преподаватель
E-mail: frolovatanja@mail.ru
Frolova Tat'ana Vladislavovna
Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Ivanovo
candidate of Chemistry Sciences, Senior Lecturer
E-mail: frolovatanja@mail.ru

Потемкина Ольга Владимировна
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, доцент
помощник начальника академии
E-mail: molodkina@mail.ru
Potemkina Olga Vladimirovna
Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
candidate of chemical sciences, associate professor,
assistant to the chief of academy
E-mail: molodkina@mail.ru

УДК 614.847.79

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. Д. СЕМЕНОВ, А. Г. БУБНОВ, А. Н. БОЧКАРЕВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
sad8_3@mail.ru, bubag@mail.ru, pogarnik1_artem@mail.ru

В работе показано, что эффективность использования гидравлического аварийно-спасательного инструмента в большой степени зависит от технического состояния единичных элементов оборудования. Техническое состояние оборудования в процессе эксплуатации изменяется в сторону ухудшения, в связи с износом узлов и агрегатов. Динамика изменения технического состояния элементов гидравлического аварийно-спасательного инструмента зависит от различных условий: режимов эксплуатации, квалификации спасателя, наработки с начала эксплуатации.

Определено, что падение давления в гидравлической системе инструмента связано с износом пружин клапанов и засорения внутренних каналов транспортировки гидравлической жидкости. Вследствие этого, по показаниям изменения гидравлического давления и времени перекусывания металлического прутка, различного диаметра, можно осуществлять диагностику работоспособности ГАСИ в подразделении.

Ключевые слова: гидравлический аварийно-спасательный инструмент, отказ, эксплуатация.

INCREASE THE TECHNICAL READINESS OF A HYDRAULIC RESCUE TOOL DURING OPERATION

A. D. SEMENOV, A. G. BUBNOV, A. N. BOCHKAREV

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense,
Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
sad8_3@mail.ru, bubag@mail.ru, pogarnik1_artem@mail.ru

It is shown that the effectiveness of the hydraulic rescue tool to a large extent depends on the technical condition of individual items of equipment. The technical condition of the equipment during operation changes in the direction of deterioration, due to the wear of components and assemblies. The dynamics of changes in the technical condition of the elements of the hydraulic rescue tool depends on different conditions: operating modes, qualification of the rescuer, operating time since the beginning of operation.

It is determined that the pressure drop in the hydraulic system of the tool is associated with the wear of the valve springs and clogging of the internal channels of hydraulic fluid transportation. As a result, according to the indications of changes in hydraulic pressure and the time of snacking of the metal bar, of different diameters, it is possible to diagnose the performance of the hydraulic rescue tool in the unit.

Key words: hydraulic rescue tool, failure, exploitation.

От исправного состояния аварийно-спасательного инструмента (АСИ) зависит выполнение операций по спасению пострадавших. Одним из, наиболее часто используемых, видов механизированного АСИ является гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ) исправное состояние которого обеспечивается своевременным про-

ведением технического обслуживания, ремонта и хранения.

Анализ литературных источников [1] показал, что эффективность использования гидравлического аварийно-спасательного инструмента в большой степени зависит от технического состояния единичных элементов оборудования.

Техническое состояние оборудования в процессе эксплуатации (рис. 1) изменяется в сторону ухудшения, в связи с износом узлов и

агрегатов. Динамика изменения технического состояния элементов ГАСИ зависит от различных условий, режимов эксплуатации, квалификации спасателя, наработки с начала эксплуатации и имеет различную величину. Т.е. в за-

висимости от технического состояния, оборудование, входящее в комплект ГАСИ может обладать различными индивидуальными особенностями.

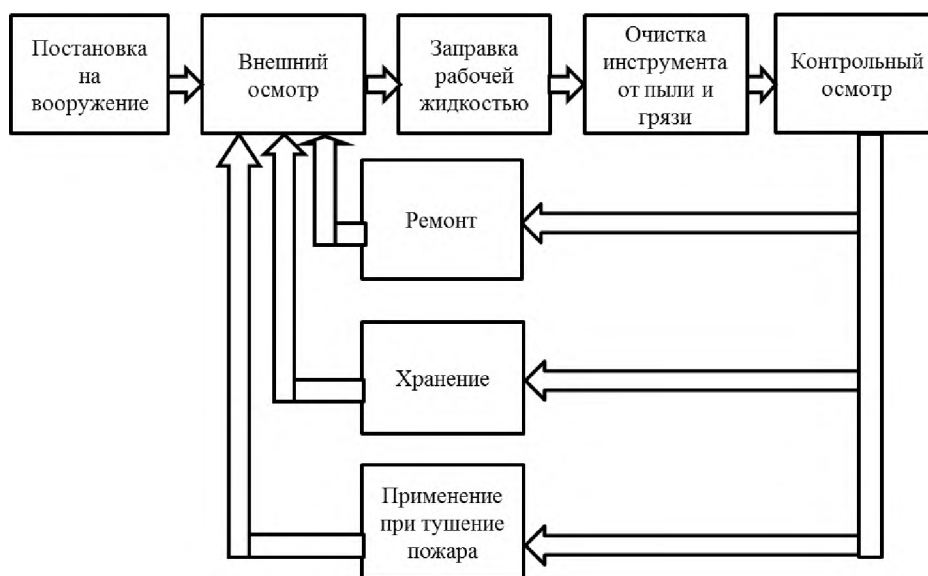


Рис. 1. Эксплуатация ГАСИ в подразделении

Рассмотрим процесс эксплуатации гидравлического инструмента в подразделении (рис. 1), так как от грамотной эксплуатации оборудования будет зависеть его работоспособность^{1, 2}.

Внешний осмотр ГАСИ используемого инструмента проводят после каждого использования. Его осматривают на наличие маркировки, а также возможных неисправностей. Внешнюю поверхность ГАСИ, осматривают визуально, на изменение цвета, наличие масляных пятен, деформаций рабочих поверхно-

стей, изломов, сколов, трещин режущих кромок и т.д.

По результатам визуального осмотра, принимают решение о дальнейшей эксплуатации ГАСИ или необходимости его испытания и ремонта (рис. 1).

Заправка (замена) гидравлического масла проводится ежеквартально для обеспечения работоспособного состояния инструмента (рис. 1). Замену, выработавшего свой ресурс гидравлического масла, проводят для избегания выпадения осадка и засорения внутренних каналов транспортировки гидравлической жидкости к элементам ГАСИ.

Протирание инструмента от пыли и грязи проводится регулярно после работы или по возвращении в часть (рис. 1).

Перед заступлением караула на дежурство и по окончании АСР проводится контрольный осмотр ГАСИ, который позволяет оценить техническое состояние элементов комплекта инструмента.

Контрольный осмотр осуществляется по следующим пунктам:

- контролируется отсутствие подтеканий гидравлического масла;
- проверяется надежность затяжки быстроразъемных соединений (БРС) рукавов высокого давления, а также элементов оборуду-

¹Приказ МЧС России № 555 от 18.09.2012 «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

²Приказ МЧС России N 624 от 25.11.2016 «Об утверждении Положения об организации ремонта, нормах наработки (сроках службы) до ремонта и списания техники, вооружения, агрегатов, специального оборудования и имущества в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

дования комплекта и при необходимости подтягиваются (рис. 1).

Таким образом, техническое состояние ГАСИ в подразделении определяется только внешним осмотром, что позволяет обнаружить внешние признаки неисправности оборудования (подтекание масла, неисправности байонетных соединений, рукавов высокого давления и др.). Однако нарушение работоспособности внутренних конструктивных элементов оборудования инструмента, при эксплуатации, определить не представляется возможным, т.е. не учитывается изменение технического состояния инструмента в процессе эксплуатации.



Рис. 2. Процессы, снижающие работоспособность изделия

Анализ показателей надежности гидравлического инструмента показал, что с увеличением времени эксплуатации инструмента происходит изменение его свойств, что приводит к его поломке (рис. 2). Основным показателем, характеризующим работу инструмента, является ресурс (продолжительность функционирования) элемента оборудования.

Одним из основных требований, предъявляемых к современным аварийно-спасательным средствам и оборудованию, является обеспечение надежности³. Однако это требование достигается за счет соответствия условий и режимов работы с ГАСИ, а также повышением эффективности проведения обслуживания, в полном объеме и по всем параметрам, что позволит сохранять вероятность безотказной работы элементов комплекта инструмента на соответствующем уровне.

Соответствие условий и режимов эксплуатации ГАСИ достигается путем изучения личным составом подразделения правил эксплуатации и технических характеристик имеющегося на вооружении гидравлического инструмента. Поддержание безотказности инструмента должно достигаться специалистами производственно-технических центров пожарной охраны или сертифицированных сер-

Авторами [1–3] показано, что процессы, протекающие в технических системах, приводят к изменению начальных свойств элементов оборудования, протекают в материалах, из которых создано оборудование, включая не только детали, но и смазку, что участвует в процессе эксплуатации. Протекающие процессы связаны, со сложными физико-химическими явлениями и приводят к изменению формы (деформации), износу, дефекту, разрушению за счет процессов окисления (коррозии) и другим видам действия разрушающих сил, что влечет за собой изменение выходных параметров элементов комплекта ГАСИ, что может привести к отказу (рис. 2).

висных центров. Анализ литературы^{4,5} показал, что испытания гидравлического аварийно-спасательного инструмента должны осуществляться один раз в два года с целью определения стабильности его показателей (сила резания кусачек; перекусывающая сила; разжимающая или сжимающая сила и др.). Однако не все пожарно-технические центры имеют лицензию, специалистов и технологическое оборудование на проведение испытаний гидравлического аварийно-спасательного инструмента.

ГОСТ 50982-2009 устанавливает требования как к отдельным типам инструмента, входящим в комплект ГАСИ, так и в целом к комплекту.

Требования к ножницам (кусачкам)^{3,4}:

- максимальное режущее усилие – не менее 50 кН;
- раскрытие лезвий – не менее 30 мм;
- время открывания ножей – не более 7 с;
- время закрывания ножей в режиме холостого хода – не более 10 с.

Таким образом, проведение испытаний гидравлического аварийно-спасательного ин-

³ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. Введ. 2017-03-01. М.: Стандартинформ, 2016. 22 с.

⁴ГОСТ 50982-2009 Инструмент для проведения специальных работ на пожарах. Введ. 2010-01-01. М.: Стандартинформ, 2009. 23 с.

⁵National Fire Protection Association NFPA 1936 - 2005, 48 p.

струмента при его техническом обслуживании позволит повысить эффективность и уменьшить время проведения работ. Исследование параметров функционирования ГАСИ при различных вариациях диаметра перерезаемого прутка и его расположения относительно режущих кромок рабочего органа позволит контролировать готовность инструмента к эксплуатации.

Анализ литературы [4–5] показал, что любой гидравлический инструмент использует для передачи усилия от насоса к рабочему органу давление рабочей жидкости по принципу гидроцилиндра. Определение параметров рабочей жидкости (время накачки, развиваемое давление, определение утечки и т.д.) при различных усилиях на рабочем органе, позволяет сделать заключение о техническом состоянии исследуемого инструмента. Имея показатели проверки конкретного инструмента за несколько последних испытаний, можно делать выводы об изменении его технического состояния за определенный период времени.

Авторами [5] разработана установка, представленная на рис. 3, которая позволяет проводить испытания указанного инструмента путем контроля показателей рабочей жидкости при различных нагрузках на рабочие органы. Разработанная схема испытания гидравличе-

ского аварийно-спасательного инструмента позволяет проводить испытание всех существующих марок оборудования как Российского, так и зарубежного производства.

Принцип работы технического решения заключается в следующем (рис. 3) [5]: из ручного насоса 7 и инструмента 1 выворачиваются стандартные штуцеры, на их место устанавливаются специально изготовленные тройники 2, к которым с помощью быстроразъемных соединений 5 крепятся манометры 3. В оставшееся отверстие тройника 2 вворачиваются изъятые ранее стандартные штуцеры, что обеспечивает возможность присоединения штатных магистралей высокого давления 6. Манометры 3 присоединяются к быстроразъемному соединению 5 с помощью гибких рукавов высокого давления, что позволяет располагать их в удобном положении при проведении испытаний. Все предлагаемые элементы конструкции изготовлены и подобраны с учетом предельного рабочего давления 80 МПа, согласно техническим характеристикам инструмента и нормативно-технической документацией^{3,4,5}.

Исследование параметров функционирования ГАСИ, при перекусывании различного диаметра прутка, проводилось с использованием установки, представленной на рис. 3.

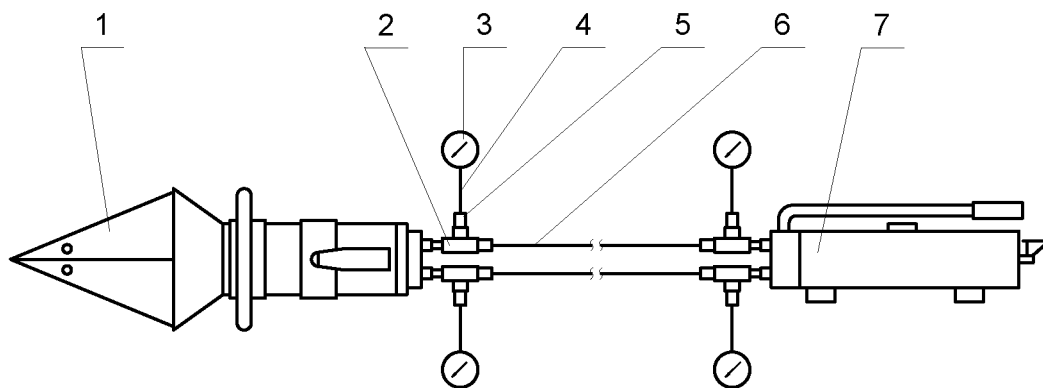


Рис. 3. Схема установки для испытания комплекта ГАСИ

В состав установки по определению параметров функционирования ГАСИ в процессе перекусывания металлического прутка различного диаметра, использовалось оборудование:

1. Лабораторная установка (рис. 3);
2. Гидравлический аварийно-спасательный инструмент марок: «Простор»; «Спрут»; «Holmatro»;
3. Манометр^{3,4} (пределы измерения от 1 до 100 МПа класса точности не ниже 2,5) – 4 шт;

4. Комплект металлических прутков Ст3 диаметром $d = 5, 10, 12, 14, 16, 18, 25$ мм;
5. Секундомер.

Проведение испытания комплектов ГАСИ: установить пруток для резки на стойке. Развести рабочие органы инструмента в крайнее положение и установить металлический пруток в первой зоне резания (рис. 4). Контролировать соответствие времени раскрытия рабочих органов нормативному значению^{3,4,5} – время открывания ножей в режиме холостого хода – не более 7 с.

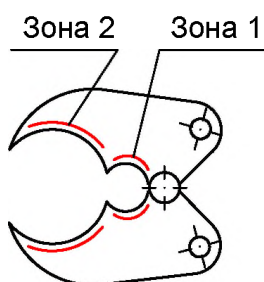


Рис. 4. Зоны резания прутка рабочими органами ГАСИ

Свести рабочие органы до касания с прутком и выполнить разрезание прутка. При этом необходимо зафиксировать время разрезания t (от момента касания режущей кромки рабочих органов прутка) и максимальное давление разрезания p .

Повторить описанный выше алгоритм для прутков другого диаметра.

В ходе проведения исследования параметров функционирования ГАСИ, получены значения по времени разрезания t (от момента касания режущей кромки рабочих органов прутка) и максимальному давлению разрезания p при резании металлического прутка различного диаметра (таблица).

Таблица. Экспериментальные данные по перерезанному прутку различными марками ГАСИ

| Диаметр прутка, мм | Давление p , атм. | Время t , с |
|--------------------|---------------------|---------------|
| «Простор» | | |
| 5 | 61 | 0,45 |
| 10 | 123 | 1,25 |
| 12 | 147 | 1,8 |
| 14 | 172 | 2,2 |
| 16 | 196 | 2,6 |
| 18 | 221 | 3,6 |
| 25 | 307 | 7,5 |
| «Спрут» | | |
| 5 | 74 | 0,51 |
| 10 | 148 | 1,62 |
| 12 | 178 | 1,94 |
| 14 | 207 | 2,31 |
| 16 | 237 | 2,64 |
| 18 | 267 | 3,41 |
| 25 | 371 | 8,69 |
| «Holmatro» | | |
| 5 | 48 | 0,42 |
| 10 | 97 | 1,3 |
| 12 | 117 | 1,9 |
| 14 | 136 | 2,1 |
| 16 | 156 | 2,5 |
| 18 | 175 | 3,4 |
| 25 | 244 | 8 |

На основании полученных данных (табл.) построили зависимости создаваемого давления при перекусывании от диаметра перекусываемого прутка (рис. 5). Анализ полученных данных показывает, что наибольшее давление при перекусывании металлической арматуры создается, ГАСИ марки «Спрут», что связано с диаметром поршня насоса инструмента. Однако способность к перекусыванию определяется конструкцией лезвий ножниц или разжим кусачек.

