

**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»**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ III МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ 370-Й ГОДОВЩИНЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ РОССИИ**

**ИВАНОВО, 11 ДЕКАБРЯ 2019 г.**

**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»**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ II МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ 370-Й ГОДОВЩИНЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ РОССИИ**

**ИВАНОВО, 11 ДЕКАБРЯ 2019 Г.**

**MODERN FIREPROOF MATERIALS AND  
TECHNOLOGIES**

**COLLECTION OF MATERIALS OF THE III INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE, DEDICATED TO THE 370-TH  
ANNIVERSARY OF THE FIRE PROTECTION OF RUSSIA**

**IVANOV, DECEMBER 11, 2019.**

УДК 614.842  
ББК 38.96  
С 56

**Современные пожаробезопасные материалы и технологии:** сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России, Иваново, 11 декабря 2019 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – 716 с.

В сборник включены материалы Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». В сборнике рассмотрены вопросы исследования пожарной опасности веществ и материалов, зданий и сооружений, разработки современных способов снижения пожарной опасности; современные научно-технические достижения в области разработки систем противопожарной защиты объектов, систем и средств пожарной безопасности и спасения людей; проблемные вопросы развития системы технического регулирования в области пожарной безопасности, совершенствования системы стандартизации и сертификации материалов и технологий.

The collection includes materials of International scientific-practical conference «Modern fireproof materials and technologies». The collection examines questions of the study of fire hazard of substances and materials, buildings and structures, development of modern methods to reduce fire hazard; modern scientific and technical achievements in the development of fire protection systems of objects, systems and means of fire safety and rescue; problem questions of development of system of technical regulation in the field of fire safety, improve the system of standardization and certification of materials and technologies.

**ББК 38.96**

*Редакционная коллегия*

канд. техн. наук, доцент **Д. Б. Самойлов** (председатель редколлегии)  
д-р техн. наук, ст. науч. сотр. **А. Л. Никифоров** (заместитель председателя редколлегии)  
канд. хим. наук **С.Н. Ульева**  
д-р техн. наук, доцент **О.Г. Циркина**  
канд. техн. наук, доцент **В. И. Попов**  
канд. филол. наук **Ю. В. Шмелева**

*Editorial Council*

cand. of techn. sciences, docent **D. B. Samoilov** (chairman)  
doctor of techn. sciences, senior research worker **A. L. Nikiforov** (vice-chairman)  
kand. of chem. sciences **S. N. Ul'eva**  
doctor of techn. sciences, docent **O.G. Tcirkina**  
kand. of tech. sciences, docent **V. I. Popov**  
kand. of phil. sciences **U. V. Shmeleva**

## Оглавление

<b>РАЗДЕЛ I «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ»</b> .....	14
Абдулина Е.Р., Дождиков А.П. Моделирование аварийных ситуаций на объектах хранения опасных веществ.....	14
Азовцев А.Г., Сырбу С.А. Распределение пожаров на РВС от самовозгорания пирофорных отложений по месяцам.....	17
Акулова М. В., Мочалов А. М., Набойщикова Н. А. О результатах исследования влияния огнезащитных составов на горючесть пенополистирола.....	20
Акулова М. В., Ульянова Е. А. Обработка конструкций полимерными пропитками: достоинства и недостатки.....	25
Акчина С. С. Численное решение задачи о зажигании лесного массива световым излучением в результате разрыва газопровода.....	28
Андрюшкин А. Ю., Афанасьев Е. О., Кадочникова Е. Н. Технология сверхзвукового газодинамического напыления антикоррозионных покрытий с наночастицами, повышающая надежность и долговечность металлоконструкций объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов.....	32
Баканов М. О., Никишов С. Н. Модель прогнозирования физико-технических параметров пористого теплоизоляционного материала на основе пеностекла..	37
Борисова В. А., Зелинская И. А., Ивахнюк Г. К. Модификация полиарамидных материалов углеродными наноструктурами для снижения пожарной опасности процессов ремонта и эксплуатации транспортных средств.....	43
Бубнов В. Б., Елин Н. Н., Хазова И. В., Коротин Ю. А. Исследование динамики теплового состояния противопожарных водопроводов в аварийном режиме ...	47
Бубнов В.Б., Куликов И.М. Анализ подходов к прогнозированию динамики аварийного истечения газов.....	53
Бубнов В. Б., Шамин В. И., Силов С. А. Исследование условий использования полимеров акриламида для снижения гидропотерь в системах водяного пожаротушения.....	56
Горячева В. Н., Карнюшкин А. И., Березина С. Л., Елисеева Е. А., Сабельникова Т. М. Новый материал для создания прозрачной брони –алюминийоксинитрид.....	63
Дали Ф. А., Столяров С. О., Шидловский Г. Л., Рогочева Я. А., Бутаев Г. Г. Физико-химическое моделирование рецептур высокоэффективных огнезащитных покрытий, металлоконструкций объектов нефтегазового комплекса.....	66
Дорош И. В., Чуракова А. А., Мартынова О. Г., Ахметшин Р. И., Семашко М. А. Обоснование использования термочувствительного элемента TiNi в	



противопожарном оборудовании на примере спринклера с использованием графических моделей .....	70
Емченко Д. В., Наумов А. Г., Зарубина Е. В. К вопросу об активации СОТС ...	77
Кавер Н. С., Князева В. П. Экологическая оценка пожаробезопасных материалов (на примере листовых материалов) .....	83
Казарин С. С., Семенов А. Д., Кнутов М. С. О повышении пенообразования стволов для получения воздушно-механической пены.....	87
Калашников Д. В., Дашин Н. С., Трифонов Е. А. Инструментальные исследования металлических крепежных изделий (гвоздей), подверженных термическому воздействию в ходе возникновения и развития пожара.....	91
Кропотова Н. А., Решетова Е. Ю. Будущее огнезащитных тканей.....	98
Левтер Р. А., Бирюкова И. А., Таратанов Н. А. Исследование пожарной опасности устройств для генерации пара .....	103
Липина А. А., Одинцова О. И., Есина О. А., Антонова А. С. Применение метода микрокапсулирования акарицидно-репеллентных веществ для создания защитной спецодежды .....	107
Лоран Н. М., Иванов А. В., Циркина О. Г. Исследование качественных характеристик наномодифицированных интумесцентных покрытий для защиты металлоконструкций при углеводородном пожаре .....	110
Ляпин П. А., Таратанов Н. А. Газожидкостная хроматография как эффективный метод в установлении инициатора горения.....	116
Макаров Д. И., Полякова А. М., Шмелева Т. В., Зарубина Е. В., Наумов А. Г. Моделирование дефекта сварного соединения под влиянием усталостного напряжения материала трубопровода .....	121
Малькова Е. А., Коновалов А. С. Перспективы использования многоцелевого смачивателя ппм для пожаротушения.....	125
Микрюков К. В., Ившин С. С., Кравченко Э. Ф., Гилазиев Ф. Ф. Разработка рецептуры огнезащитной мастики .....	129
Молоткова Ю. А., Халенгинов С. Б., Ульева С. Н., Никифоров А. Л. Оценка пожароопасных показателей хлопчатобумажных тканей различной поверхностной плотности.....	139
Мочалова Т. А., Дружинина Е. В., Антонова А. А., Беспрозванных Д. С. Анализ расчетных и опытных данных низшей теплоты сгорания алифатических спиртов .....	142
Огнева М. М., Таратанов Н. А. Исследование полимерных материалов методом ИК-спектроскопии.....	146

Панев Н. М., Никифоров А. Л., Циркина О. Г., Федосов С. В. Математическое моделирование процесса термического разложения деревянных изделий, прошедших огнезащитную обработку .....	150
Петров В. С., Зарубин В. П. Обзор огнезащитных материалов для металлических конструкций .....	155
Покровский А. А. Область применения высокотемпературной сушки материалов перегретым паром.....	159
Прокофьева О. Д., Кулагин А. В. Горение магнезия и способы его тушения .....	163
Пучков П. В., Иванов В. Е. Исследование влияния высоких температур на механические свойства керамических материалов.....	168
Рева О. В., Криваль Д. В. Водостойкая огнезащитная обработка полиамидного волокна .....	172
Рева О. В., Назарович А. Н. Активация поверхности полиэфирных волокон для закрепления неорганических замедлителей горения.....	179
Регланов С. Е., Таратанов Н. А., Карасев Е. В. Особенности исследования медных проводников методом рентгенофазового анализа в целях СПТЭ .....	185
Румянцева В. Е., Коновалова В. С. Повышение сцепления композитной арматуры с цементными бетонами .....	190
Самосенко Э. Г., Газизов А. М. Совершенствование режимов пропитки для древесины с использованием МИГ - 9 «БИОПИРЕН».....	194
Скрипник И. Л. Исследование элементов электрооборудования в электросетях автомобилей при пожаре .....	196
Смирнов А. А., Полякова А. М., Т. В. Шмелева Т. В., Зарубина Е. В., Репин Д. С. Моделирование дефектов сварных соединений противопожарных трубопроводов .....	200
Соколик Г. А., Лейнова С. Л., Свирщевский С. Ф., Рубинчик С. Я., Клевченя Д. И. Выявление основных параметров, влияющих на токсическую опасность продуктов горения красок при их использовании для отделки помещений.....	206
Спиридонова В. Г., Циркина О. Г., Никифоров А. Л. Оценка пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных и полиэфирных волокон ..	209
Столяров С. О., Скрипник И. Л. Применение синергизма для создания оптимального состава огнезащитных покрытий.....	216
Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А. Сравнительный анализ методов аналитического определения температуры вспышки индивидуальных растворителей лакокрасочных материалов .....	221
Суровая В. Э. Получение функциональных материалов на основе нанопленок никеля .....	228

Таусарова Б. Р., Бимбетова Г. Е. Придание огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам с применением золь - гель технологии.....	233
Таусарова Б. Р., Жумахметова С. С. Создание целлюлозных текстильных материалов с огнезащитными и антибактериальными свойствами .....	237
Филатова Н. В., Косенко Н. Ф. Модифицированные алюмофосфатные связки как компонент высокотемпературных композитов.....	241
Хасанов И. Р., Варламкин А. А., Стернина О. В., Грачева А. Н. Численное моделирование теплообмена в кабельных проходках.....	244
Шабунин С. А., Панев Н. М., Никифоров А. Л., Ульева С. Н., Винокуров М. В. Применение методов квантовой химии для оценки эффективности антипиренов .....	249
Ширяев Е. В., Стулов А. В. К вопросу испарения нефтепродуктов с поверхности аварийных проливов .....	252
Ширяев Е. В. Экспериментальные исследования горения горючих жидкостей с подложкой из гранулированного пеностекла.....	256
<b>РАЗДЕЛ II «СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ, СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ».....</b>	<b>260</b>
Акифьев Н. Н., Петров Н. С., Плавский Д. В., Тараканов Д. В. Информационные ресурсы для исследования пожарной опасности зданий и сооружений на основе мониторинга динамики пожара .....	260
Акулова М. В., Стекачев Р. В. Некоторые проблемы правового регулирования вопросов информатизации процессов обеспечения природно-техногенной безопасности .....	263
Алексеев А. В., Таратанов Н. А. Компьютерное моделирование процесса возникновения и развития пожара.....	270
Андрюшкин А. Ю., Афанасьев Е. О., Кадочникова Е. Н. Современные способы повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения .....	273
Багажков И. В., Лаврентичева А. А. Баллоны дыхательных аппаратов в аппаратах защиты органов дыхания .....	278
Багажков И. В., Сапожников А. В. Тушение пожаров и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций в чебоксарском пожарно-спасательном гарнизоне ...	281
Барахоев М. И., Орлов Е. А. Горение и тушение металлов и гидридов металлов .....	286
Безрук А. И., Коваль Ю. Н. Анализ методов оценки зон загрязнения окружающей среды от пожаров .....	290

Белобородова О. И., Гисмятов Р. Р., Ломоносов А. И. Разогрев пожарно-технического вооружения при затяжных пожарах с использованием термохимической ленты .....	295
Белорожев О. Н. Особенности проведения аварийно-спасательных работ при дорожно-транспортном происшествии на электроавтомобилях и автомобилях с гибридным двигателем .....	300
Боков Г. В. Технология обеспечения пожарной безопасности телевизионных передатчиков при переходе на цифровое телевидение .....	305
Быданцев А. Ю., Мальцев А. Н. Обзор и выбор оборудования автоматических систем пожаротушения для торгово – развлекательных центров.....	310
Василеч Д. В., Лахвич В. В., Миканович Д. С. Перспективные средства тушения пожаров с применением установок подачи огнетушащих веществ высокого давления.....	315
Викман А. В., Актерский Ю. Е. Об эффективности системы комплексной безопасности опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли ....	320
Гулева Т. В., Чистяков И. М., Степанова А. А. Применение роботехники при ликвидации ЧС на потенциально опасных объектах.....	323
Ермолаев В. В., Пуганов М. В., Песикин А. Н. К вопросу о пожарной безопасности в зданиях повышенной этажности.....	327
Захаров Е. Ю., Соколов Г. П., Кулагин А. В. Анализ необходимости установки молниеотвода .....	332
Захаров Е. Ю., Ульева С. Н., Никифоров А. Л. Поиск химических агентов для фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания.....	336
Захаров Д. Ю. Веснин А. А. Актуальность создания лабораторной установки тактической вентиляции .....	340
Кайдалов В. В. Новые технические решения в области противопожарной защиты транспортных средств.....	344
Квасов М. В., Легкова И. А. Робототехнические комплексы на службе пожарной безопасности .....	350
Киселев В. В. Анализ основных причин возникновения пожаров на транспорте .....	356
Кокурин Д. А., Смирнов В. А., Волков О. Г. Теоретико-технологический способ решения проблем просушивания боевой одежды пожарного .....	360
Красильникова А. В. Анализ результатов компьютерного моделирования пожара в помещении при реконструкции развития пожара.....	364
Кузнецов Р. А., Орлов Е. А. Огнестойкость, огнезащита строительных конструкций и материалов .....	370

Кушляев В. Ф., Гомонай М. В., Аграновский А. А., Асламов А. Ю., Кушляева О. В. Предложения к разработке техники для безопасной заготовки и утилизации древесины с радиоактивным загрязнением .....	374
Кушляев В. Ф., Иргит Ч. У., Леонов В. А. Создание четырех-гусеничных машин для тушения лесных пожаров в условиях крайнего севера .....	385
Кюлян С. М., Салихова А. Х. Разработка общих рекомендаций по составлению текстов для беспроводной системы оповещения и управления эвакуацией на примере объектов гостиничной сферы г. Сочи.....	394
Лебеденко П. Е., Циркина О. Г. Анализ причин возникновения пожаров на объектах хранения горюче-смазочных материалов.....	401
Лепский Д. В., Щербакова Л. В. Обоснованность величины необходимого времени эвакуации людей при пожаре в театрально-зрелищных учреждениях .....	404
Лихоманов А. О., Камлюк А. Н., Грачулин А. В. Современные разработки элементов пенных оросителей для автоматических систем пожаротушения ..	408
Лосева М. В., Каштанов В. А., Желин И. А. Контроль и оценка качества нанесенных защитных покрытий.....	411
Ляхова К. Р. Использование внутрискважинного клапана-отсекателя с целью повышения пожарной безопасности на месторождении .....	416
Манило И. И., Зыков В. И., Воинков В. П., Шарипов А. Г., Волосников В. А., Патысьев И. И. Опыт применения звуковых колебаний для тушения источников открытого пламени.....	419
Модина А. С. Анализ результатов компьютерного моделирования пожара в здании при проведении.....	427
Морозов А. А. Рекомендации по применению современных ручных пожарных стволов.....	431
Морозов А. А., Смирнов В. А. Особенности горения и тушения металлов и гидридов металлов .....	437
Парасич И. А., Топоров А. В. Использование «умной» бытовой техники для обеспечения пожарной безопасности жилых помещений .....	442
Песикин А. Н., Сырбу С. А. Анализ пожаров на РВС от самовозгорания пирофорных отложений от хранящихся веществ .....	445
Петроченко Я. В., Семенов А. Д., Бочкарев А. Н. О возможности прогнозирования технического состояния гидравлического аварийно-спасательного инструмента.....	448
Печейкина А. И., Ахтямов Р. Г., Титова Т. С. Пути повышения безопасности при эксплуатации морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная» .....	452

Полякова А. М., Шмелева Т. В., Комельков В. А., Зарубина Е.В. Расчет надежности системы противопожарного водопровода .....	459
Попов В. И., Пуганов М. В., Песикин А. Н., Ветрова Е. А. Эвакуация детей из зданий детских дошкольных образовательных организаций при пожаре .....	461
Пронин С. П., Волков А. В. Анализ передачи извещений пак «Стрелец - мониторинг» установленных на объектах защиты Ульяновской области.....	467
Пуганов М. В., Песикин А. Н., Михалин В. Н. Проблемы и их решения по эвакуации людей из зданий повышенной этажности .....	471
Пшанов А. П., Соколов Г. П., Сорокин А. А. Средства и способы пожаротушения при обработке изделий из магния и титана .....	474
Рассохин М. А., Юркин А. В., Перевалов А. С. Проблемы обеспечения промышленной безопасности высотной аварийно – спасательной техники ....	478
Сак С. П. Особенности ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий с участием электромобилей.....	482
Салаев Б. Г. Анализ основных характеристик аварийно-спасательных машины и оборудования с учетом их эксплуатации .....	487
Сальник А. А., Таратанов Н. А. Моделирование и изготовление насадки для газоанализатора «Колион-1В» .....	490
Сафронов Н. А., Захаров Д. Ю. Орлов Е. А. Условия самовозгорания растворов металлоорганических соединений.....	494
Сафронов Н. А., Соколов Г. П., Чистов П. В. Пожаровзрывоопасность и средства тушения лития и его соединений.....	497
Свинин Н. В. Огнестойкость, огнезащита строительных конструкций и материалов .....	502
Сизов А. П., Комельков В. А., Колбашов М. А., Гусев Л. А. К увеличению надежности работы насосного оборудования в пожарной технике.....	507
Сконин И. П., Циркина О. Г. Проблематика обеспечения пожарной безопасности на опасных производственных объектах .....	511
Смирнов В. В., Семенов А. Д., Бачихин И. С. Применение подогревателя для системы охлаждения двигателя пожарного автомобиля.....	515
Содикова М. Р. Защита металлов ингибиторами коррозии и повышение ресурса безопасной эксплуатации технологического оборудования и технических конструкций .....	519
Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., Циркина О. Г., Ульева С. Н. Система контроля параметров внутреннего пространства специальной защитной одежды для предупреждения производственного травматизма пожарных .....	523
Старчакова О. К., Холодов О. М. Несоблюдение мер пожарной безопасности в гостиницах.....	530

Степанов Е. В. Применение системы позиционирования персонала в автоматизированной системе поддержки принятия решения .....	534
Степанова А. А., Гулева Т. В., Чистяков И. М. Навигационная система для пожарных подразделений .....	538
Сыско М. С., Семенова К. В. Механизм возникновения молний и современные технологии молниезащиты .....	544
Тимофеев Н. Е., Резников М. С., Мингазов А. Ш., Емельянов В. В., Уголькова А. С., Димухаметов Р. Р. Генератор с низкой температурой огнетушащего аэрозоля и «чистыми» продуктами сгорания .....	548
Топольский Н. Г., Михайлов К. А., Волкова К. М. Использование цифровых автоматов в системах пожаротушения промышленного объекта .....	552
Тутубалин А. Р., Чистов П. В. Оценка огнестойкости материала, используемого для проектирования огневой полосы психологической подготовки пожарных .....	556
Холодов О. М., Филоненко Л. В., Пхетнакхон Буннамсок Условия обеспечения пожарной безопасности на аэродромах Лаоса .....	560
Худайбердиев А. Т., Михайлова С. В. Инновационные методы огнезащитного покрытия.....	566
Цапков В. И., Гришина Г. Н. Устройство на основе генератора с оптической обратной связью для обнаружения дыма.....	571
Чибинёв Н. Н., Яхонова Д. В., Паникратова С. А. Эффективное средство тушения ландшафтных пожаров .....	573
Шипилов Р. М., Хозин Р. М. Огнестойкость, огнезащита строительных конструкций и материалов .....	578
Якушкина И. Г. Алгоритм обеспечения пожарной безопасности объектов защиты огнетушителями в зависимости от рангов тушения модельного очага пожара и классов пожара .....	582
<b>РАЗДЕЛ III «ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ».....</b>	<b>589</b>
Аверкина Н. Б., Бурлаченко К. Г. Аккредитация испытательной лаборатории в области пожарной безопасности.....	589
Калашников Д. В., Горячев И. В. Совершенствование системы материального стимулирования сотрудников федеральной противопожарной службы на примере судебно-экспертного учреждения по Ивановской области.....	592
Карабанов С. О. Анализ показателей пожарной безопасности людей в жилых зданиях.....	598

Козырев Е. В., Адамов Д. С., Сорокин В. А., Костерин И. В. Оценка Главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации .....	602
Костерин И. В., Присадков В. И. Техническое регулирование экспертизы проектной документации на современном этапе: анализ российской и зарубежной практики .....	610
Кочнов О. В. Соотношение требований документации и возможностей технических средств оповещения в задаче обеспечения беспрепятственной эвакуации людей из зданий и сооружений .....	615
Курочкин К. В., Захаров Д. Ю. Состояние промышленной безопасности на опасных производственных объектах .....	621
Лазарев А. А., Емелин В. Ю. О разработке нормативных документов в области пожарной безопасности для объектов социальной сферы .....	624
Клушин А. Н., Лазарев А. А. О совершенствовании технического регулирования при разработке правил пожарной безопасности для торгово-развлекательного центра .....	628
Лапшин С. С. Структура информационно-аналитической системы поддержки деятельности должностных лиц МЧС России на примере отработки административных процедур по обеспечению пожарной безопасности .....	631
Леонтьева М. А., Лонгобарди А., Насырова Э. С., Сергеева А. Анализ различий в системе оснащения зданий первичными средствами пожаротушения в России и Италии .....	635
Мельников П. А., Масловская Е. К. Анализ законодательных и нормативных документов РФ в области пожаротушения .....	644
Михалин В. Н., Азовцев А. Г. Анализ прямого ущерба от пожаров на РВС от самовозгорания пиррофорных отложений .....	647
Наконечный С. Н., Шабунин С. А., Михалин В. Н., Винокуров М. В. К вопросу создания систем менеджмента пожарной безопасности на производственных предприятиях .....	650
Орлов Е. А., Самойлова Л. С. Методика совершенствования двигательных-координационных способностей спортсменов пожарно-спасательного спорта посредством использования барьерных упражнений легкой атлетики .....	655
Пак К. С. Проблемы законодательного обеспечения пожарной безопасности в России .....	657
Пак О. В., Салихова А. Х., Самойлов Д. Б. Развитие нормативно-правовой системы учета чрезвычайных ситуаций в МЧС России на примере статистических данных по ЧС в Нижегородской области в период с 1990 по 2018 годы .....	661



Плюсков А. С., Никишов С. Н. Расчет интегрального социально – экономического показателя пожарного риска для населения административно – территориальных единиц Республики Мордовия.....	671
Попов В. И., Песикин А. Н., Пуганов М. В. Оценка помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в гражданских зданиях.....	678
Смелков Г. И., Пехотиков В. А., Грузинова О. И. К вопросу о нормировании показателей пожарной опасности переходных контактных сопротивлений в электроустановочных изделиях .....	682
Содикова М. Р. Совершенствования системы стандартизации и сертификации антикоррозионных материалов – гиббиторов коррозии металлов .....	685
Таратанов Н. А., Карасев Е. В., Локтионов В. В., Бирюкова И. А. Оценка эффективности деятельности судебно-экспертного учреждения .....	688
Фариняк К. С., Салихова А. Х. Методы управления безопасностью объектов защиты .....	692
Черевко И. И. Обучение поездной бригады действиям при пожаре .....	696
Чистов П. В., Кошин А. С. Актуальность методики обучения профессионально-прикладным физическим упражнениям.....	701
Шварев Е. А. К вопросу об ответственности должностных лиц органов государственного пожарного надзора в случае проведения расчета по оценке пожарного риска.....	703
Юржиц А. М., Точёный Н. Н. Об актуальности разработки и применения единой геоинформационной системы в деятельности МЧС Республики Беларусь.....	707
<b>АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ .....</b>	<b>712</b>

## РАЗДЕЛ I «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ»

УДК 614.8:519.6

*Е. Р. Абдулина, А. П. Дождиков*

ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ)

### МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ХРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

В статье рассмотрены вопросы моделирования аварий на объектах хранения опасных веществ: легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, газов. Разработано программное обеспечение для расчета параметров поражающих факторов при пожаре пролива и образовании огненного шара при авариях на этих объектах.

**Ключевые слова:** легковоспламеняющаяся жидкость, пожар пролива, пожар огненный шар, интенсивность теплового излучения, минимальное безопасное расстояние.

*E. R. Abdulina, A. P. Dozhdikov*

### MODELING OF EMERGENCY SITUATIONS AT HAZARDOUS SUBSTANCES STORAGE FACILITIES

The article deals with the modeling of accidents at storage facilities of hazardous substances: flammable and combustible liquids, gases. Software has been developed to calculate the parameters of damaging factors in a Strait fire and the formation of a fireball in accidents at these facilities.

**Keywords:** flammable liquid, spill fire, fire fireball, heat radiation intensity, minimum safe distance.

Аварийные ситуации на объектах хранения опасных веществ, в том числе легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, достаточно распространены в промышленности.

Определенный интерес представляет прогнозирование последствий аварийного разрушения таких объектов с применением современных информационных технологий.

Основные источники аварийных ситуаций на объектах хранения нефтепродуктов:

разрушение резервуаров и нарушение их герметичности по различным причинам;

утечки из-за неисправности топливораздаточных колонок;

переливы при переполнении резервуаров вследствие неисправности аппаратуры контроля уровня;

образование взрывоопасных концентраций паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей вследствие неисправности дыхательных клапанов, арматуры и т.д.

Выход жидкой фазы нефтепродуктов (разлив) из резервуара может быть обусловлен (инициирован) следующими событиями:

- нарушением герметичности резервуара и запорной арматуры (образованием трещин в сварных швах);
- повреждением резервуара (механическое повреждение, повреждения при ремонтных работах), запорной арматуры (неисправности вентиляей, прокладок) и разрушение арматуры топливораздаточной колонки;
- аварийным проливом при выполнении технологических операций;
- выходом из нормального режима эксплуатации технических средств автоматики;
- опасным воздействием соседних объектов (взрыв, пожар);
- преднамеренным действием третьих лиц (поджоги, взрывы) и др.

Для расчета использованы методики, изложенные в СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

С помощью программной платформы NET Framework нами разработана программа, которая позволяет следующее:

- произвести расчет параметров поражающих факторов при пожаре пролива опасных веществ;
- выполнить расчет параметров образования огненного шара.

Программа создана с использованием платформы NET Framework. NET Framework – программная платформа компании Microsoft. Она представляет собой операционную систему внутри операционной системы. Основой платформы является виртуальная машина Common Language Runtime (CLR), способная выполнять как обычные настольные программы, так и веб-приложения. Отличительной особенностью NET Framework является способность выполнять программы, написанные на разных языках программирования.

Программа для NET Framework, написанная на любом поддерживаемом языке программирования, сначала переводится компилятором в единый для NET понятный человеку низкоуровневый язык Common Intermediate Language (CIL) (ранее назывался Microsoft Intermediate Language, MSIL).

Затем компилятор производит перевод CIL-кода в объектный байт-код (в терминах NET получается сборка, англ. assembly), а уже байт-код либо исполняется виртуальной машиной CLR, либо транслируется утилитой NGen.exe в исполняемый код для конкретной целевого процессора.

Использование виртуальной машины предпочтительно, так как избавляет разработчиков от необходимости заботиться об особенностях аппаратной части.

В случае использования виртуальной машины CLR, встроенный в неё JIT-компилятор «на лету» (just in time — компиляция на лету) преобразует промежуточный байт-код в машинные коды нужного процессора. Современная технология динамической компиляции позволяет достигнуть высокого уровня быстродействия.

Виртуальная машина CLR также сама заботится о базовой безопасности, управлении памятью и системе исключений, избавляя разработчика от части работы.

После загрузки программы пользователь должен выбрать сценарий аварии, расчет параметров которой необходимо провести.

В верхней левой части интерфейса расположены функциональные кнопки, на которых представлены два вида сценариев аварии «Пожар пролива ЛВЖ или ГЖ» и «Огненный шар».

При выборе расчета пожара пролива ЛВЖ или ГЖ необходимо дополнительно ввести:

вид легковоспламеняющейся, горючей жидкости, газа (при этом на экране появляется значение удельной массовой скорости выгорания данного типа топлива);

площадь пролива,  $\text{м}^2$ ;

значение безопасной величины интенсивности теплового излучения,  $\text{кВт}/\text{м}^2$ .

После выбора необходимых параметров аварии, программа производит расчет интенсивности теплового излучения для различных значений расстояния от места пролива и представляет результаты его в виде графика и таблицы. Также на пользовательский интерфейс выводится информация о минимальном безопасном расстоянии, на котором ожидается заданная безопасная величина интенсивности теплового излучения.

При выборе расчета образования огненного шара, пользователю необходимо ввести:

массу топлива, кг;

вид топлива;

значение безопасной интенсивности теплового излучения,  $\text{кВт}/\text{м}^2$ .

Разработанная программа производит расчет интенсивности теплового излучения для различных значений расстояния, и представляет графическую интерпретацию его. Приводит минимальное безопасное расстояние, на котором определяется значение безопасной интенсивности теплового излучения, вычисляет время существования огненного шара.

Имеется возможность формирования отчета в виде файла текстового процессора Word и печати отчета.

Таким образом, разработанное программное обеспечение позволяет проводить оперативный расчет параметров аварийных превращений опасных веществ, в динамике оценивать значения поражающих факторов на различных расстояниях от места аварии, выводить результаты расчета в графическом и

табличном виде, определять минимальное безопасное расстояние по установленному значению интенсивности теплового излучения.

УДК 614.835.3

*А. Г. Азовцев, С. А. Сырбу*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЖАРОВ НА РВС ОТ САМОВОЗГОРАНИЯ ПИРОФОРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПО МЕСЯЦАМ**

В работе приводится статистика пожаров на резервуарах вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов от самовозгорания пирофорных отложений. Показано распределение по месяцам от таких пожаров, определены месяцы, в которые наиболее часто происходят пожары от самовозгорания пирофорных отложений.

**Ключевые слова:** пожарная опасность, пирофорные отложения, резервуар вертикальный стальной, нефтегазовая отрасль

*A. G. Azovtsev, S. A. Syrbu*

## **DISTRIBUTION OF FIRES ON OIL TANK FROM SELF-IGNITION OF PYROPHORIC SEDIMENTS BY MONTHS**

The work provides statistics of fires on vertical steel tanks for storing oil and oil products from spontaneous combustion of pyrophoric deposits. The distribution by months from such fires is shown, the months in which fires most often occur from spontaneous combustion of pyrophoric deposits are determined.

**Keywords:** fire hazard, pyrophoric deposits, vertical steel tank, oil and gas industry

Использование математической статистики в науке помогает определить наиболее важные части исследуемого направления. Так и в области пожарной безопасности нефтегазовой отрасли, использование инструментов математической статистики по количеству пожаров могут многое рассказать и дать объяснение тому и или иному событию.

В работе [1] приведено распределение доли пожаров на объектах с обращением нефти и нефтепродуктов (см. рисунок 1). По рисунку видно, на долю объектов с хранением горючих жидкостей приходится не малая часть пожаров с 2000 по 2013 гг., поэтому исследование пожаров на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами (далее – РВС) является актуальным.



Рисунок 1 – Доли пожаров на объектах с обращением нефти и нефтепродуктов

В данной работе рассматриваются пожары на РВС от самовозгорания пирофорных отложений. Согласно анализу практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов [2] самовозгорание пирофорных отложений выступало источником зажигания в 12,8 % случаев. На рисунке 2 представлено распределение пожаров на РВС от самовозгорания пирофорных отложений с 2000 по 2016 гг.

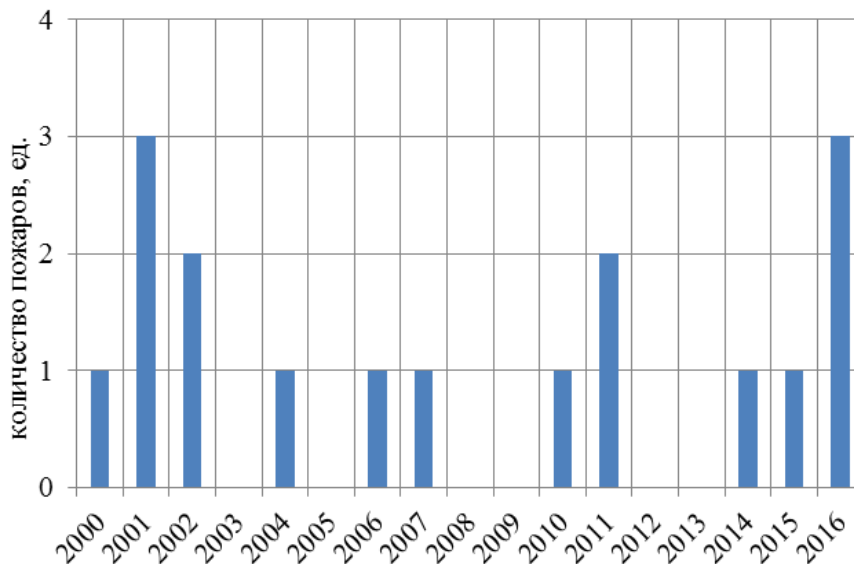


Рисунок 2 – Распределение количества пожаров РВС от самовозгорания пирофорных отложений с 2000 по 2016 гг.

Для нахождения возможной зависимости от времени года было составлено распределение пожаров на РВС от самовозгорания по месяцам, само распределение представлено на рисунке 3.

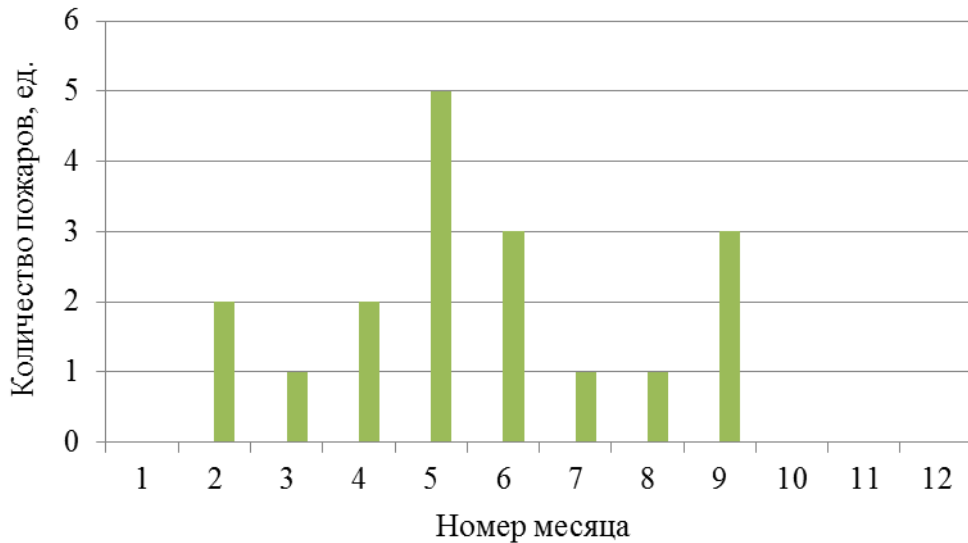


Рисунок 3 – Распределение количества пожаров РВС от самовозгорания пирофорных отложений с 2000 по 2018 гг. по месяцам

Из рисунка видно, что с 2000 по 2018 гг. периодом, когда происходили пожары на РВС от самовозгорания пирофорных отложений, является период с февраля по сентябрь. Наибольшее количество пожаров на РВС от самовозгорания пирофорных отложений происходило в мае, июне и сентябре. Это обосновывается тем, что именно в данный период осуществляется чистка РВС, и они могли продолжительное время находиться в незаполненном состоянии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ширяев Е.В., Назаров В.П., Майзлиш А.В., Гогин А.А.* Статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» Выпуск № 3 (55), 2014 г. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_22880819\\_57397439.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_22880819_57397439.pdf) (дата обращения 31.10.2019).
2. *Петрова Н.В., Чешко И.Д., Галишев М.А.* Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» Выпуск №3, 2016. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V83/7.pdf> (дата обращения 12.06.2019).

УДК 666.97:691.618.92

*М. В. Акулова, А. М. Мочалов, Н. А. Набойщикова\**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
\*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

## **О РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ НА ГОРЮЧЕСТЬ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА**

Плиты из пенополистирола – наиболее распространенный материал, применяемый для утепления помещений. При этом, пенополистирол является пожароопасным материалом. Соблюдение требований пожарной безопасности при утеплении помещений – необходимое условие обеспечения безопасности людей. В статье описывается работа по разработке огнезащитных составов, призванное снизить горючесть пенополистирольных плит, а также результаты указанных исследований.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, горючесть пенополистирола, огнезащитные составы, жидкое стекло, органосилоксаны

*M. V. Akulova, A. M. Mochalov, N. A. Naboyshikova*

## **ABOUT RESULTS OF THE STUDY OF THE INFLUENCE OF FIRE-PROTECTIVE COMPOSITIONS ON THE FLAMMABILITY OF FOAM POLYSTYRENE**

Expanded polystyrene plates are the most common material used for warming rooms. At the same time, polystyrene foam is a fire hazardous material. Compliance with fire safety requirements when warming premises is a necessary condition for ensuring the safety of people. The article describes the work on the development of flame retardants, designed to reduce the combustibility of expanded polystyrene plates, as well as the results of these studies.

**Keywords:** fire safety, flammability of expanded polystyrene, flame retardants, water glass, organosiloxanes

При возведении зданий уделяют пристальное внимание уменьшению количества расходуемых средств и снижению затрат времени на процесс строительства. Этого удается достичь благодаря широкому применению легких быстровозводимых ограждающих конструкций, а также дешевых и эффективных утеплителей. Таким утеплителем являются пенополистирольные плиты.

Применение пенополистирольных плит при утеплении зданий разнообразно: его применяют при утеплении полов, кровли, стен (рисунок 1).





Рисунок 1 - Применение пенополистирольных плит при утеплении стен

Пенополистирол имеет целый ряд положительных свойств, таких как звукоизоляция, долговечность, влагостойкость, низкий коэффициент теплопроводности, простота в монтаже и крепеже [1]. Но, кроме положительных свойств, пенополистирол обладает отрицательным свойством, способным перекрыть все его положительные качества – высокой пожарной опасностью. При пожаре в зданиях, в которых пенополистирол был использован в качестве утеплителя – ущерб, причиненный жизни и здоровью людей, а также материальным ценностям, может быть существенно увеличен.

Вопрос пожарной опасности пенополистирола поднимался многими авторами [2, 3, 4]. Результаты большинства исследований сводятся к единому мнению: применение пенополистирольных плит в зданиях при пожаре позволяет огню распространяться с наибольшей скоростью, а токсичные продукты, выделяемые при его горении, способны привести людей, находящихся в горящем помещении, к отравлению или гибели.

При этом, указанные выше положительные свойства пенополистирола делают данный материал практически незаменимым при утеплении зданий. В связи с этим проводится работа по снижению пожарной опасности пенополистирольных плит. Необходимо отметить, что имеющийся на рынке так называемый «самозатухающий» пенополистирол также является пожароопасным и его применение не позволяет исправить описанную проблему [2], этот факт подтверждаю и зарубежные исследования [5].

Авторы статьи также проводят работу над разработкой наиболее эффективных огнезащитных составов, позволяющих снизить пожарную опасность пенополистирола.

С точки зрения пожарной безопасности строительные материалы классифицируются в статье 13 Федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», в которой они подразделяются на два типа: горючие (Г) и негорючие (НГ). В свою очередь, горючие материалы делятся на 4 группы –

слабогорючие (Г1), умеренно горючие (Г2), нормально горючие (Г3) и, наконец, сильно горючие (Г4) [1].

Для исследования горючести пенополистирола, огнезащитные составы наносились на образцы со всех сторон. Результаты полученных результатов приведены в таблицах 1, 2 и на диаграммах (рис. 2, 3).

Таблица 1 - Результаты испытаний на горючесть пенополистирола марки ПСБ-С 15У

Наименование состава	Температура дымовых газов $t_{max}$ , °С	Потеря массы образца, $\Delta m$ , %	Время достижения $t_{max}$ , $\tau$ , с	Время самостоятельного горения $t_c$ , с	Степень повреждения по длине, %
Без обработки	306	89	15	2	99
1 состав *	281	78	20	1	98
2 состав *	286	80	12	0	90
3 состав *	250	73	28	0	89
4 состав *	292	79	17	1	90
5 состав *	280	76	21	0	92
6 состав *	287	78	18	2	91
7 состав *	282	77	16	3	92

\*- 1 состав (5% органосилоксан, 1% раствор сульфанола), 2 состав (5% жидкое стекло, 1% раствор сульфанола), 3 состав (10% органосилоксан, 1% раствор сульфанола), 4 состав (10% жидкое стекло, 1% раствор сульфанола), 5 состав (2,5% органосилоксан, 2,5 жидкое стекло, 1% раствор сульфанола), 6 состав (10% органосилоксан, 30% каолин, 5% тальк, 30% жидкое стекло), 7 состав (10% органосилоксан, 30% каолин, 5% тальк, 30% жидкое стекло, 5% карбамид)

Таблица 2 - Результаты испытаний на горючесть пенополистирола марки RAVATHERM XPS STANDARD

Наименование состава	Температура дымовых газов $t_{max}$ , °С	Потеря массы образца, $\Delta m$ , %	Время достижения $\Delta t_{max}$ , $\tau$ , с	Время самостоятельного горения $t_c$ , с	Степень повреждения по длине, %
Без обработки	329	85	11	10	99
1 состав *	300	81	15	2	99
2 состав *	296	81	13	0	90
3 состав *	261	79	22	0	89
4 состав *	315	83	14	1	90
5 состав *	298	82	16	0	99
6 состав *	323	84	15	3	98
7 состав *	327	82	12	3	98

\*- 1 состав (5% органосилоксан, 1% раствор сульфанола), 2 состав (5% жидкое стекло, 1% раствор сульфанола), 3 состав (10% органосилоксан, 1% раствор сульфанола), 4 состав (10% жидкое стекло, 1% раствор сульфанола), 5 состав (2,5% органосилоксан, 2,5 жидкое стекло, 1% раствор сульфанола), 6 состав (10% органосилоксан, 30% каолин, 5% тальк, 30% жидкое стекло), 7 состав (10% органосилоксан, 30% каолин, 5% тальк, 30% жидкое стекло, 5% карбамид)

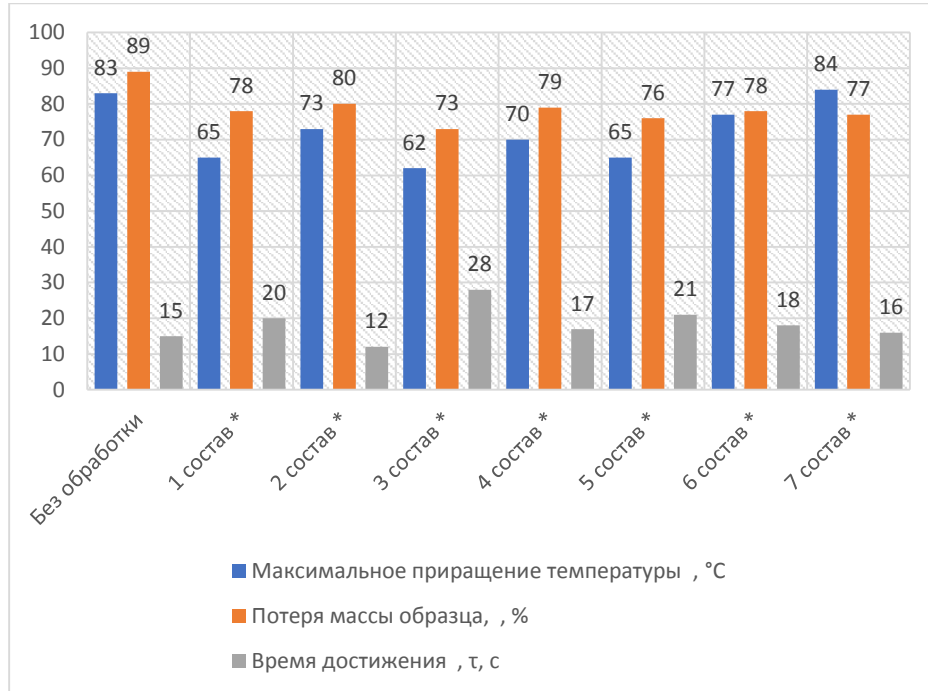


Рисунок 2 - Результаты испытаний на горючесть пенополистирола ПСБ-С 15У до и после обработки

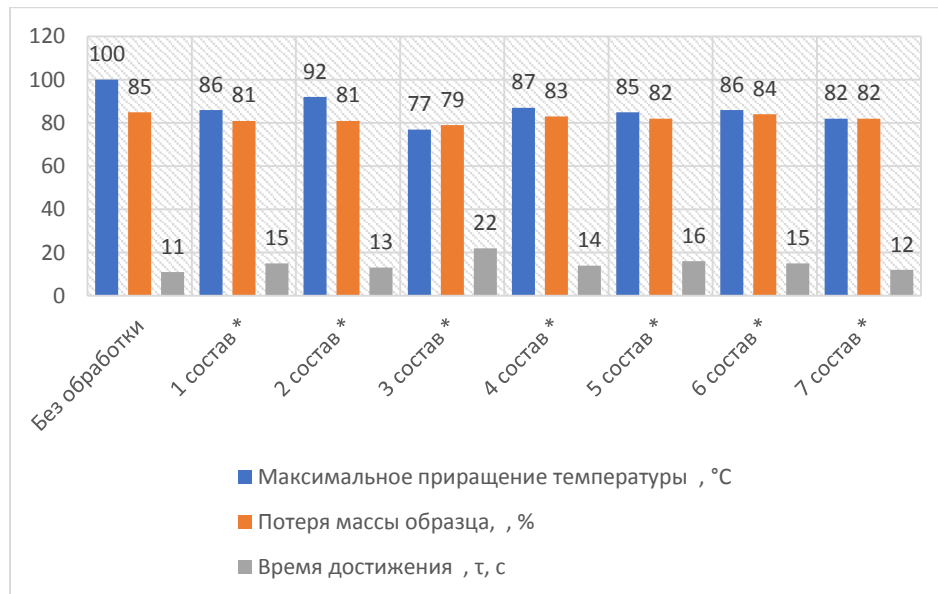


Рисунок 3 - Результаты испытаний на горючесть пенополистирола марки Ravatherm xps standard до и после обработки

Так как пенополистирол – материал, который при нагревании имеет свойство плавиться, у всех образцов наблюдалась практически 100% повреждения по длине, значительные изменения массы, что в свою очередь согласно [1] позволяет отнести такие материалы лишь к группе Г4 «сильногорючие». Проводя анализ полученных результатов образцы с

нанесенными составами являются менее пожароопасными. Просматривается снижение потери массы образцов, увеличение время достижения максимальной температуры. Наиболее эффективным составом является состав №3 (10% органосилоксан, 1% раствор сульфанола). При обработке пенополистирола данным составом - время достижения максимальной температуры увеличивается почти в 2 раза, максимальное приращение температуры снизилось на 25,3%, а также происходит значительное уменьшение потери массы образца (-17,9%).

По результатам проведенного исследования было установлено, что добавление в состав предложенных огнезащитных составов таких компонентов как тальк, каолин и карбамид не приносит должного эффекта и лучшим для защиты пенополистирольных плит из предложенных в ходе проведенных испытаний остается 10% огнезащитный состав органосилоксана и 1% десятипроцентного раствора сульфанола.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

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. Учебное пособие – М.: «Пожнаука», 2005.- 232 с., илл.

4. Гуюмджян П. П., Коканин С. В., Пискунов А. А. О пожароопасности полистирольных пенопластов строительного назначения // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Том 20, №8 – С. 4-8.

5. Guidelines for the use of expanded foam polystyrene panel systems in industrial buildings so as to minimise the risk of fire // (Fire Engineering Research Report 06/1/2006, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Private Bag 4800 Christchurch, New Zealand).

УДК 699.812.3

*М. В. Акулова, Е. А. Ульянова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ПОЛИМЕРНЫМИ ПРОПИТКАМИ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ**

В статье рассмотрены вопросы применения пропиточных материалов на основе полимеров в целях продления срока эксплуатации постройки, их положительные и отрицательные свойства, а также обоснована необходимость дальнейшего исследования данного вопроса.

**Ключевые слова:** полимер, пропитка, пожарная опасность, горение.

*M. V. Akulova, E. A. Ul'yanova*

## **ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF TREATMENT OF STRUCTURES WITH POLYMER IMPREGNATION**

The article deals points of the use of impregnating materials based on polymers in order to extend lifetime of construction, their positive and negative properties, and also the necessity of further research of this question.

**Keywords:** polymer, impregnation, fire hazard, combustion.

Быстрый рост численности населения и развитие человеческого общества порождают и новые потребности. Для их удовлетворения и соответствия требованиям эволюции ежедневно возводятся дома, здания и сооружения из самых разных материалов: дерева, кирпича, бетона, металла и многих других. Ежегодно в России, согласно статистическим данным за последние 5 лет, на строительство из государственного бюджета выделяется более 6 триллионов рублей [7]. Строительство стало играть важную роль в жизни каждого человека.

Реконструкция зданий и сооружений требует учета экономических, эстетических, технических и ресурсных аспектов и огромных вложений [5]. Соответственно необходимо изначально задавать высокую степень качества постройке, чтобы снизить расходы в последующем, но как увеличить срок ее эксплуатации?

Добавление различных примесей, повышающих стойкость построек, в строительный материал вызывает огромные экономические затраты, поэтому наиболее выгодным вариантом является применение поверхностного способа нанесения. В настоящее время широкое распространение получили пропитки и обмазки различного назначения на основе полимеров, которыми благодаря хорошей адгезии покрываются поверхности природных и искусственных материалов. Однако современное общество столкнулось с трудностью их

использования. Она связана с тем, что во внимание не принимается способность пропиточного или обмазочного составов к созданию условий для возникновения и развития нештатной ситуации, то есть не учитываются их пожароопасные свойства.

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена тревожной пожарной обстановкой. В результате пожаров в мире ежегодно [3]:

- погибают 100-200 тысяч гражданских лиц;
- травмируется примерно 350 тысяч человек;
- погибают на дежурстве 200-250 пожарных;
- травмируются 70-75 тысяч пожарных.

Проблема пожарной опасности органических пропиточных материалов, в частности полимерных, является актуальной вследствие широкого распространения полимеров и материалов на их основе в сфере строительства.

Л.Г. Панова поднимала вопрос о недостатках полимеров, к которым в качестве основного относилась горючесть, и невозможности из-за этого их применения в различных видах деятельности, в том числе строительстве [6]. Асеева Р. М., Заиков Г. Е. говорили о снижении воспламеняемости полимеров как о важной задаче в общей проблеме снижения пожароопасности материалов [1].

Горение полимеров – один из сложных физико-химических процессов, который включает в себя такие реакции, как деструкция, сшивка и карбонизация полимера в конденсированной фазе, физические процессы интенсивных тепло- и массопередачи. Реакции в конденсированной фазе приводят к двум основным типам продуктов [2]:

- 1) газообразным веществам, которые могут быть как горючими, так и негорючими;
- 2) углеродсодержащим или минеральным твердым продуктам.

Еще одной важной проблемой применения полимеров является выделение газообразных токсичных веществ при горении. В результате термического разложения при сгорании 1 килограмма полимера выделяется такое количество газообразных продуктов горения, которое способно к отравлению воздуха в помещении объемом 2000 м<sup>3</sup> [9].

Пожарная опасность полимерных материалов характеризуется процентным содержанием кислорода в воздухе, температурой нагрева и свойствами веществ и материалов. Если в случае возникновения горения в помещении повышенная концентрация кислорода, то пожарная опасность полимеров будет определяться большим количеством выделяющихся дыма и тепла. При низкой концентрации кислорода в воздухе на начальном этапе разложения полимеров могут образовываться концентрации, опасные для жизни человека. В этом случае люди отравляются и умирают от токсичных продуктов горения быстрее, чем наступает предельно допустимая для жизни температура окружающей среду. Помимо смертельных доз отравляющих веществ, при горении полимеров выделяется большое количество дыма. Это значительно затрудняет работу пожарно-спасательных подразделений, снижает видимость,

усложняет проведение работ по эвакуации из опасной зоны. Дымообразующая способность при этом не зависит от концентрации кислорода в воздухе в помещении [8].

Но почему полимеры продолжают свое активное применение в строительной деятельности, если представляют собой определенную степень пожарной опасности? Дело в том, что полимерные материалы обладают совокупностью ценных физико-химических и строительно-эксплуатационных свойств. К ним относятся: устойчивость к коррозии, малая объемная масса, стойкость к химическому воздействию, высокая паро-, газо- и водонепроницаемость и, самое главное, прочность. Полимеры используются в качестве отделки как внутри, так и снаружи здания, изоляции от воды, звука, тепла. В чистом виде они применяются редко, однако с добавлением отвердителей, пластификаторов и стабилизаторов из них получают самые разные композиции [4].

Анализируя обстановку, сложившуюся в современном обществе, можно сделать вывод о том, что данная проблема существует и требует исследований новых вариантов ее решения с целью снижения пожарной опасности на территории Российской Федерации и всего мира в целом, а также увеличения пожарной как безопасности объектов защиты, так и всего человеческого общества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Асеева Р. М., Заиков Г. Е.* Снижение горючести полимерных материалов. М., 1981. 64 с.
2. *Берлин Ал. Ал.* Горение полимеров и полимерных материалов пониженной горючести : Сороковский образовательный журн. №9, 1996 г. С. 57-63.
3. *Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Иванова О.В.* Сколько человек погибает при пожарах в мире? // Пожаровзрывобезопасность журн. 2019. [Т. 28] С. 51-62.
4. *Вернигорова В.Н., Саденко С.М., Макридин Н.И.* Анализ полимеров строительного назначения: моногр. /,- Пенза, ПГУАС, 2013. 292 с.
5. *Зильберова И.Ю., Петров К.С.* Проблемы реконструкции жилых зданий различных периодов постройки. Ростов-на-Дону. М., 2012. Журнал Инженерный вестник Дона. 2012
6. *Панова Л.Г.* Разработка научных основ огнезащиты полимерных композиционных материалов: журн. Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. С. 147-151.
7. Россия в цифрах. 2019: крат.стат.сб. / Росстат. М.: 2019. 549 с.
8. *Черезова Е.Н., Мукменева Н.А, Архиреев В.П.* Старение и стабилизация полимеров: учебное пособие. Ч. 1. Из-во КНИТУ. М.: Казань, 2012. С. 108-110.
9. *Черников А.И., Воробьев Е.А.* Особенности горения полимерных материалов. Воронежский институт ГПС МЧС России., 2014. С. 325-326.

УДК 632.187.1:622.691.48

*С. С. Акчина*

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

## **ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ЗАЖИГАНИИ ЛЕСНОГО МАССИВА СВЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗРЫВА ГАЗОПРОВОДА**

В данной работе представлена математическая модель и численные результаты решения задачи о зажигании лесного горючего материала (ЛГМ) световым излучением в результате разрыва газопровода с образованием «огненного шара» (ОШ). При численном решении учитываются параметры лесного массива (мощность взрыва, влагосодержание и запас ЛГМ) и коэффициент ослабления излучения пологом леса.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, огненный шар, лучистое тепловое излучение, газопровод, зажигание.

*S. S. Akchina*

## **NUMERICAL SOLUTION OF THE PROBLEM OF FOREST IGNITION BY LIGHT RADIATION AS A RESULT OF GAS PIPELINE RUPTURE**

This paper presents a mathematical model and numerical results of ignition of forest combustible material by light radiation as a result of a gas pipeline rupture with the formation of a "fireball". The numerical solution takes into account the parameters of the forest (fuel mass, moisture content and supply forest combustible material) and the coefficient of radiation attenuation canopy.

**Keywords:** mathematical modeling, fireball, heat radiation, gas pipeline, ignition.

Развитие системы магистральных газопроводов (МГ) Российской Федерации проходит высокими темпами, осваиваются новые месторождения, прокладываются новые газопроводы, строятся новые линейные газопроводы, в тоже время активно эксплуатируются МГ, построенные на заре становления магистрального газопроводного транспорта. Таким образом, на сегодняшний день эксплуатируются газопроводы различного возраста и технического состояния. Поэтому их безопасная эксплуатация является одной из актуальных проблем в наше время. Аварии, возникшие на объектах МГ, могут привести к большим экономическим потерям и нанести значительный ущерб окружающей среде [1]. Разрыв газопровода с воспламенением газа и образованием ОШ представляет собой один из вероятных сценариев развития аварии [2]. Облако пара, смешанное с воздухом, но с преобладанием горючего вещества, не способное объемно детонировать, начинает гореть вокруг своей внешней



оболочки и вытягивается, образуя ОШ. «Огненные шары» крайне опасны, они излучают тепло, которое могут вызвать пожары [3].

Лес как экологическая система представляет собой структурный слой на поверхности земли, имеющий в своем составе разнородные элементы, каждый из которых может рассматриваться как отдельный горючий материал. В зависимости от особенностей растений, их возраста и определённых физико-географических условий в лесу развивается многоярусная система (рис.) [4].

Численно была решена задача о заживании растительного покрова вследствие воздействия интенсивного теплового потока от ОШ (Рис.1). Описание процесса заживания лесных массивов лучистой энергией осуществляется системой дифференциальных уравнений, выражающих законы сохранения массы, импульса, энергии и концентрации компонентов в рассматриваемой области. Данная постановка задачи получена на основе общей математической модели лесных пожаров с соответствующими начальными и граничными условиями [4,5].

Главной задачей при решении было нахождение зависимости между радиусом заживания растительности при взрыве углеводородов с образованием ОШ и такими параметрами как влагосодержание лесного горючего материала (ЛГМ) и коэффициент ослабления пологом леса интенсивности теплового излучения. С помощью численного решения представленной задачи становится возможным оперативно определить радиус заживания лесного массива при аварии, где на лесной массив будет воздействовать тепловой поток с поверхности ОШ.

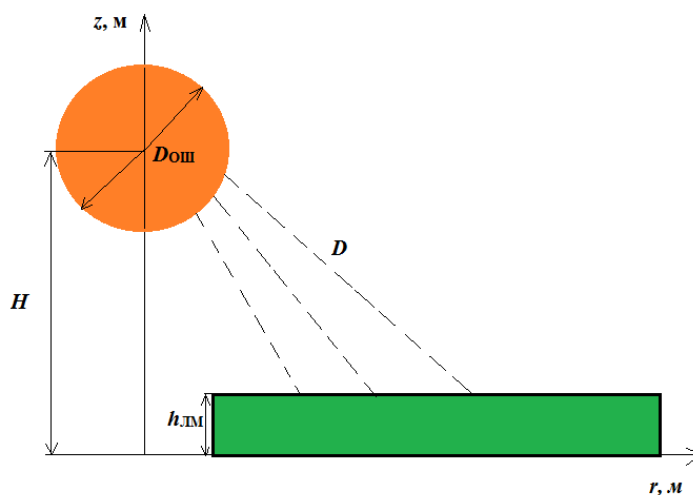


Рисунок 1 - Схема процесса заживания лесного массива

В качестве основных влияющих на процесс заживания параметров выступают масса топлива при взрыве, запас и влагосодержание ЛГМ, коэффициент ослабления излучения пологом леса. Численное решение задачи осуществляется в пакете Visual Studio на языке Fortran.

На основе физико-математической модели были проведены численные расчеты, результатом которых стало: определение максимального радиуса

зажигания полога леса под воздействием теплового излучения на его поверхность при взрыве газопровода. В рамках численного решения для нахождения коэффициента ослабления пологом леса соснового древостоя использовалась его зависимость от общей поглощающей поверхности в вертикальном столбе растительности  $\omega (s_1 + s_2)$  с учетом угла наклона хвоинок. В нашем случае для соснового леса характерно возрастание угла наклона хвоинки по отношению к горизонтальной плоскости по мере продвижения вверх по стволу от 20–30 до 80–90°, по мере приближения к стволу хвоинки приобретают угол наклона, близкий к 90°, независимо от плоскости их расположения (Рис. 2) [6].

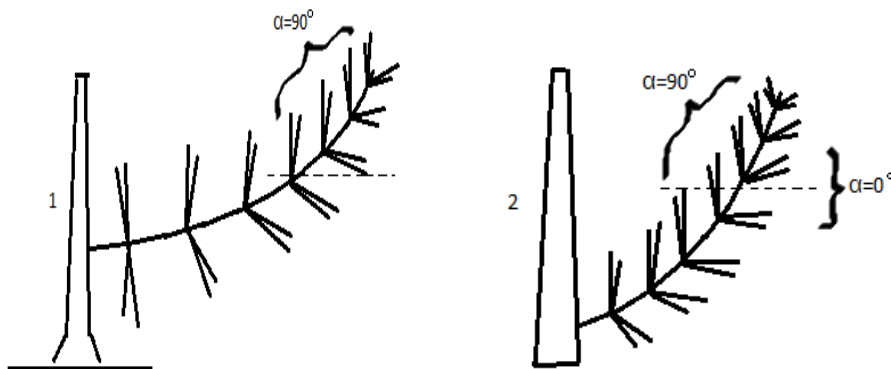


Рисунок 2 - Схема распределения углов наклона хвоинок для посадок сосны в нижней (1) и верхней (2) частях дерева [6]

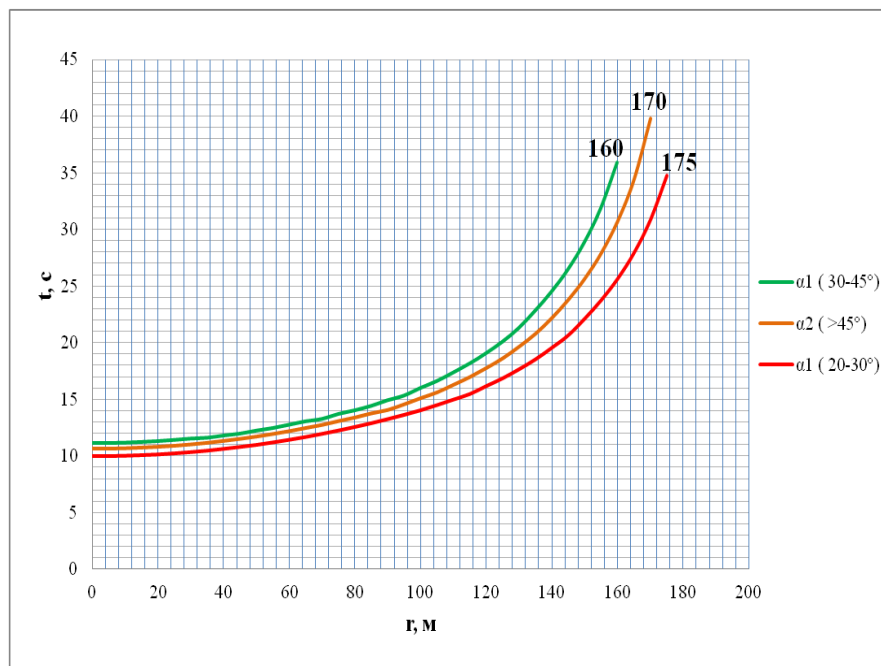


Рисунок 3 - Зависимость радиуса зажигания растительности от коэффициента ослабления пологом леса при  $\bar{z}=0.7$

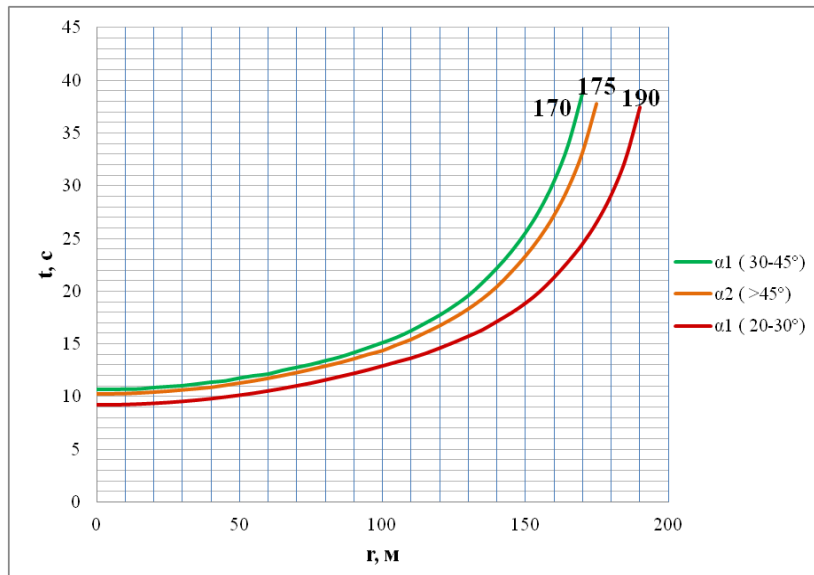


Рисунок 4 - Зависимость радиуса зажигания растительности от коэффициента ослабления пологом леса при  $\bar{z}=0.6$

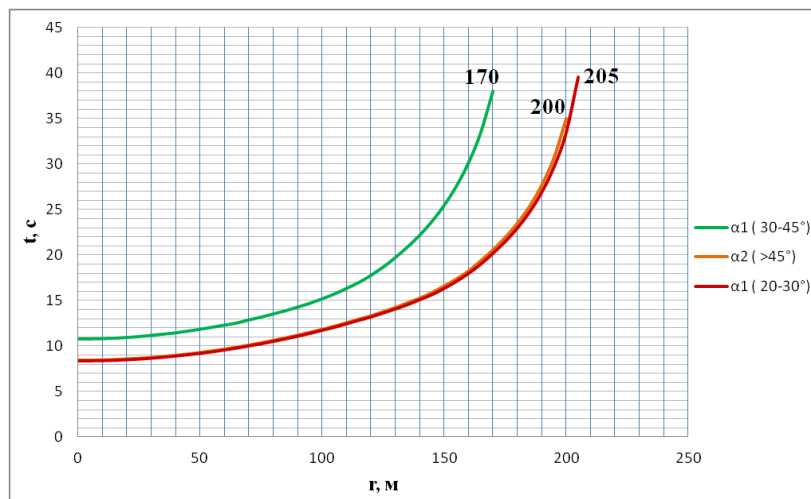


Рисунок 5 - Зависимость радиуса зажигания пологом леса от коэффициента ослабления пологом леса при  $\bar{z}=0.5$

Как показывают рисунки 3–5, на величину радиуса зажигания растительного покрова  $r^*$  влияют угол наклона сосновых игл, а также общая поглощающая поверхность в вертикальном столбе растительности, которые выражаются через коэффициент ослабления пологом леса. При уменьшении угла наклона хвоинок и общей поглощающей поверхности в вертикальном столбе растительности радиус зажигания растительности увеличивается.

В результате проделанной работы, основываясь на полученных численных расчетах, был сделан вывод, что определяющий параметр безопасности, а именно расстояние между газопроводом и лесным массивом не должен рассчитываться без учета структурных особенностей и текущих характеристик ЛГМ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
[http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/Годовой%20отчет%20за%202018%20год%203.pdf](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20за%202018%20год%203.pdf), свободный. – (дата обращения: 20.12.2018).
2. СТО Газпром 2-2.3-400-2009 Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром». М: Газпром, 2009. 343 с.
3. *Маршалл В.* Основные опасности химических производств: пер. с англ. М: Мир, 1989. 682 с.
4. *Гришин А.М.* Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, 1992. 408 с.
5. *Гришин А.М., Перминов В.А.* О зажигании лесных массивов в результате взрыва Тунгусского метеорита// Физика горения и взрыва (Т.29, № 6). 1993. С.8-14.
6. *Росс Ю.К.* Радиационный режим и архитектоника растительного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1975, 342 с.

УДК 678.026

*А. Ю. Андрюшкин, Е. О. Афанасьев\*, Е. Н. Кадочникова\**

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России\*

### ТЕХНОЛОГИЯ СВЕРХЗВУКОВОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С НАНОЧАСТИЦАМИ, ПОВЫШАЮЩАЯ НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Показана актуальность применения многослойных антикоррозионных покрытий с наночастицами для защиты металлических конструкций объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов. Предложена технология сверхзвукового газодинамического напыления многослойных антикоррозионных покрытий с углеродными нанотрубками, заполненных цинком, повышающая надежность и долговечность металлоконструкций.

**Ключевые слова:** покрытие, напыление, металлоконструкция, углеводороды.

*A.Yu. Andryushkin, E.O. Afanasiev, E.N. Kadochnikova*

## TECHNOLOGY OF SUPERSONIC GAS DYNAMIC SPRAYING OF ANTICORROSIVE COATINGS WITH NANOPARTICLES, WHICH INCREASES THE RELIABILITY AND DURABILITY OF METAL STRUCTURES OF HYDROCARBON PROCESSING, STORAGE AND TRANSPORTATION FACILITIES

The urgency of application of multilayer anticorrosive coatings with nanoparticles for protection of metal structures of objects of processing, storage and transportation of hydrocarbons is shown. The technology of supersonic gas-dynamic spraying of multilayer anticorrosive coatings with carbon nanotubes filled with zinc is proposed, which increases the reliability and durability of metal structures.

**Keywords:** coating, spraying, metal structure, hydrocarbons.

Объекты переработки, хранения и транспортировки углеводородов, связанные между собой трубопроводами, представляют собой металлоконструкции. К объектам переработки и хранения углеводородов относятся стальные емкости, цистерны и резервуары. Общая протяженность стальных промышленных и магистральных трубопроводов составляет около миллиона километров. Аварийность металлоконструкций определяется чаще всего повреждениями, возникающими из-за внешней и внутренней коррозии. Коррозия является причиной порядка 70% аварий. Утечки углеводородов при разгерметизации оборудования и трубопроводов наносят значительный ущерб окружающей среде, при этом возрастает вероятность возникновения взрывов и пожаров. Безаварийное функционирование металлических конструкций объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов является актуальной проблемой, требующей новых технологий защиты от коррозии.