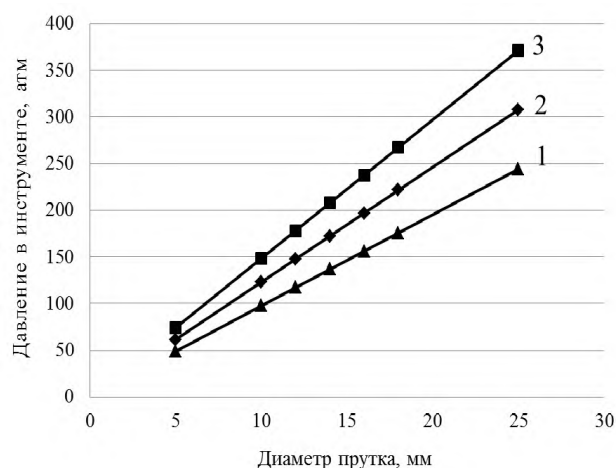


Рис. 5. Зависимость давления создаваемого ГАСИ для перекусывания от диаметра стального прутка: 1 – комплект «Holmatro»; 2 – комплект «Простор»; 3 – комплект «Спрут»

Величина создаваемого давления в элементах ГАСИ определяет время резания металлического прутка и характеризует техническое состояние инструмента. Таким образом, по изменению величины создаваемого усилия при резании металлического прутка различного диаметра можно спрогнозировать вывод комплекта ГАСИ в резерв для проведения обслуживания. Падение давления в гидравлической системе инструмента связано с износом пружин клапанов и засорения внутренних каналов транспортировки гидравлической жидкости. Вследствие этого, по показаниям изменения гидравлического давления и времени перекусывания металлического прутка, различного диаметра, можно осуществлять диагностику работоспособности ГАСИ в подразделении.

В работе проведено определение значений времен перекусывания от диаметра стальной арматуры при использовании комплекта ГАСИ марки «Простор», «Спрут», «Holmatro» (рис. 6–8).

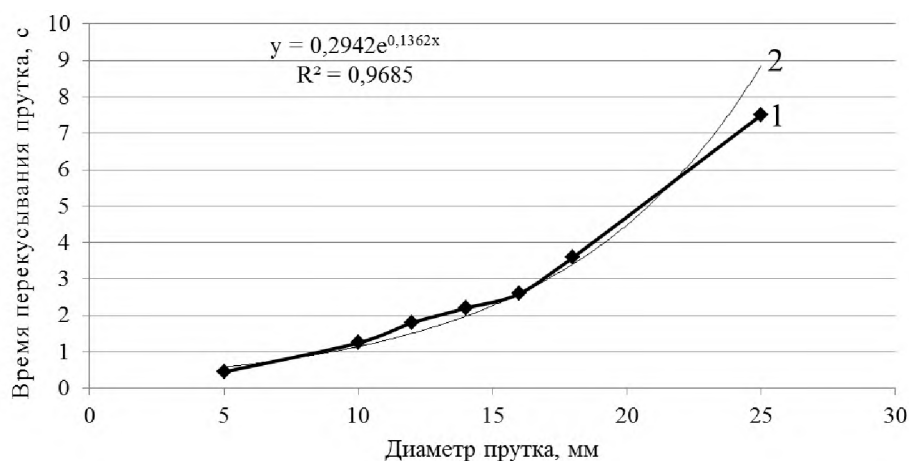


Рис. 6. Зависимость времени перекусывания комплектом «Простор» от диаметра стального прутка
1 – экспериментальные значения; 2 – линия тренда

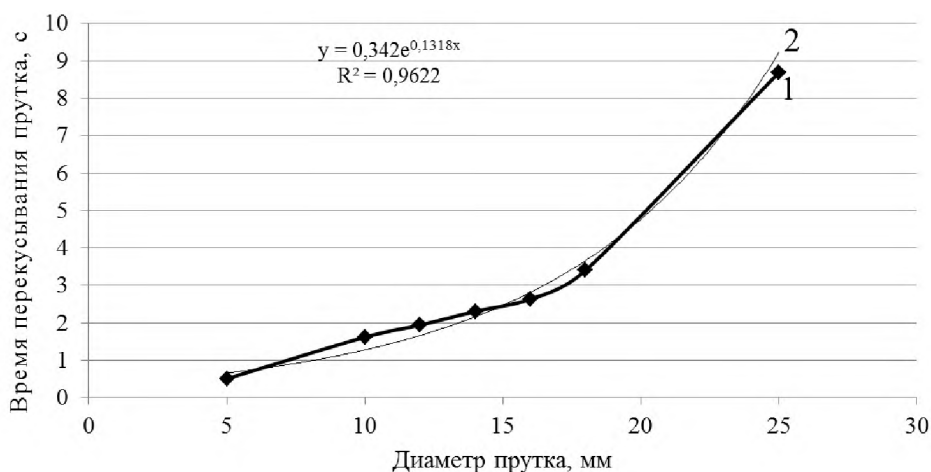


Рис. 7. Зависимость времени перекусывания комплектом «Спрут» от диаметра стального прутка
1 – экспериментальные значения; 2 – линия тренда

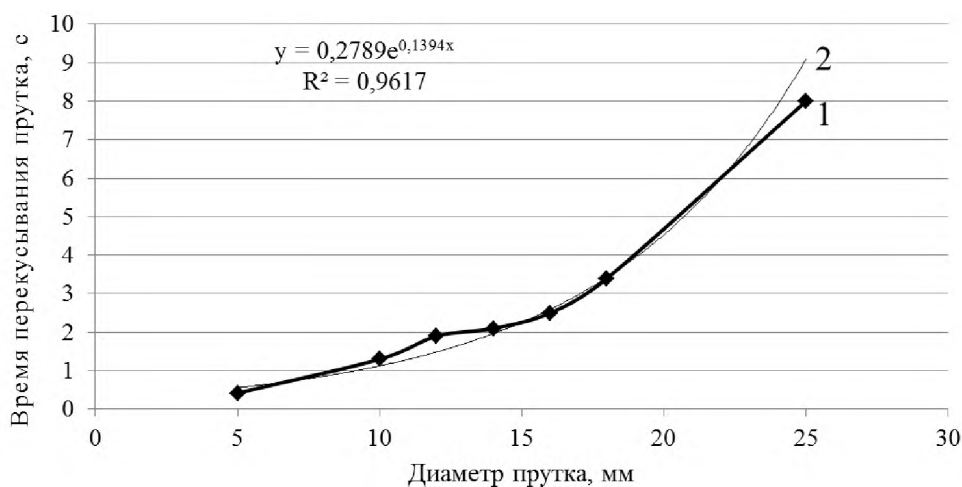


Рис. 8. Зависимость времени перекусывания комплектом «Holmatro» от диаметра стального прутка
1 – экспериментальные значения; 2 – линия тренда

Анализ полученных зависимостей времени перекусывания от диаметра стальной арматуры и используемого комплекта ГАСИ показывает, что изменение значений подчиняется экспоненциальному закону распределения. Величина достоверности аппроксимации $R^2=0,96$, полученных зависимостей, подтверждает подчинение величины времени перекусывания от диаметра прутка экспоненциальному закону.

Выводы

В работе показано, что эффективность использования гидравлического аварийно-спасательного инструмента в большой степени зависит от технического состояния единичных элементов оборудования. Из-за износа узлов и агрегатов оно в процессе эксплуатации изменяется в сторону ухудшения.

Установлено, что готовность ГАСИ выявляется только внешним осмотром, позволяя обнаружить только внешние признаки неисправности оборудования (подтекание масла, неисправности байонетных соединений, рукавов высокого давления и др.). Однако нарушение работоспособности внутренних конструктивных элементов инструмента на этапе эксплуатации определить не представляется возможным, поскольку не учитывается изменение технического состояния инструмента в процессе эксплуатации.

Список литературы

1. Малкин В. С. Надежность технических систем и техногенный риск. Ростов н/Д.: Феникс, 2010. 432 с.
2. Андронов А. А. Разработка системы показателей эффективности эксплуатации транспортных и технологических машин лесного хозяйства // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2010. № 3. С. 111–114.
3. Репин С. В. Методология совершенствования системы технической эксплуатации строительных машин: автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.05.04. Санкт-Петербург, 2008. 46 с.
4. Степанов А. С. Гидравлический аварийно-спасательный инструмент в схемах и таблицах. М.: Стройиздат, 2008. 204 с.
5. Крудышев В. В., Тукташев А. В., Филиппов А. В. Снижение эффективности работы и надежности гидравлического аварийно-спасательного инструмента в процессе его эксплуатации // Проблемы пожарной безопасности: пути их решения и совершенствование противопожарной защиты: материалы Всерос-

Показано, что гидравлический инструмент использует для передачи усилия от насоса к рабочему органу давление рабочей жидкости по принципу гидроцилиндра. Определение параметров рабочей жидкости (время накачки, развиваемое давление, определение утечки и т.д.) при различных усилиях на рабочем органе, позволяет сделать заключение о техническом состоянии исследуемого инструмента. Имея показатели проверки конкретного инструмента за несколько последних испытаний, можно делать выводы об изменении его технического состояния за определенный период времени.

Получены характеристики, указывающие на способность к перекусыванию металлического прутка, в зависимости от его диаметра новыми комплектами ГАСИ марки «Простор», «Спрут», «Holmatro». Установлено, что величина времени перекусывания от диаметра прутка подчиняется экспоненциальному закону, позволяя связать его с показателями надёжности.

Таким образом, проведение испытаний гидравлического аварийно-спасательного инструмента при его техническом обслуживании позволит по показаниям изменения гидравлического давления и времени перекусывания металлического прутка, различного диаметра, осуществлять диагностику работоспособности ГАСИ в подразделении до и во время эксплуатации.

сийской научно-практической конференции с международным участием. Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», 2012. С. 82–87. URL: <http://elar.urfu.ru/handle/1234.56789/4053>.

References

1. Malkin V. S. *Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyj risk* [Reliability of technical systems and man-made risk]. Rostov n/D.: Feniks, 2010. 432 p.
2. Andronov A. A. *Razrabotka sistemy pokazatelej effektivnosti ekspluatatsii transportnyh i tekhnologicheskikh mashin lesnogo hozyajstva* [Development of a system of indicators of efficiency of operation of transport and technological machines of forestry]. *Nauchno-tekhnicheskie ведомosti SPbGPU. Nauka i obrazovanie*, 2010, issue 3, pp. 111–114.
3. Repin S. V. *Metodologiya sovershenstvovaniya sistemy tekhnicheskoy ekspluatatsii stroitel'nyh mashin: avtoref. dis. dr tech. nauk: 05.05.04* [Methodology of improving the system of technical operation of construction ma-

chines: abstract of the thesis for the degree Dr. tech. sci.:05.05.04]. Sankt-Peterburg, 2008. 46 p.

4. Stepanov A. S. *Gidravlicheskiy avarijno-spasatel'nyj instrument v skhemah i tablicah* [Hydraulic rescue tool in diagrams and tables]. M.: Strojizdat, 2008. 204 p.

5. Krudyshev V. V., Tuktashev A. V., Filippov A. V. Snizhenie effektivnosti raboty i nadezhnosti gidravlicheskogo avarijno-spasatel'nogo instrumenta v processe ego ekspluatatsii [Reducing the efficiency and reliability of the hydraulic rescue tool during its operation].

Problemy pozharnoj bezopasnosti: puti ih resheniya i sovershenstvovanie protivopozharnoj zashchity: materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Ekaterinburg: FGAOU VPO «UrFU imeni pervogo Prezidenta Rossii B.N.El'cina», 2012, pp. 82–87. URL: <http://elar.urfu.ru/handle/1234.56789/4053>.

Семенов Андрей Дмитриевич

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

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: sad8_3@mail.ru,

Semenov Andrej Dmitrievich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical Sciences, senior lecturer

E-mail: sad8_3@mail.ru

Бубнов Андрей Германович

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

доктор химических наук, доцент, профессор кафедры

E-mail: bubag@mail.ru

Bubnov Andrej Germanovich

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

Russian Federation, Ivanovo

doctor of Chemical Sciences, professor

E-mail: bubag@mail.ru

Бочкарев Артем Николаевич

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

преподаватель

E-mail: pogarnik1_artem@mail.ru

Bochkarev Artem Nikolaevich

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

Russian Federation, Ivanovo

teacher

E-mail: pogarnik1_artem@mail.ru

УДК 621.89

РАСЧЕТ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО МАГНИТОЖИДКОСТНОГО УПЛОТНЕНИЯ

А. В. ТОПОРОВ, Д. Ю. ПАЛИН, В. В. КИСЕЛЕВ

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

E-mail: ironaxe@mail.ru, den_palin94_94@bk.ru, slavakis76@mail.ru

В работе приведен анализ конструкции магнитной системы комбинированного магнитоэластомерного уплотнения. В предложенной конструкции комбинированного магнитоэластомерного уплотнения, используется магнитная система, изготовленная из магнитного эластомерного материала. Магнитную систему уплотнения предложено собирать из отдельных шайб. Теоретическое исследование распределения магнитного поля в уплотнении проводилось с использованием метода конечных элементов. Исследована зависимость величины магнитной индукции в рабочем зазоре уплотнения от вектора намагниченности магнитных эластомерных шайб. Установлено влияние ширины и толщины, магнитных эластомерных шайб на среднюю величину магнитной индукции в рабочем зазоре комбинированного магнитоэластомерного уплотнения (КМЖУ). Исследовано влияние материалов вала на среднюю величину магнитной индукции в рабочем зазоре КМЖУ. Согласно результатам проведенного теоретического исследования сделан вывод о том, что магнитную систему, состоящую из магнитных эластомерных шайб целесообразно намагничивать в осевом направлении и устанавливать одноименными полюсами друг к другу. Установлено, что в рассмотренной конструкции магнитная система позволяет формировать в рабочей области уплотнения магнитоэластомерные пробки, компенсирующие перепад давлений, а так же удерживать магнитную жидкость в рабочей области уплотнения.

Ключевые слова: комбинированное магнитоэластомерное уплотнение, магнитное поле, магнитная система, эластомерный материал, магнитная индукция.

THE MAGNETIC SYSTEM CALCULATION OF A COMBINED MAGNETIC FLUID SEAL

A. V. TOPOROV, D. Yu. PALIN, V. V. KISELEV

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

E-mail: ironaxe@mail.ru, den_palin94_94@bk.ru

The paper presents an analysis of the design of the magnetic system of the combined magnetic-liquid seal. In the proposed construction of a combined magnetic-liquid seal, a magnetic system made of a magnetic elastomeric material is used. The magnetic sealing system is proposed to be assembled from individual washers. A theoretical study of the distribution of the magnetic field in the seal was carried out using the finite element method. The dependence of the magnetic induction in the working gap of the seal on the magnetization vector of magnetic elastomeric washers is investigated. The influence of the width and thickness of magnetic elastomeric washers on the average value of magnetic induction in the working gap of the combined magnetic-liquid seal (KMZHU) has been established. The effect of shaft materials on the average value of magnetic induction in the working gap of the KMZHU was investigated. According to the results of the theoretical study, it was concluded that the magnetic system consisting of magnetic elastomeric washers should be magnetized axially and installed with the same poles towards each other. It has been established that in the considered design the magnetic system allows the formation of magnetic-fluid plugs in the sealing work area, compensating for the pressure drop, as well as keeping the magnetic fluid in the sealing work area.

Key words: combined magneto-fluidic seal, magnetic field, magnetic system, elastomeric material, magnetic induction.

В настоящее время магнитожидкостные уплотнения (МЖУ) нашли свое применение в различных сферах деятельности. В основном они используются для герметизации подвижных и неподвижных частей машин и аппаратов. Тем не менее, во многих отраслях производства, например в химической промышленности, где изготавливаются, перерабатываются, хранятся или транспортируются опасные химические и биологические вещества применяются традиционные уплотнения, такие как сальниковые, торцевые и лабиринтные [1]. Во время работы оборудования уплотнения эксплуатируются в тяжелых условиях, а также подвергаются воздействиям агрессивных сред, что отрицательно сказывается на их долговечности. Основной причиной потери герметичности традиционных уплотнений является воздействие высоких и низких температур, высокий перепад давлений, повышенное трение сопряженных элементов. Отказ традиционных уплотнений может привести к выходу из строя оборудования. Поэтому поиск вариантов решения проблемы герметизации узлов техники и оборудования является актуальной задачей.