Коррозия — это самопроизвольное разрушение металлов в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. Различают химическую и электрохимическую коррозию. Химическая коррозия — взаимодействие поверхности металла с коррозионно-активной средой, не сопровождающееся возникновением электрохимических процессов на границе фаз. Например, образование окалины при взаимодействии железа при высокой температуре с кислородом:  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Электрохимическая коррозия — разрушение металла под воздействием возникающих в коррозионной среде гальванических элементов. При электрохимической коррозии всегда требуется наличие электролита (конденсат, дождевая вода) как, например, при ржавлении железа во влажной атмосфере:  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{FeO}(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ . В результате коррозии металлы переходят в устойчивые соединения — оксиды или соли.

Надежность и долговечность металлических конструкций объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов обусловлена применяемыми средствами противокоррозионной защиты. Антикоррозионные покрытия являются эффективным средством пассивной защиты оборудования и трубопроводов [1-8].

Многослойное антикоррозионное покрытие представляет собой систему покрытия – сочетание последовательно нанесенных функциональных слоев различного целевого назначения (грунтовочный, промежуточный, покрывной).

### Технология сверхзвукового газодинамического напыления антикоррозионных покрытий с наночастицами

Защита металлоконструкций от коррозии достигается нанесением антикоррозионных покрытий, изолирующих металл от окружающей среды. Эффективность антикоррозионного покрытия обусловлена его составом и технологий нанесения [9, 10].

Существенно улучшить качество антикоррозионного покрытия позволяет введение в его состав наночастиц. Такое антикоррозионное покрытие может быть выполнено из пленкообразующего состава, в котором содержатся углеродные нанотрубки, заполненные цинком. Введение внутрь углеродных нанотрубок цинка обеспечивает дополнительную защиту, так как при повреждении покрытия, доходящего до металла, происходит образование гальванической пары цинк - железо. При этом окисление железа начинается только после того, как окислится весь цинк. Количество нанотрубок, заполненных цинком, может составлять до 80% объема лакокрасочного материала, что обеспечивает его повышенную прочность и надежность. Процесс разрушения такого покрытия протекает длительное время и может составлять несколько десятков лет.

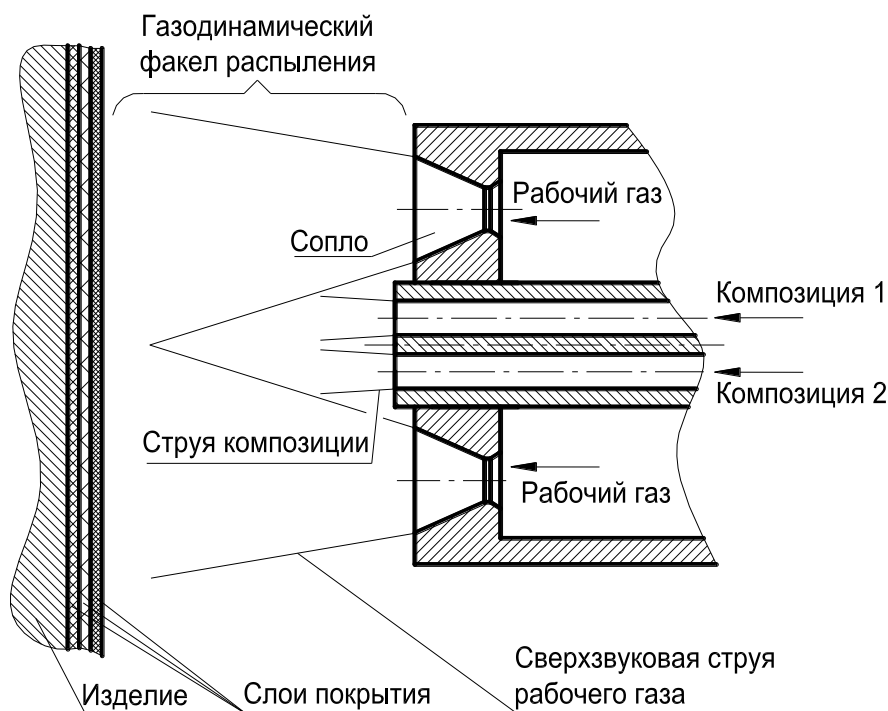


Рисунок 1 - Схема формирования многослойного антикоррозионного покрытия с наночастицами сверхзвуковым газодинамическим напылением

Перспективным, надёжным и недорогим является метод сверхзвукового газодинамического напыления, который позволяет формировать многослойные антикоррозионные покрытия с наночастицами (рис. 1). Из компонентов покрытия, которые представляют собой порошки или жидкости, составляют одну или несколько композиций, которые предварительно перемешивают для выравнивания концентрации компонентов по ее объему. В одну или несколько композиций при перемешивании вводят нанотрубки и перемешивают до равномерного их распределения по объему композиции. Композиции подают в газодинамический факел распыления с определенным расходом, расход каждой композиции изменяется по определенному закону. Рабочий газ подают под давлением к соплам, истекающие из них сверхзвуковые струи охватывают струи композиций. Струи композиций подвергаются аэродинамическому воздействию со стороны сверхзвуковых струй рабочего газа, приводящему к их распаду на капли. Сверхзвуковые струи расположены достаточно близко друг к другу и взаимодействуют между собой. При взаимодействии сверхзвуковых струй образуется газодинамический факел распыления с развитой системой скачков уплотнения. Жидкие капли композиций, проходя через скачки уплотнения, дробятся на более мелкие, эти капли в свою очередь, проходя через следующий скачок уплотнения, также подвергаются дроблению. Компоненты композиций в системе скачков уплотнения газодинамического факела распыления диспергируют на мельчайшие капли, в состав которых входят нанотрубки, объединенные жидкой пленкой. Образованное облако капель, движется внутри газодинамического факела распыления, состоящего из отдельных сверхзвуковых струй рабочего газа. По мере падения скорости струй рабочего газа имеет место их смыкание в единый многофазный поток, сопровождающееся резкой турбулизацией. Турбулизация потока приводит к интенсивному перемешиванию капель, а, следовательно, и компонентов покрытия. Это приводит к гомогенизации компонентов покрытия в поперечном сечении газодинамического факела распыления. Таким образом, на металлическую поверхность объекта поочередно напыляют слои покрытия (грунтовочный, промежуточный, покрывной), при этом каждый слой покрытия имеет высокую однородность.

В результате диспергации, перемешивания и турбулизации компонентов антикоррозионного покрытия в газодинамическом факеле распыления повышается однородность слоев покрытия, в которых содержатся заполненные цинком наночастицы, что позволяет повысить прочность защитного покрытия и придать ему высокие антикоррозионные свойства. Предложенная эффективная технология формирования защитных покрытий существенно повышает надежность и долговечность металлоконструкций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрюшкин, А.Ю.* Формирование композиционных материалов из частиц микро- и нанометрических размеров сверхзвуковым газодинамическим методом

[Текст] /А.Ю. Андрюшкин. //Вторые Рудловские чтения: Труды общероссийской научно-технической конференции. БГТУ. В 2-х частях. Часть 2. - СПб.: БГТУ «ВОЕНМЕХ», 2008. - С.143-147.

2. *Андрюшкин, А.Ю.* Напыление покрытий сверхзвуковым газодинамическим методом [Текст] /А.Ю. Андрюшкин //Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2009»: Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. Т 2. - Казань: Казан. гос. техн. ун-т, 2009. – С.289-293.

3. *Андрюшкин, А.Ю.* Напыляемые системы покрытий для антикоррозионной защиты металлических конструкций объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов [Текст] /А.Ю. Андрюшкин, В.А. Балабанов, Е.Н. Кадочникова //Журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». №4 (44).-СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2017. – С.55-62.

4. *Андрюшкин, А.Ю.* Обеспечение безопасности магистральных трубопроводов нанесением полимерных покрытий сверхзвуковым газодинамическим напылением [Текст] /А.Ю. Андрюшкин, Е.Н. Кадочникова, С.А. Пугачев //Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций г. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России.Т.1. 2017. – С.420-425.

5. *Андрюшкин, А.Ю.* Совершенствование методов обеспечения безопасности объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов [Электронный ресурс] /А.Ю. Андрюшкин, Е.Н. Кадочникова, С.А. Пугачев //Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России». №4.-СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2017. – С.65-69.

6. *Андрюшкин, А.Ю.* Способы обеспечения безопасности и модернизация нефтеперерабатывающего оборудования [Текст] /А.Ю. Андрюшкин, Е.Н. Кадочникова //В сборнике «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности населения: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции - СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2017. – С.86-87.

7. *Андрюшкин, А.Ю.* Совершенствование способов повышения безопасности производственного оборудования на предприятиях нефтегазовой отрасли [Текст] /А.Ю. Андрюшкин, Е.Н. Кадочникова, С.А. Пугачев //В сборнике «Комплексная безопасность и физическая защита»: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции - СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2017. – С.33-36

8. *Андрюшкин, А.Ю.* Исследование напыленных полимерных покрытий, обеспечивающих снижение пожарной и промышленной опасности нефтеперерабатывающего оборудования [Текст] /А.Ю. Андрюшкин, Е.Н. Кадочникова // В сборнике «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности населения: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции - СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2017. – С.154-155.

9. Патент на изобретение №2439199 МПК<sup>7</sup> С23С 24/04. Способ формирования многослойного покрытия, содержащего наночастицы [Текст] /Андрюшкин А.Ю.



Заявитель и патентообладатель: БГТУ «ВОЕНМЕХ». Заявка: 2010101438/02 от 18.01.2010, опубликован 10.01.2012. Бюллетень №1. Официальный сайт ФИПС: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).

10. Патент на полезную модель №163045 МПК В01F 3/12. Смеситель наносuspензий [Текст] /Андрюшкин А.Ю., Башаричев А.В., Емельянова А.Н., Симонова М.А., Фатина А.А. Заявитель и патентообладатель: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС. Заявка: 2015150784/05 от 26.11.2015, опубликован 10.07.2016. Бюллетень №19. Официальный сайт ФИПС: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).

УДК: 691.618.93

*М. О. Баканов, С. Н. Никишов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОРИСТОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПЕНОСТЕКЛА**

В работе представлен способ расчета температурных полей, позволяющий моделировать теплофизический процесс нагрева в центре исследуемого материала, исходя из показателей температуры на его поверхности. Такой подход может позволить рассчитывать рациональные временные интервалы термической обработки сырьевой смеси до этапов вспенивания и частично оптимизировать производство.

**Ключевые слова:** пеностекло, сырьевая смесь, термическая обработка, теплоперенос, температурные поля.

*M. O. Bakanov, S. N. Nikishov*

## **FORECASTING PHYSICAL AND TECHNICAL PARAMETERS OF POROUS HEAT INSULATION MATERIAL BASED ON FOAM GLASS**

The paper presents a method for calculating temperature fields, which allows simulating the thermophysical heating process in the center of the material under study, based on temperature indicators on its surface. Such an approach can make it possible to calculate rational time intervals for heat treatment of the raw material mixture before the stages of foaming and partially optimize production.

**Keywords:** foam glass, raw mix, heat treatment, heat transfer, temperature fields.

Пеностекло – теплоизоляционный материал, который набирает свою популярность для теплоизоляции уникальных зданий и сооружений. Подтверждением этому следует отметить монтаж теплоизоляции из пеностекла таких уникальных объектов, как Большой Кремлевский Дворец (кровля «Зимнего сада» — утепление стен подвала), здание Счетной палаты РФ (утепление кровли), спорткомплекс и бассейн «Олимпийский» (утепление

кровли) и много других уникальных зданий и сооружений, как на территории России, так и Европы. Стабильными для пеностекла остаются его геометрические размеры и отсутствие явлений коррозии. Кроме того, изделия из пеностекла обладают оптимальными показателями прочности и широким температурным диапазоном эксплуатации [1]. Это позволяет использовать пеностекло для возведения наиболее сложных конструкций, в том числе огнезащитных.

Единственным недостатком пеностекла по сравнению с другими теплоизоляционными материалами является его высокая стоимость [2]. Данный факт обуславливает, в первую очередь, присутствие в технологии его производства стадии высокотемпературной термической обработки. Перед учеными и технологами появляется широкая область исследования в рамках которой необходимо разработать адаптированные математические модели, позволяющие моделировать процессы термической обработки в технологии пеностекла [3]. Математическое описание процессов теплопереноса при термической обработке сырьевой смеси для производства пеностекла позволит планировать конечные физико-технические свойства пеностекла, а также совершенствовать технологию пеностекла в сторону уменьшения энергозатрат.

На сегодняшний день существует достаточное количество работ, в которых описываются различные комбинации составов сырьевых смесей (пеностекольных шихт) для производства пеностекла [4]. В то же время, вопросы разработки математических методов для моделирования процессов термической обработки сырьевых смесей остаются не до конца исследованными.

Работы, в которых применяется математическое моделирование технологических процессов производства пеностекла, тоже существуют, но проблема остается не до конца решенной. Анализ работ [5, 6, 7, 8, 9, 10] показал, что технология производства пеностекла связана с циклами термообработки (это процессы нагрева, вспенивания и отжига), при реализации которого, потребляется большое количество энергоресурсов. В связи с этим актуальным вопросом является совершенствование процесса термообработки пеностекла с применением различных математических моделей теплопереноса.

В данной работе рассматривается постановка и решение задач динамики теплопереноса в системе металлическая стенка формы и сырьевая смесь.

Схематично элемент рассматриваемой системы показан на рисунке 1.

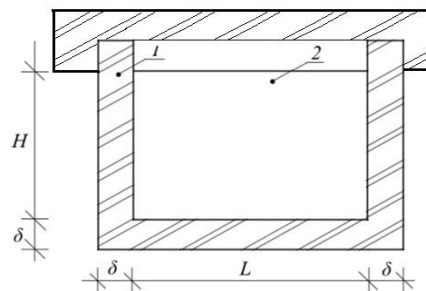


Рисунок 1 - Модель сырьевая смесь (2) – металлическая форма (1)

Предполагаем, что в начальный момент времени показатели температуры стенки формы и сырьевой смеси одинаковы и равны:

$$t(x, \tau)|_{\tau=0} = t_{н0} \quad (1)$$

При изменении (росте или снижении) температуры газовой среды в камере печи, вследствие конвективного теплообмена, металлическая форма начинает нагреваться (остывать), причем, кинетика нагрева может быть охарактеризована зависимостью:

$$t_H(\tau) = f_H(\tau) \quad (2)$$

Соответственно этому можно предположить, что показатели температуры слоя сырьевой смеси, прилегающего к металлической форме, будет изменяться в соответствии с законом:

$$t(x, \tau)|_{x=0} = f_H(\tau), \quad (3)$$

где  $x$  - координата от металлической формы в слое сырьевой смеси;  $x=0$  - координата зоны контакта.

В общем случае краевые задачи переноса теплоты могут быть представлены нелинейными неоднородными дифференциальными уравнениями параболического типа в частных производных [11]:

$$\rho(u, t) \cdot c(u, t) \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda(u, t) \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right], \quad (4)$$

где  $\rho(u, t)$ ,  $c(u, t)$ ,  $\lambda(u, t)$  - теплофизические свойства сырьевой смеси (плотность, теплоемкость, теплопроводность), в общем случае зависящие от влагосодержания и температуры.

- начальное условие:

$$t(x, \tau)|_{\tau=0} = t_0(x) \quad (5)$$

- граничные условия:

$$t(x, \tau)|_{x=0} = f_H(\tau) \quad (6)$$

$$\left. \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=\frac{L}{2}} = 0 \quad (7)$$

Введем безразмерные переменные:

$$T(\bar{x}, Fo) = \frac{t(x, \tau) - t_0}{t_n - t_0}; \quad Fo = \frac{a\tau}{(L/2)^2}; \quad \bar{x} = \frac{x}{(L/2)} \quad (8)$$

И тогда краевая задача теплопроводности примет вид:

$$\frac{\partial T(\bar{x}, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 T(\bar{x}, Fo)}{\partial \bar{x}^2}; \quad Fo > 0; \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1 \quad (9)$$

$$T(\bar{x}, Fo) = \frac{t(x, \tau) - t_0}{t_n - t_0} = T_0(\bar{x}) \quad (10)$$

$$T(\bar{x}, Fo) \Big|_{\bar{x}=0} = \frac{t_n - t_0}{t_n - t_0} = 1 \quad (11)$$

$$\frac{\partial T(\bar{x}, Fo)}{\partial \bar{x}} \Big|_{\bar{x}=1} = 0 \quad (12)$$

При решении краевой задачи теплопроводности методом интегрального преобразования Лапласа [12], получаем окончательное уравнение в следующем виде:

$$\begin{aligned} T(\bar{x}, Fo) = & 1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)} \sin \left[ \frac{\pi}{2} (2n-1) \bar{x} \right] \cdot \exp \left[ -\frac{\pi^2}{4} (2n-1)^2 Fo \right] \\ & + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \sin \left[ \frac{\pi}{2} (2n-1) \bar{x} \right] \cdot \int_0^1 T_0(\xi) \cdot \sin \left[ \frac{\pi}{2} (2n-1) \xi \right] d\xi \cdot \exp \left[ -\frac{\pi^2}{4} (2n-1)^2 Fo \right] \end{aligned} \quad (13)$$

Преобразуем уравнение (13) в размерный вид с учетом уравнения (10):

$$\begin{aligned} t(x, \tau) = & t_n - (t_n - t_0) \cdot \left( \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)} \sin \left[ \frac{\pi}{2} (2n-1) \cdot \bar{x} \right] \cdot \exp \left[ -\frac{\pi^2}{4} (2n-1)^2 Fo \right] + \right. \\ & \left. + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \sin \left[ \frac{\pi}{2} (2n-1) \cdot \bar{x} \right] \cdot \int_0^1 T_0(\xi) \cdot \sin \left[ \frac{\pi}{2} (2n-1) \cdot \xi \right] d\xi \cdot \exp \left[ -\frac{\pi^2}{4} (2n-1)^2 Fo \right] \right) \end{aligned} \quad (14)$$

Рассчитаем температурные поля при нагреве сырьевой смеси до температуры 700<sup>0</sup>С по уравнению (14). Принимаем, что в начальный момент времени значение  $T_0(\xi) = 20^0$ С, а  $Fo = 0,1$ . Полученное распределение температурных полей аппроксимируем полиномом 5 степени:

$$T_1(\xi) = 10,7 \cdot 10^8 \cdot x^5 - 20,5 \cdot 10^7 \cdot x^4 + 13,1 \cdot 10^6 \cdot x^3 - 54,3 \cdot 10^3 \cdot x^2 - 24054,06 \cdot x + 699,96 \quad (15)$$

Уравнение (15) закладываем на следующем этапе расчетов в качестве начального в подынтегральное выражение уравнения (14), при этом значения  $Fo = 0,1$  остается неизменным. Данную операцию повторяем 10 раз. Полученные результаты в ходе расчетов представлены в таблице 1.

Для подтверждения достоверности проведенных расчетов произведем расчет распределения температурных полей по уравнению (14), при условиях, что  $T_0(\xi) = 20^0$ С принимаем неизменной, а  $Fo$  изменяется от 0,1 до 1. Результаты расчетом представлены в таблице 1.

Для оценки значимости второй части уравнения (14), проведем серию расчетов по уравнению:

$$t(x, \tau) = t_n - (t_n - t_0) \cdot \left( \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)} \sin \left[ \frac{\pi}{2} (2n-1) \bar{x} \right] \cdot \exp \left[ -\frac{\pi^2}{4} (2n-1)^2 Fo \right] \right) \quad (16)$$

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчетные значения температуры в различных точках материала по трем способам расчета

Координата L\Варианты расчета	1 этап расчета			2 этап расчета			3 этап расчета			4 этап расчета			5 этап расчета		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00
0,01	465,25	465,25	458,34	533,91	533,91	529,03	572,08	572,08	568,32	600,25	600,25	597,32	622,09	622,08	619,79
0,02	272,58	272,58	260,01	386,09	386,08	376,85	456,90	456,90	449,75	510,29	510,29	504,71	551,80	551,80	547,44
0,03	143,39	143,39	127,02	271,34	271,33	258,72	365,77	365,77	355,94	438,93	438,93	431,25	496,03	496,02	490,02
0,04	75,03	75,03	56,65	199,31	199,30	184,57	307,44	307,44	295,89	393,13	393,13	384,10	460,22	460,21	453,16
0,05	54,47	54,47	35,49	174,84	174,83	159,38	287,38	287,37	275,24	377,36	377,35	367,86	447,88	447,87	440,46
Координата L\Варианты расчета	6 этап расчета			7 этап расчета			8 этап расчета			9 этап расчета			10 этап расчета		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00
0,01	639,12	639,12	637,33	652,44	652,43	651,04	662,84	662,84	661,74	670,96	670,96	670,11	677,31	677,31	676,64
0,02	584,21	584,20	580,80	609,53	609,52	606,86	629,31	629,31	627,23	644,77	644,77	643,14	656,84	656,84	655,57
0,03	540,63	540,62	535,93	575,48	575,47	571,81	602,70	602,70	599,84	623,98	623,98	621,74	640,60	640,60	638,85
0,04	512,65	512,64	507,13	553,61	553,61	549,30	585,62	585,62	582,25	610,63	610,63	608,00	630,17	630,17	628,12
0,05	503,00	503,00	497,20	546,08	546,07	541,55	579,74	579,73	576,19	606,03	606,03	603,26	626,58	626,58	624,42

Полученные результаты показывают, что уравнение (14) достаточно точно позволяет рассчитать распределение температурных полей в сырьевой смеси. Второй способ расчета допустим лишь в случае, когда температура на поверхности сырьевой смеси не изменится, в противном случае при расчете будет возникать погрешность. Третий способ расчета в области малых значений числа Фурье достаточно сильно отличается от первого и второго, и допустим только при больших значениях числа Фурье.

Гипотеза, которая предполагает, что показатели температуры при термической обработке сырьевой смеси для производства пеностекла ориентированы от приповерхностных слоев сырьевой смеси к центру засыпки, тем самым активация реакции термического разложения газообразователя будет протекать аналогично, что может повлечь неравномерную поризацию материала. Моделирование распределения температурных полей на границах контакта металлической формы для вспенивания и сырьевой смеси для производства пеностекла позволяет спрогнозировать дальнейший ход изменения температуры в сырьевой смеси, что является ключевым фактором при формировании равномерно поризованного конечного продукта.

Дальнейшее развитие математической модели обусловлено введением параметров позволяющих учитывать изменение физических параметров сырьевой смеси таких как плотность, теплоемкость, теплопроводность в зависимости от температуры. А так же проведение расчетов при циклически изменяющейся температуре нагрева, что позволит произвести расчет времени необходимой для выравнивания температуры в центре материала и оптимизировать технологический процесс вспенивания сырьевой смеси применяемой для изготовления пеностекла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Fedosov S.V., Bakanov M.O., Nikishov S.N.* Study and simulation of heat transfer processes during foam glass high temperature processing / International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Т. 14. № 3. С. 153-160.
2. *Fedosov S.V., Bakanov M.O., Nikishov S.N.* Kinetics of structural transformations at pores formation during high-temperature treatment of foam glass / International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Т. 14. № 2. С. 158-168.
3. *Fedosov S.V., Bakanov M.O., Nikishov S.N.* Kinetics of Cellular Structure Formation at Thermal Treatment Processes Simulation in the Cellular Glass Technology / Materials Science Forum Submitted. 2018. Vol. 931, P. 628-633.
4. *Семейных Н.С., Сопегин Г.В.* Анализ использования различных сырьевых компонентов в производстве гранулированного пеностекла // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8. № 1. С. 60-74.
5. *Городов Р.В., Кузьмин А.В.* Математические модели нагрева шихты в процессе производства пеностекла // Высокие технологии, фундаментальные исследования, образование: материалы докладов VII Международной науч.-практ. конф. С.-Пб., 2009. С. 321-322.
6. *Дёмин А.М.* Математическое моделирование подогрева сырца в процессе производства пеностекла // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 1 (36). С. 166-172.
7. *Федосов С.В., Баканов М.О., Волков А.В., Сокольский А.И., Щепочкина Ю.А.* Математическая модель динамики процесса порообразования при термической обработке пеностекольной шихты // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. Вып. 3. С. 73- 79.
8. *Федосов С.В., Федосова Н.Л., Никишов С.Н., Баканов М.О.* Подходы к моделированию процессов термической обработки пеностекольной шихты. постановка задачи // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений Сборник научных трудов. 2015. С. 11-21.
9. *Федосов С.В., Баканов М.О., Никишов С.Н.* Вариативность подходов к математическому моделированию процессов термической обработки пеностекольной шихты // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова . 2017. № 11. С. 110-116.
10. *Fedosov S.V., Bakanov M.O.* Modelling of temperature field distribution of the foam glass batch in terms of thermal treatment of foam glass // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2017. Т. 13. № 3. С. 112-118.

11. *Лыков А.В., Михайлов Ю.А.* Теория тепло- и массопереноса. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 536 с.

12. *Федосов С.В.* Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии. – Иваново: ПрессСто, 2010. – 364 с

13. *Диткин В.А., Прудников А.П.* Операционное исчисление. – М.: Высшая школа, 1975. – 407 с.

УДК 614.895.5

*В. А. Борисова, И. А. Зелинская, Г. К. Ивахнюк*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

## **МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИАРАМИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Исследованы свойства и характеристики полиарамидных волокон, модифицированных различного рода композициями, в структуру которых были депонированы углеродные наноструктуры. Улучшенные показатели термостойкости модифицированных волокон полиарамидов позволяют говорить о целесообразности их применения при ремонте и эксплуатации транспортных средств.

**Ключевые слова:** кевлар, наноструктуры, астралены, углерон, одностенные углеродные нанотрубки, этанол, эпоксидный композит, горение углеводородов, термическая стойкость.

*V. A. Borisova, I. A. Zelinskaya, G. K. Ivakhniuk*

## **MODIFICATION OF POLYARAMIDE MATERIALS BY CARBON- NANOSTRUCTURES TO REDUCE THE FIRE DANGER IN VEHICLE REPAIR AND OPERATION**

The properties and characteristics of polyaramide fibers modified by various kinds of compositions studied in the article. Polyaramide fibers contained carbon nanostructures. Improved indicators of heat resistance of modified polyaramide fibers allow us to speak about their appropriate use in vehicle repair and operation..

**Keywords:** kevlar, nanostructures, astralen, carbon, single-walled carbon nanotubes, ethanol, epoxy composite, hydrocarbon combustion, thermal stability.

Одними из самых пожароопасных технологических процессов в настоящее время являются процессы производства, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта корпусов транспортных средств. В самолетостроении, в строительстве корабельных судов и в космических технологиях, а также при

изготовлении сверхпрочных и легких тросов и канатов, оплетки кабелей, изоляции электродвигателей применяются различные полимерные материалы, в том числе и полиарамидные волокна. Обусловлено это во многом их отличными термическими и механическими характеристиками.

Так, например, при температурах до  $\sim 160^{\circ}\text{C}$  прочность волокон полиарамидов меняется на  $\sim 3\text{--}4\%$ . При повышении температуры до  $\sim 180^{\circ}\text{C}$ , изменения прочности составляет  $\sim 25\%$ , а при воздействии температуры  $\sim 200^{\circ}\text{C}$  прочность уменьшится почти в 3 раза. При температуре  $\sim 250^{\circ}\text{C}$  волокно начнет терять свою прочность со скоростью в 5 раз быстрее, чем при  $\sim 200^{\circ}\text{C}$ .

Воздействие воды и водяного пара негативно влияет на прочность полиарамидных волокон. Согласно [1], при значении рН =  $\sim 3\text{--}6$  процент остаточной прочности при разрушении проходит через максимум, в области нейтральной воды при рН от 4 до 8 остаточная прочность  $\geq 80\%$ .

Эти факты наглядно демонстрируют, что полиарамидные материалы подвержены разрушению под влиянием ряда факторов. Поэтому для предотвращения повреждения корпусов транспортных средств применяется модификация волокон полиарамидов углеродными наноструктурами.

В качестве метода совершенствования материалов корпусов транспортных средств был предложен и проанализирован вариант модификации полиарамидного материала (кевлара) путем введения в структуру образцов углеродных наноструктур (УНС) – «TUBALL Nanotubes» [2], астралены [3], углерон [4] и их смеси.

Объектом проведенного исследования выступили полиарамидные нити, модифицированные спиртовыми суспензиями с содержанием УНС и наполненными наночастицами углерода эпоксидными композициями. Подготовка модифицирующих растворов с добавлением УНС проводилась при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  путем ультразвукового диспергирования (УЗД) наночастиц в этаноле/в объеме низкомолекулярного отвердителя при воздействии источника ультразвука. В результате был получен ряд модифицирующих веществ.

Характеристики модифицированных волокон полиарамидов были исследованы с использованием метода дифференциально-термического анализа (ДТА) согласно методике [5].

В интервале температур  $150\text{--}350^{\circ}\text{C}$  наибольший тепловой эффект наблюдается для контрольного образца необработанного кевлара (рисунок 1).



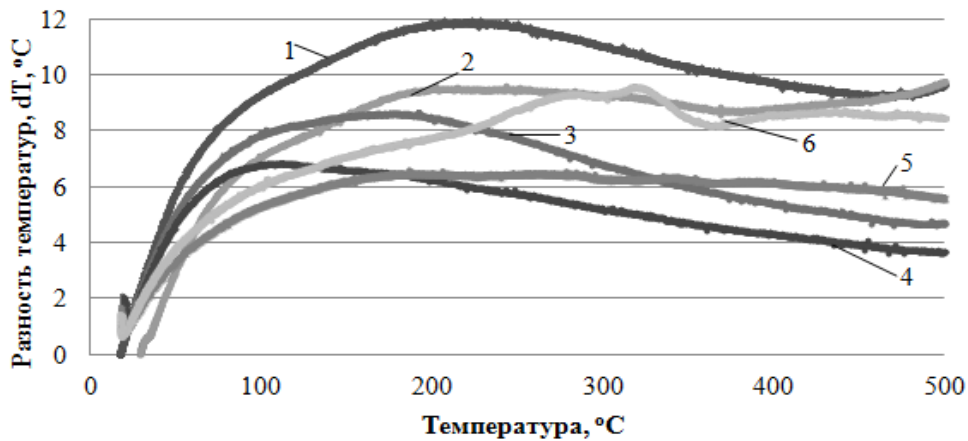


Рисунок 1 – Результаты ДТА нитей кевлара: 1 - немодифицированный кевлар, 2 – кевлар, модифицированный смесью астрален/углерон, 3 – Кевлар, модифицированный углероном, 4 – Кевлар, модифицированный астраленом, 5 – Кевлар, модифицированный нанокompозитом «ЭпоксипАН» с добавлением УНТ, 6 - Кевлар, модифицированный нанокompозитом «ЭпоксипАН» с добавлением астралена

Температура термической деструкции контрольного образца кевларового волокна и модифицированного спиртовой суспензией «астрален/углерон» составляет порядка 470°C. Для образцов, подвергшихся модификации спиртовой суспензией с астраленами и суспензией с углероном, резкого изменения температуры не наблюдается вплоть до 500°C, что свидетельствует о более высокой термической стойкости данного образца.

Для образца кевлара, обработанного составом «ЭпоксипАН» с добавлением астраленов, отражено увеличение температуры начала термической деструкции и температуры воспламенения порядка 100°C.

Кроме того, стоит отметить, что спектр комбинационного рассеяния кевлара (рисунок 2), модифицируемого смесью нанокompозита «ЭпоксипАН» с астраленом, имеет отличительные от контрольного образца черты.

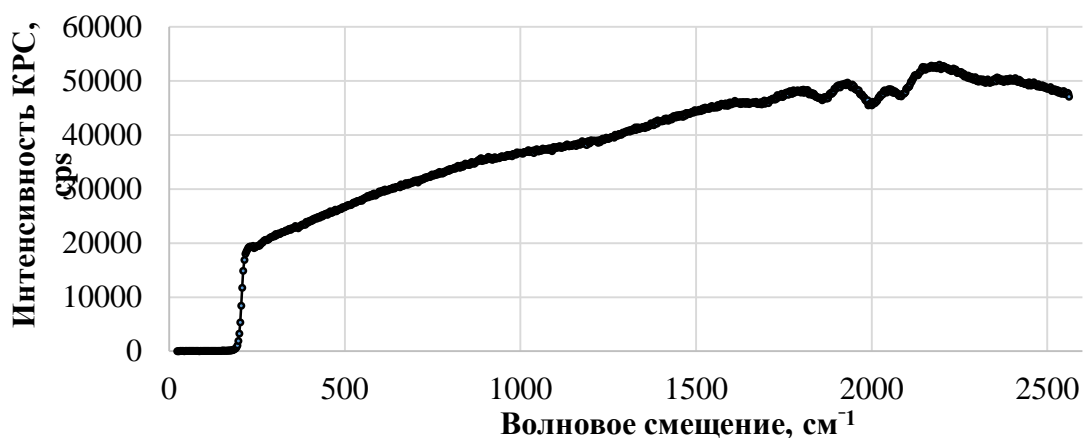


Рисунок 2 – Рамановский спектр исследуемого образца (кевлара, модифицируемого смесью нанокompозита «ЭпоксипАН» с астраленом).

На графике наблюдаются пики в местах со значениями волнового смещения  $\sim 1400 \text{ см}^{-1}$  и  $\sim 1600 \text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует о присутствии в структуре D-полосы углеродных материалов, то есть наличии в структуре кевлара наночастиц. При обработке волокна наноккомпозитом с депонированным в его структуру астраленом наблюдается максимальное значение интенсивности отраженного монохроматического света, равное 52360 единицам. Этот показатель превышает аналогичные значения для немодифицированного волокна в десятки раз.

В результате исследований было установлено, что модифицированные нити обладают повышенной прочностью, имеют пониженный показатель горючести. Модифицирование полиарамидов позволит улучшить показатели термостойкости, прочности и надежности транспортных средств в условиях чрезвычайных ситуациях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иоффе Алексей, Волокно Кевлар* фирмы Дюпон. Часть 2. Термические свойства и устойчивость к воздействию внешних факторов, Издательский Дом Пластмассы (Москва), жур-л Пластические массы, №4, стр.6
2. Одностенные углеродные нанотрубки – OCSiAl. URL: [www.ocsial.com/ru/material-solutions/tuball](http://www.ocsial.com/ru/material-solutions/tuball) – (дата обращения – 09.04.2019).
3. *Ponomarevh A.N., Shamesa A.I.* (February–March 2009). “Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles”, *Diamond and Related Materials*, 18: 505–510.
4. *Пономарев А. Н., Юдович М. Е., Козеев А. А.* «Сульфoadдукт нанокластеров углерода и способ его получения», Заявка на изобретение РФ № RU 2010105074/20(007140), приоритет от 08.02 2010 г.
5. ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа.

УДК 004.89; 004.942

*В. Б. Бубнов, Н. Н. Елин, И. В. Хазова, Ю. А. Коротин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДОВ В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ**

Рассмотрены особенности процессов теплопереноса в противопожарных водопроводах наружной прокладки, работающих в условиях низких температур окружающей среды. С использованием разработанной математической модели проведены исследования динамики процессов замерзания воды в трубопроводе с остановленной прокачкой при возникновении аварийной ситуации. Анализ результатов исследований позволяет оценить ресурс времени для выполнения ремонтных работ.

**Ключевые слова:** противопожарный водопровод, математическая модель, ячеечная модель, теплопроводность, тепловая изоляция, аварийная ситуация.