Для решения поставленной задачи в качестве альтернативы существующим конструкциям уплотнительных устройств предлагается использовать комбинированные магнитожидкостные уплотнения (КМЖУ) [2].

В КМЖУ удастся достичь удачного сочетания достоинств традиционных уплотнительных устройств и магнитожидкостных герметизаторов, взаимно исключив и скомпенсировав их недостатки [3].

Функционирование КМЖУ невозможно без создания магнитного поля, удерживающего в рабочей области уплотнения магнитную жидкость. Как правило, для создания магнитного поля используются постоянные магниты и магнитопроводящая арматура. Такие магнитные системы относительно громоздки, предъявляют высокие требования к точности и технологии изготовления.

Решением проблемы создания простых и технологичных магнитных систем для КМЖУ может стать использование в качестве источника магнитного поля магнитных эластомерных материалов.

Магнитные эластомеры представляют собой полимерную матрицу, внутри которой находится наполнитель из магнитных частиц. В качестве магнитного наполнителя могут быть использованы мелкодисперсные частицы магнитотвердых материалов, например Fe, FeNi, Co, Ni, FeNdB, SmCo, Alnico [4]. Магнитные эластомеры легко поддаются обработке, дешевы и доступны для приобретения. С исполь-

зованием магнитного эластомерного материала предложена новая конструкция уплотнения, представленная на рис. 1.

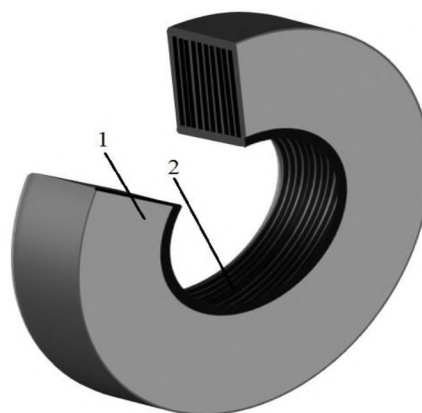


Рис. 1. Комбинированное магнитожидкостное уплотнение

Предложенная конструкция КМЖУ включает в себя корпус 1, изготовленный из полимерного материала, в который устанавливаются магнитоэластомерные шайбы 2. Количество шайб может изменяться в зависимости от назначения уплотнения.

Магнитная система в КМЖУ обеспечивает герметичность за счёт удержания магнитной жидкости (МЖ) пондеромоторной силой в рабочей области уплотнения, а также служит смазочным материалом трущихся элементов в области контакта магнитных эластомерных шайб с валом. Кроме этого, герметичность обеспечивается за счет механического контакта магнитоэластомерных шайб с валом, как в традиционных манжетных уплотнениях. В случае использования магнитопроводящего вала плотный контакт шайб и вала позволит снизить магнитное сопротивление рабочего зазора уплотнения и тем самым увеличить величину магнитной индукции.

Для определения магнитных характеристик магнитной системы КМЖУ необходимо провести соответствующие расчеты.

Имеется ряд методов расчета магнитных систем, из которых наиболее распространенными являются метод вероятных путей магнитного потока, метод конечных разностей и метод конечных элементов. Метод вероятных путей магнитного потока больше всего полезен для инженерных расчетов. Погрешности, возникающие при применении этого метода, могут достигать 20–30% и в значительной степени зависят от опыта инженера. Наиболее точными расчетами магнитной системы является метод конечных разностей и метод конеч-

ных элементов. Однако, метод конечных элементов (МКЭ) позволяет более корректно описать расчетную область, что приводит к уменьшению погрешности вычислений [5]. Поэтому, применение этого метода при исследовании магнитных полей в магнитных устройствах наиболее целесообразно.

При расчетах магнитных полей использовалась система конечноэлементного моделирования FEMM 4.2.

Целью исследования являлось качественное определение рациональной конфигурации магнитной системы в КМЖУ на основании магнитных расчетов. Результатами магнитного расчета являлись кривая распределения магнитной индукции в рабочей области и общая картина распределения магнитного поля. Указанные параметры позволяют оценить эффективность удержания магнитной жидкости в рабочей области КМЖУ различными магнитными системами.

Чтобы определить рациональную конфигурацию магнитной системы предложенной конструкции КМЖУ, потребуется разделить магнитный расчет на 4 этапа:

1. определение вектора намагниченности магнитных эластомерных шайб;

2. исследование влияния ширины магнитных эластомерных шайб на среднюю величину магнитной индукции в рабочем зазоре КМЖУ;

3. исследование влияния толщины магнитных эластомерных шайб на среднюю величину магнитной индукции в рабочем зазоре КМЖУ;

4. исследование влияния материала вала на среднюю величину магнитной индукции в рабочем зазоре КМЖУ.

Критериями оценки магнитной системы будут являться:

1. максимальная величина магнитной индукции в рабочей области уплотнения;

2. распределение магнитного поля в рабочей области уплотнения.

Первый показатель предполагает герметичность магнитной системы комбинированного магнитоэластомерного уплотнения, потому величиной магнитной индукции определяется пондеромоторные силы, удерживающие магнитную жидкость в рабочей области. Второй показатель образуется из условия присутствия магнитной жидкости в области трения сопрягающихся элементов в уплотнении, поскольку рабочие характеристики трущихся элементов могут быть улучшены за счет использования магнитной жидкости в качестве смазки [6].

При расчетах принималось, что источниками магнитного поля являются магнитные эластомерные шайбы в количестве 10 штук, состоящие из резины марки СКН-26 с магнитным наполнителем из феррита бария, материал вала – сталь Ст 3, корпус уплотнения из немагнитного полимерного материала. Остаточная намагниченность магнитоэластомерно-го материала принималась 190 кА/м [7].

На первом этапе определялся вектор намагниченности магнитоэластомерных шайб, который будет влиять на величину и распределение магнитной индукции в рабочей области уплотнения.

Для конструкции, представленной на рис. 1, расчет проводился при радиальном и осевом направлении намагниченности магнитных эластомерных шайб. Для осевой намагниченности магнитных эластомерных шайб рассматривались варианты их расположения одноименными и разноименными полюсами друг к другу.

На рис. 2, 3 представлена картина магнитного поля и кривая распределения магнитной индукции эластомерных шайб намагниченных в радиальном направлении.

Анализируя картину магнитного поля, можно прийти к выводу, что магнитный поток протекает через магнитные эластомерные шайбы и замыкается через немагнитное пространство вокруг них, при этом лишь на относительно небольшом участке магнитный поток протекает через магнитопроводный вал (рис. 2). Величина магнитной индукции в рабочей области (рис. 3) составляет порядка 0.17 Тл. Несмотря на достаточную величину магнитной индукции, как видно из кривой на Рис. 3, ее распределение не имеет градиентов, что приведет к формированию единой магнитоэластомерной пробки в рабочей области уплотнения. Однако, как показывают исследования, именно количество магнитоэластомерных пробок имеет решающее влияние на величину удерживаемого перепада давлений [8].

Аналогичные результаты были получены при расчете магнитных полей при осевом направлении вектора намагниченности магнитных эластомерных шайб при расположении разноименными полюсами друг к другу. В этом случае формируются две области с высоким значением магнитной индукции (порядка 0.22 Тл) в районе контакта крайних шайб с валом.

Результаты расчета магнитной системы уплотнения при осевом направлении намагниченности и расположению одноименными полюсами друг к другу представлены на рис. 4, 5.

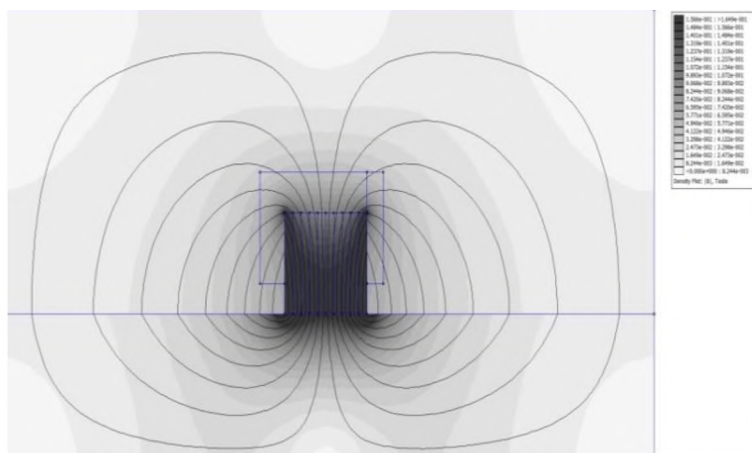


Рис. 2. Распределение магнитного поля в рабочей зоне уплотнения намагниченного в радиальном направлении

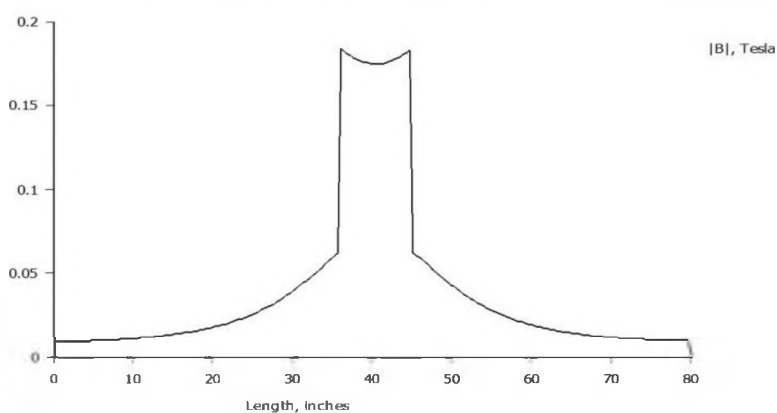


Рис. 3. Распределение магнитной индукции в рабочей области уплотнения намагниченного в радиальном направлении

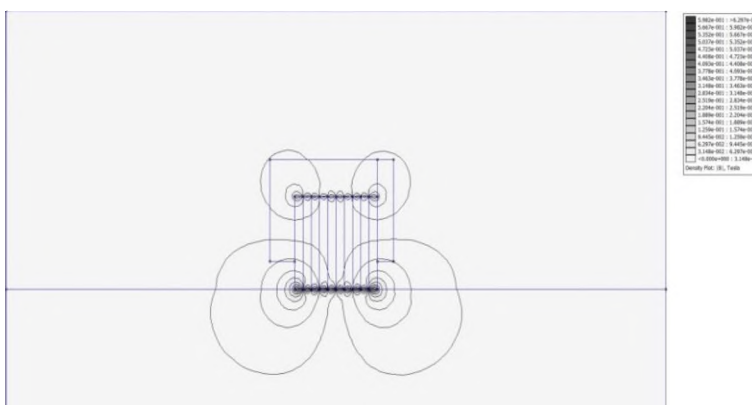


Рис. 4. Распределение магнитного поля намагниченных эластомерных шайб в осевом направлении одноименными полюсами друг к другу

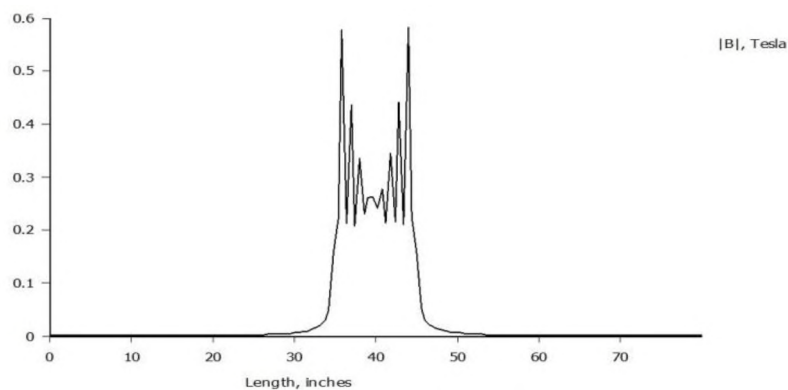


Рис. 5. Распределение магнитной индукции намагниченных эластомерных шайб в осевом направлении одноименными полюсами друг к другу

На рис. 4 показано, что основная часть линий магнитного потока пересекает рабочий зазор. Магнитная индукция в рабочем зазоре на границе сопряженных элементов уплотнения достигает пиковых значений 0,62 Тл (рис. 5). Следовательно, магнитная жидкость будет надежно удерживаться в области трения между валом и кромкой эластомерных шайб. Среднее значение индукции для этой конструкции составляет 0,22 Тл. Наличие перепадов величин магнитной индукции соответствует краям шайб. Именно в этих областях будут формироваться магнитожидкостные пробки, которые удерживают действующий перепад давлений. Как видим из (Рис. 5), формируется не менее 6 областей с высоким градиентом магнитного поля.

Анализируя результаты магнитных расчетов магнитной системы, можно сделать вывод, что КМЖУ с осевым направлением намагниченности магнитных эластомерных шайб, расположенных одноименными полюсами друг к другу, будет иметь лучшую (до 6 раз) герметичность вследствие наличия большего количества магнитожидкостных пробок. При этом в обеих конструкциях величина магнитной индукции в рабочей области уплотнения достаточна для удержания магнитной жидкости (МЖ) в зоне трения. Поэтому конструкция с намагниченными в осевом направлении шайбами является предпочтительной и дальнейшие расчеты проводятся на ее основе.

Второй этап включал в себя оценку влияния диаметра магнитных эластомерных шайб на расчетный показатель магнитной индукции. Расчет магнитной индукции проводился при разных диаметрах магнитных эластомерных шайб с шагом 0,5 мм. Основным критерием оценки являлась средняя величина магнитной индукции в области рабочего зазора между эластомерными шайбами и магнитопроводным валом. Используемые параметры и результаты, полученные в ходе расчета МКЭ, представлены в табл. 1.

Как видим из табл. 1, ширина шайб практически не оказывает влияния на среднюю величину магнитной индукции, которая составляет порядка 0,22 Тл. Однако, при ширине шайб менее 1,5 мм наблюдается некоторое увеличение магнитной индукции до величины порядка 0,24 Тл. Это может быть вызвано тем, что магнитный поток на внешнем диаметре шайб не рассеивается через воздух, а замыкается через магнитопроводный вал. Тем не менее, использование на практике шайб такой ширины не представляется возможным вследствие недостаточной прочности магнитоэластомерного материала.

Таблица 1. Данные исследований влияния ширины магнитных эластомерных шайб на среднюю величину магнитной индукции в рабочем зазоре КМЖУ

| Диаметр эластомерных шайб, мм | Единица измерения магнитной индукции, Тл |
|-------------------------------|--|
| 0,5 | 0,24 |
| 1 | 0,23 |
| 1,5 | 0,22 |
| 2 | 0,22 |
| 2,5 | 0,22 |
| 3 | 0,22 |
| 3,5 | 0,22 |
| 4 | 0,22 |
| 4,5 | 0,22 |
| 5 | 0,22 |
| 5,5 | 0,22 |
| 6 | 0,22 |
| 6,5 | 0,22 |
| 7 | 0,22 |
| 7,5 | 0,22 |
| 8 | 0,22 |
| 8,5 | 0,22 |
| 9 | 0,22 |
| 9,5 | 0,22 |
| 10 | 0,22 |

Третьим этапом являлся выбор оптимальной конфигурации магнитной системы в зависимости от толщины магнитных эластомерных шайб. Расчет магнитной индукции проводился при разной ширине шайб с шагом 0,5 мм. Основным критерием оценки являлась средняя величина магнитной индукции в области рабочего зазора между эластомерными шайбами и магнитопроводным валом. Используемые параметры и результаты, полученные в ходе расчета МКЭ, представлены в (табл. 2).

Таблица 2. Данные исследований влияния толщины магнитных эластомерных шайб на среднюю величину магнитной индукции в рабочем зазоре КМЖУ

| Ширина эластомерных шайб, мм | Единица измерения магнитной индукции, Тл |
|------------------------------|--|
| 0,5 | 0,22 |
| 1 | 0,22 |
| 1,5 | 0,22 |
| 2 | 0,22 |
| 2,5 | 0,22 |
| 3 | 0,22 |
| 3,5 | 0,22 |

На основании табличных данных можно сделать вывод, что магнитная индукция в рабочем зазоре КМЖУ составляет 0,22 Тл.

Следовательно, толщина магнитных эластомерных шайб не оказывает влияния на среднюю величину магнитной индукции.

Заключительный этап включал в себя исследование влияния материала вала на среднюю величину магнитной индукции в рабочей области КМЖУ. В табл. 3 представлены наименования материалов вала и результаты расчетов средней величины магнитной индукции в рабочей области КМЖУ.

Таблица 3. Данные исследований влияния материала вала на среднюю величину магнитной индукции в рабочем зазоре КМЖУ

| Материал вала | Единица измерения магнитной индукции, Тл |
|----------------------------------|--|
| Ст3 | 0,22 |
| Сталь 10Х18Н9 | 0,13 |
| Чугун СЧ18-36 | 0,16 |
| Полимерный материал (пластмасса) | 0,12 |

Список литературы

1. Уплотнения и уплотнительная техника / А. А. Кондаков [и др.]. М.: Машиностроение, 1994. 448 с.

2. Патент 148871 Российская федерация МПК F 16 J 15/43. Комбинированное магнитоожидкостное уплотнение / А.В. Топоров, И.А. Малый, О.В. Потёмкина, С.А. Никитина, П.В. Пучков, Е.А. Топорова, В.В. Киселев, В.П. Зарубин; опубли. 20.12.2014, Бюл. № 35.

3. Покровский А. А., Пучков П. В., Легкова И. А. Использование расчета магнитных полей методом конечных элементов при создании конструкций комбинированных магнитоожидкостных уплотнений // Наукоедение: Интернет-журнал. 2016. Т. 8. № 5. С. 1–9. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/41TVN516.pdf>.

4. Копылов А. А., Товмаченко Д. К., Янчелик А. Э. Платформа активной виброизоляции на основе демпферов с магнитоологическими эластомерами // Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. С. 1–9.

5. Зинкевич О. С. Метод конечных элементов в технике. М.: МИР, 1975. 543 с.

6. Топоров А. В. Разработка комбинированных магнитоожидкостных уплотнений и исследование их трибологических характеристик: дис. ...канд. тех. наук: Иваново, 2000. 173 с.

Согласно приведенным данным в табл. 3, магнитопроводный вал из углеродистой стали обеспечивает наивысшую магнитную индукцию, для валов с меньшей магнитной проницаемостью величина индукции практически одинакова и составляет порядка 0,12–0,16 Тл. Поэтому в КМЖУ, представленном на рис. 1, предпочтительно использовать магнитный вал. В случае применения валов из немагнитных материалов рабочие характеристики ухудшаются.

Таким образом, в результате проведенных расчетов установлено, что для КМЖУ целесообразно использовать магнитную систему, состоящую из магнитных эластомерных шайб, намагниченных в осевом направлении и установленных одноименными полюсами друг к другу, при этом ширина и толщина шайб не оказывают влияния на величину магнитной индукции в рабочем зазоре уплотнения. При изготовлении вала уплотнения из немагнитных материалов величина магнитной индукции уменьшается на 54%.

7. Магнитный винил. URL: <https://cheyal.ru/katalog/magnitnyj-vinil/> (дата обращения 22.04.19, свободный доступ).

8. Патент 2353840 Российская федерация МПК F 16 J 15/43. Магнитоожидкостное уплотнение вала / С. М. Перминов; опубли. 27.04.2009, Бюл. № 12.

References

1. *Uplotneniya i uplotnitel'naya tekhnika* / A. A. Kondakov [et al.]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1994. 448 p.

2. Patent 148871 Rossiyskaya federatsiya MPK F 16 J 15/43. *Kombinirovannoye magnitozhidkostnoye uplotneniye* / A. V. Toporov, I. A. Malyy, O. V. Potomkina, S. A. Nikitina, P. V. Puchkov, Ye. A. Toporova, V. V. Kiselev, V. P. Zarubin; opubl. 20.12.2014, Byul. № 35.

3. Pokrovskiy A. A., Puchkov P. V., Legkova I. A. *Naukovedeniye*, 2016, vol. 8, issue 5, pp. 1–9. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/41TVN516.pdf>.

4. Kopylov A. A., Tovmachenko D. K., Yanchelik A. E. Platforma aktivnoy vibroizolyatsii na osnove dempferov s magnitoreologicheskimi elastomerami [Active vibration isolation platform based on dampers with magnetorheological elastomers]. *Studencheskaya nauchnaya vesna: Mashinostroitel'nyye tekhnologii*. Moscow: Gosu-

darstvennyy Tekhnicheskiy Universitet im. N.E.Baumana, 2016, pp. 1–9.

5. Zinkevich O. S. *Metod konechnykh elementov v tekhnike* [Finite element method in engineering]. Moscow: MIR, 1975. 543 p.

6. Toporov A. V. *Razrabotka kombinirovannykh magnitnozhidkostnykh uplotneniy i issledovaniye ikh tribologicheskikh kharakteristik*: Diss. kand. tekhn. nauk [Development of combined magnetic fluid seals and the study of their

tribological characteristics. Cand. tech. sci. diss.]. Ivanovo, 2000. 173 p.

7. *Magnitnyy vinil* [Magnetic vinyl] URL: <https://cheyal.ru/katalog/magnitnyj-vinil/> (data obrashcheniya 22.04.19, svobodnyy dostup)

8. Patent 2353840 Rossiyskaya federatsiya MPK F 16 J 15/43. Magnitnozhidkostnoye uplotneniye vala / S. M. Perminov; opubl. 27.04.2009, Byul. № 12.

Топоров Алексей Валериевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: ironaxe@mail.ru

Toporov Aleksey Valerievich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of tech. sciences, assistant professor

E-mail: ironaxe@mail.ru

Палин Денис Юрьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

адъюнкт

E-mail: den_palin94_94@bk.ru

Palin Denis Yurievich

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

Russian Federation, Ivanovo

Graduate student

E-mail: den_palin94_94@bk.ru

Киселев Вячеслав Валериевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: slavakis76@mail.ru

Kiselev Vyacheslav Valerievich

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

Russian Federation, Ivanovo

candidate of tech. sciences, assistant professor

E-mail: slavakis76@mail.ru

УДК 614.88

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ТРАНСПОРТИРОВКУ ПОСТРАДАВШЕГО

А. В. ТОПОРОВ¹, И. Ю. ШАРАБАНОВА¹, С. В. БАЗАНОВ², Л. В. ПОТАПЕНКО²,
И. А. ЛЕГКОВА¹, О. Г. ЗЕЙНЕТДИНОВА¹

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

²ГКУЗ ИО «Территориальный центр медицины катастроф Ивановской области»
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: ironaxe@mail.ru, sharabanova@bk.ru, legkovai@mail.ru

Транспортировка пострадавших является неотъемлемой и важной составляющей первой помощи при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), поскольку жизнь и здоровье пострадавших во многом зависят от ее своевременного и профессионального выполнения. Носилки незаменимы для осуществления медицинской эвакуации пострадавших. Улучшение характеристик конструкций существующих носилок с целью повышения безопасности при транспортировке пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций является актуальной задачей.

Нами разработаны носилки складные, которые имеют ряд преимуществ перед существующими аналогами. Отличительной особенностью предлагаемой конструкции является запатентованная система сложения. Носилки складные содержат тканевое полотно, натянутое на два бруса, каждый из которых выполнен с возможностью сложения в поперечном направлении.

Предложенная конструкция имеет следующие преимущества:

- разработанная конструкция носилок в сложенном состоянии является компактной, что позволяет размещать их, в том числе в отсеке пожарного автомобиля;
- носилки снабжены простым механизмом сложения, обеспечивающим прочность, надежность и быстроту приведения в рабочее положение.

Таким образом, разработанные носилки могут применяться экстренными оперативными службами, в т.ч. пожарно-спасательными подразделениями и формированиями службы экстренной медицинской помощи и медицины катастроф для транспортировки пострадавших в ЧС.

Ключевые слова: транспортировка пострадавших; чрезвычайные ситуации; носилки складные; механизм сложения; прочностной расчет; медицина катастроф; медицина чрезвычайных ситуаций.

DEVELOPMENT OF TECHNICAL MEANS FOR TRANSPORTATION OF THE INJURED

A. V. TOPOROV¹, I. Yu. SHARABANOVA¹, S. V. BAZANOV², L. V. POTAPENKO²,
I. A. LEGKOVA¹, O. G. ZEINETDINOVA¹

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

² State Establishment of health care of the Ivanovo region
«Regional Centre of Disaster Medicine of the Ivanovo region»,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: ironaxe@mail.ru, sharabanova@bk.ru, legkovai@mail.ru

Transportation of victims is an integral and very important component of first aid in the aftermath of emergency situations, as the life and health of victims largely depend on its timely and professional implementation. The stretcher is essential for the organization of immediate emergency assistance. Improving the design characteristics of existing stretchers and giving them additional properties that increase the safety of transportation of victims of emergencies is an urgent task.

We have developed folding stretchers, which have a number of advantages over analogues. A distinctive feature of the proposed design is a patented addition system. Folding stretchers contain fabric cloth stretched on two beams, each of which is made with the possibility of adding in the transverse direction.

The proposed design has the following advantages:

- the developed design of the stretcher in the folded state is compact, which allows you to place them, including in the compartment of a fire truck;
- stretchers are equipped with a simple mechanism of addition, providing strength, reliability and speed of bringing to the working position.

Thus, the developed stretchers can be used by emergency operational services, including fire and rescue units and units of the emergency medical service and disaster medicine for the transportation of victims in emergencies.

Key words: transportation of victims; emergency situation; folding stretchers, the mechanism of addition; the device of control of transportation of the victim; strength calculation; disaster medicine; emergency medical service.

Важнейшей задачей первой помощи является проведение быстрой, безопасной, щадящей транспортировки пострадавших в чрезвычайных ситуациях (ЧС).

Способы и средства транспортировки пострадавших определяются с учетом конкретных условий и ситуаций, в том числе характера ЧС, местонахождения пострадавших, степени травмирования, наличия специальных и подручных средств, а также расстояния транспортировки [1, 2, 3].

В соответствии с нормами табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных и специальных пожарных автомобилей, утвержденных приказом МЧС России №425 от 25.07.2006 года, многие типы пожарных автомобилей комплектуются носилками. Улучшение характеристик конструкций существующих носилок и придание им дополнительных свойств, повышающих безопасность транспортировки пострадавших в результате ЧС, является актуальной задачей.

Для транспортировки пострадавших широко известны носилки, имеющие жесткий каркас и полотнище. Недостатком таких носилок является невозможность компактного складывания для их перевозки. Поэтому пожарные автомобили и автомобили спасателей оснащают тканевыми бескаркасными носилками «МЧС-Н». В нерабочем транспортном положении эти носилки занимают мало места и в тоже время их можно использовать в ограниченном пространстве. В этом случае к недостаткам можно отнести то, что для транспортировки пострадавшего необходимо не менее четырех человек.

Учесть перечисленные выше недостатки позволяют разработанные нами носилки складные, которые имеют ряд преимуществ перед аналогами. Отличительной особенностью предлагаемой конструкции является запатентованная система сложения [4].

Особенности предложенной конструкции позволят: за счет исключения из системы сложения шарнирных соединений повысить надежность; обеспечить возможность сложения в транспортном положении в необходимое количество раз без увеличения внешних габаритов шарниров.

Практическая значимость технического средства, обеспечивающего транспортировку пострадавшего: разработанная конструкция носилок в сложенном состоянии является компактной, имеет небольшие габаритные размеры, что позволяет размещать их в отсеке пожарного автомобиля; носилки снабжены простым механизмом сложения, обеспечивающим прочность, надежность и быстроту приведения в рабочее положение.

На рис. 1 представлены данные носилки в рабочем положении, на рис. 2 приведены носилки складные в сложенном положении, на рис. 3 представлена схема, поясняющая приведение носилок складных в рабочее положение.

Носилки складные содержат тканевое полотнище 1 (рис. 1), натянутое на два бруса 2, каждый из которых выполнен с возможностью сложения в поперечном направлении. Каждый из двух брусьев 2 выполнен из металлической трубы и снабжен ручками из нескользящего материала. Каждый брус 2 выполняют длиной L , которую выбирают не менее 2 м. Каждый брус 2 состоит из N опорных частей 3 равной длины l . N выбирают из условия обеспечения прочности бруса и обеспечения необходимых габаритов носилок в сложенном положении. Каждый брус 2 содержит $N-1$ фиксирующих элементов 4 длиной l , выполненных из трубы, расположенных в полости опорных частей 3. Фиксирующие элементы 4 последовательно соединены между собой тросом 5, размещенным в их полости, при этом длину троса 5 выбирают не менее $1,5 * L$, а крайние опорные части 3 каждого бруса снабжены средством

фиксации троса (на рисунке не показано). Трос 5 выполняют из высокопрочного синтетического материала, например, паракорда. Фиксирующие элементы 4 расположены в полости опорных частей 3 с возможностью осевого перемещения на расстояние $0,5 \cdot l$.

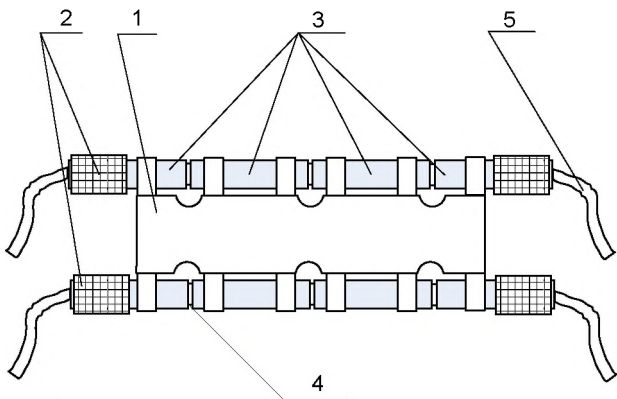


Рис. 1. Носилки складные с устройством контроля транспортировки пострадавшего (общий вид)

В сложенном положении при транспортировке фиксирующие элементы 4 размещены в соответствующих опорных частях 3 бруса, при этом трос 5 ослаблен, каждый брус 2 сложен по принципу гармошки (рис. 2).

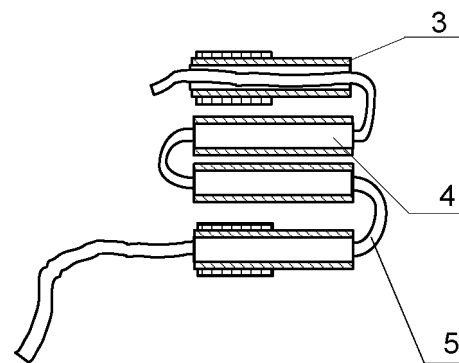


Рис. 2. Носилки в сложенном состоянии

При необходимости привести носилки в рабочее положение, их укладывают на ровную поверхность, опорные части 3 каждого бруса ориентируют в линию, производится вытягивание троса 5, со стороны крайней опорной части 3, в которой отсутствует фиксирующий элемент 4. При этом закрепленные на тросе 5 фиксирующие элементы смещаются на расстояние $0,5 \cdot l$ и перекрывают зазоры между опорными частями 3, таким образом обеспечивая жесткость брусьев (рис. 3). Трос 5 фиксируют, препятствуя перемещению фиксирующих элементов 4 внутри опорных частей 3. Перевод носилок в сложенное положение осуществляется в обратном порядке (рис.4).