*V. B. Bubnov, N. N. Yelin, I. V. Khazova, A. Y. Korotin*

## **INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF THE THERMAL STATE OF FIRE-FIGHTING WATER PIPES IN EMERGENCY MODE**

The features of heat transfer processes in fire-fighting water pipes of the outer lining operating at low ambient temperatures are considered. Using the developed mathematical model, studies of the dynamics of water freezing processes in the pipeline with stopped pumping in the event of an emergency are carried out. Analysis of the research results allows to estimate the resource time to perform repairs.

**Keywords:** fire water supply, mathematical model, cell model, thermal conductivity, thermal insulation, emergency.

Основами [1] определены главные цели государственной политики Российской Федерации в Арктике, в том числе в сфере науки и технологий-обеспечение достаточного уровня фундаментальных и прикладных научных исследований по накоплению знаний и созданию современных научных и геоинформационных основ управления арктическими территориями, включая разработку средств для решения задач обороны и безопасности, а также надежного функционирования систем жизнеобеспечения и производственной деятельности в природно-климатических условиях Арктики.

Трубопроводы наружной прокладки для транспортировки воды, в том числе на нужды пожаротушения, в условиях Арктики работают в напряженных термических условиях. При аварийной остановке подачи жидкости возможно промерзание тепловой изоляции трубопровода, а затем – замерзание

находящейся в нем неподвижной воды. При этом важно знать, каким ресурсом времени располагают ремонтные бригады до ее частичного или полного замерзания и какими мерами можно увеличить располагаемый период времени.

Необходимость повышения достоверности проектирования трубопроводов в системах наружного противопожарного водоснабжения, работающих при низких температурах, а также прогнозирования тепловых характеристик при аварийных ситуациях, определила круг вопросов, которые сводятся к исследованию теплового состояния поперечного сечения трубопровода с учетом фазовых переходов (промерзания или оттаивания) в тепловой изоляции и в жидкости и работы тепловыделяющих элементов. Разработка таких моделей, методик расчета и проведение на их основе исследований динамики теплового состояния в аварийном режиме являются актуальными задачами.

Расчетная схема поперечного сечения исследуемого трубопровода показана на рисунке 1. Для возможности рассмотрения трубопровода как условного разделителя жидкости и тепловой изоляции, либо жидкости и окружающей среды при отсутствии теплоизоляции, толщина стенки трубопровода и ее термическое сопротивление принимаем достаточно малыми. Следовательно, в рассматриваемой схеме сечение трубопровода состоит из внутреннего круга и кольца определенного размера, охватывающего его.

Если в изоляции содержится влага, то при отрицательных температурах происходит ее промерзание, продвигающееся к оси трубопровода. Это обстоятельство, в свою очередь, приводит к изменению теплофизических свойств (теплопроводности, удельной теплоемкости, плотности). Таким образом кольцо теплоизоляции состоит из двух колец. Радиус контакта между этими кольцами будет изменяться в случае переходных процессов. Если начинается замерзание жидкости в трубопроводе, то также, на периферии образуется кольцо из льда. Оно будет отличаться от воды по своим теплофизическим свойствам.

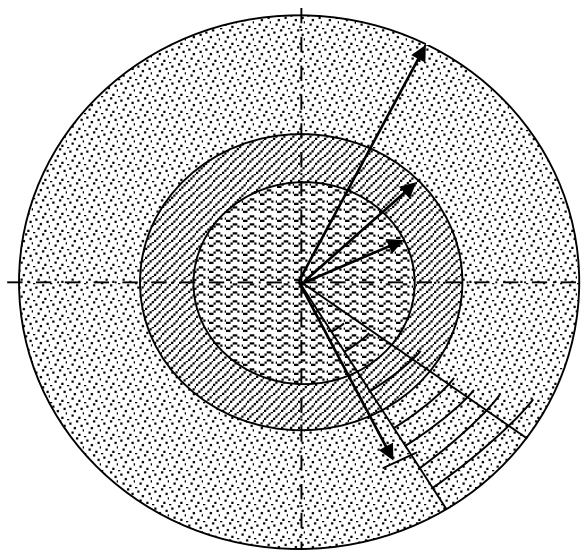


Рисунок 1 – Расчетная схема поперечного сечения исследуемого трубопровода

Отмеченные особенности исследуемых процессов теплопереноса учтены и проиллюстрированы разработанной ячеечной моделью [2].

Исследуем процесс замерзания воды в трубопроводе с остановленной прокачкой воды при возникновении аварийной ситуации. При отрицательной температуре окружающей среды и отсутствии внешнего обогрева вся вода в трубопроводе замерзнет. При этом необходимо знать кинетику этого процесса, чтобы оценить время, располагаемое для выполнения ремонтных работ.

На рисунках 2 и 3 проиллюстрировано продвижения фронта промерзания влаги для трех случаев состояния тепловой изоляции. Продвижение фронта замерзания внутри трубы показано на рисунке 2. Замерзание воды начинается через 3,5 часа при сухой изоляции, через 2 часа при полностью промерзшей изоляции, через 3 часа при промерзающей изоляции. Линия продвижения фронта промерзания практически повторяет предыдущую с запаздыванием на 1 час (продолжительность замерзания влаги в теплоизоляции). Продолжительность задержки при этом зависит от содержания влаги в изоляции. В рассматриваемом случае она принималась равной 0,2 кг/кг.

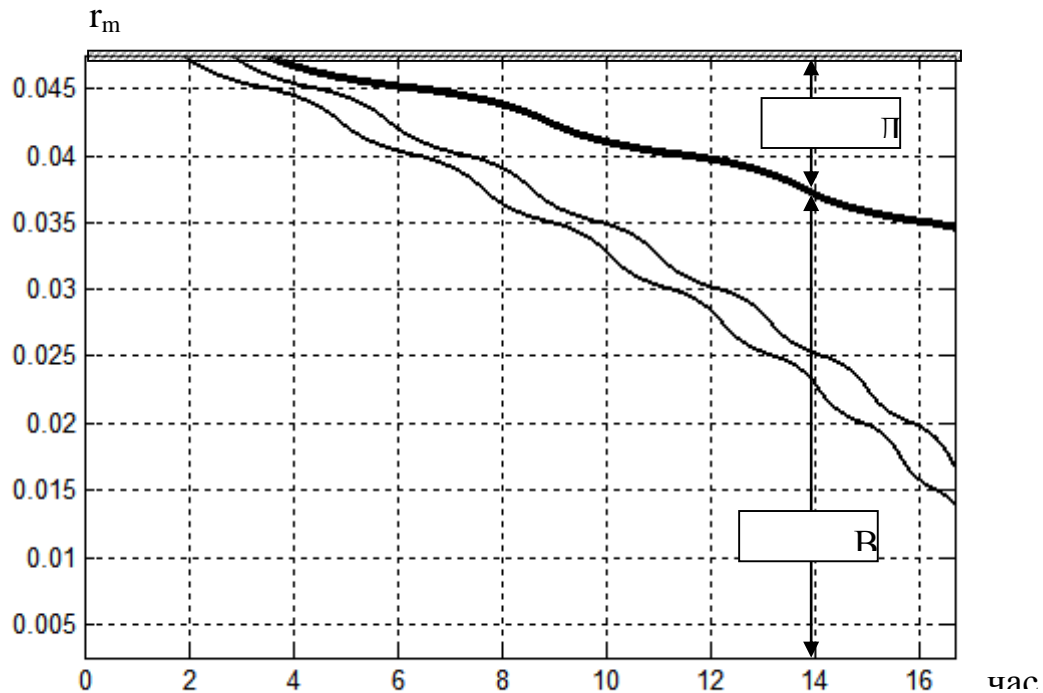


Рисунок 2 – Продвижение фронта замерзания воды в трубе при различных теплофизических свойствах теплоизоляции

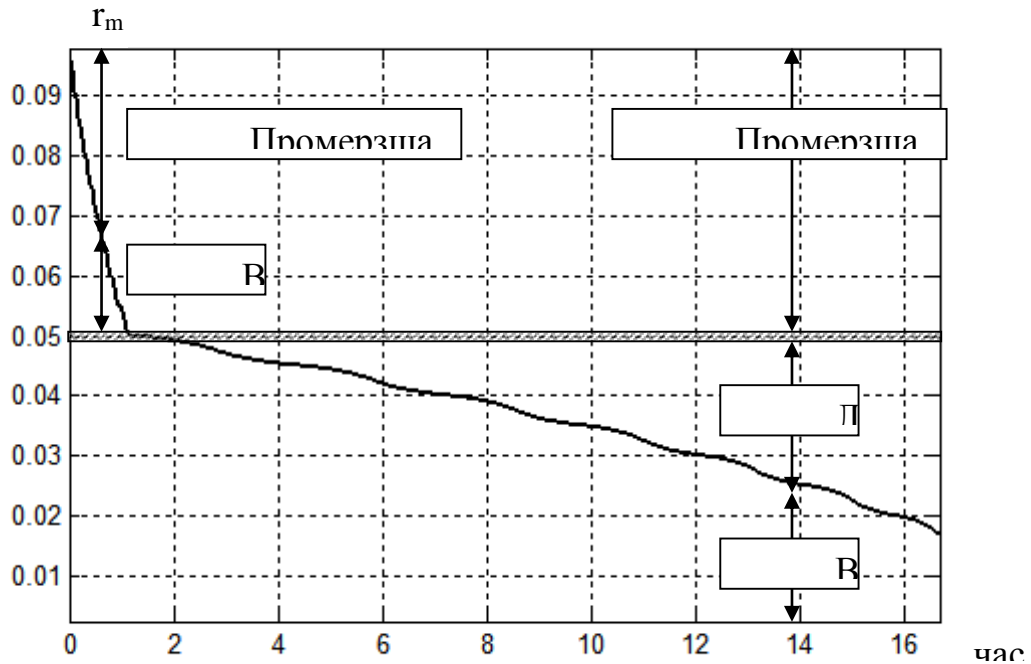


Рисунок 3 – Продвижение фронта промерзания в изоляции и трубе при влажной изоляции

На рисунке 3 показан график продвижения фронта промерзания как в трубе, так и в изоляции. Здесь наглядно видно, что продолжительность распространения фронта от внешнего радиуса изоляции до внутреннего составляет 1 час.

На рисунке 4 проиллюстрирован пример для случая изменяющейся температуры окружающего воздуха.

При линейном убывании температуры от  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  за 11 часов продвижение фронта промерзания значительно замедляется как в изоляции, так и в жидкости. При обратном скачке температуры до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  при времени 5,5 час график в этот момент времени отслаивается от базового и продвигается вглубь медленнее.

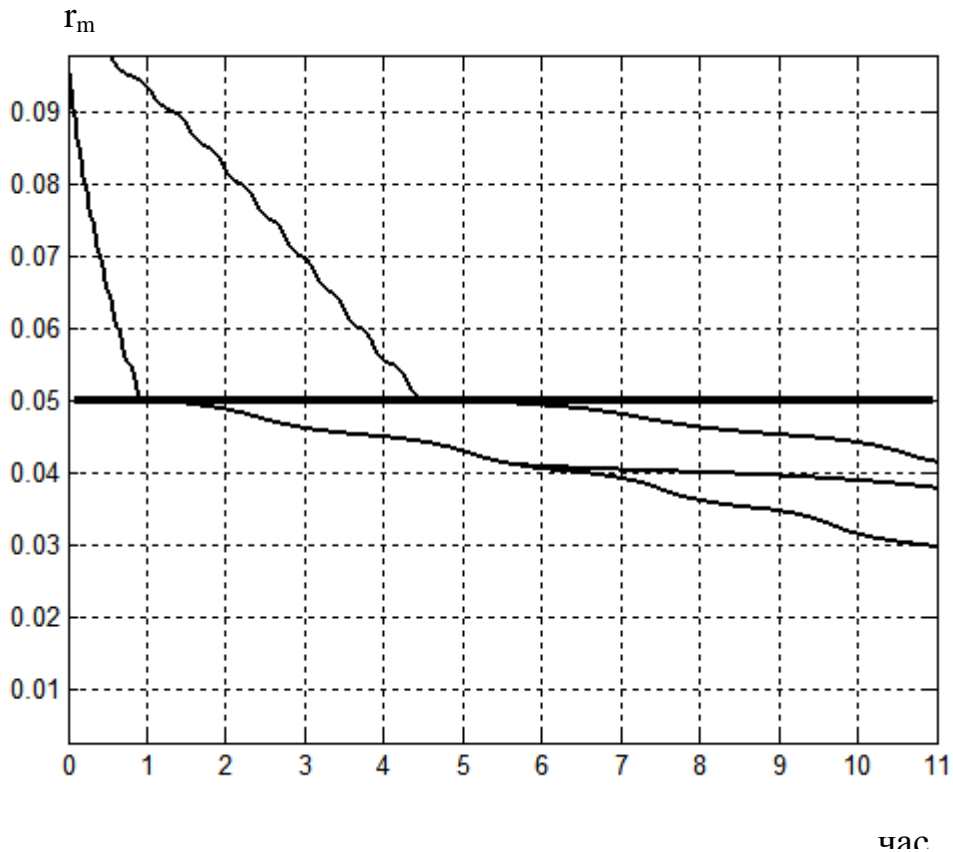
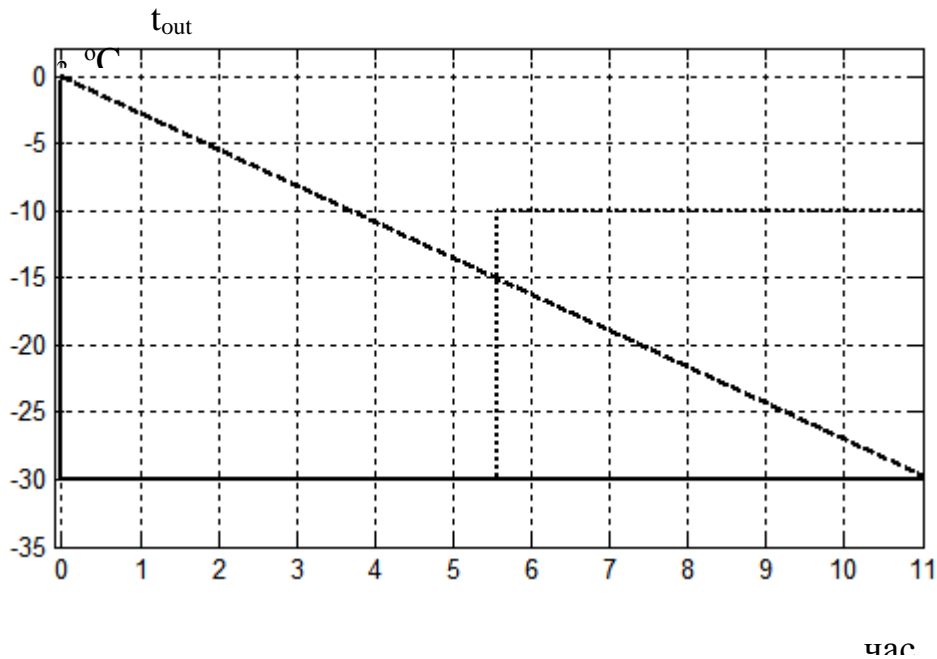


Рисунок 4 – Продвижение фронта промерзания (внизу) при различных графиках изменения температуры окружающей среды (вверху)

Влияние толщины изоляции на протекание процесса в сечении иллюстрирует рисунок 5. Полное замерзание жидкости в трубопроводе происходит примерно за 9 часов при толщине слоя тепловой изоляции 1 см. Если толщина слоя теплоизоляции в пять раз больше, то незамерзшим за это же время останется 78 % радиуса. Допустимым считается замерзание 25 % сечения

жидкости [3], что соответствует радиусу промерзания 86,6 % от внутреннего радиуса трубы. На рисунке эта предельная линия нанесена и показывает, какой временной ресурс есть при разной толщине изоляции.

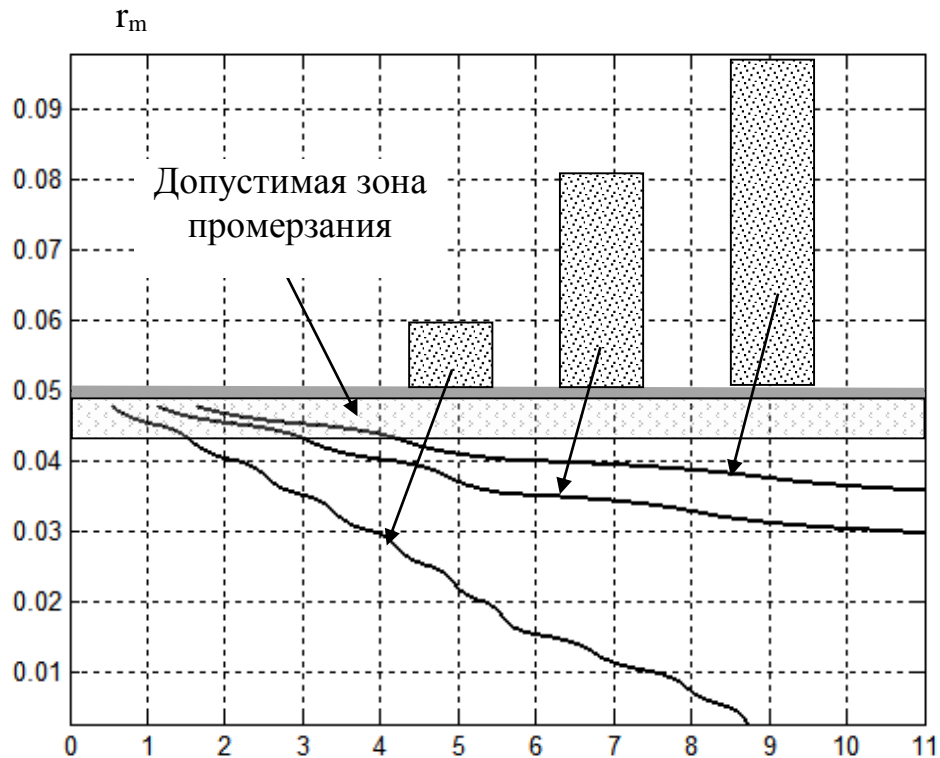


Рисунок 5 – Продвижение фронта промерзания при различной толщине полностью промерзшей изоляции

Результаты исследований показывают, что при снижении температуры окружающего воздуха влияние уменьшения теплопроводности теплоизоляции при ее промерзании преобладает над влиянием замедления остывания воды вследствие выделения теплоты фазового перехода. Процессы охлаждения и промерзания тепловой изоляции трубопровода вносят заметный вклад в тепловой баланс процесса, а учет их кинетики позволяет повысить точность теплового расчета.

Разработанная математическая модель процесса, методика расчета (алгоритм ее численной реализации) позволяют повысить точность расчетных прогнозов теплового состояния трубопроводов при низких температурах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утв. Президентом Российской Федерации 18.09.2008 № Пр-1969.

2. Елин Н.Н., Бубнов В.Б., Комельков В.А., Самойлов Д.Б. Использование электрообогрева для повышения надёжности эксплуатации противопожарных водопроводов в районах Крайнего Севера // Технологии техносферной



безопасности. – 2019.- Вып. 2 (84). — С. 108-118. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.108-118

3. Тепловая изоляция: справочник / под ред. Г. Ф. Кузнецова. 3-е изд. М.: Стройиздат, 1985. 440 с.

УДК 004.89; 004.942

*В. Б. Бубнов, И. М. Куликов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ДИНАМИКИ АВАРИЙНОГО ИСТЕЧЕНИЯ ГАЗОВ**

В работе рассмотрены и проанализированы основные недостатки существующих подходов к математическому описанию процессов аварийного истечения газов, приводящие к значительным ошибкам в расчетных прогнозах. Установлено, что при использовании модели идеального газа ошибка в определении массовой скорости истечения возрастает при увеличении давления и молекулярной массы газа и приводит к значительному завышению величины массового расхода.

**Ключевые слова:** аварийное опорожнение, истечение, идеальный газ, коэффициент сверхсжимаемости, молекулярная масса, математическая модель.

*V. B. Bubnov, I. M. Kulikov*

## **ANALYSIS OF APPROACHES TO PREDICTING THE DYNAMICS OF EMERGENCY GAS OUTFLOW**

The paper considers and analyzes the main shortcomings of existing approaches to the mathematical description of the processes of emergency gas outflow, leading to significant errors in the calculated forecasts. It is established that when using the ideal gas model, the error in determining the mass flow rate increases with increasing pressure and molecular weight of the gas and leads to a significant overestimation of the mass flow rate.

**Keywords:** emergency emptying, expiration, ideal gas, super-compressibility factor, molecular weight, mathematical model

К наиболее пожароопасным объектам газовой промышленности относятся технологические трубопроводы и сосуды, работающие под давлением. Поэтому правильное прогнозирование динамики их аварийного опорожнения является актуальной научной и практической задачей.

Анализ существующих методов расчета процессов истечения показывает, что в большинстве случаев в них используется модель идеального газа, которая может обеспечить приемлемые результаты при небольших давлениях. В газовой промышленности давления на устьях добывающих скважин, в системах закачки газа в пласт при организации сайклинг-процесса и в некоторых других случаях,

могут превышать 100...150 ата. При таких давлениях свойства углеводородных газов значительно отличаются от свойств идеального газа.

Как известно, практически весь процесс аварийного опорожнения емкости, заполненной газом под большим давлением, происходит при критическом режиме истечения. Для расчета коэффициента сверхсжимаемости используем кубическое уравнение состояния Редлиха-Квонга [2].

На рисунке 1 представлены результаты расчета зависимости коэффициента сверхсжимаемости  $z$  при температуре 17 °С от давления для трех значений молекулярной массы газа  $\mu$ : 16 (метан), 20 и 25. Как и следовало ожидать, отклонение свойств реального газа от идеального увеличивается при увеличении давления и молекулярной массы газа, что проявляется в уменьшении величины  $z$ . Однако на всех трех кривых  $z(p)$  наблюдается минимум, который при увеличении молекулярной массы смещается в область меньших давлений.

Результаты расчетов величины массовой скорости, выполненные с учетом сверхсжимаемости газа, сравнивались с результатами, полученными при использовании допущения об идеальности газа для тех же величин давления и молекулярной массы. Во всем диапазоне исследуемых параметров массовая скорость истечения идеального газа оказалась больше, чем реального.

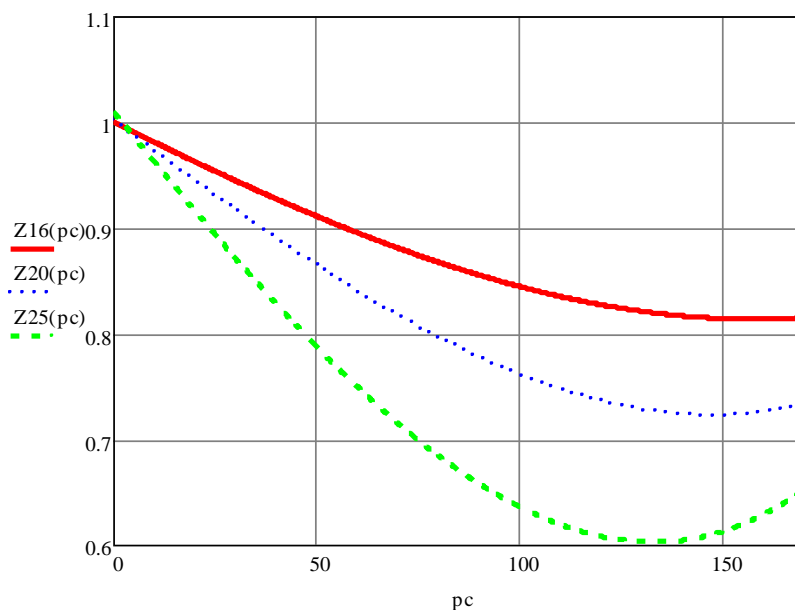


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента сверхсжимаемости газа при температуре 17 °С от давления:  
1-  $\mu = 16$ ; 2 – 20; 3 – 25

На рисунке 2 представлена зависимость разницы величин массовой скорости, рассчитанной для идеального и реального газа, от величины давления при тех же значениях молекулярной массы:

$$\delta_{\mu}(p) = \frac{(\rho w)_i - (\rho w)_r}{(\rho w)_i} \cdot 100, \%$$

где  $\rho w$  – массовая скорость,  $\delta_{\mu}$  – расхождение величин массовой скорости, рассчитанной для идеального и реального газа с молекулярной массой  $\mu$ , индекс  $i$  относится к идеальному газу, а  $r$  – к реальному.

Результаты показывают, что ошибка в определении массовой скорости истечения, обусловленная использованием модели идеального газа, увеличивается при увеличении давления и молекулярной массы газа и может привести к завышению величины массового расхода до 35%.

Это свидетельствует о том, что чем больше отклонение свойств реального газа от идеального (чем меньше величина  $z$ ), тем больше ошибка в расчетах.

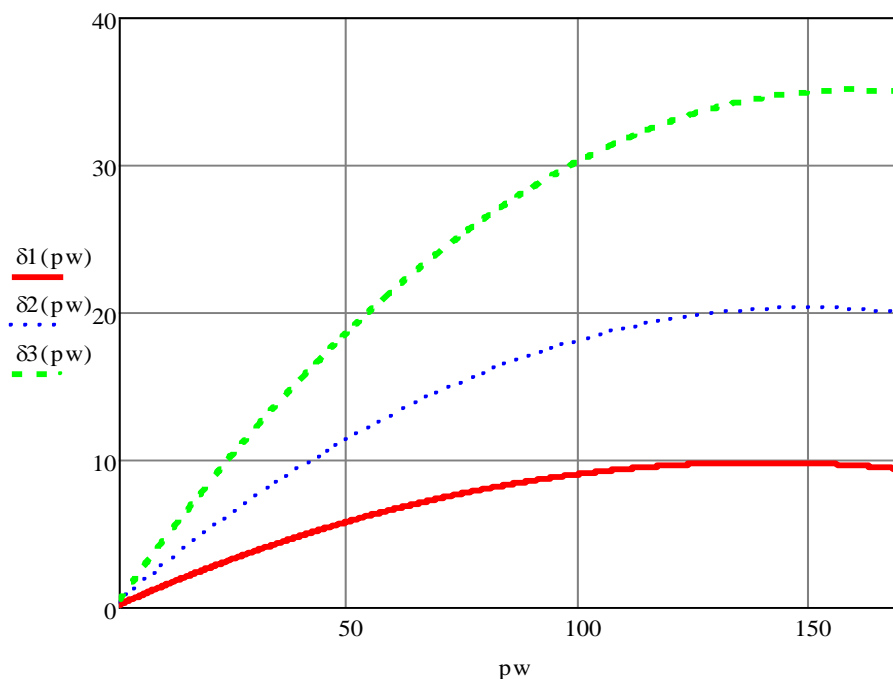


Рисунок 2 – Зависимость величины ошибки от использования модели идеального газа при температуре 17 °С от давления:

1- $\mu = 16$ ; 2 – 20; 3 – 25

Таким образом, процесс аварийного опорожнения емкости, содержащей углеводородный газ под давлением, представляет собой сложный нестационарный процесс с непрерывно изменяющимся давлением, температурой, и, следовательно, коэффициентом сверхсжимаемости, что не учитывают существующие методики [1]. Задачи аварийного истечения газа рассматриваются во многих работах, но расчетные прогнозы часто не совпадают с практикой. Основной причиной этого являются допущения об изотермичности истечения и об идеальности газа, которые далеко не всегда соответствуют действительности, так как при этом игнорируется изменение в процессе истечения некоторых важных параметров газа – теплоемкости и показателя

адиабаты. Кроме того, не учитывается изменение давления вблизи отверстия порыва вследствие движения к нему газа, и температуры при расширении газа, обусловленное его неидеальностью. Учет сверхсжимаемости газа при больших давлениях может привести к увеличению расчетного расхода утечки более чем на 25 %. Однако коэффициент сверхсжимаемости как правило задается в исходных данных и принимается постоянным в течение всего процесса. На самом деле коэффициент сверхсжимаемости зависит от давления и температуры газа, которые могут сильно изменяться в процессе опорожнения аварийного участка, а также от компонентного состава газа.

Важными задачами в исследуемой области являются создание математической модели сложного нестационарного процесса истечения при минимуме принятых допущений, использование современных программных средств для разработки программно-аппаратных комплексов для удобного проведения численных экспериментов с их помощью.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 10.06.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
2. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Л.: Химия. Ленинградское отд., 1982. 592 с.

УДК 614.842.628+ 54.057

**В. Б. Бубнов, В. И. Шамин, С. А. Силов**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРОВ АКРИЛАМИДА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ГИДРОПОТЕРЬ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

В работе рассмотрены результаты экспериментальных исследований кинетики получения полимеров на основе акриламида. Их обработка позволила получить эмпирические зависимости к математической модели для полиакриламида и двух видов сополимеров акриламида. Представлены результаты экспериментальных и численных исследований по влиянию вида полимерной добавки, способа организации дозирования в поток воды при ее транспортировке в системах водяного пожаротушения на величину гидравлических потерь и характеристики насосов.

**Ключевые слова:** противопожарное водоснабжение, трубопровод, насос, полиакриламида, сополимер акриламида, огнетушащая жидкость.

*V. B. Bubnov, V. I. Shamin, S. A. Silov*

## **INVESTIGATION OF THE CONDITIONS FOR THE USE OF ACRYLAMIDE POLYMERS TO REDUCE HYDRAULIC LOSSES IN WATER FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS**

The paper considers the results of experimental studies of the kinetics of polymers based on acrylamide. Their processing allowed to obtain empirical dependences to the mathematical model for polyacrylamide and two types of acrylamide copolymers. The results of experimental and numerical studies on the influence of the type of polymer additive, the method of organization of dosing into the water stream during its transportation in water fire extinguishing systems on the value of hydraulic losses and pump characteristics are presented.

**Keywords:** fire water supply, pipeline, pump, polyacrylamide, acrylamide copolymer, fire extinguishing liquid.

Эффективным способом снижения гидравлических потерь и энергетических затрат при транспортировке воды в системах водяного пожаротушения является добавка в воду полимеров и сополимеров на основе акриламида [1, 2].

При исследовании эффективности использования водорастворимых полимеров при транспортировке огнетушащей жидкости на пожаротушение возникают следующие задачи:

1. Получение новых видов полимеров и выбор полимерных материалов, которые будут оказывать наиболее эффективное действие на снижение величины гидрпотерь при эксплуатации насосно-рукавных систем, трубопроводных систем наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, трубопроводов спринклерных и дренчерных установок водяного пожаротушения.
2. Изучение, каким набором свойств обладает используемый полимер, что в свою очередь зависит от технологии и условий его получения, а также какова должна быть концентрация полимерной добавки.
3. Проведение исследований, каким образом осуществлять введение в поток воды при ее транспортировке полимерной добавки для конкретной используемой системы противопожарного водоснабжения, в частности перед насосом или после.

В работе исследовалось применение в системах пожаротушения полиакриламида, синтезированного с использованием акриламидной массы, представляющей собой водный раствор с содержанием 37,2 % акриламида. При получении полимера реакция инициировалась окислительно-восстановительной системой: персульфат калия-тиосульфат натрия.

Также исследовались сополимеры акриламида в системе: акриловая кислота (АК), акриламидная масса (АА) и акрилонитрил (АН). При их получении было апробировано семь окислительно-восстановительных систем

инициирования. Рассмотрение различных вариантов инициирующих систем привело к выводу, что оптимальной является система: персульфат калия - гидросульфит натрия.

В ходе проведения экспериментальных исследований получены зависимости вязкости 0,5 %- ного водного раствора реакционной массы от температуры сополимеризации, начальных концентраций компонентов инициирующей системы и времени процесса.

На рисунке 1 показано изменение вязкости 0,5 %- ного водного раствора реакционной массы во времени процесса при различных концентрациях инициатора персульфата калия (кривые 1 ÷ 3). При этом концентрация гидросульфита натрия составляла  $5,8 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Температура процесса  $40^{\circ}\text{C}$ . Из графиков следует, что повышение концентрации персульфата калия приводит к возрастанию вязкости.

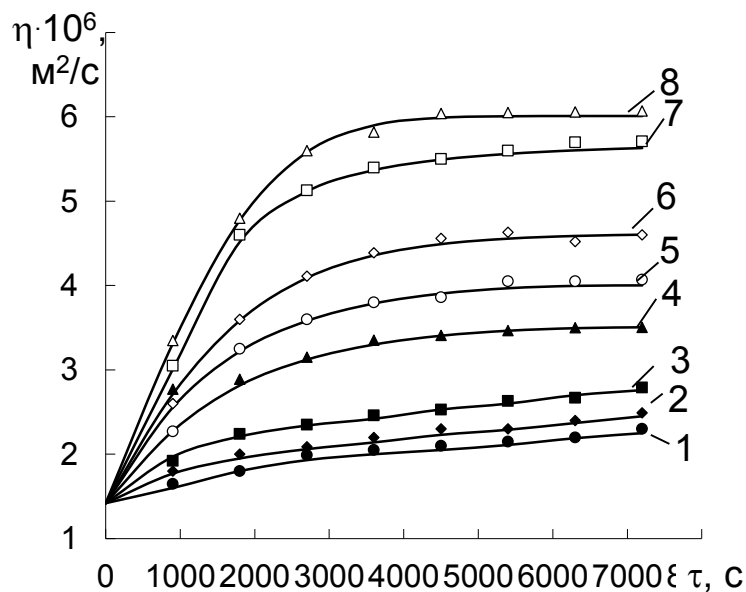


Рисунок 1 – Зависимость вязкости 0,5 %-ного раствора реакционной массы от времени процесса полимеризации АК : АА : АН= 25 : 45 : 30 масс.%.  
Концентрация ГСН:  $5,8 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Температура процесса:  $40^{\circ}\text{C}$ .

Концентрация ПСК: 1-  $2,2 \cdot 10^{-3}$  моль/л; 2-  $3,3 \cdot 10^{-3}$  моль/л; 3-  $5,5 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

Концентрация ПСК:  $4,4 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Концентрация ГСН:  $8,7 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

Температура процесса: 4-  $25^{\circ}\text{C}$ ; 5-  $30^{\circ}\text{C}$ ; 6-  $35^{\circ}\text{C}$ ; 7-  $45^{\circ}\text{C}$ ; 8-  $50^{\circ}\text{C}$ .

Обработка экспериментальных данных по кинетике сополимеризации позволила получить эмпирические зависимости к математической модели для полиакриламида и двух видов сополимеров акриламида. Разработанная математическая модель легла в основу созданного программно-аппаратного комплекса для проведения численных исследований по влиянию вида, концентрации, способа организации дозирования в поток воды, а также конструктивных параметров трубопроводной (рукавной) линии на величину гидравлических потерь [3], [4].

На рисунке 2 представлены характеристики системы при добавках в поток транспортируемой воды полиакриламида и двух видов сополимеров акриламида в количестве 0,02 %.