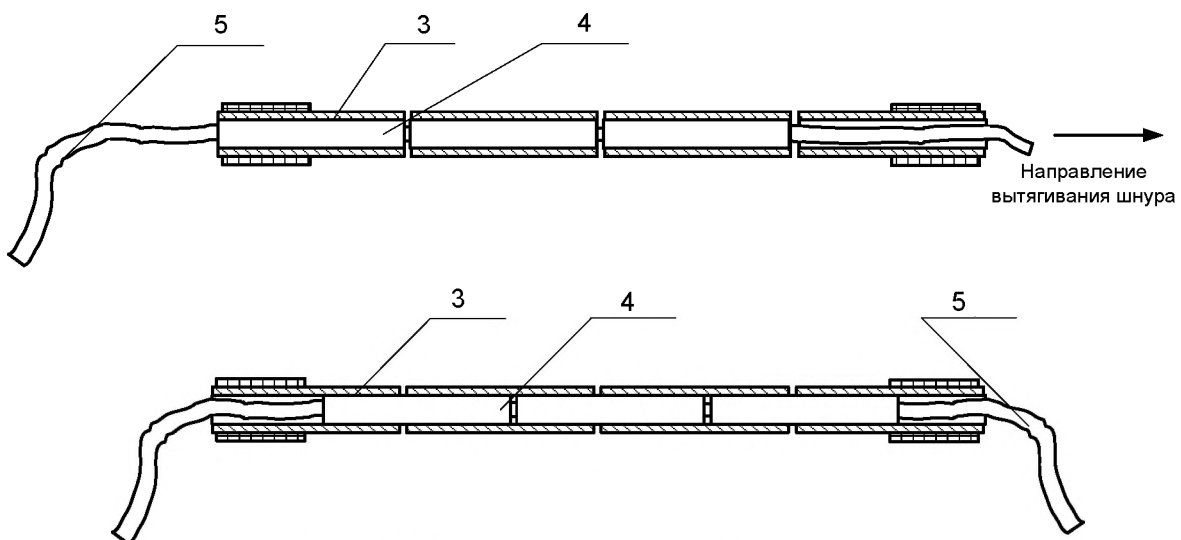


Рис. 3. Принципиальная схема разложения носилок

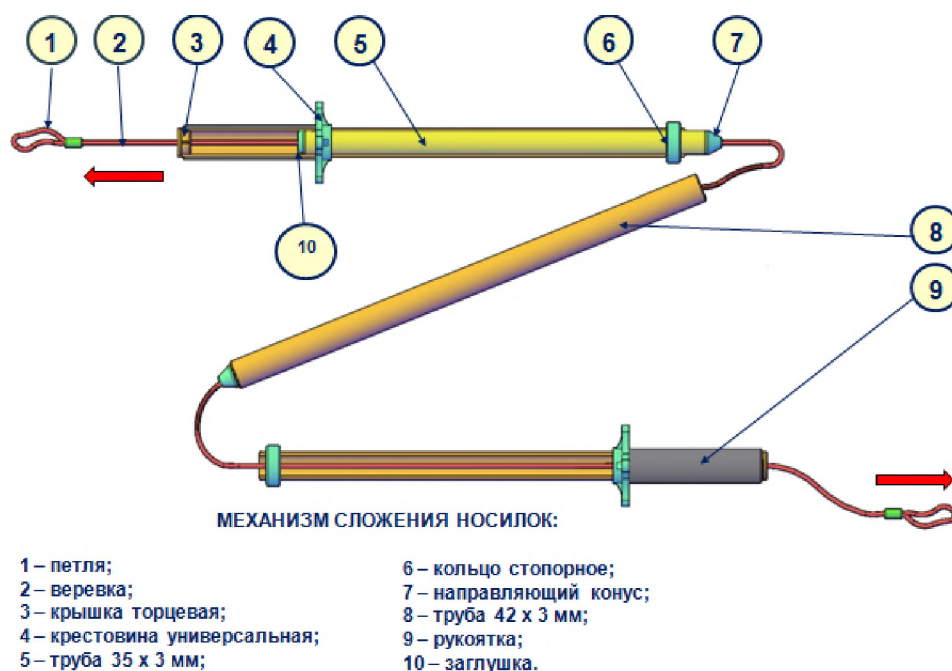


Рис. 4. Общий вид механизма сложения носилок

Для проверки прочности разработанного устройства был проведен расчет элементов носилок в графической системе КОМПАС-3D, которая в настоящее время широко используется для проведения инженерных расчетов и их визуализации. КОМПАС-3D оснащен встро-

енной системой прочностного анализа APM FEM, которая основана на методе конечных элементов [5]. Для разработанного устройства определен коэффициент запаса прочности, найдено максимальное перемещение брусьев (рис. 5) [6].

| Наименование | Тип | Минимальное значение | Максимальное значение |
|--------------------------------|-----------|----------------------|-----------------------|
| Суммарное линейное перемещение | USUM [мм] | 0 | 0.180589 |

| l , [м] | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Δ [мм] | 0.0000 | 0.0326 | 0.0731 | 0.1171 | 0.1457 | 0.1806 | 0.1456 | 0.1172 | 0.0732 | 0.0325 | 0.0000 |

Рис. 5. Результаты значений прогиба по длине бруса

По результатам проведенных расчетов возможно сделать вывод, что разработанное устройство имеет необходимую прочность и жесткость; значения напряжений и прогиба несущей основы не превышают допустимых величин при нагрузке на рабочую часть носилок 160 кг¹.

Разработанная конструкция носилок в сложенном состоянии является компактной, имеет небольшие габаритные размеры

(80x25x25 см), что позволяет размещать их в отсеке пожарного автомобиля, носилки снабжены простым механизмом сложения, обеспечивающим прочность, надежность и быстроту приведения в рабочее положение.

Таким образом, разработанные носилки могут применяться экстренными оперативными службами, в т.ч. пожарно-спасательными подразделениями и формированиями службы экстренной медицинской помощи и медицины катастроф для транспортировки пострадавших в ЧС.

¹ГОСТ 16940-89. Носилки санитарные. Общие технические требования и методы испытаний.

Список литературы

1. Шарабанова И. Ю., Базанов С. В., Потапенко Л. В. Алгоритмы выполнения практических навыков при оказании первой помощи пострадавшим. Иваново, 2017. 231 с.
2. Шарабанова И. Ю., Базанов С. В. Практическое руководство по оказанию первой помощи пострадавшим в экстремальных и чрезвычайных ситуациях. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. 122 с.
3. Значение практической подготовки спасателей в спасении жизни пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях / И. Ю. Шарабанова [и др.] // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 9 (Часть 2). С. 225–228.
4. Патент РФ на полезную модель №187114 МПК А 61 G 1/00 Носилки медицинские складные / С. В. Базанов, И. А. Малый, И. Ю. Шарабанова, Л. В. Потапенко, М. А. Базанова, А. В. Топоров, О. Г. Зейнетдинова; опубл. 19.02.2019, Бюл. №5.
5. Легкова И. А., Зарубин В. П., Сычев С. А. Возможности современной компьютерной техники для проведения инженерных расчетов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов международной научно-практической конференции. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 265–267.
6. Проведение прочностного расчета конструкции в КОМПАС-3D / И. А. Легкова [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XII международной научно-практической конференции. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 496–499.

Топоров Алексей Валериевич

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

Toporov Aleksey Valerievich

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

References

1. Sharabanova I. Yu., Bazanov S. V., Potapenko L. V. *Algoritmy vypolnenija prakticheskikh navykov pri okazanii pervoj pomoshhi postradavshim* [Algorithms of performance of practical skills in providing first aid]. Ivanovo, 2017. 321 p.
2. Sharabanova I. Yu., Bazanov S. V. *Prakticheskoe rukovodstvo po okazaniyu pervoj pomoshhi postradavshim v jekstremal'nyh i chrezvychajnyh situacijah* [A practical guide to providing first aid in extreme and emergency situations]. Ivanovo, 2015. 122 p.
3. Znachenie prakticheskoy podgotovki spasatelej v spasenii zhizni postradavshih v dorozhno-transportnyh proisshestvijah [The Value of practical training of rescuers in saving the life of victims in road accidents]. *Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovaniya*, 2016, vol. 9 (p. 2), pp. 225–228.
4. Bazanov S. V., Malyj I. A., Sharabanova I. Yu., Potapenko L. V., Bazanova M. A., Toporov A. V., Zeynetdinova O. G. *Nosilki medicinskie skladnye* [Stretchers, medical, folding], Patent RF na poleznuyu model' №187114 МПК А 61 G 1/00 /; opubl. 19.02.2019, Byul. №5.
5. Legkova I. A., Zarubin V. P., Sychev S. A. *Vozmozhnosti sovremennoj komp'yuternoj tekhniki dlya provedeniya inzhenernyh raschetov* [Capabilities of modern computer technology for engineering calculations]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo, 2016, pp. 265–267.
6. Provedenie prochnostnogo rascheta konstrukcii v KOMPAS-3D [Strength calculation of the structure in COMPASS-3D] / I. A. Legkova [et al.]. *Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost': sbornik materialov XII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo, 2017, pp. 496–499.

Шарабанова Ирина Юрьевна

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

Sharabanova Irina Yur'evna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
candidate of med. sciences, assistant professor
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: sharabanova@bk.ru

Базанов Сергей Владимирович

Государственное казенное учреждение здравоохранения Ивановской области «Территориальный центр медицины катастроф Ивановской области», директор главный внештатный специалист по медицине катастроф Департамента здравоохранения Ивановской области
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: tcmkio@rambler.ru

Bazanov Sergey Vladimirovich

The director of state establishment of health care of the Ivanovo region "Regional Centre of Disaster Medicine of the Ivanovo region ", the chief non-staff specialist on medicine of accidents of Department of health care of the Ivanovo region Russia, Ivanovo.
E-mail: tcmkio@rambler.ru

Потапенко Людмила Владимировна,

Государственное казенное учреждение здравоохранения Ивановской области «Территориальный центр медицины катастроф Ивановской области», главный внештатный специалист Департамента здравоохранения Ивановской области по скорой медицинской помощи, заведующая клиническим отделом

Российская Федерация, г. Иваново
кандидат медицинских наук, доцент

E-mail: tcmkio@rambler.ru

Potapenko Ludmila Vladimirovna

The candidate of medical sciences, the manager of clinical department of state establishment of health care of the Ivanovo region "Regional Centre of Disaster Medicine of the Ivanovo region ", the chief non-staff specialist of Department of health care of the Ivanovo region on emergency medical service
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: tcmkio@rambler.ru

Легкова Ирина Анатольевна

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

Legkova Irina Anatolyevna

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

Зейнетдинова Ольга Геннадьевна

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

Zeynetdinova Ol'ga Gennad'evna

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

Russian Federation, Ivanovo

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

E-mail: zeinet@bk.ru

УДК 614.841.2

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВЫБОРУ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

С. В. ФЕДОСОВ¹, М. В. ТОРОПОВА¹, Н. М. МАХОВ¹, П. Б. ТАТИЕВСКИЙ²,
Д. С. ПАВЛОВ², А. А. ВИДЕНЕЕВ²

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,
Российская Федерация, г. Иваново

²Группа компаний Центр ПБ,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: fedosov-academic53@mail.ru

Текстильная продукция востребована во всех странах мира. Однако в погоне за модными тенденциями мало кто представляет, что производство текстиля является источником техногенной угрозы и может вызвать травмирование, а также гибель людей. В настоящей работе рассмотрены вопросы классификации возможных пожаров и загораний на текстильных предприятиях, к которым следует отнести организационные, технические, технологические и психофизиологические причины.

Мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности текстильных предприятий, должны разрабатываться преимущественно с учетом ряда специфических особенностей: профилактика и предупреждение возможности появления источников воспламенения при работе технологического и электрооборудования; снижение количества образующейся пыли как на рабочих поверхностях, так и строительных конструкциях; организация оперативного реагирования и ликвидации процесса горения, а также своевременной эвакуации людей, находящихся на объекте.

С целью минимизации возможного ущерба от пожара, специалистами группы компаний «Центр ПБ» совместно с сотрудниками Ивановского государственного политехнического университета разработан проект системы автоматической пожарной сигнализации, а также системы оповещения в здании прядильно-ткацкой фабрики, расположенной в г. Родники Ивановской области. Приведены рекомендации по выбору систем пожарной автоматики для снижения пожароопасной обстановки на объектах защиты. Разработанная система обеспечивает круглосуточную противопожарную защиту здания; ведение протокола событий, фиксирующего действия дежурного.

Результаты работы могут быть рекомендованы для проектирования предприятий текстильной индустрии с учетом достижения требуемого уровня пожарной безопасности.

Ключевые слова: производство текстильной продукции, пожарная опасность, причины пожаров, пожарная автоматика.

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON THE CHOICE OF MEANS AND METHODS FOR ENSURING THE FIRE SAFETY OF TEXTILE INDUSTRY

S. V. FEDOSOV¹, M. V. TOROPOVA¹, N. M. MAKHOV¹, P. B. TATIEVSKY¹,
D. S. PAVLOV², A. A. VIDENEEV²

¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State Polytechnical University»,
Russian Federation, Ivanovo

²The group of companies Center PB,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: fedosov-academic53@mail.ru

Textile products are in demand in all countries of the world. However, in the pursuit of fashion trends, few people imagine that the production of textiles is a source of man-made threat and can cause injury as well as death. This paper discusses the classification of possible fires and fire on textile enterprises, which should include organizational, technical, technological and psychophysiological reasons.

Measures aimed at ensuring the fire safety of textile enterprises should be developed mainly taking into account a number of specific features: prevention and prevention of the possibility of ignition sources appearing during the operation of technological and electrical equipment; reducing the amount of dust generated on both work surfaces and building structures; organization of rapid response and liquidation of the combustion process, as well as timely evacuation of people at the facility.

In order to minimize possible damage from a fire, specialists from the Center PB group of companies, together with employees of the Ivanovo State Polytechnic University, developed a draft of an automatic fire alarm system, as well as a warning system in the building of a spinning and weaving factory located in Rodniki, Ivanovo region. The recommendations on the choice of fire automatics systems to reduce the fire hazard situation at the objects of protection are given. The developed system provides round-the-clock fire protection of the building; Event logging, recording the actions of the attendant.

The results of the work can be recommended for the design of enterprises of the textile industry, taking into account the achievement of the required level of fire safety.

Key words: production of textiles, fire danger, causes of fires, fire automatics.

Введение. Модный покрой, низкая стоимость, качественная ткань, удобство и практичность использования - именно такими критериями руководствуется большинство людей во всем мире при выборе текстильных изделий. Текстильное производство в нашей стране ориентировано на производство одежды. Второй по величине потребления сегмент – технический текстиль. Производимые ткани идут на удовлетворение потребностей населения, применяются в швейной, обувной, пищевой промышленности, машиностроении, других кластерах экономики. На фоне роста потребления текстильных изделий увеличивается количество фабрик, численность их работников. Вместе с тем возрастают потенциальные угрозы, связанные с возникновением и развитием производственных пожаров. Оценить катастрофические последствия таких событий можно вспомнив пожары, случившиеся осенью 2012 года. 12 сентября в городке Балдиа (Пакистан) пожар разрушил комплекс текстильных фабрик, в смертельной ловушке погибло почти 300 рабочих. 24 ноября того же года аналогичный случай имел место в г. Дакка (Бангладеш), в результате пожара 117 человек погибли,

около 200 пострадали [1, 2]. После этого даже появился новый термин «смертельная мода».

Проведен анализ обстановки с пожарами в текстильной промышленности на территории России. Динамика количества возникших пожаров в зданиях для производства и обработки текстильных изделий в период с 2011 по 2015 гг. по данным ВНИИПО МЧС России [3] представлена на рис. 1. Как следует из приведенных данных, отмечается тенденция по снижению количества пожаров в текстильной отрасли. Общее количество погибших за пятилетний период составило 3 человека, что говорит о существенных отличиях от общемировых показателей, указанных выше.

В структуре текстильной промышленности большая доля приходится на производство хлопчатобумажных тканей [4]. При этом все технологические стадии хлопкопрядильных фабрик, как и собственно текстильные предприятия, характеризуются повышенной пожарной опасностью, начиная с операции разрыхления волокон и заканчивая выпуском готовых тканей. Возникновению загораний и развитию пожаров могут способствовать ряд факторов, представленных на рис. 2.



Рис. 1. Данные о количестве пожаров и погибших в зданиях по производству и обработке текстильных изделий



Рис. 2. Производственные факторы, способствующие возникновению пожаров и загораний на текстильных предприятиях

Анализ причин пожаров в текстильном производстве. Кипы хлопкового волокна подаются на склад хлопкопрядильной фабрики. Они являются источником повышенной пожарной опасности, что можно объяснить следующим образом: во-первых, еще на стадии транспортирования в кипах могут возникать очаги тления, приводящие к загоранию. Во-вторых, на всех операциях, где хлопок находится в разрыхленном состоянии, он горит значительно быстрее уплотненного за счет увеличения поверхности соприкосновения с воздухом. В-третьих, в кипах присутствуют различные примеси в виде семян, листы, камни, металлических предметов. При попадании в машины с быстровращающимися механизмами ударного действия камней, металлические частицы при ударе о металл высекают фрикционные искры. Возникшее загорание в секунды распространяется на 7...9 машин, а затраты времени на ликвидацию этих загораний в зависимости от масштабов могут составлять от 3 до 9,5 ч. [5]. Специфика производства такова, что все операции связаны с повышенной пожарной опасностью. Характерной особенностью является быстрое распространение огня, развитие пожаров по площади, высокая степень задымления, а также рост температуры внутри горящих помещений. Процесс горения может быстро распространиться по системам вентиляции и пневмотранспорта, быстро переходя из одного цеха в другой. Временной фактор обязательно необходимо учитывать, разрабатывая противопожарные мероприятия.

На электродвигателях, пускорегулирующей аппаратуре, светильниках, проводах, как правило, скапливаются пыль и пух. Пух опасен тем, что он вместе с хлопком попадает в трущиеся и вращающиеся части различных механизмов. В результате процесса трения и происходит загорание. Если пух скапливается в труднодоступных местах или на нагретых поверхностях трубопроводов отопительной

системы, это служит дополнительным фактором техногенной угрозы, затрудняя своевременное обнаружение загорания и увеличивая время реагирования.