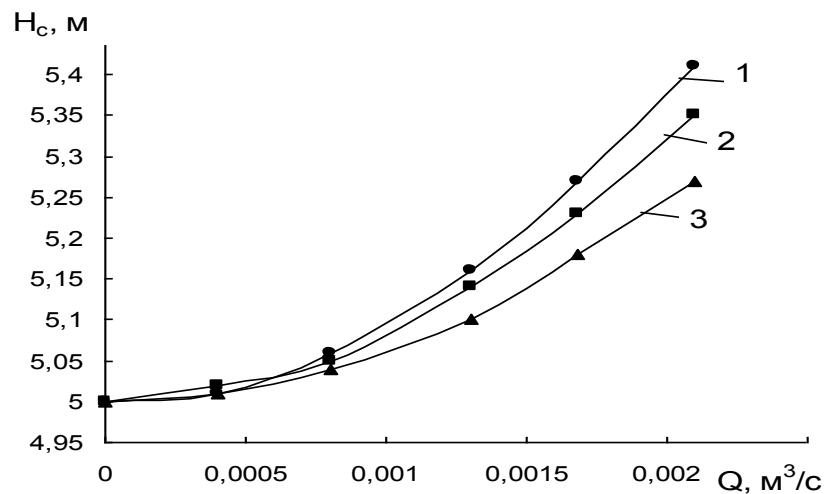


Рисунок 2 – Характеристики исследуемой системы:  
 1 – вода с добавкой полиакриламида;  
 2 – вода с добавкой сополимера акриламида типа 1;  
 3 – вода с добавкой сополимера акриламида типа 2

Автоматическое введение в поток воды растворов полимеров может быть осуществлено с помощью специальных дозирующих устройств, применяемых в установках водопенного тушения пожаров.

На рисунке 3 представлены характеристики системы в случае транспортировки воды и в случае добавки в поток полиакриламида в количестве 0,02 % при его дозировании перед насосом и после него. Исследования показали, что введение добавок полимера перед насосом позволяет снизить гидравлические потери в трубах до 50 %, а при дозировании после насоса – до 70 %, что объясняется его деструкцией при прохождении раствора через насос.

Работа насоса при перекачке такой жидкости, в зависимости от вида полимера и его концентрации, может сопровождаться в ряде случаев ухудшением его рабочих характеристик. В теории гидромашин и компрессоров разработаны методы пересчета рабочих характеристик центробежных насосов для перекачки более вязких жидкостей.

Эти методы основаны на обобщении результатов практических испытаний насосов на жидкостях различной вязкости и определения поправочных коэффициентов к величинам напора  $H$ , подачи  $Q$  и КПД в зависимости от числа Рейнольдса  $Re$ .

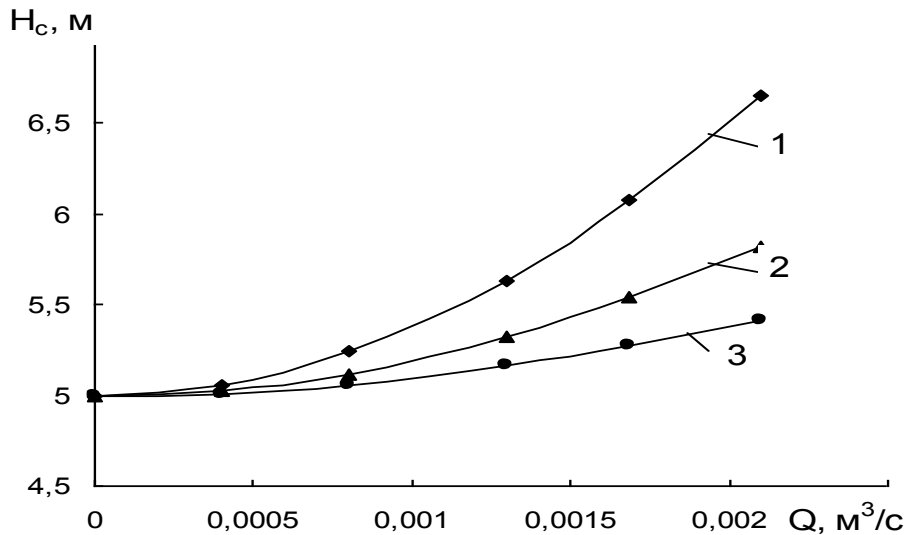


Рисунок 3 – Характеристики исследуемой системы:

- 1 – транспортировка по сети воды;
- 2 – вода с добавкой полиакриламида при его дозировании перед насосом;
- 3 – вода с добавкой полиакриламида при его дозировании после насоса

В теории центробежных насосов применяются различные формы записи числа Рейнольдса. В данном случае используется следующий безразмерный комплекс:

$$Re = \frac{\sqrt[3]{n \cdot Q^2}}{\eta}, \quad (1)$$

где  $n$  - частота вращения вала, об/с;  $Q$  - подача, м³/с;  $\eta$  - кинематическая вязкость жидкости, м²/с.

П. Д. Ляпков, детально занимавшийся вопросом пересчета характеристик центробежных насосов с воды на более вязкие жидкости [5], использовал это соотношение и построил расчетную номограмму для определения поправочных коэффициентов. Аппроксимация этих номограмм позволила получить эмпирические расчетные формулы.

Если имеются рабочие характеристики насосов, полученные при испытании их на воде, то для пересчета этих характеристик на раствор полимера акриламида можно использовать методику, согласно которой

$$Q = k_q \cdot Q_w; \quad H = k_h \cdot H_w; \quad k_{pd} = k_k \cdot k_{pd_w}. \quad (2)$$

где  $Q_w$ ,  $H_w$  и  $k_{pd_w}$  – подача, напор и КПД при работе насоса на воде, а коэффициенты пересчета рассчитываются по соответствующим эмпирическим зависимостям для того или иного раствора полимерного материала.

На рисунках 4 и 5 в качестве примера представлены результаты расчетов режимов работы насосов, перекачивающих исследуемую огнетушащую жидкость.



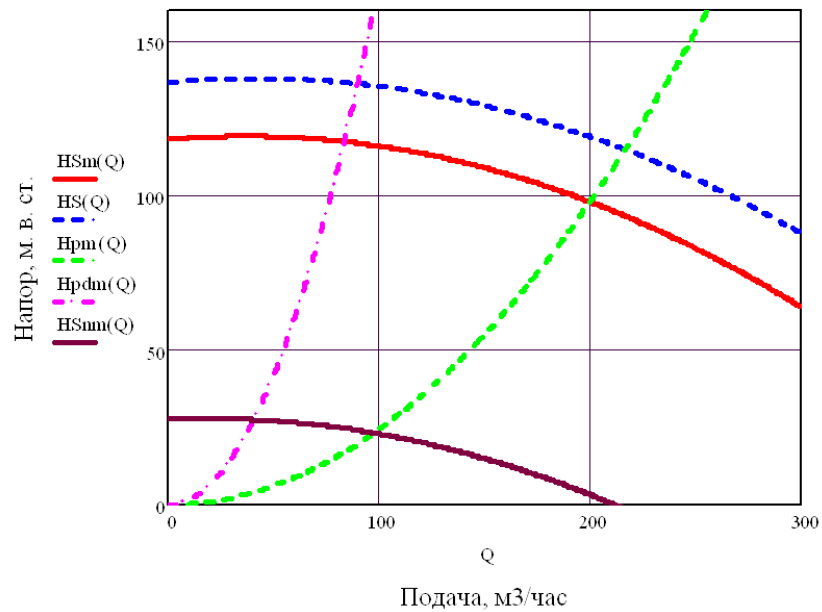


Рисунок 4 – Характеристики насосов и сети при подаче  $Q=90 \text{ м}^3/\text{час}$ :  
 $H_{Sm}(Q)$  – насос при работе на исследуемой жидкости без регулирования частоты вращения;  $H_S(Q)$  – насос при работе на воде без регулирования частоты вращения;  
 $H_{Snm}(Q)$  – насос при работе на исследуемой жидкости с регулированием частоты вращения;  $H_{pdn}(Q)$  – сеть при дросселировании;  $H_{pm}(Q)$  – сеть без дросселирования

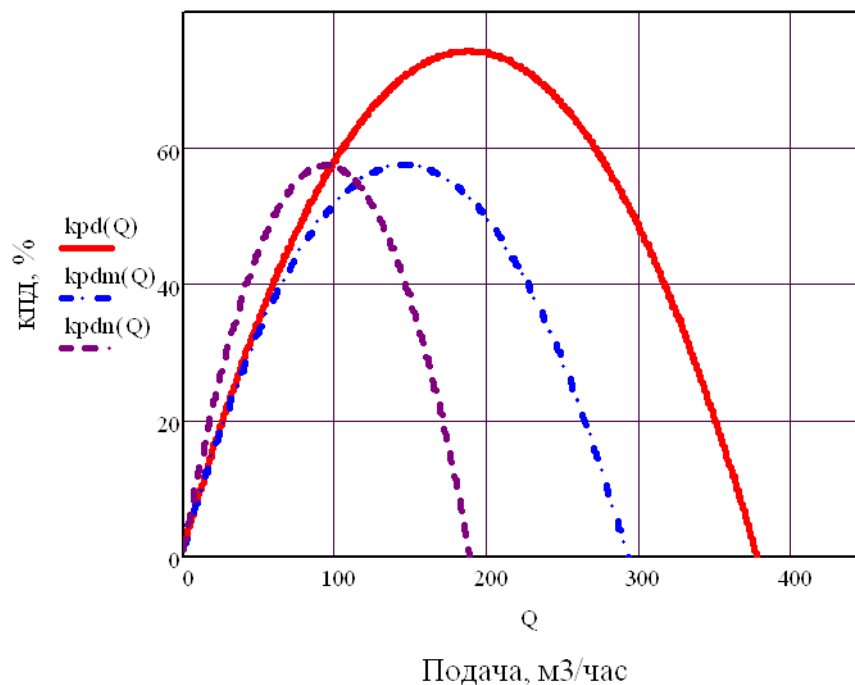


Рисунок 5 – Характеристики «КПД – подача» насосов: без регулирования частоты:  $k_{pd}(Q)$  – на воде;  $k_{pdm}(Q)$  – на исследуемой жидкости с регулированием частоты:  $k_{pdn}(Q)$  – на исследуемой жидкости

Проведенные исследования показали, что добавление в поток воды малых количеств полиакриламида и сополимеров акриламида способствует повышению пропускной способности трубопроводов спринклерных и дренчерных установок водяного пожаротушения почти в 2 раза. Небольшие концентрации растворенного полимера позволяют снизить сопротивление трения в турбулентном потоке в 3-4 раза.

Исследования по наблюдению за профилем осредненных скоростей показали, что в потоке воды с добавкой малых концентраций полимера происходит утолщение ламинарного пограничного слоя (гашение турбулентных пульсаций). Данный эффект лучше наблюдается в трубах небольшого диаметра, поскольку в них пограничный слой составляет большую часть полного потока жидкости.

При этом получение новых видов полимерных материалов с необходимыми качественными характеристиками способствует повышению эффективности их использования в системах водяного пожаротушения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Противопожарное водоснабжение: Учебник/ Ю.Г. Абросимов, А.И. Иванов, А.А. Качалов А.А. и др. – М: Академия ГПС МЧС России, 2008.- 391 с.
2. Бубнов В.Б., Дмитриев И.В., Шамин В.И. Исследование условий получения и применения в системах противопожарного водоснабжения водорастворимого полимерного материала. Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность» (29-30.11.2018). С. 47-52.
3. Дмитриев И.В., Бубнов В.Б., Комельков В.А. Разработка программно-аппаратных комплексов для оптимизации систем противопожарного водоснабжения и их использование в образовательном процессе. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности». Железногорск. Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (20.04.2018). С. 11-13.
4. Бубнов В. Б., Дмитриев И. В., Родионов Е. Г. Разработка имитационных моделей для исследования элементов систем противопожарного водоснабжения. Пожарная и аварийная безопасность: сетевое издание. 2018. Вып. 2 URL: <http://pab.edufire37.ru>
5. Елин Н.Н., Бубнов В.Б., Снегирев Д.Г./ Насосные станции: учеб. пособие - ООНИ ИВИ ГПС МЧС России. – Иваново, 2012. – 129 с.

УДК 623.445

*В. Н. Горячева, А. И. Карнюшкин, С. Л. Березина, Е. А. Елисева,  
Т. М. Сабельникова*

ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

## **НОВЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОЗРАЧНОЙ БРОНИ – АЛЮМИНИЙОКСИНИТРИД**

При создании прозрачной брони предпочтение отдается легким и прочным материалам, в последнее время - лейкосапфиру и алюминийоксинитриду (AlON). Приведены некоторые механические свойства материалов; рассмотрены способы получения алюминийоксинитрида.

**Ключевые слова:** прозрачная броня, алюминийоксинитрид, AlON, способы получения, жидкофазный синтез.

*V. N. Goryacheva, A. I. Karnyushkin, S. L. Berezina, E. A. Eliseeva,  
T. M. Sabelnikova*

## **ALUMINIUM OXINITRIDE AS A NEW MATERIAL FOR THE TRANS- PARENT FOR ARMOR**

A preferable material for transparent armor shall be light and durable, recently preferred is an aluminium oxynitride. In this article are given some mechanical properties of this material and methods for producing it.

**Keywords:** transparent armor, aluminium oxynitride, production methods, liquid-phase synthesis.

Прозрачная броня – броня, получаемая соединением слоев специально обработанного силикатного стекла со слоями поликарбонатов, метилметакрилатов и др. При создании прозрачной брони предпочтение отдается легким и прочным материалам. Прозрачная броня должна обладать хорошей прозрачностью и малой плотностью; выдерживать не менее двух попаданий снарядов, например малых калибров, в 1 дм<sup>2</sup> площади.

В настоящее время при создании прозрачной брони в качестве лицевого слоя используют пластины лейкосапфира толщиной 4-8 мм [1]. Алюминийоксинитрид (принятое условное обозначение AlON) считается перспективным материалом для изготовления окон самолетов и автомобилей, смотровых окон бронещитов и космических аппаратов. По многим показателям AlON сравним и даже превосходит лучшие на сегодняшний день

материалы, используемые в производстве прозрачной керамики (например, лейкосапфир), о чем позволяют судить приведенные в таблице № 1 [2] некоторые механические свойства.

Таблица 1 - Некоторые механические свойства керамики и стекол

Свойство	Материал			
	AlON	Фианит (ZrO <sub>2</sub> ·15Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Лейкосапфир (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Сульфид цинка (ZnS)
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,69	6,09	3,97	4,08
Модуль Юнга, ГПа	334	215	344	10,7
Прочность при изгибе, МПа	380	455	435	103
Ударная вязкость, МПа·м <sup>1/2</sup>	2,4	1,8	1,2	--
Твердость по Кноппу, НК <sup>2</sup>	17,7	12,5	19,8	2,45

AlON выгодно отличается от прочих материалов, в первую очередь, значениями ударной вязкости (один из главных показателей материалов бронезащиты), плотности, твердости. AlON считается в 4 раза прочнее закаленного стекла; в 2 раза тоньше и легче обычного бронестекла; прозрачен в диапазоне от УФ до средней ИК-области спектра [3, 4].

Впервые AlON был синтезирован 50-е годы 20 века в Японии при температуре свыше 1800 0С по реакции твердофазного взаимодействия между нитридом AlN и оксидом Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в атмосфере азота. Эмпирическая формула соединения – (AlN)<sub>x</sub>(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub>, где в молекулярном соотношении 0,3 < x > 0,37.

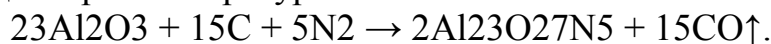
В настоящее время AlON получают традиционным методом порошковой технологии. Проводят спекание смеси порошков Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, AlN и углерода С при температуре 1750-1800 0С в специальных камерах под давлением. Например, при использовании смеси (в массовых %) 37,3-41% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 31-34% Al, 22,7-25,0 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %, до 9% AlN протекает реакция



Продуктом синтеза являются твердые растворы общей формулой AlON.

После завершения синтеза нижний слиток (AlON) отделяют от верхнего (CrAl) [5].

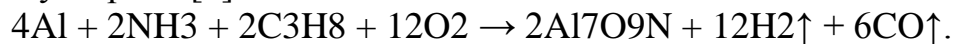
В конце 20 века (1997 г.) порошок AlON был получен карботермальным методом при температуре 1700 0С:



Этот метод считают базовым при промышленном получении

AlON(фирма США Surnet Corporation), однако метод дорогостоящий из-за необходимости использования специализированного термического оборудования [6].

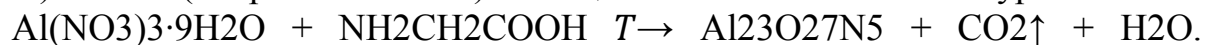
В настоящее время продолжают работы с использованием новых технологических подходов по синтезу AlON. Например, прямое нитрование порошка алюминия в пламени горелки в среде газообразных соединений азота и углерода [7]:



Однако, данный способ не обеспечивает чистоту продукта и его точную стехиометрию.

В России [8] предложен вариант жидкофазного синтеза AlON из органических реагентов: этилата алюминия  $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{AlO}_3$ , мочевины  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  и этилового спирта (растворитель). Синтез осуществлялся в несколько стадий: приготовление обезвоженного геля; его термическая деструкция; азотирование в среде аммиака  $\text{NH}_3$ . Образование AlON было подтверждено с помощью рентгенофазового анализа. Метод также считают дорогостоящим из-за высокой стоимости органических соединений алюминия.

Одним из вариантов получения AlON рассматривается [8] жидкофазный синтез по реакции между неорганической солью  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (нитрат алюминия) и глицином  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  по уравнению:



Последний способ получения AlON может стать наиболее

перспективным для производства прозрачной брони. Использование данного порошкового материала позволит осуществлять спекание и формование без применения высокого давления, что особенно важно при изготовлении изделий слоистой формы (например, тонкостенных прозрачных оболочек для ракетной техники).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение прозрачных бронематериалов и обеспечение экологической безопасности при их использовании. / В.Н. Горячева, Ф.Д. Андреев, Г.В. Зурнаджи, В.В. Хаустов, А.И. Карнюшкин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2018. Т.8. №2(27). с.99-108.
2. Прозрачная броня и её создание. / А.Д. Андреев, Г.В. Зурнаджи, В.Н. Горячева, А.И. Карнюшкин // Образовательная среда сегодня и завтра. Материалы XII Всероссийской конференции. М.: МТИ. 2017. с.73-76.
3. Мекалина И.В., Сенторин Е.Г., Богатов В.А. Новые конструкционные органические стекла. // Вопросы оборонной техники. Сер.15. 2009. «3-4. с.33-43.
4. Прозрачные интерференционные покрытия для функциональных материалов остекления / А.Г. Крынин, Ю.Ф. Хохлов. В.А. Богатов, П.П. Кисляков // Труды ВИАМ. 2013. №.11. с.5-15.
5. В.А. Горшков, В.И. Юхвид, А.Г. Тарасов. Патент РФ №2370472 (Публикация патента 20.10.2009).

6. *L. Yawei, L. Nan and Y. Runzhang.* Nhe Formation and Stability of g-AluminiumOxinitrideSpinel in the Carbotermal Reduction and Reaction Sintering Prozesses. // J. Mater. Sci. 1997. V/32 [4]. P. 979-985.

7. *Takao Yasumasa, Sando Mutsuo.* Al-System Non-Jxide Spherical Powder Synthesis by liquefied Petroleum Cas Firing. // J. Am. Ceram. Soc. 2005. V.88 [2]. P.450-462.

8. Жидкофазный синтез оксинитрида алюминия. / *Ф.В. Галахов, В.А. Зеленский, Л.В. Коваленко, С.Ф. Забелин, М.И. Алымов* // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Сер. Физика, математика, технология. 2013. с. 22-28.

УДК 699.812.

**Ф. А. Дали, С. О. Столяров, Г. Л. Шидловский, Я. А. Рогочева, Г. Г. Бутаев**  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУР ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ, МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

Осуществлен теоретический анализ возможностей повышения эффективности огнезащитных покрытий с использованием функциональных природных цеолитов. Предложены гипотетические принципы повышения эффективности огнезащитных покрытий, за счет абляционно-десорбционного действия компонентов их рецептур, способствующих повышению огнезащитных свойств покрытий оборудования и элементов инфраструктуры объектов нефтегазового комплекса.

**Ключевые слова:** пожар, огнезащита, эффективность, абляция, десорбция, эпоксидные смолы, цеолиты

*F. A. Dali, S. O. Stolyarov, G. L. Shidlovsky, Y. A. Rogocheva, G. G. Butaev*

## **PHYSICAL AND CHEMICAL MODELING OF RECIPES OF HIGHLY EFFICIENT FIRE-PROOF COATINGS, METAL STRUCTURES OF OIL AND GAS FACILITIES**

A theoretical analysis of the possibilities for increasing the effectiveness of fire retardant coatings using functional natural zeolites has been carried out. Hypothetical principles of increasing the effectiveness of fire retardant coatings are proposed, due to the ablative-desorption effect of the components of their formulations that contribute to the improvement of the fire retardant properties of equipment coatings and infrastructure elements of oil and gas facilities.

**Keywords:** efficiency, ablation, desorbtion, epoxide resins, adhesion, application process

Повышение уровня пожарной безопасности объектов нефтегазового комплекса, является одной из актуальных задач, т.к. данный показатель напрямую связан с уровнем экономической стабильности производства.

Пожар на объектах НГК, характеризуется как углеводородный и сопровождается ударом потока пламени по несущим конструкциям. Температурный режим такого пожара составляет 1100-1200°C. В связи с этим на объектах НГК необходимо применение средств огнезащиты удовлетворяющим требованием огнезащитной эффективности в условиях углеводородного режима пожара.

Статистика распределения аварий и пожаров на объектах НГК говорит о том, что за последние 11 лет с 2008 по 2019 г. произошел 201 опасный инцидент. Одним из элементов системы противопожарной защиты объекта, является применение средств огнезащиты повышающие огнестойкость металлических конструкций.

Из-за повышенных требований к комплексному обеспечению огнезащитной эффективности огнезащитных покрытий, появляются всевозможные способы модификации таких огнезащитных композиций.

Одним из наиболее перспективных полимерных связующих применяемых на объектах НГК, является применение полимеров на основе эпоксидных связующих. В сравнении с другими они обладают высокими механическими, теплофизическими, атмосферостойкими, адгезионными свойствами, а так же обладают высокой химической стойкостью к воздействию агрессивных сред.

Отличительной особенностью покрытий на основе эпоксидных смол является возможность их модификации функциональными компонентами на стадии эпоксидного мономера с последующей полимеризацией эпоксидных смол. На рынке огнезащиты для обеспечения требуемого предела огнестойкости объектов НГК покрытия на основе эпоксидных смол достаточно зарекомендовали себя. Примерами таких покрытий является: «FIRETEX 90», «Спектр», «Айсберг 401», «Прометей – ЭП», «PRETERM – ER – 1709» и т.д.

Управлять свойствами эпоксидных материалов становится возможным посредством изменения компонентов рецептур, их процентного соотношения, количества эпоксидных групп, выбора типа отвердителя и методов синтеза.

Эпоксидные смолы представляют собой олигомер или полимер, в состав которых входят эпоксидные смолы. Эпоксидные смолы получают двумя основными способами: метод полимеризации и поликонденсации.

Для объектов НГК наиболее оптимальным способом синтеза покрытия представляется полимеризация эпоксидного олигомера с отвердителем содержащий катализаторы полимеризации. Основные физико-механические свойства эпоксидных покрытий зависят от количества эпоксидных групп и типа отвердителя. На объектах НГК целесообразно применять отвердители холодного отверждения с высокой реакционной способностью типа полиэтиленполиамин, т.к. данный отвердитель способствует высокой адгезионной прочности, атмосферостойкости, химстойкости и эластичности

Литературный обзор позволил сделать вывод, что наибольшим огнезащитным действием обладают пористые наполнители с депонированными в них ОТВ. газообразующие продукты, изолируют материал от огневого воздействия создавая среду обедненную кислородом, способствуют тушению пламени и охлаждают защищаемую поверхности, забирая некоторое количества тепла. Данное положение объясняется абляцией полимерных материалов в котором основную роль занимает тепло- и массопереносы. Удельная эффективная теплота абляции объясняется зависимостью скорости уноса массы вещества и поверхностной плотностью теплового потока:

$$H_{\text{эф}} = \frac{q_0}{m} = \left\{ \int_{T_0}^{T_a} C_p dT + \gamma [H_{\text{ф}} + \beta (\Delta H)_0] \right\} : \left( 1 - \frac{q_p}{q_0} \right) \quad (1)$$

где:  $q_0$  – поверхностная плотность теплового потока к исходной (не расходуемой) поверхности при температуре абляции.;  $m$  – Массовая скорость абляции при стационарной А.  $C_p$  – удельная теплоемкость материала при постоянном давлении;  $T_a$  – Абсорбционная температура поверхности материала в процессе абляции;  $H_{\text{ф}}$  – удельная теплота фазовых превращений (плавления, испарения, сублимации);  $(\Delta H)_0$  перепад удельной энтальпии газа в пограничном слое;  $q_p = \sigma \epsilon T^4$  – поверхностная плотность теплового потока излучаемого поверхностью;  $\gamma$  – коэффициент газификации (доля массы теряющаяся в виде паров и газообразных продуктов пиролиза);  $\beta$  – коэффициент массообмена для воздуха,  $\beta = N(29/M)^{0.25}$ ;  $N$  – коэффициент газовыделения;  $M$  – средняя молярная масса газов и паров.

В соответствии уравнением 1 увеличение удельной эффективности теплоты абляции можно достичь по средством увеличения  $T_a$ ,  $H_{\text{эф}}$ ,  $C_p$ .

Хорошо себя зарекомендовали в качестве наполнителей вещества по типу кварца, термическое разложение которых сопровождается большими эндотермическими эффектами, что приводит к увеличению удельной теплоты фазовых превращений.

В соответствии с уравнением Стефана – Больцмана, излучение тепла зависит, от степени нагрева поверхности:

$$R = \int_0^{\infty} f(\omega, T) d\omega = \sigma T^4 \quad (2)$$

Из уравнения 2 следует, что наибольшей излучательной способностью обладают материалы, у которых процесс абляции сопровождается более высоким нагревом поверхности.

Наиболее перспективным и экономически выгодным является использование таких компонентов рецептур как кремниевые природные адсорбенты. Самыми распространенными наполнителями такого типа являются природные цеолиты. Применение цеолитов в системе огнезащитного покрытия, позволяет увеличить их огнезащитную способность, за счет того, что данный вид



компонентов содержит в своем составе диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ). При воздействии высоких температур диоксид кремния способен к нескольким полиморфным модификациям. Как известно полиморфные переходы сопровождаются большими эндотермическими эффектами, что позволяет поглотить некоторое количество теплоты и увеличить время термической деструкции огнезащитного покрытия.

Природные цеолиты представляют собой алюмосиликаты каркасной структуры, имеющие однородные поры молекулярных размеров. За счет своей адсорбционной способности и размеру адсорбирующих пор, представляется возможным применять в системе огнезащиты различные газообразующие огнетушащие составы, которые при воздействии температуры пожара будут обеспечивать огнетушащий эффект.

Теоретический анализ возможностей повышения эффективности ОП привел к следующему алгоритму огнезащитной действия:

А. Охлаждение:

- 1) поглощение тепла при коксообразовании;
- 2) поглощение тепла на десорбцию депонированных адсорбентов;
- 3) поглощение тепла при полиморфных переходах.

Б. Изоляция:

- 1) изоляция поверхности вследствие формирования теплоизолирующего коксообразующего слоя;
- 2) изоляция поверхности при выделении продуктов термодеструкции;
- 3) изоляция поверхности при десорбции ОТВ, флегматизаторов, ингибиторов;

В. Флегматизация:

- 1) флегматизация поверхности вследствие выделения флегматизаторов из адсорбентов.

Г. Ингибирование:

- 1) ингибирование процесса горения, в следствие выделения ингибиторов из адсорбентов.

Таким образом, теоретический анализ возможностей повышения эффективности огнезащитных покрытий, на основе эпоксидных смол привел к выводу, что увеличение огнезащитного действия ОП достигается посредством абляционных процессов в ОП и добавлением в рецептуру ОП компонентов абляционно-десорбционного действия.

Такие процессы являются нетрадиционными для механизма огнезащиты с помощью ОП и представляют значительный интерес при создании ОП инфраструктуры НГК.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для строительных конструкций. Общие требования. Методы определения огнезащитной эффективности.

2. С. А. Ненахов, В.П. Пименова. Современные научно-практические тенденции в огнезащите / Обзор трудов 3-й берлинской конференции // Журнал "Лакокрасочная промышленность" №7, 2009 г.

3. Ф.А. Дали. Методологические основы управления пожарными рисками на предприятиях нефтегазовой отрасли/ А.В. Иванов и др. // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 18-19 октября 2018 г. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 622-624.

УДК 669-1

*И. В. Дорош, А. А. Чуракова, О. Г. Мартынова, Р. И. Ахметшин, М. А. Семашко*

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

## **ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА TiNi В ПРОТИВОПОЖАРНОМ ОБОРУДОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ СПРИНКЛЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

В статье проведено обоснование выбора материала спринклера, подвергающегося термоциклическим нагрузкам с помощью ТЦ, имитирующего реальные условия эксплуатации, проведен анализ полученных результатов. Для решения данной задачи, был проведен графический экспресс-анализ экспериментальных данных.

**Ключевые слова:** Никелид титана (TiNi), эффект памяти формы (ЭПФ), термочувствительный элемент (ТЭ), термоциклирование (ТЦ), механические свойства, крупнозернистая (КЗ) структура, ультрамелкозернистая (УМЗ) структура, спринклер.

*I. V. Dorosh, A. A. Churakova, O. G. Martynova, R. I. Akhmetshin, M. A. Semashko*

## **JUSTIFICATION OF THE USE OF THE TiNi HEAT-SENSITIVE ELEMENT IN FIRE-FIGHTING EQUIPMENT ON THE EXAMPLE OF A SPRINKLER USING GRAPHICAL MODELS**

The article substantiates the choice of sprinkler material subjected to thermocyclic loads with the help of a shopping center that simulates real operating conditions, analyzes the results obtained. To solve this problem, a graphical Express analysis of experimental data was carried out

**Keywords:** Titanium Nickelide (TiNi), shape memory effect (SME), heat-sensitive element (TE), thermal cycling (TC), mechanical properties, coarse-grained (CG) structure, ultra-fine-grained (UFG) structure, sprinkler.

Сплав на основе TiNi, характеризующийся такими функциональными свойствами как: повышенная прочность, высокая коррозионная стойкость, способность работать в труднодоступных конструкциях с агрессивной окружающей средой, наиболее ярко по сравнению с другими сплавами проявляет ЭПФ и сверхупругости и используется в таких устройствах, применяемых для автоматического пожаротушения, как спринклеры, золотниковые термозапорные клапаны и др. Восстановление исходной формы при реализации ЭПФ обусловлено превращением мартенсита в аустенит путем нагрева, и – наоборот – из аустенита в мартенсит путем охлаждения [1].

Циклы «охлаждение-нагрев», многократно повторяющиеся в сплаве TiNi, называемые ТЦ, – ведут к генерациям дислокаций в кристаллической решетке, влияющих на повышение предела текучести. Как правило, ТЦ не используется для повышения предела текучести, но с использованием ТЦ создается имитация реальных условий эксплуатации изделий, подвергаемых термоциклическим нагрузкам в условиях агрессивной среды [2].

Исследований влияния термоциклических нагрузок на поведение сплавов на основе ЭПФ проведено достаточно много, однако не в полной мере изучено его комплексное влияние. К примеру, в патенте [3, 4] предполагается что данным сплавом является TiNi, однако этот выбор имеет сугубо теоретический, не подтвержденный экспериментальными данными, характер. При этом быстроедействие обеспечивалось такой характеристикой как удлинение, однако удлинение не всегда показатель быстрогодействия, поэтому необходимо было также учитывать предел текучести.

Учитывая эти обстоятельства, обоснование выбора материала спринклера, подвергающего термоциклические нагрузки с помощью ТЦ, имитирующего реальные условия эксплуатации, а также анализ полученных результатов являлось основной задачей исследования. Для решения данной задачи, был проведен графический экспресс-анализ экспериментальных данных.

Для исследования были выбраны два типа спринклера, причем спринклер первого типа отличался бы от второго тем, что термочувствительный элемент выполнен в виде тонкой прямолинейной проволоки или ленты из никелида титана, память формы которого выражается в укорачивании элемента при нагреве. Конструкция спринклера представлена на рисунке 1.

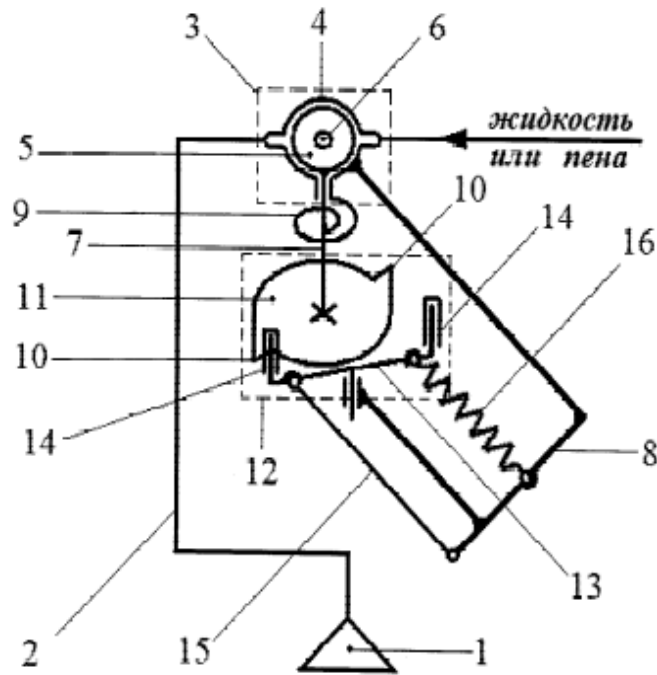


Рисунок 1 – Конструкция спринклера [3, 4],

где: 1 – ороситель; 2 – трубопроводы; 3 – угловой шаровой клапан под давлением жидкости или пены; 4 – корпус клапана; 5 – затвор клапана; 6 – затворное отверстие клапана; 7 – вал управления клапаном;

8 – корпус спринклера; 9 – заводная пружина; 10 – клиновидные зубья; 11 – храповидная анкерная шестерня; 12 – анкерный механизм; 13 – коромысло анкерного механизма; 14 – упоры коромысла анкерного механизма; 15 – термочувствительный элемент из сплава, обладающего эффектом памяти формы;

16 – реверсная пружина. «ЭПФ» элемента 15 выражается в укорачивании при нагреве.

Для проведения эксперимента необходимо подтвердить выбор сплава TiNi. Кроме TiNi данный эффект был обнаружен в следующих системах: AuCd, CuZnAl, CuAlNi, и др. [6]

Сравним механические и физические характеристики на примере сплавов: TiNi и CuZnAl [6] (таблица 1, рисунок 2).