В технологических установках имеется большое количество трущихся частей, подшипников, несвоевременная и недостаточная смазка которых, а также отсутствие планово-предупредительного ремонта могут создать благоприятные условия для повышения температуры до критической. При этом применение смазочных масел, а также обтирочных материалов, повышает пожарную нагрузку в производственных помещениях и является основанием для усиления контроля за их использованием.

В связи с наличием производственных отходов (угаров), их горение в течение 2...3 мин. способствует повышению температуры в помещении для складирования до 200°C¹. Лари для хранения отходов имеют способность к самовозгоранию. Масло, промасленная ветошь и спецодежда при оставлении в ящике для хранения через 3...4 ч. могут приводить к химическому самовозгоранию. Хлопок при слеживании и поступлении влаги служит основой для развития анаэробных процессов, которые становятся дополнительным источником тепловыделения, создавая условия для возгорания.

Наличие в цехах различного электрического оборудования, силовых и осветительных электроустановок, электротранспорта и других электрических устройств, при плохом надзоре за ними, допуск перегрузок всегда будут являться причинами, влекущими за собой воспламенение хлопка. Большую опасность представляют помещения для зарядки аккумуляторных батарей, так как в них при определенных условиях могут образоваться

¹ Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

взрывоопасные смеси водорода с воздухом. В этих помещениях пожарная опасность возникает при нарушении правил зарядки аккумуляторов, эксплуатации зарядных устройств, при невыполнении требований, предъявляемых к устройству аккумуляторных помещений.

Исходя из вышеуказанного, нами предложена классификация причин пожаров на текстильных предприятиях, представленная в таблице.

Таблица. Классификация причин пожаров на текстильных предприятиях

| Классификационный признак | | Причины пожаров и загораний |
|---------------------------|--|---|
| Наименование группы | Наименование подгруппы | |
| 1 | 2 | 3 |
| Организационные | Коллективные | <ul style="list-style-type: none"> • Недостатки в организации обучения • Непроведение противопожарного инструктажа • Использование рабочих не по специальности или недостаточной квалификации • Недостаточный контроль и надзор |
| | Индивидуальные | <ul style="list-style-type: none"> • Недостаточное знание правил техники безопасности • Ошибочные и несанкционированные действия • Низкая трудовая дисциплина • Неосторожность при курении |
| Технические | Конструкционные ошибки | <ul style="list-style-type: none"> • Перегрев трущихся поверхностей • Ошибки при подборе осветительных приборов • Неправильно спроектированная вентиляционная система |
| | Ошибки монтажа | <ul style="list-style-type: none"> • Монтаж систем электроснабжения в нарушении обязательных требований безопасности • Использование различных устройств собственного изготовления • Нарушение герметичности установок |
| | Нарушения правил безопасной эксплуатации | <ul style="list-style-type: none"> • Применение некачественной изоляции проводов электрооборудования • Установка газовых баллонов вблизи нагревательных приборов • Превышение нормативного времени зарядки электроприборов |
| Технологические | Загорания сырья и отходов | <ul style="list-style-type: none"> • Теплота при самовозгорании хлопка и его отходов и др. • Зажгучивание волокна • Функциональные искры при ударе металла или других предметов о металл • Искровые разряды статического электричества • Скопление пуха и пыли |
| | Нарушения технологического регламента | <ul style="list-style-type: none"> • Перегрузка машин продукцией • Искры и открытое пламя при проведении огневых работ • Замена смазочных жидкостей на низкосортные • Разлив легковоспламеняемых и горючих жидкостей • Открытое хранение обтирочных материалов |
| Психофизиологические | Мотивационные | <ul style="list-style-type: none"> • Стресс • Безнаказанность • Отсутствие стимулов |
| | Личностные | <ul style="list-style-type: none"> • Тяжесть и напряженность трудового процесса • Монотонность труда • Болезнь |

С целью минимизации возможного ущерба от пожара, специалистами группы компаний «Центр ПБ» совместно с сотрудниками Ивановского политехнического университета разработан проект системы автоматической пожарной сигнализации, а также системы оповещения в здании прядильно-ткацкой фабрики, расположенной в г. Родники Ивановской области. Проект выполнен в соответствии с требованиями:

- Федеральный закон Российской Федерации от 22 июня 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

- Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. N 87 г. Москва;

- СП 5.13130.2009 «Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические»;

- СП 6.13130.2013 «Электрооборудование»;

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

- ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности»;

- ГОСТ Р 21.1101-2013 «СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации»;

- ПУЭ изд.7 «Правила устройства электроустановок»;

- Постановление Правительства РФ от 25.04.2014 №390 «О противопожарном режиме». Правила противопожарного режима в Российской Федерации (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 17 февраля 2014 года №113).

- ГОСТ Р 53297-2009 «Лифты пассажирские и грузовые. Требования пожарной безопасности».

Если сравнивать системы пожарной автоматики, которые использовались не так давно и которые используются в настоящее время, то можно сделать вывод что развитию данных систем защиты уделяется большое внимание и совершенствование характеристик, требований и норм тому подтверждение. В частности, изменились требования к кабельной продукции, после ввода Межгосударственного стандарта ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности». Согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности², кабельные линии систем противопожарной защиты должны сохранять работоспособность в условиях пожара в течение

времени, необходимого для функционирования конкретных систем защищаемого объекта. Кроме этого, согласно требованиям того же нормативного документа, кабельные линии систем оповещения и управления эвакуацией и пожарной сигнализации, участвующие в обеспечении эвакуации людей при пожаре, должны сохранять работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для полной эвакуации людей в безопасную зону³. Совершенствуются адресные системы обнаружения задымления или возгорания, позволяющие с высокой точностью определить место возгорания. Не меньшее внимание уделяется исполнению оборудования, все больше на рынке приборов и оборудования во взрывозащищенном и герметичном исполнении, что так же позволяет использовать его в различных средах и специфических помещениях (котельные, дизельгенераторные, и т.д).

С учетом обозначенных особенностей:

- под каждый класс функциональной пожарной опасности рекомендован свой тип кабельной продукции;

- извещатели выбраны таким образом, что бы спектр обнаружения разных очагов пожара был как можно шире; они настроены под тип определенного помещения, учитывая процессы которые в нем происходят;

- в зданиях и сооружениях, где технологический процесс связан с веществами и газами, которые в аварийной ситуации могут вызвать возгорание или взрыв, запроектированы искробезопасные шлейфы сигнализации.

Автоматическая установка пожарной сигнализации для прядильно-ткацкой фабрики организована на базе приборов производства ООО «КБ Пожарной Автоматики», предназначенных для сбора, обработки, передачи, отображения и регистрации извещений о состоянии шлейфов пожарной сигнализации, управления пожарной автоматикой, инженерными системами объекта (рис. 3).

В состав системы входят следующие приборы управления и исполнительные блоки:

- групповой контроллер «ГК-1»;

- контроллер адресных устройств «КАУ-1»

- адресные дымовые оптико-электронные пожарные извещатели «ИП 212-149»;

- адресные тепловые максимально-дифференциальные пожарные извещатели «ИП 101-52-PR»;

- адресные ручные пожарные извещатели «ИПР 513-12»;

²Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

³Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

- адресные релейные модули «PM1-R2»;
- адресные релейные модули «PM2-R2»;
- адресные релейные модули «PM4-R2»;
- оповещатели световые «ОПОП1-R2»;
- оповещатели комбинированные «ОПОП124-R2»;

- модули ветвления и подпитки «МВП-R2»;
- источники вторичного электропитания резервированные «ИБЭПР»;
- боксы резервного питания «БР-12»;
- боксы резервного питания «БР-24».

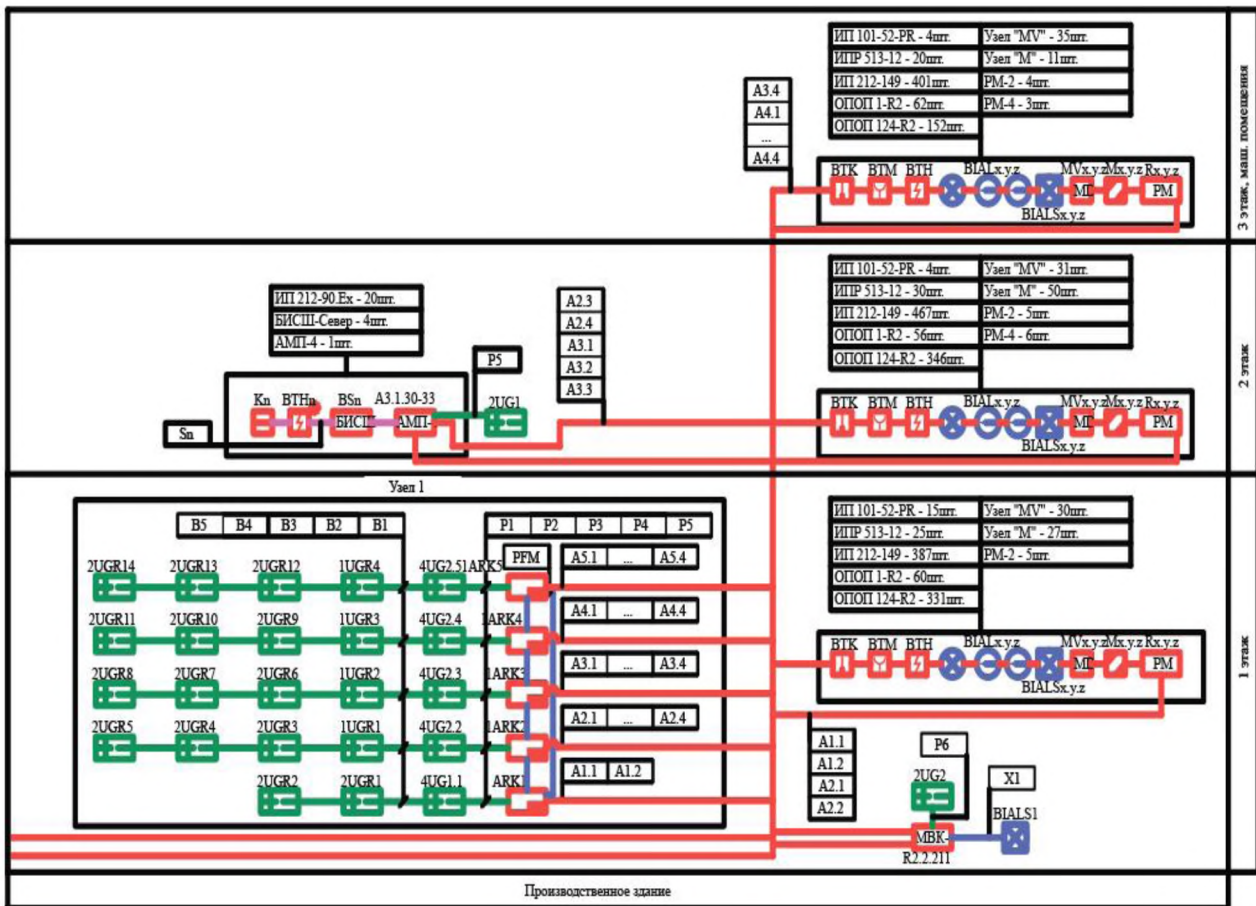


Рис. 3. Структурная схема оснащение системой пожарной сигнализации, оповещении при пожаре производственного корпуса прядильно-ткацкой фабрики

Для обнаружения возгорания в помещениях, применены адресные дымовые оптико-электронные пожарные извещатели «ИП 212-149», адресные тепловые максимально-дифференциальные извещатели «ИП 101-52-PR». Вдоль путей эвакуации размещаются адресные ручные пожарные извещатели «ИПР 513-12», которые включаются в адресные шлейфы. Пожарные извещатели устанавливаются в каждом помещении (кроме помещений с мокрыми процессами (душевые, санузлы, охлаждаемые камеры, помещения мойки и т.п.), насосных водоснабжения, бойлерных и др. помещений для инженерного оборудования здания, в которых отсутствуют

горючие материалы; категории В4 и Д по пожарной опасности; лестничных клеток.

Алгоритм работы системы заключается в следующем. При возгорании в одной из защищаемых зон сигнал «Пожар» формируется по срабатыванию:

- дымовых адресно-аналоговых извещателей «ИП 212-149» и тепловых адресно-аналоговых извещателей «ИП 101-52-PR» включенных в адресную линию связи по логической схеме «ИЛИ»;
- дымовых взрывозащищенных извещателей «ИП 212-90.Ех» включенных в искробезопасный шлейф;

- ручных пожарных извещателей «ИПР 513-12», включенных в адресную линию связи.

При этом по сигналу «Пожар» в системе на выходах релейных модулей формируются команды:

- управление клапанами противоподымной защиты;
- отключение общеобменной вентиляции.

Так же запускается система оповещения и управления эвакуацией.

Основную функцию – сбор информации и выдачу команд на управление эвакуацией людей из здания, осуществляет групповой контроллер «ГК-1». В здании располагается пост охраны с круглосуточным пребыванием дежурного персонала. Пост охраны оснащен групповым контроллером «ГК-1» в комплекте с центральным прибором индикации и управления «Рубеж АРМ». Все приемно-контрольные приборы и приборы управления пожарные установлены на посту охраны. Пост охраны расположен на 1 этаже.

Согласно требованиям СП 3.13130.2009, на объекте предусмотрена система светового и звукового оповещения:

- выдачу аварийного сигнала в автоматическом режиме при пожаре;
- контроль целостности линий связи и контроля технических средств оповещения.

Разработанная система обеспечивает круглосуточную противопожарную защиту здания; ведение протокола событий, фиксирующего действия дежурного.

Результаты и их обсуждение. Как отмечено в начале статьи, пожары на текстильных производствах, к сожалению, не редкость. Именно поэтому важно своевременно установить потенциальные опасности на предприятии, оценить риски для безопасности персонала с точки зрения возникновения чрезвычайной ситуации, обусловленной пожаром. С учетом разработанной и рассмотренной выше классификации причин пожаров в текстильной отрасли на основе имеющихся организационных, технических, технологических и психофизиологических факторов, рекомендуется разработать план пожарно-профилактических мероприятий.

Такой план должен быть реалистичным и учитывать фактические возможности предприятия. Его осуществление будет способствовать формированию благоприятных предпосылок в направлении совершенствования позитивной социально-психологической производственной среды и слаженной работы, а также поддержанию оптимального уровня культуры безопасности сотрудников.

Специфика текстильных производств такова, что процесс горения в считанные мгновения перекидывается на соседнее оборудование, а затем по системам вентиляции, пневмотранспорта, и в другие цеха. Существенно уменьшить вероятность возникновения подобных явлений можно:

- при правильном эксплуатационном обслуживании машин и механизмов;
- применением систем пневмотранспортирования угаров и полуфабрикатов;
- использованием систем инерционного улавливания;
- установкой огнепреграждающих клапанов.

С целью минимизации потерь от пожаров и предотвращения массовой гибели сотрудников, задействованных в текстильных производствах, рекомендовано на стадии проектирования предусмотреть комплексную систему автоматической пожарной сигнализации на базе приборов производства ООО «КБ Пожарной Автоматики». Кроме этого, работу системы оповещения и управления эвакуацией при пожаре рекомендуется организовывать на базе группового контроллера «ГК-1» в комплекте с центральным прибором индикации и управления «Рубеж АРМ».

Таким образом, рассмотренные комплексные решения в области обоснованности применения средств и методов для достижения требуемого уровня пожарной безопасности при проектировании текстильных производств помогут: обеспечить устойчивое функционирование объектов защиты; организовать оперативное реагирование при возникновении чрезвычайной ситуации; своевременно эвакуировать персонал, находящийся на территории предприятия и снизить вероятность поражения человека опасными факторами пожара.

Список литературы

1. Muhammad Faisol Chowdhury, Tasnim Rezoana Tanim. Industrial Accidents in Bangladesh Apparel Manufacturing Sector: An Analysis of the Two Most Deadliest Accidents In History. *Asian Journal of Social Sciences and Management Studies*, 2016, vol. 3, no. 2, pp. 115–126.
2. More Than 300 Killed in Pakistani Factory Fires SEPT. 12, 2012 <http://www.nytimes.com/2012/09/13/world/asia/hundreds-die-in-factory-fires-in-pakistan.html>
3. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д. М. Гордиенко М.: ВНИИПО, 2017. С. 124.
4. F. Selcen Kilinc. Handbook of Fire Resistant Textiles. Woodhead Publishing, 2013. P. 704.
5. Махов Н. М., Торопова М. В., Махов О. Н. О причинах пожаров в текстильной отрасли // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 277–278.
6. Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 30.10.2018) «О пожарной безопасности».