Таблица 1 – Сравнение механических и физических характеристик на примере сплавов: TiNi и CuZnAl

№ п/п	Характеристики сплавов	Сплав TiNi	Сплав Cu-Zn-Al
I	Температура плавления, °С	1300	1020
II	Плотность г/см <sup>3</sup>	6,5	8
III	Теплопроводность при 20°С	18	120
IV	Предел прочности, МПа	1100	800
V	Удлинение при разрыве, %	50	15
VI	Предел текучести, МПа	800	350
VII	Модуль Юнга, ГПа	80	100
VIII	Усталостная прочность, МПа	350	270
IX	Размер зерна, мкм	100	150

Интерпретация механических/физических  
характеристик  
сплавов с ЭПФ на примере сплавов: Ti-Ni, Cu-Zn-Al

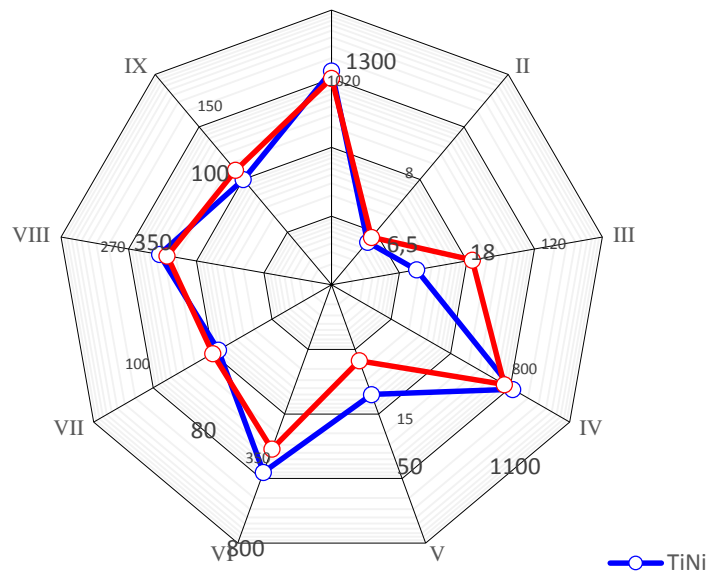


Рисунок 2 – Диаграмма сравнения механических и физических характеристик ЭПФ материалов

Исходя из данных таблицы 1 и рисунка 2, видно, что характеристики сплава TiNi выше, чем у сплава Cu-Zn-Al, что можно объяснить уникальной кристаллической решеткой.

Из графика, приведенного на рисунке 2, видно, что сплав TiNi имеет более выраженные физико-механические свойства. Однако для полноты картины необходимо воссоздать условия термоциклических нагрузок, чтобы понять, насколько в процессе нагрузок может удлиняться проволока нитинола и повышаться предел текучести, которые влияют на важный фактор быстрогодействия спринклера.

Результаты механических испытаний образцов до ТЦ приведены на рисунках 3, 4. При этом рассматривались два состояния сплава TiNi: крупнозернистое (КЗ) и ультрамелкозернистое (УМЗ).

Представим на рисунке 3 графики зависимостей состояний сплава и пределов текучести от режимов термообработки до ТЦ.

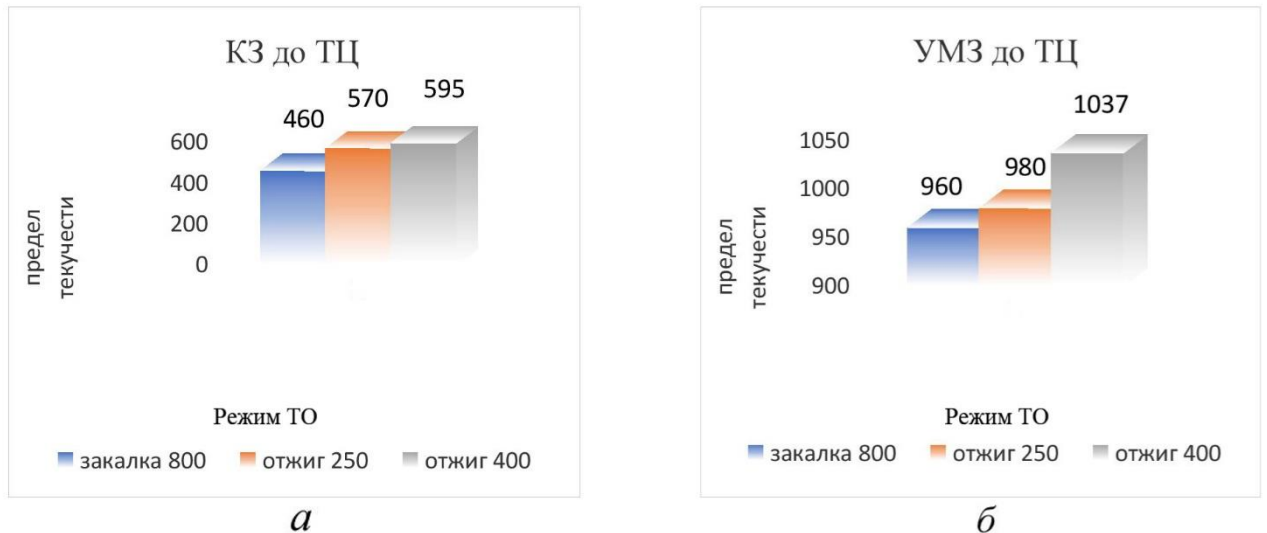


Рисунок 3 – Графики зависимостей состояний сплава и пределов текучести от режимов термообработки: *а* – КЗ до ТЦ; *б* – УМЗ до ТЦ

Диаграммы, представленные на рисунке 3 позволяют сделать вывод о том, что при любом режиме термообработки состояние УМЗ позволяет получить прирост предела текучести по сравнению с состоянием КЗ.

Графики зависимостей состояний сплава и относительных удлинений от режимов термообработки представлены на рисунке 4.

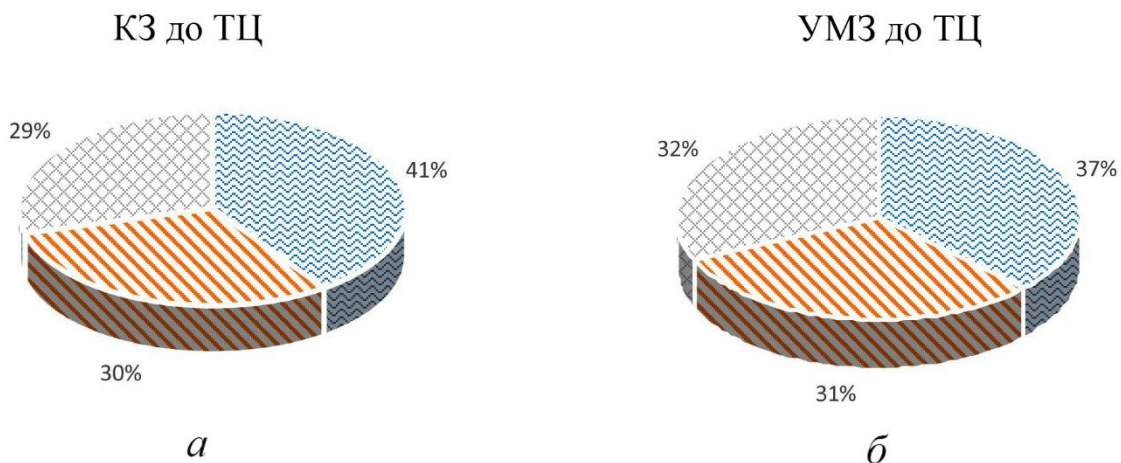


Рисунок 4 – Графики зависимостей состояний сплава и относительных удлинений от режимов термообработки: *а* – КЗ до ТЦ; *б* – УМЗ до ТЦ

Проанализируем полученные данные относительного удлинения до ТЦ по диаграмме, представленной на рисунке 4. И сделаем вывод, что в УМЗ и КЗ состоянии относительное удлинение практически неизменно и составляет в обоих случаях 33-35%.

Результаты механических испытаний образцов после ТЦ приведены на рисунках 5, 6. При этом рассматривались два состояния сплава TiNi: крупнозернистое (КЗ) и ультрамелкозернистое (УМЗ).

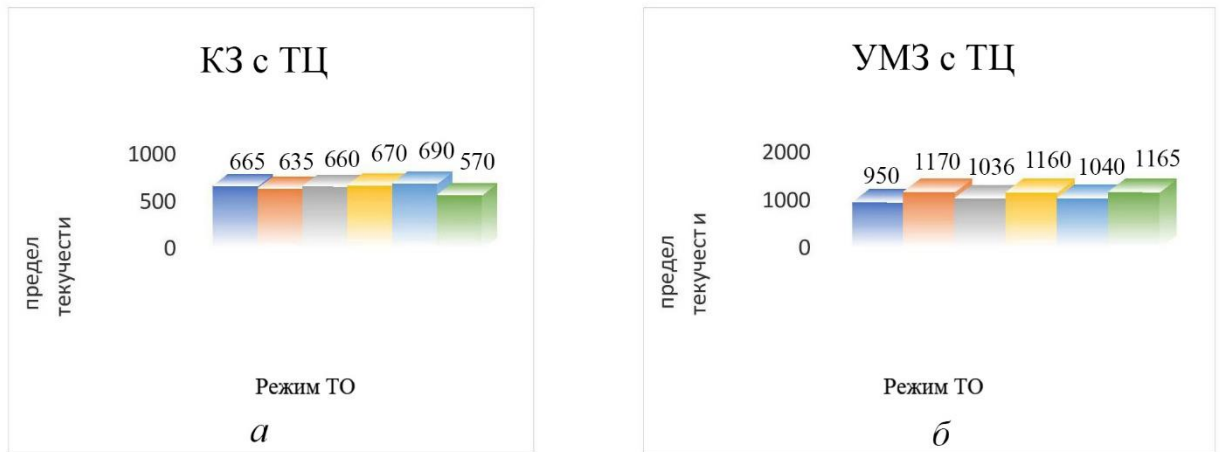


Рисунок 5 – Графики зависимостей состояний сплава и пределов текучести от режимов термообработки: *а* – КЗ после ТЦ; *б* – УМЗ после ТЦ

Диаграммы, представленные на рисунке 5 позволяют сделать вывод о том, что состояние УМЗ по сравнению с состоянием КЗ не для всех режимов ТО позволяет получить прирост предела текучести. Это происходит по причине, того, что при ТЦ происходит перенасыщение дислокаций.

Проанализируем полученные данные относительного удлинения после ТЦ по диаграмме, представленной на рисунке 6.

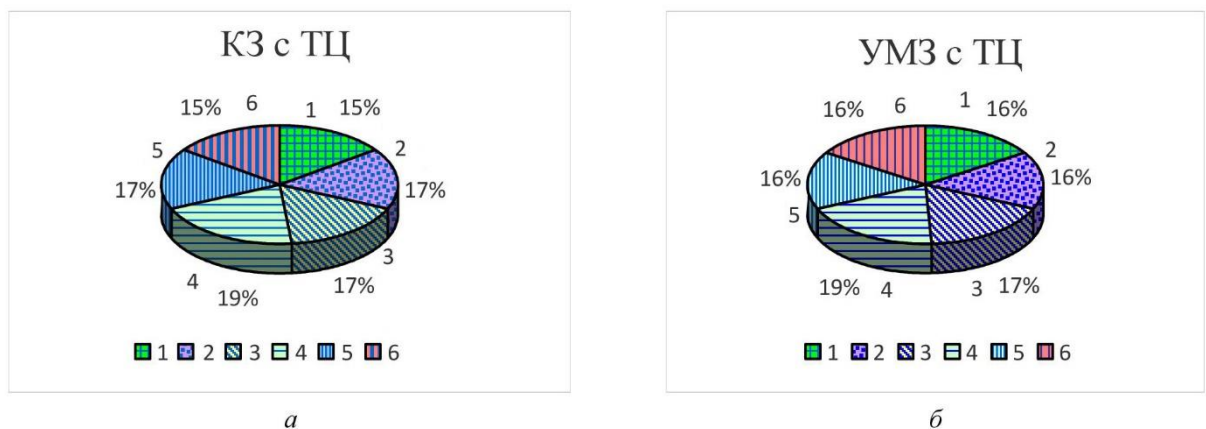


Рисунок 6 – Графики зависимостей состояний сплава и относительного удлинения от режимов термообработки: *а* – КЗ после ТЦ; *б* – УМЗ после ТЦ

По рисунку 6 можно сделать вывод, что в состояниях УМЗ и КЗ относительное удлинение после ТЦ практически неизменно.

В итоге можно отметить, что для изложения материала исследовательского характера стиль представления требует подробного контента, как это приведено выше. При презентационном же варианте предпочтительнее пользоваться графическими моделями процесса [8-14], позволяющими выполнять его дифференцированный и интегрированный экспресс-анализ.

Данные, полученные в ходе исследования, показывают, что, в состояниях КЗ и УМЗ после ТЦ наблюдается существенный прирост предела текучести,

однако удлинение составляет всего 20%. Вполне возможно, что для повышения относительного удлинения необходимо провести большее количество циклов.

Предполагается также, что основным показательным процессом протекающим в сплаве при ТЦ является предел текучести так как, с ростом предела текучести, может возрасти быстродействие спринклера из-за его способности находиться в напряженном состоянии и противостоять стационарным или динамическим термоциклическим нагрузкам, в том числе и в агрессивной среде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хачин, В.Н.* Никелид титана: структура и свойства / В.Н. Хачин, В.Г. Пушин, В. В. Кондратьев. – М.: Наука, 1992. – 161 с.
2. *Miyazaki, S.* Effect of thermal cycling on the transformation temperatures of Ti-Ni alloys / S. Miyazaki, Y. Igo, K. Otsuka // Acta metallurgica. – 1986. – V.34, no.10. – P. 2045–2051.
3. Патент РФ № 1839803. А62С 37/08. Опублик. 27.07.2005.
4. Патент РФ №1839807. А62С 37/08. Опублик. 27.07.2005.
5. Формостабильные и интеллектуальные конструкции из композиционных материалов / *Г.А. Молодцов, В.Е. Биткин, В.Ф. Симонов, Ф.Ф. Урмансов.* – М.: Машиностроение, 2000. – 352 с
6. *Ооцука К.* Сплавы с эффектом памяти формы / К.Ооцука, К.Симидзу, Ю. Судзуки // Под ред. Х. Фунакубо. – М.: Металлургия, 1990. – 224с. 17. Share Memory Application Inc.
7. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение
8. *Ямалетдинова К.Ш.* Графические особенности анализа экономической эффективности энергии ветра. / Ямалетдинова К.Ш., Галиакберов В.В., Мартынова О.Г., Рахманова С.Т., Ахметшин Р.И. // Вестник ЧелГУ. Экономические науки. Выпуск 60. №3(413) 2018. С. 149-156.
9. *Жукова А.А.* Применение графических моделей для визуализации демографических показателей республики Башкортостан / Жукова А.А., Сафаргалина Э.А., Магид М.А., Мартынова О.Г., Ахметшин Р.И., Рахманова С.Т. // Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: Материалы VIII Международной молодежной научной конференции. – 2018. С. 173-178.
10. *Кадырова Г.А.* Графические приемы визуализации оценки антропогенного воздействия на рекреационные территории национального парка "Башкирия" / Кадырова Г.А., Мальгин В.В., Юсупов Т.Р., Шайдуллин Р.Р., Мартынова О.Г., Ахметшин Р.И., Рахманова С.Т. // Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: Материалы VIII Международной молодежной научной конференции. – 2018. С. 186-191.
11. *Мустафина А.А.* Графический анализ системы обращения с твердыми коммунальными отходами в России и республике Башкортостан / Мустафина А.А., Ситькова Д.К., Мартынова О.Г., Рахманова С.Т., Ахметшин Р.И. //



Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: Материалы VIII Международной молодежной научной конференции. – 2018. С. 202-208.

12. *Рахматуллина А.Н.* Визуализация информации о влиянии фактора искусственного освещения на зрительное восприятие / *Рахматуллина А.Н., Динисламова Л.Ж., Мартынова О.Г., Рахманова С.Т., Ахметшин Р.И.* // Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: Материалы VIII Международной молодежной научной конференции. – 2018. С. 224-228.

13. *Шайдуллин Р.Р.* Графические возможности анализа потенциальной опасности разгерметизации цистерн при грузоперевозках через узловую железнодорожную станцию / *Шайдуллин Р.Р., Пронькин И.И., Юсупов Т.Р., Кадырова Г.А., Мартынова О.Г., Рахманова С.Т., Ахметшин Р.И.* // Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: Материалы VIII Международной молодежной научной конференции. – 2018. С. 241-246.

14. *Юсупов Т.Р.* Графическое представление обеспечения экологической безопасности функционирования промывочно-пропарочной станции железнодорожного комплекса / *Юсупов Т.Р., Кадырова Г.А., Шайдуллин Р.Р., Мартынова О.Г., Рахманова С.Т., Ахметшин Р.И.* // Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: Материалы VIII Международной молодежной научной конференции. – 2018. С. 249-254.

УДК 621.9

*Д. В. Емченко, А. Г. Наумов, Е. В. Зарубина*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## К ВОПРОСУ ОБ АКТИВАЦИИ СОТС

Изучено активирующее действие процесса резания на реакцию образования хлорбензола с магнием в эфире.

**Ключевые слова:** активация, СОТС, резание металлов.

*D. V. Emchenko, A. G. Naumov, E. V. Zarubina.*

## TO THE QUESTION OF ACTIVATION OF STS

The activating effect of the cutting process on the reaction of chlorobenzene with magnesium in ether is studied.

**Keywords:** activation, STS, metal cutting.

Активация - процесс естественного или искусственного воздействия на СОТС с целью получения химически активных компонентов, необходимых для

интенсивного формирования разделительных слоев (вторичных структур) в контактной зоне при трении и резании материалов (Рис. 1). Процессы, приводящие к активации имеют в своей основе такие явления и понятия как энергия ионизации, работа выхода, сродство к электрону, химический потенциал и т.п.

**Естественная активация** осуществляется непосредственно в зоне контактирования, а ее интенсивность определяется термодинамическими параметрами контактных взаимодействий, в первую очередь, температурами, а так же физико-химическими явлениями, сопровождающими эти взаимодействия. Особое место в процессе активации СОТС занимают постоянно образующиеся ювенильные поверхности металлов. Высокая физико-химическая активность этих поверхностей такова, что с их участием возможно протекание химических реакций с компонентами внешней среды, термодинамическая возможность которых маловероятна при обычных условиях. Л.Грюнбергом [2] при строгании различных металлов под водой, содержащей растворенный кислород, при увеличении количества проходов было обнаружено увеличение концентрации перекиси водорода  $H_2O_2$  в удельном объеме воды.

Изучение физико-химических превращений в зоне контакта при резании металлов с применением органических СОТС, проведенное М.Ю. Мерчантом [4], показало, что количество продукта реакции в условиях зоны резания более чем в 2,5 раза превосходит аналогичный показатель, полученный при тех же условиях, но вне контактной зоны (рис.1).

**Химическая активация** представляет собой процесс усиления протекания химических реакций с образованием смазочных разделительных пленок путем введения в состав СОТС специальных химических элементов и соединений. Одним из таких элементов является кислород  $O_2$  с энергией связи 491 кДж/моль. Однако, химическая молекула кислорода весьма инертна. Как отмечает Н.Н.Семенов [2], легкость вступления молекулы кислорода во взаимодействие с веществами обусловлена не активностью самой молекулы кислорода, а свойствами радикально-цепных реакций, т.е. свойствами атома кислорода и его радикала. Молекула кислорода может достаточно продолжительное время находиться в контакте с различными веществами без всяких следов реакции, в то время как при наличии условий для разветвленной цепной реакции эти вещества бурно реагируют с кислородом уже при комнатной температуре. В случае процесса резания этими условиями могут выступать

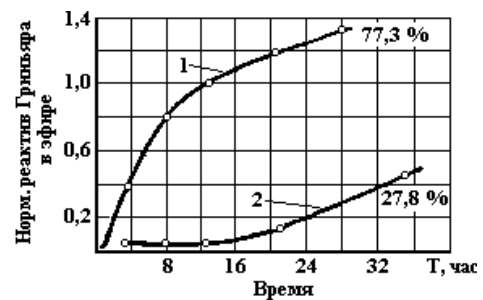


Рисунок 1 - Активирующее действие процесса резания на реакцию образования хлорбензола с магнием в эфире: 1 – в зоне контакта; 2 – в колбе

повышенные температуры контактной зоны, электроны эмиссии с ювенильных поверхностей, другие факторы.

Иначе ведут себя такие соединения кислорода как озон ( $O_3$ ) и перекись водорода ( $H_2O_2$ ). Имея невысокие значения энергии связи (соответственно 84 и 210 кДж/моль), эти вещества подвержены самопроизвольному распаду с выделением активного атомарного кислорода и гидроксильных радикалов, т.е. в отличие от предыдущего случая, активация СОТС начинается с момента их введения в технологическое средство. При использовании этих веществ, следует иметь в виду, что процесс образования активных частиц носит взрывной характер с максимальной их концентрацией в начальный момент времени после введения в СОТС. С учетом этого, подобные вещества вводятся непосредственно перед подачей СОТС в контактную зону.

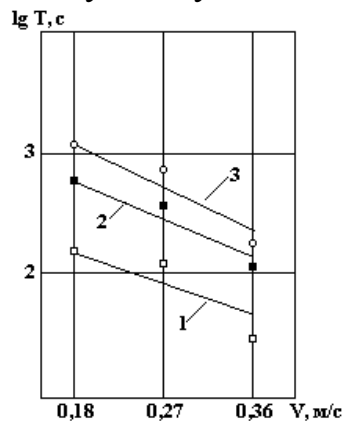


Рисунок 2 - Стойкость резцов из стали Р6М5 при точении всухую сплава ВТ6 с введением в поверхность инструментов трибоактивного йода: 1 - без упрочняющей обработки; 2 - ХТО; 3 - ХТО + йод



Рисунок 3 - Диаграмма ТЭДС при точении стали 45 резцами из стали Р18 с активацией СОТС УФ-излучением

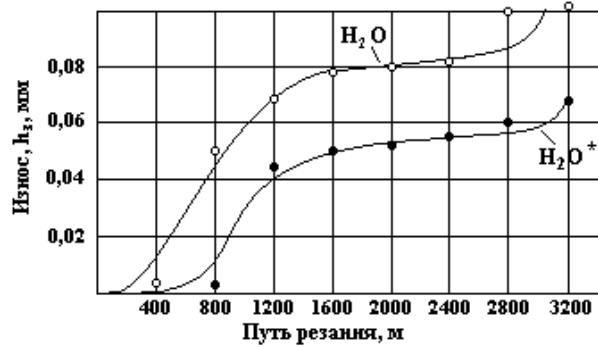


Рисунок 4 - Динамика износа резцов ВК8 при точении стали 45 в воде ( $H_2O$ ) и воде, активированной  $\gamma$ -излучением ( $H_2O^*$ )

*Активация разрядами* является наиболее широко применяемой из групп физических способов активации. При этом виде происходит ионизация компонентов СОТС и синтез новых веществ электрическими разрядами (коронным, барьерным, импульсным и др.). В качестве СОТС, в основном, используются газообразные, газожидкостные и жидкофазные композиции, но не исключается возможность применения пластичных и твердофазных СОТС.

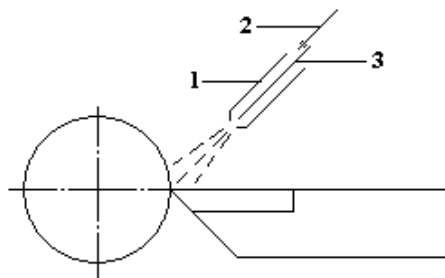


Рисунок 5 - Схема активации СОТС коронным разрядом 1 – сопло; 2 – направление движения СОТС; 3 – коронирующий электрод

Особое место занимает активация коронным разрядом как одна из самых простых по оборудованию и применению технология. Она заключается в установлении на пути движения СОТС коронирующего электрода, на который подается потенциал положительного или отрицательного знака (Рис. 5). В результате воздействия коронного разряда происходит ионизация компонентов технологического средства, что обуславливает переход СОТС в плазменное состояние. При высокой химической активности анионов и катионов интенсифицируются процессы образования вторичных структур в контактной зоне, приводящие к облегчению условий металлообработки. При прохождении СОТС через выходное сопло происходит ее ионизация и именно этот процесс, в основном, оказывает положительное влияние на служебные характеристики используемых СОТС.

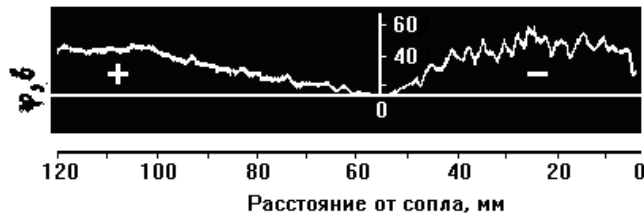


Рисунок 6 - Фотограмма потенциала шарика, полученная при обдуве его распыленной дистиллированной водой и изменении расстояния до сопла от 0 до 120 мм

Исследовалось электрическое состояние распыленной струи воздушно-жидкостной смеси по изменению потенциала на металлическом шарике, установленном на траектории движения этой струи. При этом, в качестве жидкостной составляющей использовалась дистиллированная вода при расходе 300 г/час. Эксперименты показали (Рис.6), что по мере удаления от сопла потенциал на шарике изменяется от нуля и имеет вначале отрицательный заряд, а на расстоянии 60 мм знак заряда изменяется противоположный.

Абсолютная величина потенциала и его знак зависят не только от расстояния от сопла, но и от состава СОЖ. Так, например, водопроводная вода дает положительный потенциал, а растворенный ПАВ и эмульсия – отрицательный (Рис.7). Колебания абсолютной величины потенциала была зафиксирована в пределах от -60 до +100 В.

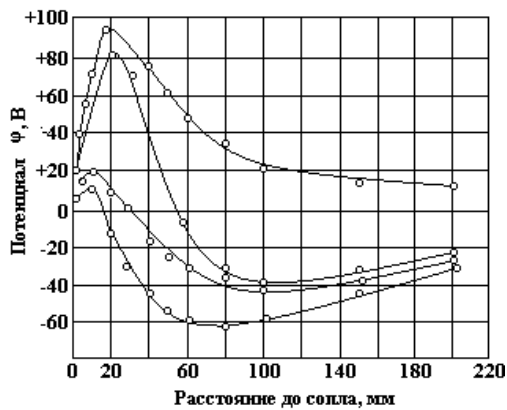


Рисунок 7 - Зависимость потенциала шарика от расстояния до сопла при распылении: 1 - водопроводной воды, 2 - 5%-ной эмульсии из эмульсол-Т, 3 - 5%-ной СОЖ-1, 4 - 5%-ного раствора сульфорецената  
( $P = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ ,  $Q = 300 \text{ г/час}$ )

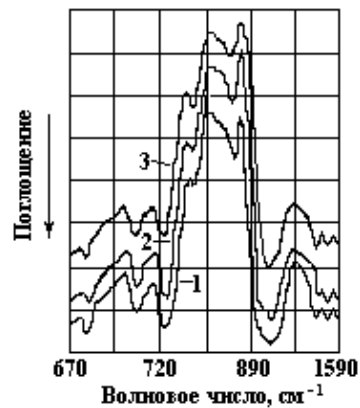


Рисунок 8 - Влияние ультразвука на ИК-спектры СОТС: 1 – неактивированная; 2, 3 – СОТС, активированная ультразвуком соответственно 20 и 40 мин.

При электризации СОТС процесс стружкообразования существенно изменяется (Табл.1). Стружка приобретает сливной характер, увеличивается угол сдвига, изменяется усадка стружки и интенсивность пластических деформаций.

Таблица 1 - Влияние электризации СОЖ при распылении на процесс стружкообразования

Условия электризации	Угол сдвига $\beta_i$	Относительный сдвиг, $\varepsilon$	Интенсивность пластической деформации, $e_i$	Продольная усадка стружки, $\tau_i$
Без электризации	20 <sup>0</sup>	2,93	1,69	2,86
С электризацией	25 <sup>0</sup>	2,41	1,39	2,28

Для звуковой активации более всего пригоден ультразвук (УЗ). В результате УЗ-активации, отмечается в работах Л.В.Худобина [7], происходит ослабление и нарушение внутримолекулярных связей в СОТС (рис. 8). В результате этого интенсифицируются химические взаимодействия компонентов СОТС с образованием разделительных структур в контактной зоне. Увеличение времени обработки СОТС ультразвуком приводит к более значительному повышению химической активности технологического средства.

**Активация смешанного типа** представляет собой одновременное воздействие на СОТС физическими и химическими методами. Такая активация рациональна при необходимости придания СОТС специфических свойств для конкретного процесса обработки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Верещака А.С.* Анализ проблемы экологически безопасного резания.//Труды IV Междун. конгресса "Конструкторско-технологическая информатика – 2000". М.: Изд-во МГТУ "Станкин". 2000. Т. 1. С. 112-115.
2. *Латышев В.Н.* Трибология резания металлов. Ч. I-X. Иваново: Изд-во ИвГУ. 2000-2004.
3. *Латышев В.Н., Подгорков В.В., Малов А.В.* и др. Эффективность активации СОЖ электрическим током.//В сб. "Физико-химическая механика процесса резания. Иваново: Изд-во ИвГУ. 1976. С. 94-97.

УДК 502.33.72.01

*Н. С. Кавер, В. П. Князева*

ФГБОУ ВО Московский архитектурный институт (государственная академия)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ (НА ПРИМЕРЕ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ)**

Рассмотрены пожаробезопасные материалы, применяемые в строительстве и предложена методика экологической оценки по жизненному циклу продукции.

**Ключевые слова:** архитектурное проектирование, огнезащитные материалы, панели, экологическое предпочтение.

*N. S. Kaver, V. P. Knyzeva*

## **ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF FIREPROOF MATERIALS (FOR EXAMPLE, SHEET MATERIALS).**

Fireproof materials used in construction are considered and a methodology of environmental assessment on the life cycle of products is proposed.

**Keywords:** architectural design, fireproof materials, panels, environmental preference.

При проектировании здания и сооружений особенно важно применять материалы с минимальной пожарной опасностью и создавать конструкции с высокой степенью огнестойкости. Это может достигаться различными способами и материалами. Например, при входе, выходе и внутри между помещениями устанавливаются противопожарные двери. Древесные конструкции пропитываются антипиренами, металлические покрываются огнезащитными красками толщиной до 200 мкм, Минеральные поверхности обмазываются огнезащитными пастами, мастиками толщиной до 2 см и огнезащитными штукатурными растворами толщиной, превышающей 2см. Главным отличием данных материалов от простых цементно-песчаных шпаклевок и сухих строительных смесей, является отсутствие в составе портландцемента и кварцевого песка. Это связано с тем, что указанные два материала при воздействии температурного режима свыше 500 °С начинают разлагаться. При попытке тушения огня водой, происходит обратная химическая реакция – гашеная известь прорывает верхний слой, в результате чего появляются трещины и вздутия, которые способствуют попаданию пламени внутрь конструкций. Огнезащитные пасты и штукатурки изготавливаются на основе:

- силикатного стекла;
- гипса;
- глиноземистых и пуццолановых цементов;

- вермикулита, перлита, трепела, диатомита, пемзы и других (в качестве заполнителя);
- каолиновой ваты, асбеста и различных видов минеральных волокон (связующие).

В качестве пожаробезопасного материала также могут быть использованы обои и специальные ткани. Стекловолоконистые обои могут быть как однослойными, так и двухслойными (стекловолокно спрессовано с бумажной подложкой). Высокие эксплуатационно-технические показатели обеспечены технологией изготовления – стеклянное волокно подвергают обработке под воздействием температуры около +1200 °С, после чего формируют в пряжу и ткнут. К основным их свойствам можно отнести огнестойкость, газопроницаемость, водонепроницаемость, а также стойкость к щелочам и кислотам. Они наклеиваются на очищенные от грязи поверхности бетона и кирпича, гипсокартон, ДВП, фанеру, дерево или металл. Огнезащитные ткани изготавливаются из специального волокна, представляющего собой модифицированные полиэферы, низкая возгораемость которых обусловлена молекулярным составом материала, что позволяет сохранять свои огнезащитные характеристики в процессе многолетнего использования, несмотря на многократную стирку, чистку. Возможно также применение защитных жестких экранов - листов, плит, панелей.

В качестве пожаробезопасных листовых материалов сегодня можно использовать широкий ассортимент продукции:

- минераловатные;
- вермикулитперлитосодержащие;
- асбестовые;
- гипсоволоконистые и другие материалы.

Изделия из минеральной ваты используются не только в качестве теплоизоляционного материала или звукоизоляции. Благодаря особой структуре и физическим свойствам волокон горных пород, такие материалы способны выдерживать нагревание до +1000 °С. Они остаются целыми, так как не имеют четкой системы сцепки друг с другом, что обеспечивает прочность и одновременную огнезащиту.

Благодаря высокой температурной стойкости и небольшому количеству связующих элементов (не более 1,7%) они успешно применяются в качестве огнезащитного материала между дверными полотнами и для зданий любого типа.

Высокой востребованностью в качестве материала для огнезащиты металла, бетонов и железобетонных конструкций, получили плиты из вермикулита, перлита. Они дают возможность достижения порога огнестойкости до 3 и более часов.

- Вермикулит – это вспученный пористый материал, который получается при нагреве под воздействием особо высокой температуры гидратированной биотитовой и флогопитовой слюды. Показатели насыпной плотности данного вещества (с фракцией 1 или 2 мм), составляют около 120-160



кг/м<sup>3</sup>, а теплопроводности - 0,05-0,07 Вт/(м\*К). Это самый термостойкий из всех широко используемых наполнителей, так как может выдерживать воздействия до +1400 °С.

- Перлит представляет собой вещество, которое получается в результате вспучивания природного водосодержащего стекла. В качестве основы для огнезащитных плит, заполнителей штукатурок и паст, он используется во фракции до 2,5 мм с плотностью до 150 кг/м<sup>3</sup>. Теплопроводность сухого перлита 0,05-0,07 Вт/(м\*К), а температура, которую он может выдерживать – +800-1000 °С.

Вермикулит более стоек в химическом отношении и практически не подвержен гидратации в составе цементного геля, то есть является пассивным материалом. Элементы же перлита частично подвергаются гидратации в растворах и принимают участие в образовании цементных камней, в результате чего взаимная их адгезия существенно выше. Кроме того, показатели насыпной плотности перлита значительно ниже, что дает возможность уменьшать его объем для достижения той же плотности. В результате этого, даже при комнатной температуре перлит и вермикулит имеют приблизительно одинаковую прочность, с увеличением температуры до 800-1000 °С преимущества перлита становятся более выраженными, и разница в прочности может достигать десятков и даже сотен раз. Перлит не имеет выраженной склонности к образованию трещин при высокой температуре.

Асбестовые материалы относятся к разновидностям гидросиликатов, которые легко расщепляются на тонкие волокна. Продукция на основе асбеста широко используется в качестве теплоизолятора при производстве различного промышленного оборудования, асботекстолита и прорезиненной ткани.

Также особую популярность на современном рынке огнезащитных материалов получили гипсоволокнистые. Они обеспечивают не только звукоизоляцию и защиту от теплопотерь, но также и качественную пожарную защиту. Например, негорючая плита КНАУФ-Файерборд состоящая из негорячего гипсового сердечника, все плоскости которого кроме торцевых кромок, облицованы негорячим стеклохолстом. Класс пожарной опасности материала - НГ(КМ0). КНАУФ-Файерборд применяется для облицовки стен, устройства перегородок и монтажа подвесных потолков в зданиях и помещениях, где необходимо применение негорючих материалов, например, на путях эвакуации, а также для конструктивной огнезащиты несущих конструкций, кабель- и вентканалов.

Огнезащитные панели на основе минеральных расплавов:

- Силикатно-кальциевый лист (СКЛ), это плотный лист размером 1200×2500 мм, включающий в себя силикатно-кальциевый наполнитель, эти панели имеют широкую область применения. Они одинаково хорошо подходят для отделки стен, пола, потолка, фасада, а также для возведения опалубки и организации защитных экранов на крыше, незаменимы при обшивке саун, бань, высокотемпературных помещений на производствах, отделки каминов и печей. К дополнительным плюсам СКЛ относятся высокая эластичность и

звукоизоляция, благодаря чему его часто используют при отделке ночных клубов, баров и звукозаписывающих студий.