Федосов Сергей Викторович

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,
Российская Федерация, г. Иваново
e-mail: fedosov-academic53@mail.ru,
Fedosov Sergej Viktorovich
Doctor of Technical Sciences, Professor, FSBEI of HE
«Ivanovo State Polytechnic University»,
Russian Federation, Ivanovo
e-mail: mators@mail.ru

Торопова Мария Владиевна

кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,
Российская Федерация, г. Иваново,
e-mail: mators@mail.ru
Toropova Marija Vladievna
Candidate of Technical Sciences, FSBEI of HE «Ivanovo State Polytechnic University»,
Russian Federation, Ivanovo
e-mail: mators@mail.ru

Махов Николай Михайлович

кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,
Российская Федерация, г. Иваново
e-mail: ru3uu@mail.ru

References

1. Muhammad Faisol Chowdhury, Tasnim Rezoana Tanim. Industrial Accidents in Bangladesh Apparel Manufacturing Sector: An Analysis of the Two Most Deadliest Accidents In History. *Asian Journal of Social Sciences and Management Studies*, 2016, vol. 3, no. 2, pp. 115–126.
2. More Than 300 Killed in Pakistani Factory Fires SEPT. 12, 2012 <http://www.nytimes.com/2012/09/13/world/asia/hundreds-die-in-factory-fires-in-pakistan.html>
3. *Pozhary i pozharnaja bezopasnost' v 2016 godu: Statisticheskij sbornik* [Fire and fire safety in 2016: Statistical compendium]. Edited by Gordienko D.M. M.: VNIIPPO, 2017, p. 124.
4. F. Selcen Kilinc. Handbook of Fire Resistant Textiles. Woodhead Publishing, 2013, p. 704.
5. Makhov N. M., Toropova M. V., Makhov O. N. O prichinah pozharov v tekstil'noj otrasli [On the causes of fires in the textile industry]. *Collection of materials of the XI International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Fire Protection*. Ivanovo, 2016, pp. 277–278.
6. Federal law of 21.12.1994 N 69-FZ (as amended on 30.10.2018) «On Fire Safety».

Makhov Nikolaj Mihajlovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FSBEI of HE «Ivanovo State Polytechnic University»,
Russian Federation, Ivanovo
e-mail: ru3uu@mail.ru

Татиевский Петр Борисович

кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,
Российская Федерация, г. Иваново
e-mail: petr_ko@mail.ru

Tatievsky Petr Borisovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FSBEI of HE «Ivanovo State Polytechnic University»,
Russian Federation, Ivanovo
e-mail: petr_ko@mail.ru

Павлов Дмитрий Сергеевич

руководитель отдела
группа компаний Центр ПБ,
Российская Федерация, г. Иваново
e-mail: pavlov@centerpb.ru

Pavlov Dmitrij Sergeevich

the group of companies Center PB, department head,
Russian Federation, Ivanovo
e-mail: pavlov@centerpb.ru

Виденеев Александр Алексеевич

инженер пожарной безопасности
группа компаний Центр ПБ,
Российская Федерация, г. Иваново,
e-mail: videneev@nord.su

Videneev Aleksandr Alekseevich

the group of companies Center PB, fire safety engineer,
Russian Federation, Ivanovo
e-mail: videneev@nord.su

УДК 614.847.12

РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НОРМАТИВНЫХ ЗАДАНИЙ И ИХ ВРЕМЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ К РАБОТЕ СО ШТУРМОВОЙ ЛЕСТНИЦЕЙ

Р. М. ШИПИЛОВ, С. Г. КАЗАНЦЕВ, А. С. ДАВИДЕНКО, Д. Н. ШАЛЯВИН
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru, skorpsem@yandex.ru

Упражнения со штурмовой лестницей проводятся с целью обучения и тренировки пожарных в правилах работы с лестницами, выработки и закрепления у них навыков работы на высоте, воспитания выносливости, силы, воли, смелости и ловкости. Современное развитие организации учебного процесса зависит от эффективности использования новых средств и методов в процессе обучения. Исходя из этого, в статье обсуждаются вопросы обеспечения подготовки пожарных к выполнению норматива по пожарно-строевой и тактико-специальной подготовке «Подъем по штурмовой лестнице на 4-й этаж учебной башни», как одному из обязательных для выполнения при проведении инспектирования, итоговых проверках деятельности территориальных органов МЧС России, подразделений ФПС, а также на контрольных занятиях. Впервые для обеспечения процесса обучения к работе со штурмовой лестницей, в соответствии с условиями выполнения упражнений, их сложностью, необходимыми затратами и с учетом определенных требований, предлагается использовать дополнительные нормативные задания. Проведены исследования по определению временных показателей выполнения нормативных заданий. Определены количественные и качественные показатели выполнения разработанных нормативных заданий. Разработан проект сборника нормативов к работе со штурмовой лестницей.

Ключевые слова: пожарно-строевая подготовка; штурмовая лестница; учебная башня; нормативное задание; временной показатель; методика обучения; пожарная безопасность; охрана труда.

DEVELOPMENT OF ADDITIONAL REGULATORY TASKS AND THEIR TEMPORAL INDICATORS TO WORK WITH A STORM LADDER

R. M. SHIPILOV, S. G. KAZANTSEV, A. S. DAVIDENKO, D. N. SHALYAVIN
Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense,
Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru, skorpsem@yandex.ru

Exercises with an assault ladder are carried out with the aim of training and training firefighters in the rules of working with ladders, working out and securing their skills of working at height, bringing up endurance, strength, will, courage and dexterity. The modern development of the organization of the educational process depends on the effective use of new tools and methods in the learning process. Based on this, the article discusses the issues of ensuring the preparation of firefighters to fulfill the standard for fire-fighting and tactical-special training "Lifting the assault ladder to the 4th floor of the training tower", as one of the mandatory inspections during the inspection territorial bodies of the Ministry of Emergency Situations of Russia, divisions of the Federal Border Guard Service, as well as on control classes. For the first time, to ensure the learning process for working with the assault ladder, in accordance with the conditions of the exercises, their complexity, the necessary expenses and taking into account certain requirements, it is proposed to use additional normative tasks. Conducted research to determine the temporal indicators of the proposed regulatory tasks. The quantitative and qualitative indicators of the implementation of the developed normative tasks were determined. A draft compilation of standards for working with assault ladders.

Key words: fire and drill training; assault ladder; educational tower; normative task; time indicator; teaching methods; fire safety; occupational safety and Health.

Первостепенной задачей подготовки пожарного в аспекте успешного выполнения поставленных задач является формирование его профессионального мастерства, технической подготовленности, постоянной готовности и слаженности действий, формирование высокого уровня развития физических, психических, волевых и профессиональных качеств. Они в свою очередь обеспечивают успешное выполнение пожарным задач при ликвидации ЧС, тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ. Одним из условий подготовки пожарного являются учебно-тренировочные занятия на полигонах и тренажерах. Именно занятия способствуют успешному овладению профессиональных компетенций.

Проанализировав исследования Тербнева А.В. (2000), Самсонова Д.А. (2005), Бортнева Д.А. (2005), Динаева Б.М. (2009) выяснилось, что на сегодняшний день недостаточно изученными остаются вопросы, связанные с разработкой методик проведения учебно-тренировочных занятий, обеспечивающих совершенствование техники выполнения упражнений с пожарным оборудованием и инструментом [1, 2]. Одним из упражнений, которым пожарный должен владеть в совершенстве является подъем по штурмовой лестнице (далее – ЛШ) на четвертый этаж учебной башни (далее – УБ). Данное упражнение является прикладным и включено как обязательная дисциплина в учебной программе [3, 4]. Упражнение является показателем физической и психологической готовности пожарного к выполнению работ по спасению людей на пожаре. Для выполнения упражнения пожарный должен обладать хорошим здоровьем, высоким уровнем силовых, скоростных, координационных способностей, а также ловкостью. Наряду с этим упражнение выполняется на высоте, что позволяет формировать у пожарного психологическую устойчивость к боязни высоты в условиях ограниченного времени, а также формировать морально-волевые качества. Чтобы установить объективный и единый подход в определении уровня подготовки личного состава и пожарно-спасательных подразделений по завершению обучения выполняется контрольный норматив 5.7¹.

Как показывает практика в программе учебной дисциплины «Пожарно-спасательная подготовка», подъем по ЛШ на четвертый этаж УБ является одним из самых сложных в освое-

нии обучающимися упражнений, так как по виду локомоции является сложно-координированным в плане выполнения. Этому способствует ряд факторов.

1. Страх перед работой на высоте, особенно на начальных этапах, является одним из ключевых.

2. Страх в надежности конструкции лестницы (крепления крюка).

3. Сложности маневрирования (нахождения центра тяжести лестницы), удержания габаритной лестницы на весу.

4. Вертикальный подъем по лестнице является одним из самых энергозатратных, расход энергии составляет 1200 ккал/час.

5. Сложная техника подъема для восприятия и выполнения на первоначальном этапе изучения.

6. Сложность в координации движений, балансировании на высоте с лестницей [5].

Успех в подъеме по ЛШ достигается за счет обеспечения такого педагогического принципа обучения, как принципа доступности и прочности. Решающее значение в реализации этих принципов имеет совершенствование изучаемых приемов и действий, то есть многократное повторение элементов упражнения.

Необходимо отметить, что не знание и не понимание хотя бы одного из элементов, резко снижает вероятность выполнения норматива в целом. Технически не правильное выполнение одного элемента, как правило, не исправляется самостоятельно. Наоборот, эта ошибка будет выполняться постоянно и исправление ее преподавателем займет много времени.

На формирование навыка влияют:

- формирование модели всего упражнения в целом, по элементам и приемам
- мотивация, которая также будет зависеть от прогресса в усвоении упражнения;
- уровень личного развития;
- доступности объяснения практической значимости
- полнота усвоения содержания материала, постепенность перехода от простого уровня овладения к сложному по определенным показателям.

Для оценки качества подготовки подъема по ЛШ на четвертый этаж УБ предусматривается три норматива. Два промежуточных и один основной.

Промежуточные:

1. Переноска и подвеска ЛШ в окно второго этажа УБ (рис.1 (а)).

Начало. ЛШ лежит 7-й ступеней на стартовой линии. Обучающийся находится в положении низкого старта, не касаясь руками

¹Нормативы по пожарно-строевой и тактико-специальной подготовке для личного состава федеральной противопожарной службы. М.: МЧС России, 2011.

или ногами линии старта и не поднимая ЛШ от земли.

Окончание. ЛШ подвешена за подоконник второго этажа УБ на всю длину крюка. Результат фиксируется по постановке правой/левой ноги на 1-ю ступень ЛШ.

2. Подъем по подвешенной ЛШ на четвертый этаж УБ (рис.1 (б)).

Начало. ЛШ подвешена за подоконник второго этажа УБ на всю длину крюка. Обучающийся правой/левой ногой встал на 1-ю ступень ЛШ, руками держится за тетивы.

Окончание. ЛШ подвешена за подоконник четвертого этажа УБ на всю длину крюка. Обучающийся двумя ногами коснулся пола четвертого этажа УБ. Результат фиксируется по касанию пола обеими ногами.

Основной

1. Подъем по ЛШ на четвертый этаж УБ (рис.1 (в)).

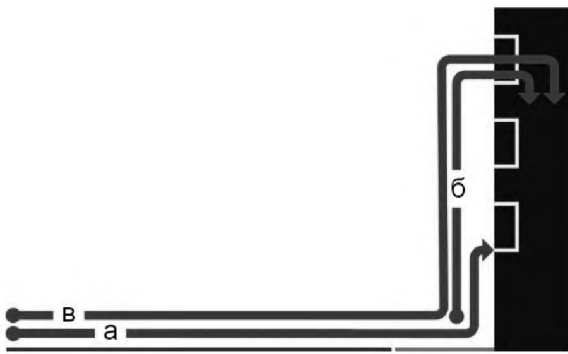


Рис. 1. Промежуточные нормативы в подъеме по ЛШ на четвертый этаж УБ

Начало. ЛШ лежит 7-й ступеней на стартовой линии. Обучающийся находится в положении низкого старта, не касаясь руками или ногами линии старта и не поднимая ЛШ от земли.

Окончание. ЛШ подвешена в окно четвертого этажа УБ на всю длину крюка. Обучающийся обеими ногами коснулся пола четвертого этажа УБ. Результат фиксируется по касанию двух ног пола этажа.

Говоря о промежуточных нормативах, мы должны определить их границы и временные показатели.

Таким образом, сравнивая два промежуточных норматива можно прийти к выводу, что они не только отличаются по временным показателям, но и значительно отличаются в техническом плане. Основную сложность выполнения упражнения представляет «вертикальный марш (подъем)» по лестнице. Он

включает в себя выполнение таких элементов как:

1. 3 раза марш (подъем) по лестнице;
2. 2 раза выполнение посадки (седа) на этажи;
3. 2 раза выброс лестницы вертикально вверх, подхват лестницы за тетиву, поочередные перехваты лестницы за тетивы и подвеска лестницы за подоконник вышележащих этажей УБ;
4. финиширование (выход с лестницы на балкон этажа).

Очевидно, что для оценки качества подготовки – такого количества промежуточных нормативов недостаточно. Таким образом существует необходимость в разработке дополнительных заданий (нормативов) с целью более качественной подготовки пожарных

Цель работы – на основании проведенного анализа существующих нормативов по пожарно-строевой и тактико-специальной подготовке (далее – ПС и ТСП) разработать и предложить научно обоснованные дополнительные нормативные задания и их временные показатели для выполнения упражнения подъема по ЛШ на четвертый этаж УБ, используя экспериментальный метод.

Гипотеза исследования заключается в том, что дополнительные нормативы позволят обеспечить объективно равные возможности при выполнении упражнений в целом, что окажет существенное влияние на профессиональную готовность обучающихся образовательных организаций МЧС России.

Поставленной цели можно достичь, решив следующие задачи:

- проанализировать научную и специальную учебно-методическую литературу по изучаемой теме;
- подобрать испытуемых с целью выявления чистоты исследования;
- разработать и обосновать использование предлагаемых дополнительных нормативных заданий.

Разработка нормативных заданий по ПС и ТСП включает в себя следующие этапы:

- 1) подготовительная работа;
- 2) исследование процесса для которого определяются нормативы и его описание;
- 3) установление нормативных зависимостей путем проведения эксперимента;
- 4) проверка нормативных заданий в реальных условиях;
- 5) корректировка нормативов по результатам проверки.

На первом этапе определяются и обосновываются нормативные задания, где будут проводиться исследования. Подбираются участники эксперимента, исходя из условия

примерно равной физической работоспособности и подготовленности.

Второй этап заключается в изучении процесса упражнения в целом и в разбитом на отдельные элементы (приемы). Осуществляется сбор исходных данных о необходимых затратах труда и факторах, определяющих их величину.

На следующем этапе устанавливаются зависимости между необходимыми затратами труда и влияющими на них факторами. При этом используются графические и аналитические методы, основой которых являются методы математической статистики.

Четвертый этап заключается в оформлении таблиц, из которых составляется сборник нормативов и их условий выполнения.

На пятом этапе, на основе результатов проверки, вносятся необходимые изменения и дополнения.

Для апробации утверждений об эффективности использования в учебном процессе дополнительных нормативных заданий, в период с 2016 по 2018 годы на базе ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России было проведено исследование. В исследовании приняли участие курсанты третьего года обучения в количестве 324 человек, прошедшие курс дисциплины «Пожарно-спасательная подготовка». У всех испытуемых было одинаковое количество занятий по дисциплине «Пожарно-спасательная подготовка». Все участники обучались по одной программе.

Начальный этап исследования заключался в выявлении анатомических показателей, физической подготовленности и физической работоспособности (табл. 1).

В качестве анатомических показателей определялись рост и вес испытуемых. Для частоты эксперименты был выбран усредненный весо-ростовой показатель равный 73,2+8,4 кг / 173,8+5,1 см. Данному показателю соответствует 267 участника исследования.

Дальнейшим этапом проведения исследования был мониторинг физической подготовленности 267 обучающихся, которые выполняли следующие контрольные нормативы: подтягивание из виса на высокой перекладине, комплексное силовое упражнение, бег 100 м и челночный бег 10x10 м. Анализ полученных результатов позволил констатировать, что по уровню физической подготовленности обучающиеся в целом не имеют достоверных различий ($p < 0,05$). Только 18 обучающихся не смогли выполнить контрольные нормативы на положительную оценку.

Следующим этапом проведения исследования являлся оценка показателей физиче-

ской работоспособности обучающихся с определением частоты сердечных сокращений (далее - ЧСС). Результаты исследования выявили, что в показателях физической работоспособности у обучающихся в целом достоверных различий не наблюдается. Были определены следующие средние показатели (табл. 2). Величина PWC₁₇₀ соответствовала значению для 223 обучающимся.

Таблица 1. Показатели уровня физической подготовленности участников исследования

| № п/п | Показатели | Результаты |
|-------|---|------------|
| 1 | Подтягивание на высокой перекладине (раз) | 12,4+3,1 |
| 2 | Комплексное силовое упражнение (повторений) | 4,3+0,4 |
| 3 | Бег дистанция 100 м (секунд) | 13,68+0,59 |
| 4 | Челночный бег дистанция 10x10 м (секунд) | 26,25+0,86 |

Таблица 2. Показатели уровня физической работоспособности участников исследования

| № п/п | Показатели | Результаты |
|-------|--------------------|----------------------------|
| 1 | P1 | 78,8+6,84 ударов в минуту |
| 2 | P2 | 111,2+7,86 ударов в минуту |
| 3 | N1 | 256,8+28,45 |
| 4 | N2 | 585,9+64,41 |
| 5 | PWC ₁₇₀ | 18,2+2,53 |

С целью необходимого понимания технически правильных действий при подъеме по штурмовой лестнице в четвертый этаж УБ и оценки отдельных приемов и элементов были сформулированы 5 дополнительных нормативных заданий [6].

1. Подъем по ЛШ на второй этаж УБ (рис. 2 (а)). Начало. ЛШ лежит 7-й ступеней на стартовой линии. Обучающийся находится в положении низкого старта, не касаясь руками или ногами линии старта и не поднимая ЛШ от земли. Окончание. ЛШ подвешена за подоконник второго этажа УБ на всю длину крюка. Обучающийся обеими ногами коснулся пола второго этажа УБ. Результат фиксируется по касанию двух ног пола этажа.

2. Подвеска ЛШ со второго на третий этаж УБ (рис. 2 (б)). Начало. ЛШ подвешена за подоконник второго этажа УБ на всю длину крюка. Обучающийся в положении седа на подоконнике второго этажа удерживает 11-ю ступень ЛШ обратным хватом. Окончание. ЛШ подвешена за подоконник третьего этажа УБ на всю длину крюка. Результат фиксируется по постановке правой/левой ноги на 1-ю ступень ЛШ.

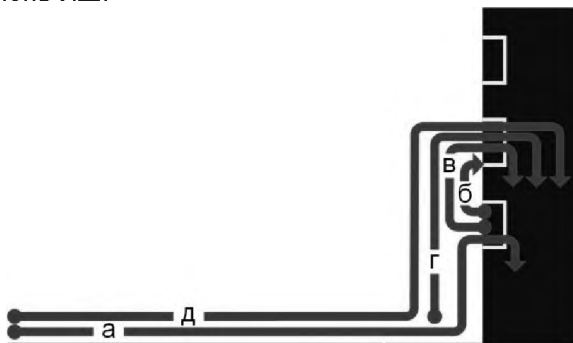


Рис. 2. Дополнительные нормативные задания в подъеме по ЛШ на четвертый этаж УБ

3. Подъем по ЛШ со второго на третий этаж УБ (рис. 2 (в)). Начало. ЛШ подвешена за подоконник второго этажа УБ на всю длину крюка. Обучающийся в положении седа на подоконнике второго этажа удерживает 11-ю ступень ЛШ обратным хватом. Окончание. ЛШ подвешена за подоконник третьего этажа УБ на всю длину крюка. Обучающийся обеими ногами коснулся пола 3-го этажа УБ. Результат фиксируется по касанию двух ног пола этажа.

4. Подъем по подвешенной ЛШ на третий этаж УБ (рис. 2 (г)). Начало. ЛШ подвешена за подоконник второго этажа УБ на всю длину

крюка. Обучающийся правой/левой ногой встал на 1-ю ступень ЛШ, руками держится за тетивы. Окончание. ЛШ подвешена за подоконник третьего этажа УБ на всю длину крюка. Обучающийся обеими ногами коснулся пола третьего этажа УБ. Результат фиксируется по касанию двух ног пола этажа.

5. Подъем по ЛШ на третий этаж УБ (рис. 2 (д)). Начало. ЛШ лежит 7-й ступеней на стартовой линии. Обучающийся находится в положении низкого старта, не касаясь руками или ногами линии старта и не поднимая ЛШ от земли. Окончание. ЛШ подвешена за подоконник третьего этажа УБ на всю длину крюка. Обучающийся обеими ногами коснулся пола третьего этажа УБ. Результат фиксируется по касанию двух ног пола этажа.

Нормативные задания направлены на подготовку в части касающейся выполнения вертикального марша. При этом два нормативных задания №2 и №3 направлены на оценку качества подготовки ключевых элементов всего упражнения в целом, которые помимо всего прочего выполняются дважды за все упражнение, разница заключается лишь на какой высоте выполняется элемент.

В строгом соответствии с разработанными дополнительными нормативными заданиями обучающиеся выполняли эти упражнения на время.

С целью определения разницы временных показателей между участниками исследования полученные значения были переведены в среднестатистические (табл. 3). На основании полученных данных определены временные показатели дополнительных нормативных заданий для упражнений со штурмовой лестницей (табл. 4).

Таблица 3. Временные показатели между участниками по дополнительным нормативным заданиям в подъеме по ЛШ на 4-й этаж УБ

| № п/п | Значения | Подъем по ЛШ на второй этаж УБ, с | Подвеска ЛШ со второго на третий этаж УБ, с | Подъем по ЛШ со второго на третий этаж УБ, с | Подъем по подвешенной ЛШ на третий этаж УБ, с | Подъем по ЛШ на третий этаж УБ, с |
|-------|-----------|-----------------------------------|---|--|---|-----------------------------------|
| 1 | ср знач X | 13,0 | 3,5 | 9,5 | 12,9 | 21,9 |
| 2 | ст откл b | 1,4 | 0,9 | 1,4 | 1,5 | 2,0 |
| 3 | ст ош m | 0,2 | 0,2 | 0,25 | 0,2 | 0,2 |
| 4 | X+b | 13,0+1,4 | 3,5+0,9 | 9,5+1,4 | 12,9+1,5 | 21,9+2,0 |

Таблица 4. Временные показатели дополнительных нормативных заданий для упражнений со штурмовой лестницей

| № п/п | Оценка | Подъем по ЛШ на второй этаж УБ, с | Подвеска ЛШ со второго на третий этаж УБ, с | Подъем по ЛШ со второго на третий этаж УБ, с | Подъем по подвешенной ЛШ на третий этаж УБ, с | Подъем по ЛШ на третий этаж УБ, с |
|-------|-------------------|-----------------------------------|---|--|---|-----------------------------------|
| 1 | отлично | 11,6 | 2,6 | 8,1 | 11,4 | 19,9 |
| 2 | хорошо | 13,0 | 3,5 | 9,5 | 12,9 | 21,9 |
| 3 | удовлетворительно | 14,4 | 4,4 | 10,9 | 14,4 | 23,9 |

В результате проведенных исследований, дополнительно к двум имеющимся на сегодняшний день промежуточным нормативам по подъему по ЛШ на четвертый этаж УБ, были разработаны пять дополнительных нормативных задания, а также определены временные показатели их выполнения. Таким образом, при подготовке к выполнению обязательного норматива № 5.7 «Подъем по ЛШ на четвертый этаж УБ» обучающийся должен выполнить

7 промежуточных дополнительных нормативов. Необходимо отметить, что увеличение количества нормативов с двух до семи не повлияет на изменения количества отводимых учебных часов на подготовку или не усложнит методику подготовки. Наоборот, увеличение количества промежуточных нормативов при выполнении упражнений с ЛШ обучающимися позволит своевременно реагировать на выполнение ими как отдельных приемов и элементов, так и упражнения в целом.

Список литературы

1. Шарабанова И. Ю., Шипилов Р. М., Харламов А. В. Применение новых методов подготовки и обучения спасателей, работающих в чрезвычайных ситуациях // *Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал*. 2014. № 4. С. 90.
2. Шипилов Р. М., Шарабанова И. Ю., Зейнетдинова О. Г., Кокурин А. К. Особенности адаптации курсантов образовательных организаций высшего образования к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций // *В мире научных открытий*. 2017. Т. 9. № 1. С. 78–89.
3. Теребнёв В. В., Грачёв В. А., Шехов Д. А. Подготовка спасателей-пожарных. Пожарно-строевая подготовка. Екатеринбург: Калан, 2013. 300 с.
4. Теребнёв В. В., Грачёв В. А., Шурыгин М. А. Специальная профессионально-прикладная подготовка пожарных. Екатеринбург: ООО «Калан», 2013. 216 с.
5. Казанцев С. Г. К вопросу об оптимизации методики подготовки к работе со штурмовой лестницей с учетом дополнительных нормативных заданий // *Актуальные проблемы пожарной безопасности: тезисы докладов XXX Международной научно-практической конференции*. 2018. № 1 (131). С. 18–22.
6. Казанцев С. Г., Шалявин Д. Н., Сухов А. А. Использование промежуточных временных нормативов в пожарно-строевой подготовке // *Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XII Международной*

научно-практической конференции. Иваново, 2017. С. 295–297.

References

1. Sharabanova I. Yu., Shipilov R. M., Kharlamov A. V. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija: jelektronnyj nauchnyj zhurnal*, 2014, issue 4. P. 90.
2. Shipilov R. M., Sharabanova I. Yu., Zeynetdinova O. G., Kokurin A. K. *In the world of scientific discoveries*, 2017, vol. 9, issue 1, pp. 78–89.
3. Terebnev V. V., Grachev V. A., Shekhov D. A. *Podgotovka spasatelej-pozharnyh. Pozharno-stroevaya podgotovka* [Firefighter rescue training. Fire drill]. Ekaterinburg: Kalan, 2013. 300 p.
4. Terebnev V. V., Grachev V. A., Shurygin M. A. *Special'naya professional'no-prikladnaya podgotovka pozharnyh* [Special professional-applied training of firefighters]. Ekaterinburg: Kalan, 2013. 216 p.
5. Kazantsev S. G. *Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti: tezisy докладов XXX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2018, vol. № 1 (131), pp. 18–22.
6. Kazantsev S. G., Shalyavin D. N., Sukhov A. A. *Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': sbornik materialov XII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo, 2017, pp. 295–297.

Шипилов Роман Михайлович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru,

Shipilov Roman Mikhailovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
candidate of pedagogical Sciences, associate Professor
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Казанцев Семен Григорьевич

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

Kazantsev Semen Grigorievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
senior lecturer
E-mail: skorpsem@yandex.ru

Давиденко Антон Сергеевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
начальник кафедры
E-mail: david88-2004@mail.ru

Davidenko Anton Sergeevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
head of department
E-mail: david88-2004@mail.ru

Шалывин Денис Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
преподаватель
E-mail: sharap1897@rambler.ru

Shalyavin Denis Nikolaevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
teacher
E-mail: sharap1897@rambler.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К рассмотрению принимаются рукописи в электронном формате документа MicrosoftWord (*.doc, *.docx). Файлы высылаются по адресу: journal@edufire37.ru

Статьи должны полностью соответствовать специальности журнала.

Обязательно указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

В статье указывается шифр основной специальности, по которой выполнена работа.

При направлении материалов в редакцию по электронной почте в одном письме направляются:

- файл статьи в формате MS Word;
- внешняя рецензия, заверенная в установленном в организации порядке (рецензенты и авторы статей не должны находиться в должностных отношениях);
- сканированная копия сопроводительного письма.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ СТАТЕЙ

Обязательные элементы рукописи:

УДК, аннотация, ключевые слова, текст статьи.

Аннотация должна иметь объем 150–200 слов, а её содержание – отражать структуру статьи.

Минимальный объем ключевых слов – 5. Ключевые слова отделяются друг от друга точкой с запятой.

В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

Структура размещения статьи в журнале:

- Блок 1 – на русском языке: УДК; название статьи; автор(ы); адресные данные авторов (полное юридическое название организации, адрес организации, адрес электронной почты всех или одного автора); аннотация; ключевые слова;

- Блок 2 – транслитерация и перевод на английский язык соответствующих данных Блока 1 в той же последовательности: название статьи – на английском языке; авторы – на латинице (транслитерация); название организации, адрес организации, аннотация, ключевые слова – на английском языке;

- Блок 3 – полный текст статьи на языке оригинала (русском), оформленный в соответствии с действующими требованиями Журнала;

- Блок 4 – список литературы на русском языке (название «Список литературы»);

- Блок 5 – список литературы в романском алфавите (название References). Если список литературы состоит только из англоязычных источников, то Блок 5 может отсутствовать.

- Блок 6 – сведения об авторах на русском и английском языках.

Технические требования к оформлению

Рукописи представляются в формате А4. Объем представляемых рукописей (с учетом пробелов):

- статьи – до 20 тысяч знаков;
- обзора – до 60 тысяч знаков;
- краткого сообщения – до 10 тысяч знаков.

Оформление текста статьи:

- для набора используется шрифт Arial, размер шрифта – 10;

- отступ первой строки абзаца 1,25 см;

- все поля 2 см;

- все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом использовании;

- недопустимо использование расставленных вручную переносов.

Оформление формул, рисунков и таблиц:

- формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 или Math Type 5.0-6.0 Equation (шрифт Arial), размер шрифта – 10. Пояснения к формулам (экспликации) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Формулы нумеруют в круглых скобках по правому краю страницы;

- в тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на таблицы, рисунки, графики;

- графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них.

Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Рисунки обяза-

тельно должны быть сгруппированы (т.е. не должны «разваливаться» при перемещении и форматировании);

- подрисуночные подписи размещаются по центру;
- названия рисунков даются под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Слово «Рис.» с порядковым номером пишется полужирно, название рисунка – с прописной буквы, обычным шрифтом: **Рис. 1.** Отдельные элементы дымопроницаемой мембраны в сложенном состоянии;
- если рисунок в тексте один, номер не ставится: **Рисунок.** Статистика пожаров, произошедших на различных объектах;
- подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см;
- ссылки в тексте на таблицы пишутся: «табл.», «табл. 1»;
- слово «Таблица» с порядковым номером и названием размещается по центру. Слово «Таблица» набирается курсивом, название таблицы выделяется полужирно: **Таблица 1. Экспериментальные данные по допустимым срокам непрерывной продолжительности работы в изолирующих термоагрессивостойких костюмах для пожарных;**
- единственная в статье таблица не нумеруется: **Таблица. Анализ оборудования для подачи воздушно-механической пены;**
- по возможности следует избегать использования рисунков и таблиц, размер которых требует альбомной ориентации страницы;
- поворот рисунков и таблиц в вертикальную ориентацию недопустим;
- текст статьи не должен заканчиваться таблицей, рисунком или формулой.

Правила оформления списка литературы

После текста статьи приводится список литературы, оформленный в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Источники указываются в порядке цитирования в тексте. На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте.

В список литературы включаются только научные и приравненные к ним публикации (статьи, монографии, учебные издания, патенты на изобретения, авторские свидетельства). Ссылки на нормативные документы (законы, постановления, стандарты) должны оформляться как подстрочные сноски.

В статье должны быть представлены два варианта списка литературы:

- список на русском языке;
- список в романском алфавите (References).

Для изданий на русском языке:

- для книжных изданий на русском языке обязательная транслитерация оригинального названия и перевод названия на английский язык (в квадратных скобках);
- для журнальных статей на русском языке допускается 2 варианта описания – полный и сокращенный. В полном варианте обязательная транслитерация оригинального названия статьи и её перевод на английский язык (в квадратных скобках). В сокращенном варианте транслитерация и перевод статьи опускаются.

Для изданий на английском языке:

- для книжных изданий на английском языке транслитерация не производится;
- для журнальных статей на английском языке транслитерация не производится;
- тире, а также символ // в описании на английском языке не используются.

Для изданий в переводной версии российского журнала:

- приводится только англоязычное название статьи;
- перечисляются все авторы материала через запятую. Фамилия и инициалы транслитерируются. Инициалы от фамилии запятой не отделяются.

В References при переводе статьи на английский названия изданий и журналов не переводятся, используется транслитерация.

Если есть, обязательно указывается DOI.

Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Современные проблемы гражданской защиты»,
тел.: (4932) 34-38-18; e-mail: journal@edufire37.ru