- Стекло-магнезитовый лист (СМЛ) – это материал, в основе которого используется оксид магния и специальные добавки, армированные стекловолокном в двух сторон. Применяются они преимущественно в местах с высокой кинетической нагрузкой (кровля, полы и прочее). Также СМЛ отлично подходит для отделки вентилируемых фасадов, сэндвич-панелей и армирования пенобетона. Характеристики данного материала схожи с силикатно-кальциевыми листами, но имеют более высокую прочность и жесткость.

Пожарная безопасность строительных материалов зависит от их химического состава, природы, которая предопределяет возможные негативные последствия их деструкции при воздействии на материал комплекса экстремальных факторов при пожаре.

Кафедра Архитектурного материаловедения МАРХИ предлагает использовать методику экологического предпочтения при выборе материалов для определенного функционального назначения – в данном случае огнезащиты. Методика позволяет проанализировать воздействия продукции по ее жизненному циклу (ЖЦ) и оценить класс ее качества. Такой методический подход дает возможность соблюдать принцип вариантности при архитектурном проектировании и работать в рамках системы менеджмента качества по нормам международных стандартов серии ИСО 9000. Производится оценка воздействия продукции на окружающую среду и человека и методом сопоставительного анализа материалу присваивается класс экологического качества, который и будет определять класс предпочтения к применению. Отобранные строительные материалы методом логических рассуждений о возможности их негативных влияний на окружающую среду и человека и системного анализа по ЖЦМ располагают в ряд убывающего экологического предпочтения к применению - 1-ое, 2-ое, 3-ье предпочтение и 4-ое место в этом ряду займет материал, который по экологическим критериям оценки следует не применять, что фиксируется графой «избегать» применения. «Предпочтение -1» отдается материалу, который в меньшей степени негативно воздействует на окружающую среду и человека на протяжении всего жизненного цикла. То есть материал (от исходного сырья до вторичной переработки) соответствует критериям и требованиям по выбросам и эмиссиям, по переработке отходов, а также расходу энергии и ресурсов. Другие материалы со средними нагрузками занимают, последовательно, 2, 3 места. Последний по предпочтению попадает в колонку «избегать», если суммарная нагрузка на окружающую среду и человека от данного строительного материала высокая и он содержит в своем составе вредные для здоровья вещества, считается неэкологичным. Результаты анализа оформляют в информационной таблицу, названную «картой экологического выбора строительных материалов». При выборе материалов методом экологического предпочтения следует учитывать, что для композиционных материалов экологическая оценка безопасности материала выполняется для каждого компонента. В таблице 1 представлен пример карточки экологического выбора для листовых огнезащитных материалов.

Таблица 1 - Пример карточки экологического выбора для листовых огнезащитных материалов

Нагрузки на ОС по ЖЦМ	Огнезащитные материалы			Высокие
	Низкие	Средние		
Листовые огнезащитные см	Предпочтение 1	Предпочтение 2	Предпочтение 3	Избегать
	Вермикулито-перлитовые листы	СКЛ СМЛ	Гипсоволокнистые,	Асбестовые

Представленные методики широко используются в «зеленом, устойчивом» строительстве на стадии проектирования в странах Западной Европы, для архитекторов составлены информационные справочники. К сожалению, у нас аналогичных информационных систем нет, поэтому специалисты должны овладеть методикой экологического выбора материалов самостоятельно. Выбор материалов по экологическим критериям позволяет не только обеспечить долговечность и надежность зданий и сооружений, но и реальную перспективу экологической комфортности и гарантированной безопасности для здоровья человека и окружающей природной среды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *В.П. Князева* Экологические основы выбора материалов в архитектурном проектировании. – Москва, 2015.
2. <https://www.knauf.ru/>

УДК: 614.843.8

*С. С. Казарин, А. Д. Семенов, М. С. Кнутов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### О ПОВЫШЕНИИ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ СТВОЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ

В работе показано, что принцип принудительного обогащения воздухом раствора пенообразователя на комплекте сеток используется при получении воздушно-механической пены высокой кратности и компрессионной пены. Разработка методов принудительного обогащения раствора пенообразователя воздухом в стволах пожарных воздушно-пенных, позволит сократить расход пенообразователя на тушение пожара.

**Ключевые слова:** воздушно-механическая пена, ствол воздушно-пенный, раствор пенообразователя.

*S. S. Kazarin, A. D. Semenov, M. S. Knutov*

## **OF IMPROVING THE FOAMING OF TRUNKS FOR RECEIVING OF AIR AND MECHANICAL FOAM**

The paper shows that the principle of forced air enrichment of the foaming agent solution on a set of grids is used in the production of air-mechanical foam of high multiplicity and compression foam. The development of methods of forced enrichment of the foaming agent solution with air in the trunks of fire air-foam, will reduce the consumption of foaming agent to extinguish the fire.

**Keywords:** air-mechanical foam, the barrel of the air-foam, the solution of foaming agent.

На сегодняшний день потребность в эффективных огнетушащих средствах постоянно возрастает [1], что обусловлено ростом объема промышленного производства, развитием всех видов транспорта, созданием вычислительных центров, широким применением в технике материалов, обладающих повышенной пожаро- и взрывоопасностью.

Процесс горения представляет собой цепную реакцию, при которой образуются радикалы, активные молекулы и атомы с высокой реакционной способностью, которая определяется энергией взаимодействия, способствующие разветвлению, окислению цепей материала и распространению горения.

Основные способы прекращения процесса горения [2, 3]:

- охлаждение источника горения;
- изоляция источника горения от воздуха;
- понижение концентрации кислорода воздуха путём разведения негорючими газами;
- торможение (ингибирование) скорости реакции окисления.

Если внести в пламя частицы тушащего вещества то радикалы, активные молекулы и атомы, образующиеся в процессе горения, отдают этим частицам энергию, что приводит к снижению их собственной энергии. В этом случае энергия окисляющихся звеньев в цепной реакции горения будет уменьшаться, что приведет к прекращению горения вследствие невозможности взаимодействия радикалов друг с другом. Это приводит к обрыву цепной реакции и пламя гаснет. Механизм тушения путем изоляции источника горения и понижения концентрации кислорода воздуха основан на снижении скорости химической реакции окисления.

Одним из эффективных способов тушения пожаров является использования смачивателей для снижения поверхностного натяжения воды [4]. Развитие этого эффекта получило в разработке способа получения воздушно-механической пены, который основан (рисунок 1) на принудительном вспенивании раствора пенообразователя за счет воздуха эжектируемого пеногенерирующим устройством.

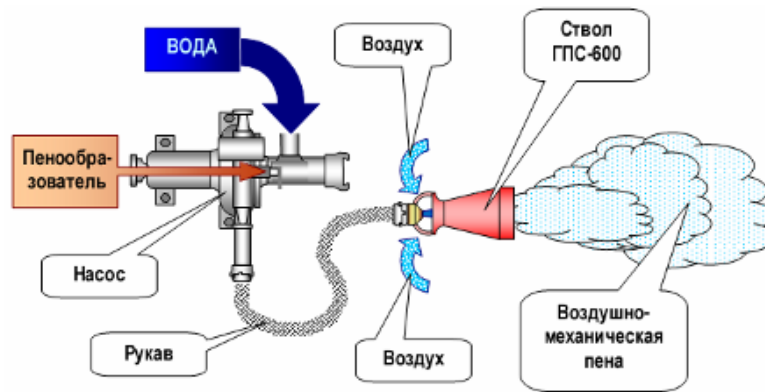


Рисунок 1 – Схема получения воздушно-механической пены

Воздушно-механическая пена (ВМП) представляет собой смесь воздуха, воды и пенообразователя. Пену используют для тушения легковоспламеняющихся жидкостей. Растекаясь по поверхности горячей жидкости, пена изолирует ее от пламени, вследствие чего прекращается поступление паров в зону горения. В связи с тем, что в пене содержится вода, происходит некоторое охлаждение поверхности жидкости [4].

На основании этих свойств данные виды пены (особенно средней кратности) нашли применение при объемном тушении в помещениях зданий, трюмах судов, в кабельных туннелях и на других объектах. Пена средней кратности является основным средством тушения ЛВЖ и ГЖ как в резервуарах, так и разлитых на открытой поверхности.

Однако для получения ВМП используются различные пеногенерирующие устройства. Основными пожарным оборудованием для получения воздушно-механической пены является:

- стволы пожарные воздушно-пенные [5];
- генераторы пены средней кратности [6];
- генераторы пены высокой кратности.

Чаще всего для получения пены раствор под давлением через распылитель поступает на сетку в виде капель. Поток воздуха, эжектируемого струей или подаваемого принудительно с помощью вентилятора, выдувает на сетке пузырьки пены. В аппаратах других конструкций на сетку, орошаемую водным раствором пенообразователя, подается мощный поток воздуха, который и обеспечивает получение пены. Анализ механизма получения ВМП, рассматриваемых устройств, показывает, что количество поступающего воздуха связано с конструкцией используемого ствола. Механизм подачи воздуха в ручных стволах и генераторах основан на эжекционных процессах протекающих при подаче раствора пенообразователя через насадок в корпус ствола.

Таким образом, увеличение объема подаваемого воздуха приведет к увеличению объема, получаемой ВМП. Принцип принудительного обогащения воздухом раствора пенообразователя на комплекте сеток используется при получении воздушно-механической пены высокой кратности и компрессионной пены.

Компрессионная пена - однородная пена, произведенная способом смешивания воды, пенообразователя и воздуха или азота под давлением. На

рисунке 2 представлена схема установки генерирования пены компрессионным способом. В пеногенерирующем устройстве происходит смешение воздуха воды и пенообразователя, что способствует получению компрессионной пены, которая имеет однородную структуру без остаточной жидкой фазы водного раствора пенообразователя, что снижает ее вес в 5-7 раз по сравнению с обычной воздушно-механической пеной [7].

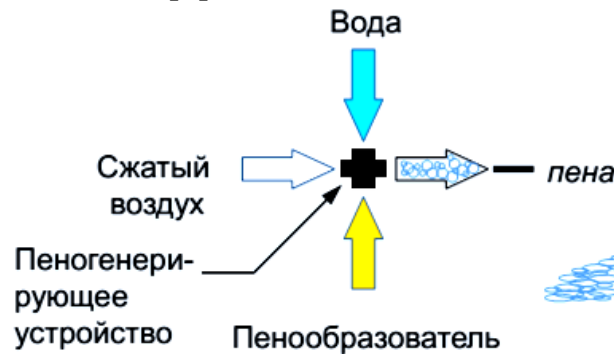


Рисунок 2 – Схема установки генерирования пены компрессионным способом

Проведенный анализ пожарного оборудования для получения ВМП показывает, что особенностью генератора струйного типа является относительно небольшая кратность образуемой им пены. Это объясняется тем, что объем эжектируемого воздуха, определяемый поверхностью вытекающих струй, незначителен. Однако положительное свойство генераторов этого типа – довольно значительная дальность полета струи пены при относительно небольших давлениях. Так же для получения ВМП подача пенообразователя и воздуха может осуществляться раздельно.

Пенообразование на сетках с принудительной подачей воздуха является единственным способом получения пены средней и высокой кратности, поэтому этот способ широко применяют для генерирования пены, предназначенной для тушения пожаров, подавления пылеобразования и других целей.

Таким образом, разработка методов принудительного обогащения раствора пенообразователя воздухом в стволах пожарных воздушно-пенных, позволит сократить расход пенообразователя на тушение пожара.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баратов А.Н., Андрианов Р.А., Корольченко А.Я. и др.; Под ред. Баратова А.Н. - М.: Стройиздат, 1988. - 380 с.: ил. - ISBN 5-274-00114-9.
2. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения» Справочник; Издание второе, переработанное и дополненное; Часть 1, М. – 2004 г.
3. Молчанов В.П., Гречушкин Н.Н. и др. Основные тенденции и направления развития пожарно-спасательных технологий и оборудования. - М.: 2010 185 с.
4. Шараварников А.Ф., Шараварников С.А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров (состав, свойства, применение) – М.: 2005, - 334 с.

5. ГОСТ Р 53251-2009 «Техника пожарная. Стволы пожарные воздушно-пенные. Технические требования. Методы испытаний».

6. ГОСТ Р 50409-1992 «Техника пожарная. Генераторы пены средней кратности. Технические требования. Методы испытаний».

7. *Алешков М.В., Емельянов Р.А., Колбасин А.А., Федяев В.Д.* Обзор применения технологии подачи компрессионной пены при тушении пожаров электрооборудования под напряжением / Технологии техносферной безопасности № 4 (62), 2015 г. <http://ipb.mos.ru/ttb>

УДК 537.624

*Д. В. Калашников, Н. С. Дашин, Е. А. Трифонов*

ФГБУ СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ (ГВОЗДЕЙ), ПОДВЕРЖЕННЫХ ТЕРМИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ В ХОДЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОЖАРА**

В настоящее время существуют трудности в определении очага пожара на развившихся пожарах, горючие материалы на которых в большинстве случаев полностью могут быть уничтожены. Однако на таких пожарах остаются металлические крепежные элементы, в частности гвозди, и как правило в тех местах, в которых происходило их крепление. Подобные обстоятельства являются основанием для рассмотрения возможных методик исследования металлических гвоздей для дальнейшего определения очага пожара.

**Ключевые слова:** гвозди, пожар, очаг пожара, полевые методы исследования, коэрцитиметр, магнитный толщиномер.

*D. V. Kalashnikov, N. S. Dashin, E. A. Trifonov*

## **INSTRUMENTAL STUDIES OF METAL FASTENERS (NAILS) EXPOSED TO THERMAL IMPACT DURING FIRE OCCURRENCE AND DEVELOPMENT**

At present, there are difficulties in determining the fire site on developed fires, the combustible materials on which in most cases can be completely destroyed. However, metal fasteners, in particular nails, remain on such fires, and typically where they were attached. Such circumstances are the basis for consideration of possible methods of investigation of metal nails for further determination of the fire site.

**Keywords:** nails, fire, seat of fire, field methods of a research, magnetic feeler gage.

Выяснение обстоятельств происшествий, связанных с пожарами, представляет большие сложности из-за специфики самого явления пожара. В

процессе развития и тушения пожара исчезает или видоизменяется следовая информация об обстоятельствах возникновения и развития пожара, которую можно обнаружить и использовать для решения задач расследования. Важной особенностью пожара по сравнению с другими происшествиями является то, что на образование следов, их сохранность и доступность для последующего обнаружения и исследования накладывают отпечаток процессы, происходящие при развитии и тушении пожара. В итоге многие информативные следы могут быть уничтожены. Однако на таких пожарах остаются металлические крепежные элементы, в частности гвозди, и как правило в тех местах, в которых происходило их крепление. В данной статье рассмотрена криминалистическая значимость инструментального исследования подобных крепежных изделий.

Гвоздь – крепежное изделие, метиз в виде стержня с головкой и острым концом. По форме стержень может быть цилиндрическим, параллелепипедным, конусовидным или пирамидальным. Гвоздь используется для крепления деталей из различных материалов (в основном древесных) между собой. Путём забивания молотком осуществляется внедрение гвоздя в тела соединяемых деталей, в которых гвоздь удерживается силой трения. Гвоздь состоит из головки, насечки, стержня, острия.

Согласно пожарно-технической методологии с сохранившихся на месте пожара конструкций, предметов или их обгоревших остатков отбирают пробы, которые затем доставляют в лабораторию на исследование. Получаемые в результате исследования сведения о распределении зон термических поражений, находившихся на месте пожара конструкций, температуре их нагрева и длительности горения в тех или иных зонах существенно облегчают поиски очага, делают выводы специалиста более объективными и доказательными. Точки отбора проб и их количество выбирают исходя из потребности в информации о тех или иных участках места пожара.

В целях выявления зон термических поражений на месте пожара отбирают однотипные металлические гвозди, рассредоточенные по исследуемой зоне пожара. Изделия должны быть одного типоразмера. По возможности, целесообразно в качестве объекта сравнения изъять один экземпляр такого же изделия, находившегося вне зоны нагрева. Каждый металлический гвоздь должен быть снабжен биркой с пояснительным текстом (номер образца, место изъятия).

Факт отбора проб материалов на исследование должен быть зафиксирован в протоколе осмотра места пожара или в специальном протоколе изъятия проб. Все точки отбора проб отмечают на плане места пожара, который при необходимости сопровождают краткими комментариями. Каждую пробу упаковывают в надежно закрытый пакет или емкость, на котором указывают номер пробы, а все вместе - в полиэтиленовый пакет.

### **Инструментальное исследование металлических гвоздей в лабораторных условиях**

Учитывая физические особенности и разнообразие строительных гвоздей, на первом этапе должно проводиться визуальное исследование представленных



объектов с определением: геометрических размеров, массы. С последующим выявлением соответствия принятым стандартам.

Технические требования на гвозди при соответствии ГОСТ 4028-63 представлены в ГОСТ 283-75 «Гвозди проволочные. Технические условия».

Гвозди должны изготавливаться в соответствии с требованиями вышеуказанного стандарта по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке. Гвозди изготавливают:

- круглого сечения - из низкоуглеродистой стальной термически необработанной проволоки без покрытия по ГОСТ 3282 или из проволоки по нормативно-технической документации (НТД);

- фасонного сечения - из низкоуглеродистой стальной термически необработанной проволоки без покрытия по НТД.

Определение зон различных термических поражений проводится путём измерения тока размагничивания однотипных холоднодеформированных изделий, находящихся в различных зонах места пожара. Суть методики заключается в оценке глубины развития дорекристаллизационных и рекристаллизационных процессов у холоднодеформированных стальных изделий при нагревании в ходе пожара. Определение степени рекристаллизации осуществляется магнитным методом.

В случае соответствия вышеуказанным стандартам можно полагать, что изъятый с места пожара строительный гвоздь является холоднодеформированным и к нему можно применить вышеописанную методику.

Степень рекристаллизации зависит от параметров теплового воздействия на холоднодеформированный металл, и в первую очередь, от температуры. Таким образом, оценив степень рекристаллизации однотипных холоднодеформированных изделий, расположенных в различных зонах пожара, можно выявить зоны различного по интенсивности термического воздействия на конструкции.

Наиболее удобным неразрушающим методом определения степени рекристаллизации на пожаре является магнитный метод.

Коэрцитивная сила (величина напряжённости магнитного поля, при которой равна нулю намагниченность материала, измеряющаяся по петле гистерезиса) и соответствующая ей величина тока размагничивания являются наиболее структурочувствительными магнитными характеристиками материала. Это позволяет использовать их в технике в качестве параметра неразрушающего контроля структуры, механических свойств металла, глубины и твёрдости поверхностно-упрочненных слоев и т.п.

Измеряемым параметром при работе по данному методу является величина тока размагничивания  $I_p$  (мА). Скорость рекристаллизации и, соответственно, изменение величины тока размагничивания при нагреве в изотермических условиях последовательно возрастает с увеличением температуры нагрева. При нагреве в динамическом режиме изменение величины  $I_p$  начинается от 200 °С и заканчивается с завершением процесса рекристаллизации - при 600 - 700 °С.

Таким образом, в пределах указанных температур зоне наибольшего теплового воздействия соответствует местонахождение металлоизделия с экстремально низкой величиной тока размагничивания.

Для определения величины тока размагничивания используется коэрцитиметр. Особо тщательная подготовка поверхности изделия под установку полюсов преобразователя коэрцитиметра не требуется. Необходимо лишь счистить обгоревшие остатки краски, либо пожарного нагара.

Измерения проводятся на однотипных элементах конструкции, расположенных в различных зонах пожара. Исследуемое металлоизделие должно иметь длину не менее расстояния между полюсами преобразователя и может быть с практически любым по конфигурации сечением.

На гвоздях длиной до 20 мм измерения проводятся непосредственно у головки. На гвоздях длиной более 20 мм измерения проводятся на нескольких участках. Преобразователь прибора устанавливается на изделие или изделие помещается на полюсе преобразователя прибора; и затем, после цикла намагничивание - размагничивание, определяется величина размагничивающего тока ( $I_p$ , мА). Циклы измерений на одном объекте повторяются 4 - 6 раз, после чего рассчитывается среднее значение  $I_p$ .

В случае если не разрешены разрушающие методы исследования необходимо применить магнитный толщиномер, который может использоваться с целью определения толщины окалины ( $S$ , мм). В ходе развития пожара на металлических конструкциях образуется окалина. При этом отметим, что увеличение толщины окалины прямо пропорционально длительности теплового воздействия.

Поверхностный слой окалины также может быть подвергнут вихретоковому методу путем измерения величины ЭДС (мВ). Чем ниже значение ЭДС, тем больше степень термических поражений. Вихретоковые методы основаны на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля. Плотность вихревых токов в объекте зависит от геометрических и электромагнитных параметров объекта, а также от взаимного расположения измерительного вихревого токового преобразователя (ВТП) и объекта. Для исследований по данной методике в настоящее время используются вихретоковые приборы «МВП-2М».

#### **Пример практического исследования металлических гвоздей, подверженных термическому воздействию**

Пожар произошел весной 2019 года в хозяйственных постройках в одном из районов Ивановской области (рис. 1).



Рисунок 1 – Фото с места пожара

Качественный анализ термических поражений строений позволяет выявить, что строительные конструкции поражены огнем по всей площади, в виде выгорания до угольного и зольного остатка. Таким образом, для выявления зоны с наибольшими термическими поражениями необходимо применение полевых инструментальных методов исследования. В результате пожара строения полностью уничтожены огнем. В качестве крепежных изделий деревянных конструкций до пожара применялись гвозди. В ходе развития пожара деревянные конструкции выгорели до угольного остатка, при этом гвозди распределенные по вертикали и горизонтали строительных элементов были обрушены на землю.

В ходе осмотра места происшествия из закладных бревен строений были изъяты металлические гвозди согласно схеме к протоколу осмотра места происшествия, были помещены в полиэтиленовый пакет с пояснительной запиской, подписями дознавателя и специалиста, опечатаны печатью отдела надзорной деятельности (рис. 2).

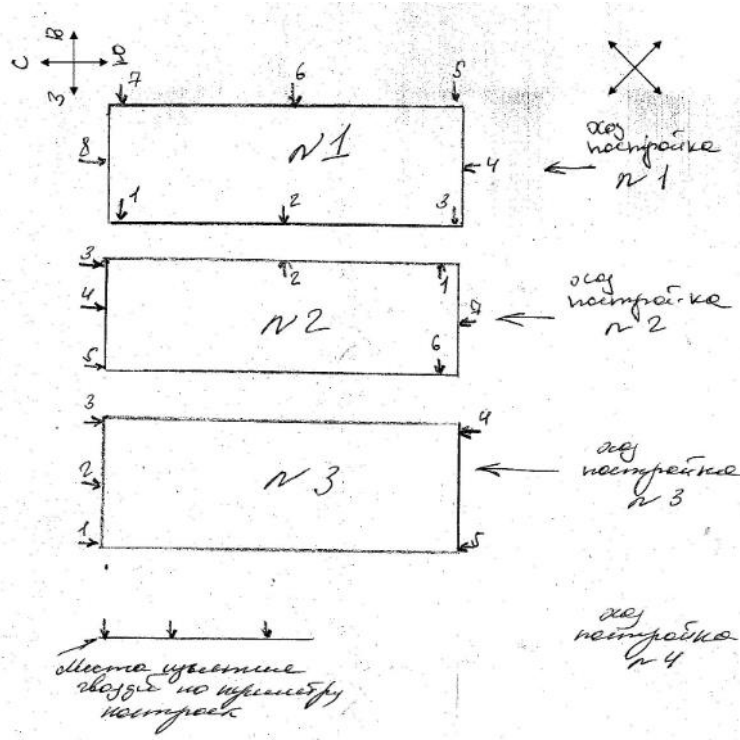


Рисунок 2 - Схема к протоколу осмотра места происшествия

На экспертизу представлены три пакета. При вскрытии пакетов изъятия были обнаружены металлические гвозди длиной 15 см и диаметром 5 мм. Гвозди пронизаны через фрагмент бумаги, на которой имеется пояснительный текст (место и номер изъятия). В пакете изъятия №1 имеются восемь металлических гвоздей (рис. 3).



Рисунок 3 – Содержимое пакета изъятия №1

Проводились инструментальное исследование гвоздей на определение степени термического поражения при помощи следующих приборов:

коэрцитиметр импульсный микропроцессорный КИМ-2М (далее - коэрцитиметр), магнитный толщиномер МТ 2003.

Таблица 1 – Результаты инструментального исследования гвоздей на определение степени термического поражения

Идентификация гвоздя	изъятия	$I_p$ , А	S, мм
Пакет изъятия № 1 (Дом №1)			
1		0,009	0,31-0,61
2		0,020	0,22-0,37
3		0,025	0,29-0,63
4		0,021	0,20-0,96
5		0,000	0,13-0,48
6		0,009	0,34-0,58
7		0,022	0,18-0,60
8		0,025	0,16-0,38

Значения «0,000» и близко полученные к ним при исследовании коэрцитиметром, связаны с тем, что на поверхности имелся достаточно толстый слой окалины. Окалина образуются на металлической поверхности при длительном и интенсивном тепловом воздействии (температура свыше 700 °С). Следовательно, определяющими (наиболее объективными при условии сохранения слоя окалины на поверхности гвоздей) в данном случае по определению степени термического поражения будут являться показания магнитного толщиномера. При анализе значений, экспертом выделяется, что в пакете изъятия № 1 наибольшему термическому воздействию подвергся гвоздь с бумажной биркой «4».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методических рекомендаций «Применение инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: Сборник методических рекомендаций / Под ред. И.Д. Чешко и А.Н. Соколовой. СПб, СПб филиал ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008 - 279 с.
2. ГОСТ 27017-86. Изделия крепежные. Термины и определения.
3. ГОСТ 283-75 Гвозди проволочные. Технические условия.

УДК 54.06+614.849+616

*Н. А. Кропотова, Е. Ю. Решетова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **БУДУЩЕЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ТКАНЕЙ**

Современность предъявляет все больше требований пожарной и экологической безопасности. Поиск возможных альтернатив традиционным антипиренам подталкивает научные и промышленные круги к разработке новых продуктов, которые проявляют низкое воздействие на окружающую среду и одновременно снижая их токсичность.

**Ключевые слова:** антипирены, статистика пожаров, природа антипиренов, огнестойкость, негорючие ткани, пожарная безопасность, биомакромолекулы.

*N. A. Kropotova, E. Yu. Reshetova*

## **THE FUTURE OF FLAME RETARDANT FABRICS**

Modernity imposes more and more requirements of fire and environmental safety. The search for possible alternatives to traditional flame-retardants is pushing the scientific and industrial community to develop new products that exhibit low environmental impact while reducing their toxicity.

**Keywords:** flame-retardants, fire statistics, nature of flame-retardants, fire resistance, nonflammable fabrics, fire safety, biomacromolecules.

Общество предъявляет высокие требования к продуктам промышленного производства, требуя повышения времени выдерживания пламени без воспламенения и снижения экологической нагрузки. Промышленность в ответ прибегает к использованию антипиреновых добавок в лакокрасочную продукцию, текстильную продукцию, др. Так антипирены проникли в жизнь современного общества начиная от быта и заканчивая отдыхом на природе: пропитка деревянной мебели, ткани для дизайна помещений, кресла автомобильные или для самолета, обивка поезда, матрасы, присадки в пластмассовые приборы и корпуса оборудования, многое другое.

Маркетинговое исследование [1] констатирует повышение импорта в Россию, начиная с 2017 года, различной мебели: Китай, Беларусь, США, др. Исследования производственных диванов и матрасов показал, что 65% испытываемых образцов содержали полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ), 63% оказалось в автомобильных креслах, и больше всего оказалось 70% в мягких игрушках, привезенных из Азии. При загорании огнезащитных материалов происходит превышение уровня диоксинов и фуранов. Бромированные антипирены выделяют сильно токсичные газы при

воспламенении, которые вредны как для людей, так и для окружающей среды, и еще одна их особенность – чрезвычайно устойчивы в окружающей среде, подобно радиоактивности способны накапливаться с течением времени.

Анализ правоприменительной практики позволил выявить ряд основных причин пожаров. Значительное количество возгораний (22%) происходит из-за нарушения собственниками жилых помещений правил пожарной безопасности, при этом более 7 тыс. человек погибло [2], причем 70% относится к жилому сектору, производству – 3%, торговым центрам 2,8%, сельскохозяйственные объекты 2,3%, административные учреждения 1,7%, склады 0,6%. Стоит отметить, что практически все сферы жизнедеятельности человека зависят от окружающей обстановки, которая должна отвечать нормам пожарной безопасности. Так если производитель диванов и матрасов антипирены уже включает в состав мебельной пены, то получается, что обивка мебели тоже должна быть негорючей. В противном случае, действие антипиренов будет неэффективным, поскольку при загорании текстильной продукции, происходит подавление огнезащитных химических составов. Следовательно, антипирены нужны, но их химическая природа не должна создавать дополнительные экологические нагрузки токсичности и задымления. Поиск в течение последних 70 лет мировой практики показывает, что были разработаны и произведены специальные добавки, т.е. встраиваемые из поверхностно-обработанных антипиренов, способных замедлять распространение пламени и даже предотвращать горение материалов. Поиск альтернативных экологически чистых антипиренов настолько стремителен, что за последние годы создано множество направлений. В частности, применительно к волокнам и тканям на сегодняшний день разработано несколько классов антипиренов, различающихся по химической структуре и составу, а также задействованному механизму антипирена.

Поскольку научно-технический и нано-инновационные разработки диктуют свое развитие, поэтому промышленность была сосредоточена на разработке, обобщения и использования крупномасштабных прочный процедуры, либо на природные (в основном целлюлозы) или синтетических текстильных субстратов. Действительно, основными целями проведенных исследований были вопросы эффективности, долговечности (т.е. устойчивости к условиям окружающей среды), стоимости и комфорта. Поэтому галогенированные органические (главным образом бромированные и хлорированные), фосфор- и/или азотсодержащие и неорганические антипирены были плодотворно использованы для обеспечения огнестойкости различных типов текстильных материалов, как натуральных, так и синтетических, а также их смесей (таких как хлопкополиэфирные смеси). Несмотря на значимость и эффективность научно-промышленных разработок, некоторые продукты тканей на основе галогенов, такие как полихлорированные бифенилы, декабромдифенил или пентабромдифениловые эфиры становятся запрещенными во многих странах Европы, США, Германии, др.



Первоначальные исследования химических веществ на основе фосфора для антипиренов расширились до наноматериалов, что привело к появлению антипиренов без галогенов. По своей природе эти вещества имеют очень низкий уровень токсичности и являются биоразстворимыми, что означает, что они в конечном итоге минерализуются в природе и не оказывают вредного воздействия на генетику живого мира. Антипирены на основе фосфора состоят из различных органических и неорганических соединений, которые могут быть либо реакционноспособными продуктами, химически связанными в полимерный материал; либо аддитивными продуктами, включенными в материал – первоначально используемый в производстве пенополиуретанов для текстильной промышленности, выпускающей негорючие материалы.

Антипирены основанные с применением Nano-глины, вполне естественным огнезащитным материалом, относящие к окружающей среде заботы минимальны с этими антипиренами. Однако открытие нановспучивающейся технологии для антипиренов само по себе является подвигом. Эти антипирены расширяются при воздействии пламени, образуя крошечные пузырьки на поверхности ткани, создавая «многоклеточный слой обугливания» - изолирующий и защитный барьер, который предотвращает воспламенение тканевого материала, а не просто контролирует распространение огня. Будучи очень малыми по форме, полимеры на водной основе имеют тенденцию хорошо впитываться в каждое волокно материала, такого как хлопок, и обеспечивают узкоспециализированную одежду, которая действительно является «огнестойкой» тканью – с низким уровнем токсичности, и с огромным значением для обеспечения безопасности человека.

Обратившись к видам негорючих материалов, обнаружили их множество: асбестовые, кварцевые, базальтовые, кремнеземные, углеродные, арамидные, полиэфирные (рис. 1).

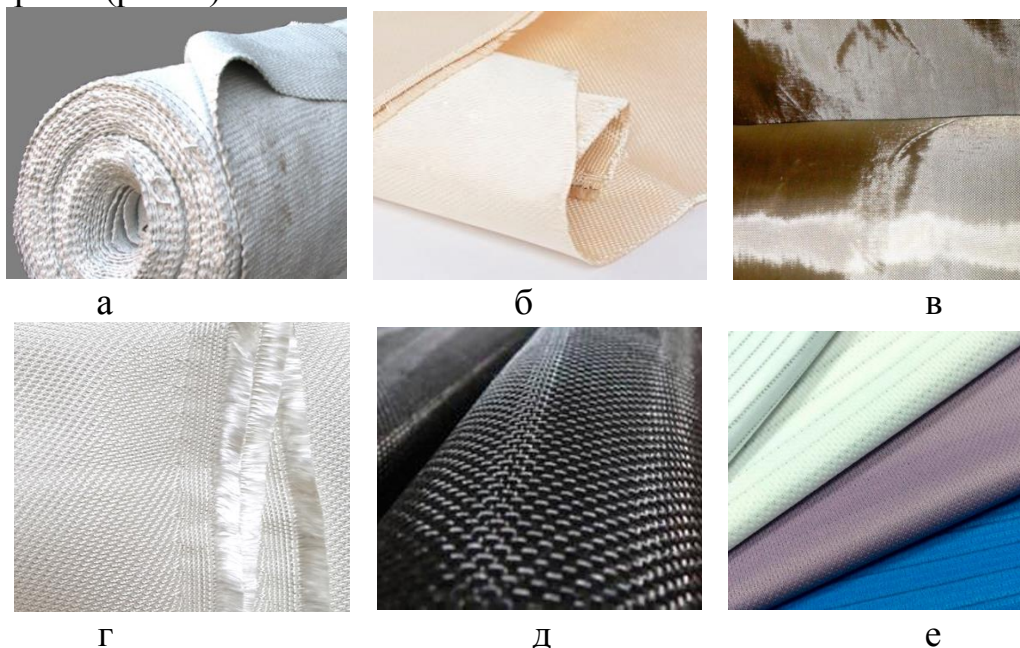


Рисунок 1 – Виды негорючих тканей: а - асбестовые, б - кварцевые, в - базальтовые, г - кремнеземные, д – углеродные, е- арамидные



В испытательной лаборатории [3] образцы тканей подвергали испытаниям на горючесть воздействием открытого пламени, результаты которых приведены на рис. 2.

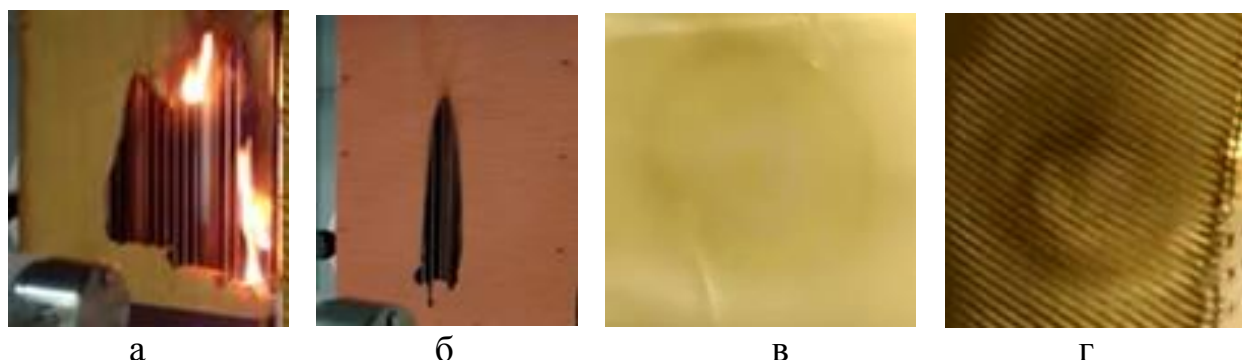


Рисунок 2 – Испытание материалов на горючесть воздействием открытого пламени в течении 1 мин [3]: а – трудногорючая ткань (ткань с использованием пропитки), б – модифицированное полиэфирное волокно, в – кремнеземная (кварцевая) ткань, г – базальтовое волокно

При проведении обзора по перспективному направлению создания огнезащитных тканей будущего обратимся на последние достижения химиков. На лабораторном уровне были тщательно изучены пригодность и эффективность некоторых биомакромолекул и биопродуктов с определенной химической структурой и составом в качестве эффективных антипиренов для натуральных или синтетических текстильных материалов [4].

В частности, различные белки (такие как сывороточные белки, казеины и гидрофобины), нуклеиновые кислоты и экстракты из природных источников, даже отходы и сельскохозяйственные культуры были отобраны и использованы для разработки огнезащитных отделочных обработок для нескольких волокон и тканей.

Было установлено, что эти биомакромолекулы и биопродукты, которые обычно содержат ключевые элементы (т.е. азот, фосфор и серу), могут быть легко применены к текстильным изделиям с использованием стандартных методов пропитки/истощения или даже послойного метода. Неоспоримым достоинством этих разработок явилась их экологичность, эти «зеленые» продукты в основном отвечают за образование стабильного защитного углеродсодержащего остатка в результате воздействия теплового потока или открытого пламени на текстильную подложку.

Современный интерес научного (и промышленного) сообщества к этим биомакромолекулам как потенциальным новым антипиренам может быть оправдан рядом преимуществ: в частности, они обладают низким экологическим воздействием и могут быть применены к текстильным материалам с использованием уже существующих промышленных отделочных установок (т.е. установок пропитки/истощения и распыления). Кроме того, некоторые из выбранных биомакромолекул (такие как сывороточные белки и казеины)

являются побочными продуктами из агропродовольственной промышленности; поэтому валоризация антипиренов могут представить хорошую отправную точку для избежания мест захоронения отходов, что является актуальным в рамках концепции круговой экономики.

Технология предложенная итальянскими учеными, имеет ряд недостатков: эта технология остается на уровне лабораторных исследований (т.е до разработки данного антипирена в промышленных масштабах, возможно займет какое-то время); нуклеиновые кислоты (ДНК) - недешевый материал, хотя в данной технологии не требуется их чистоты; ткани проигрывают по комфортным ощущениям, например, мягкости (телесные соприкосновения могут причинять дискомфорт).

Несомненно, у негорючих тканей и химической промышленности есть новые рекорды, исходя из с инновационных технологий, применяемых на текстильных производствах, остается надеяться, что огнезащитная текстильная промышленность будет выпускать многофункциональные и экологически чистые умные негорючие ткани, полностью исключив из химического состава галогенсодержащие соединения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркетинговое исследование за последние пять лет и прогноз до 2023 года // URL: [https://www.e-o.ru/research/furniture\\_market.htm](https://www.e-o.ru/research/furniture_market.htm), 06.09.2019
2. Статистика пожаров за 2018 год в России // URL: <https://eadaily.com/ru/news/2019/04/10/v-rossii-2018-godu-na-pozharah-pogibli-7296-chelovek>, 10.04.2019.
3. Огнеупорная и негорючая ткань: виды материалов и характеристики // URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/negoryuchaya-tkan/>, 04.03.2019
4. *Malucelli G.* Биомакромолекулы и биопродукты для разработки огнезащитных тканей: современное состояние и перспективы развития // Молекулы 2019 года, 24(20), 3774. URL: [https://doi.org/10.3390/molecules\\_24203774](https://doi.org/10.3390/molecules_24203774), 20.10.2019.

УДК 614.841

*Р. А. Левтер, И. А. Бирюкова, Н. А. Таратанов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ПАРА**

В работе разбираются основные причины возникновения пожара при аварийном режиме работы популярных устройств генерации пара, т.к. в электронной сигарете имеют место быть несколько источников зажигания, которые могут привести к возникновению горения.

**Ключевые слова:** электронная сигарета, генерация пара, пожар, аккумуляторная батарея, аварийный режим.

*R. A. Lewter, I. A. Biryukova, N. A. Taratanov*

## **INVESTIGATION OF FIRE HAZARD DEVICES FOR STEAM GENERATION**

In the work understand the main causes of fire during the emergency operation mode is a popular device of steam generation, because e-cigarettes have a place to be several ignition sources that can cause burning.

**Keywords:** electronic cigarette, steam generation, fire, rechargeable battery, emergency mode.

В настоящее время в Российской Федерации ведется работа по приравнению на законодательном уровне электронных сигарет к обычным сигаретам. Так как Vape (электронные сигареты) являются источником пожарной опасности.

Также интерес к электронным сигаретам идет со стороны здравоохранения, что подтверждается трагическими случаями гибели нескольких человек из-за странной болезни легких, которую врачи связывают с курением электронных сигарет.

Электронные сигареты (их еще называют Vape) вырабатывают пар, нагревая специальную жидкость. Вдыхание этого пара имитирует курение. В состав жидкости для Vape обычно входят пропилен гликоль или растительный глицерин (а чаще всего их смесь), всевозможные ароматизаторы (от клубничного или мятного до табачного) и никотин, хотя существуют и безникотиновые жидкости.

Системы электронного нагрева табака работают по другому принципу. Устройство нагревает не жидкость, а специальный табачный стик, похожий на обычную сигарету.

И в том, и в другом случае процесса горения как такового не происходит. Поэтому, например, принято говорить, что электронные сигареты не курят, а «парят» или «вэйпят» [1].

В настоящий момент рынок электронных сигарет и систем нагревания табака в России не регламентирован, существуют только стандарты на жидкости и нагреваемый табак, но их соблюдение не является обязательным.

В настоящий момент запреты на продажу Vape-девайсов и жидкостей для них несовершеннолетним действуют в Москве, Санкт-Петербурге, Калининграде, Пензе, Бурятии и на других территориях.

Сама по себе электронная сигарета – это ингалятор специального назначения для личного пользования с аэрозольным генератором сверхмалой мощности (см. рисунок 1).

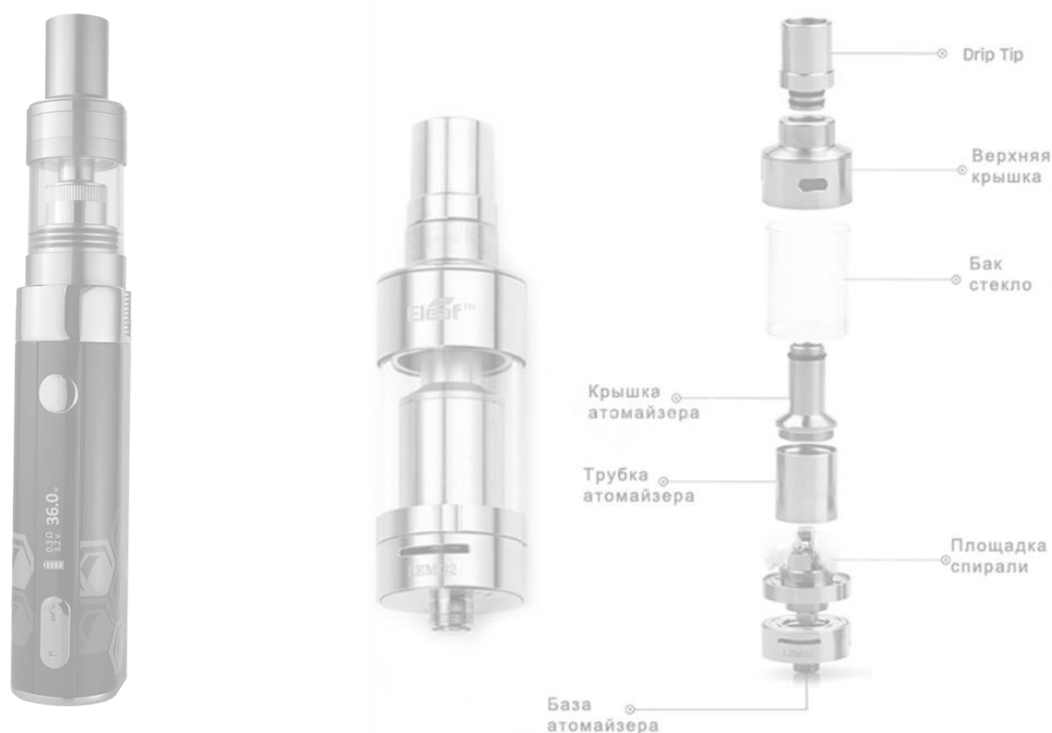


Рисунок 1 - Внешний вид и составные части электронной сигареты

Данное устройство включает в себя три основных элемента:

1. мундштук – пластиковый наконечник. Он выполняет ту же функцию, что и фильтр в традиционной сигарете;
2. клиромайзер, который состоит из трех частей: корпуса, испарителя и емкости для курительной жидкости;
3. аккумулятор. Он снабжает энергией каждый участок потребления.

Далее оценим основные элементы и принцип действия электронной сигареты. Стальной корпус состоит из атомайзера (дрипки) и батарейного блока. В дрипке необходимо смачивать ватку жидкостью после нескольких затяжек. Для управления предназначена всего одна кнопка.

Характеристики большинства устройств: мощность – до 60 Ватт; сопротивление – 0,2 Ома со штатной базой; тип аккумуляторов – 18650 (1 шт), ток от 25 Ампер; максимальный ток зарядки – 1 Ампер.

В электронной сигарете имеют место быть несколько источников зажигания, которые могут привести к возникновению горения [2-4]. Первый – это спираль (нагревательный элемент) в испарителе, от которой тепловая мощность приводит к испарению жидкости (см.рисунок 2).

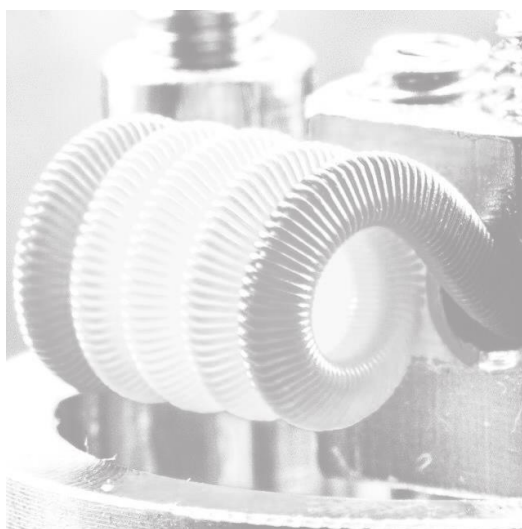


Рисунок 2 - Внешний вид спирали (нагревательного элемента) в испарителе

Второй – тепловыделение в результате аварийного режима работы контактных элементов корпуса (короткого замыкания, большого переходного сопротивления) (см. рисунок 3).



Рисунок 3 - Результат аварийного режима работы контактных элементов корпуса

Третий – тепловыделение (искры) при аварийном режиме работы аккумуляторной батареи (см. рисунок 4).



Рисунок 4 - Результат аварийного режима работы аккумуляторной батареи

Из выше сказанного следует, что аккумуляторы типа 18650 чаще всего являются Li-ion, а недостаточный уход за аккумулятором может спровоцировать взрыв прибора. Со временем в батарее может накапливаться вытекающая из атомайзера жидкость, влекущая замыкание в приспособлении, а также грязь, без использования специального чехла. Некорректный уход может заключаться в неправильном подходе к процессу зарядки батареи, а также её эксплуатации (например, игнорировании соблюдения температурного режима или повреждении изоляции самой батареи). Опасность того, что, возможно, будет взрыв можно определить по вздувшемуся аккумулятору или несвойственному нагреву корпуса электронной сигареты в результате аварийного режима работы контактных элементов корпуса. Также может вызвать аварийный режим в аккумуляторной батарее, низкокачественные или поврежденные батареи.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://ecoportal.su/news.php?id=103091> (дата обращения 02.10.2019).
2. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.08 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров. Методическое пособие, -М.: ВНИИПО, 2002.- 330с.
4. Применение инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: Сборник методических рекомендаций / Под ред. И.Д. Чешко и А.Н. Соколовой. СПб, СПб филиал ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008 – 279 с.

УДК 677.027:677.047.6

*А. А. Липина, О. И. Одинцова, О. А. Есина, А. С. Антонова*  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ АКАРИЦИДНО-РЕПЕЛЛЕНТНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНОЙ СПЕЦОДЕЖДЫ**

Разработана методика получения наноэмульсии, содержащей в своем составе акарицидно-репеллентное вещество, масляной растворитель, синтетические полиэлектролиты и ПАВ. С применением методов динамического рассеивания света и оптической микроскопии оценены размеры полученных нанокapsул в зависимости от условий гомогенизации.

**Ключевые слова:** альфа-циперметрин, синтетические полиэлектролиты, микрокапсулирование, наноэмульсии, акарицидно-репеллентные вещества.

*A. A. Lipina, O. I. Odintsova, O. A. Esina, A. S. Antonova*

## **APPLICATION OF THE MICROCAPSULATION METHOD OF ACARICID- REPELLENT SUBSTANCES FOR CREATION OF PROTECTIVE COVERALLS**

A method for producing a nanoemulsion containing an acaricidal-repellent substance, oil solvent, synthetic polyelectrolytes and surfactants was developed. Using the methods of dynamic light scattering and optical microscopy, the sizes of the obtained nanocapsules depending on the conditions of homogenization were estimated.

**Keywords:** alpha-cypermethrin, synthetic polyelectrolytes, microencapsulation, nanoemulsions, acaricidal-repellent substances.

В настоящее время развитие научного прогресса направлено на разработку инновационных текстильных изделий. Репелленты для насекомых, длительные ароматы и препараты, смягчающие кожу, противомикробные средства для медицинских тканей – являются дополнительными желаемыми свойствами, которые применяют производители одежды, чтобы повысить ее ценность и стоимость [1].

Методы инкапсуляции возможно использовать для акарицидно-репеллентной отделки текстильных материалов, так как они будут способствовать ее долговечности [2]. Эта инновационная технология использует микрокапсулы, которые действуют как маленькие контейнеры с жидкостями, которые должны выделяться из внутреннего ядра в контролируемых условиях для решения конкретной цели [3]. Инкапсулированное акарицидно-

репеллентное (АРВ) вещество высвобождается из микрокапсул, нанесенных на текстильный материал, во время механического трения при движении человека [4]. Костюмы, пошитые из ткани с такими микрокапсулами станут необходимым средством противоклещевой защиты для людей, профессиональная деятельность которых связана с работой в лесостепной полосе: пожарных, геологов, спасателей и военнослужащих [5,6]. Перспективным методом нанесения микрокапсул на текстильный материал является пропитка его наноэмульсией. Эмульгированные системы являются наиболее распространенной формой представления промышленных продуктов. Их отличная способность солюбилизировать гидрофильные и липофильные соединения объясняет научное и коммерческое значение данных систем [7].

Цель настоящего исследования заключалась в создании устойчивой формы препарата на основе нанокапсул, содержащих акарицидно-репеллентные вещества и разработки технологии их использования для акарицидно-репеллентной отделки целлюлозных материалов.

В качестве репеллентного препарата для исследования был выбран альфациперметрин – синтетический пиретроид отечественного производства, который менее токсичен и более активен по сравнению с импортным препаратом на основе перметрина.

Альфаципериметрин не растворим в воде, что предопределило выбор нетоксичного масляного растворителя, а также поиск эффективного эмульгатора для получения наноэмульсии, содержащей в своем составе репеллент. В качестве растворителя было выбрано оксиэтилированное рапсовое масло (ОРМ); в качестве эмульгатора опробованы неионогенные оксиэтилированные алкилфенолы, анионоактивные поверхностно-активные вещества (ПАВ), (Эмполы, Карбоксипав).

Эмульсии получают механическим диспергированием дисперсной фазы в дисперсионной среде в присутствии эмульгатора. Для этого используют специальные эмульгаторы, мешалки, коллоидные мельницы. Наиболее частой ошибкой при получении эмульсий является неправильный выбор интенсивности механического воздействия. Существует некоторая оптимальная интенсивность механического воздействия, выше которой происходит не диспергирование, а наоборот – коалесценция.

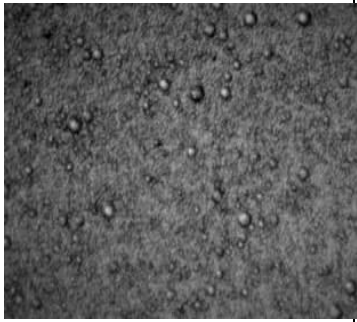
Параметрами наночастиц, позволяющими охарактеризовать их, являются: материал частицы, ее размеры. Детальное понимание аспектов стабильности систем способствует повышению качества производимой и разрабатываемой продукции [8].

Изучено влияние скоростей перемешивания раствора на процесс формирования микрокапсул с использованием гомогенизатора JRJ300–1. Значение указанного параметра варьировалось от 1000 до 7000 об/мин. Состав эмульсий и полученные результаты после ее формирования сведены в таблицу 1. Показано, что скорость перемешивания растворов влияет на форму и размер микрокапсул. При скоростях перемешивания до 3000 об/мин капсулы заметно агрегировали, а дальнейшее увеличение скорости приводило к исчезновению



агрегатов большого размера. При этом средний размер микрокапсул составляет уже от 100 до 120 нм (таблица 1).

Таблица 1 - Влияние числа оборотов на размеры частиц микрокапсул

Состав, г/л	Число оборотов, об/мин	Время перемешивания, мин	Размер частиц, нм	Процентное соотношение, %	Микрофотография полученных капсул
АРВ+масляной растворитель – 5 АПАВ – 4 НПАВ – 4 КПАВ – 1 НПАВ - 4	1000	5	200,5	40,0	
			160,8	44,0	
			1290,0	16,0	
	3000	5	101,2	90,2	
			120,4	9,8	
5000	5	95,8	96,4		
		77,4	3,6		
7000	5	94,0	95,5		
			23,8	4,5	

При скорости перемешивания от 3000 до 7000 об/мин образуется большее количество однородных по размеру мелких капсул. Дальнейшее повышение скорости перемешивания нецелесообразно, так как при интенсивном перемешивании возможно снижение потенциального барьера коалесценции и полное разрушение эмульсии [9]. Повышение скорости перемешивания от 3000 до 7000 об/мин практически не оказывает заметного влияния на размер микрокапсул. Исходя из полученных результатов была выбрана оптимальная скорость перемешивания 3000 об/мин, так как именно она позволяет получить наибольшее количество однородных капсул небольшого размера. На основе полученной наноземульсии разработана технология акарицидно-репеллентной отделки текстильных материалов, включающая в себя пропитку материала, его конвективную сушку, пропитку в интенсификаторе и контактную сушку. Полученная технология в настоящий момент внедряется в производственный участок предприятия ООО «Умный материалы», город Шуя. Проведены полевые испытания защитного действия разработанных по исследуемой технологии костюмов в природном очаге вирусного клещевого энцефалита (Иркутская область). Полученные результаты обеспечивают достаточную защиту от клещей-переносчиков (КЗДклещи = 98,2 % при нормативном показателе не менее 98%). Коэффициент защитного действия против гнуса составляет 95,7%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Rodrigues S. N., Martins I.M., Fernandes I.P., Gomes P.B.* Microencapsulated perfumes for textile application // *Chemical Engineering Journal*. 2009. N. 149. P. 463-472.
2. *Одинцова О.И., Прохорова А.А., Владимирцева Е.Л., Петрова Л.С.* Использование метода микроэмульсионного капсулирования для придания текстильным материалам акарицидных свойств // *Известия высших учебных заведений. Технология Текстильной промышленности*. 2017. № 1. С.332-336.
3. *Shiqi Li., Lewis J.E., Stewart N.M., Qian L., Boyter H.* Effect of finishing methods on washing durability of microencapsulated aroma finishing // *J. Textile Inst.* 2008. N. 99. V. 2. P. 177-183.
4. *Липина А.А., Ханин С.Н., Одинцова О.И., Владимирцева Е.Л., Авакова Е.О.* Экспресс-метод оценки миграционной способности выделения акарицидно-репеллентных веществ (АРВ), инкорпорированных в структуру микрокапсулы // *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева)*. 2018. Т. LXII. № 3. С. 23-28.
5. *Разуваев А.В.* Текстильные материалы с репеллентной отделкой для профессиональной одежды // *Текстильная промышленность*. 2009. № 5. С. 36-39.
6. *Кокшаров С.А.* Отделка текстильных изделий для длительной защиты от кровососущих насекомых // *Текстиль*. 2003. Т.1. №3. С. 34-42
7. *Mondal S.* Phase change materials for smart textiles—an overview // *Appl. Thermal Eng.* 2008. V. 28. P. 1536-1550.
8. *Смирнов Ю. С., Мелошенко Н. Т.* Химическое деэмульгирование нефти, как основа её промысловой подготовки // *Нефтяное хозяйство*. 1989. № 8. С.46-50.
9. *Воюцкий, С.С.* Курс коллоидной химии. М.: Химия; Москва, 1976. 512 с.

УДК 699.812.3

**Н. М. Лоран<sup>1</sup>, А. В. Иванов<sup>2</sup>, О. Г. Циркина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРИ УГЛЕВОДОРОДНОМ ПОЖАРЕ**

В результате экспериментальных исследований выявлено и влияние астраленов на поверхностные свойства и эксплуатационные характеристики огнезащитных составов на основе эпоксидных связующих при тепловом воздействии углеводородного горения.

**Ключевые слова:** углеводородный пожар, астралены, огнезащитные покрытия, металлические конструкции, нефтегазовый комплекс, переменный частотно-модулируемый потенциал

*N. M. Loran<sup>1</sup>, A. V. Ivanov<sup>2</sup>, O. G. Tsirkina<sup>1</sup>*

## **RESEARCH OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF NANOMODI-FITTED INTUMESCENT COATINGS FOR THE PROTECTION OF METAL STRUCTURES DURING A HYDROCARBON FIRE**

As a result of experimental studies, the effect of astralenes on the surface properties and operational characteristics of flame retardant compositions based on epoxy binders during the thermal effect of hydrocarbon combustion was also revealed.

**Keywords:** hydrocarbon fire, astralen, fire retardant coatings, metal structures, oil and gas complex, variable frequency-modulated potential

Для объектов нефтегазового комплекса (НГК) вопрос повышения огнезащиты коммуникаций технологических установок по переработке и транспортировке природного газа, нефти и нефтепродуктов, а также несущих элементов каркаса зданий и сооружений, резервуаров, элементов эстакад, является актуальным. Одним из способов тепловой защиты металлоконструкций является применение конструкционных материалов и вспучивающихся огнезащитных составов, в том числе атмосферостойких.

Эпоксидные смолы применяются в качестве составляющих для атмосферостойких огнезащитных вспучивающихся покрытий (ОВП). Полимеры на их основе обладают рядом уникальных свойств, таких как малая усадка, адгезионная и когезионная прочность, химическая стойкость, атмосферостойкость, высокие физико-механические показатели, способность отверждаться в широком интервале температур в слоях любой толщины [4]. Однако покрытиям на основе эпоксидных полимеров присущи и недостатки, такие как повышенная хрупкость, недостаточная устойчивость к действию агрессивных сред, а также высокая пожароопасность.

Для повышения огнезащитной эффективности ОВП на основе эпоксидов используют введение модифицирующих добавок, к которым можно отнести и углеродные наноструктуры - астралены, своим строением обуславливающие высокие каталитические эффекты реакций газовой выделения и пенококсообразования [5].

Модификация ОВП астраленами и их упорядочивание путём электрофизического воздействия улучшает механическую прочность вспученного покрытия, водостойкость и стойкость покрытия к воздействию огня [7], а также эластичность термостойких связующих, имеющих малую разрывную деформацию.

До настоящего времени астралены не исследовались в качестве модифицирующих добавок для ОВП, что и определило цель настоящей работы – исследование влияния астраленов на поверхностные свойства и эксплуатационные характеристики огнезащитных составов на основе эпоксидных связующих.

В исследовании использовались образцы атмосферостойкого огнезащитного состава «Термобарьер-2» производства ООО НПК «ОгнеХимЗащита», модифицированные астраленами в концентрации 0,1 масс. %.

Астралены диспергировались в отвердителе при воздействии ультразвука с частотой 10 кГц, 100 Вт в течение 10 мин. Далее проводилось перемешивание модифицированного отвердителя и эпоксидной смолы, являющихся компонентами ОВП «Термобарьер-2», низкооборотным миксером с частой вращения 200 об/мин<sup>-1</sup> до однородного состояния в течение 3 минут с последующим нанесением состава на предварительно подготовленную металлическую поверхность толщиной 5 мм. Формирование покрытия происходило при  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P_{\text{атм}} = 760\text{ мм.рт.ст.}$ , в течение двух суток. В процессе формирования покрытия ряд образцов подвергался воздействию переменного электрического поля с частотой 50 Гц и напряженностью 120 В/м [2]. Перечень образцов, используемых в исследовании, приведен в таблице 1.

Для оценки структуры поверхности ОВП использовался метод атомно-силовой микроскопии [3]. Определение времени достижения предельного состояния защищенного металла в условиях факельного углеводородного горения, проводилось по методике, изложенной в [6].

Таблица 1 - Перечень образцов модифицированных покрытий, используемых в исследовании

№ п/п	Образец	Способ модификации	
		Концентрация астраленов, % масс.	Электрофизическое воздействие
1.	Состав «Термобарьер-2» чистый	0	-
2.	Состав «Термобарьер-2» чистый + электрофизическое воздействие	0	+
3.	Состав «Термобарьер-2» модифицированный астраленами	0,1	-
4.	Состав «Термобарьер-2» модифицированный астраленами + электрофизическое воздействие	0,1	+

На АСМ-сканах поверхности плёнок (рисунок 1) можно выделить два типа структурных неоднородностей: выпуклые образования в виде холмистых возвышенностей на немодифицированных образцах и после электрофизического воздействия, а также отдельные чашуйчатые пористые образования, на модифицированном образце.

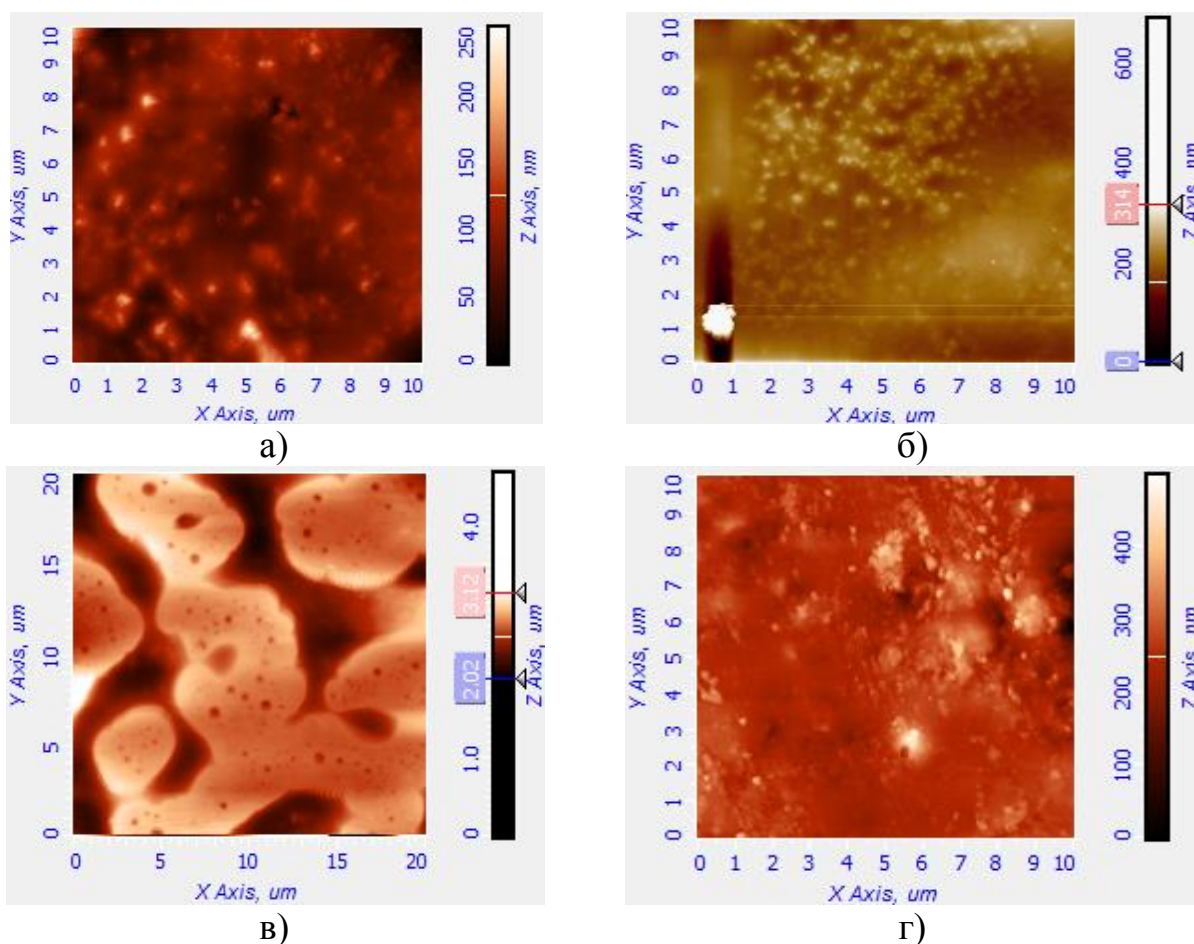
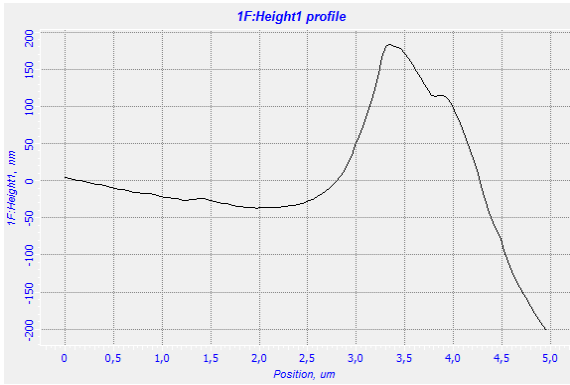


Рисунок 1 - АСМ-сканы образцов краски:

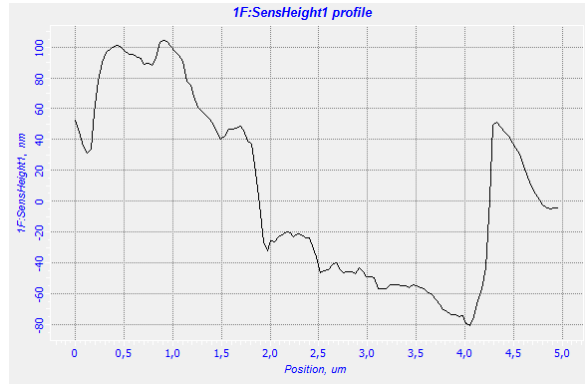
- а) немодифицированный состав «Термобарьер-2»;
- б) немодифицированный состав «Термобарьер-2» в условиях воздействия ПЧМП;
- в) состав «Термобарьер-2» с астраленами в концентрации 0,1 об.%;
- г) состав «Термобарьер-2» с астраленами в концентрации 0,1 об.% в условиях воздействия ПЧМП

Перепад рельефа на АСМ-сканах (рисунок 2) для немодифицированного состава «Термобарьер-2» составляет порядка 400 нм., для немодифицированного состава «Термобарьер-2» в условиях электрофизического воздействия составляет порядка 200 нм., для состава «Термобарьер-2» с астраленами в концентрации 0,1 масс.% составляет около 80 нм., для состава «Термобарьер-2» с астраленами в концентрации 0,1 масс.% в условиях электрофизического воздействия составляет порядка 20 нм.

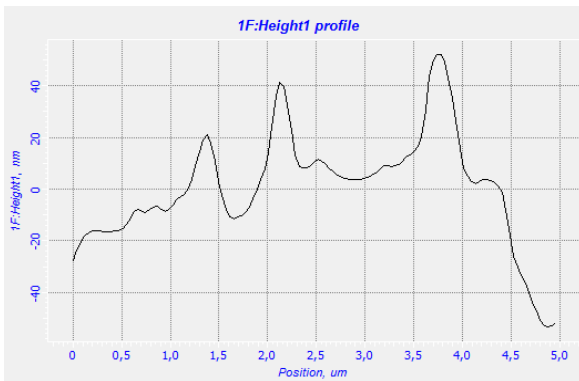
Таким образом, добавление астраленов в составы в концентрации 0,1 масс.% позволило увеличить гладкость поверхности ОВП, по сравнению с немодифицированными [1].



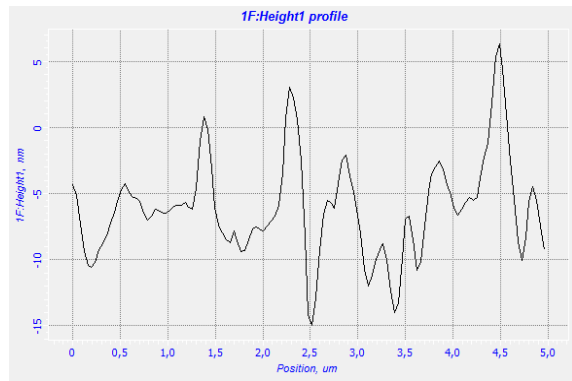
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2 - Рельеф поверхности образцов покрытий ОВК:

- а) немодифицированный состав «Термобарьер-2»;
- б) немодифицированный состав «Термобарьер-2» в условиях воздействия ПЧМП;
- в) состав «Термобарьер-2» с астраленами в концентрации 0,1 об.%;
- г) состав «Термобарьер-2» с астраленами в концентрации 0,1 об.% в условиях воздействия ПЧМП

Экспериментальная установка по определению влияния астраленов на огнестойкость огнезащитного покрытия представлена на рисунке 3. Принцип работы экспериментальной установки заключается в контроле температуры образца, нагреваемого газовой горелкой. Образец зафиксирован в камере, воздействие углеводородного пламени осуществляется газовой горелкой, температура пламени которой способно достигать более 1000 °С. Термопара зафиксирована статично между образцом и поверхностью камеры возле исследуемого образца.



Рисунок 3 - Фото испытаний при определении огнетушащей эффективности образцов

В качестве эталонного образца выступали металлические пластины, окрашиваемые огнезащитным составом без добавления астраленов. Тепловое воздействие осуществлялось газовой горелкой, температура которой способна достигать 1100–1300 °С, что удовлетворяет температурному режиму углеводородного пожара. Образцы нагревались до температуры 500 °С в соответствии с пределом огнестойкости металла. В проведении эксперимента фиксировалось время от начала теплового воздействия до достижения предельной температуры. Динамика нагревания образцов представлена на рисунке 4.

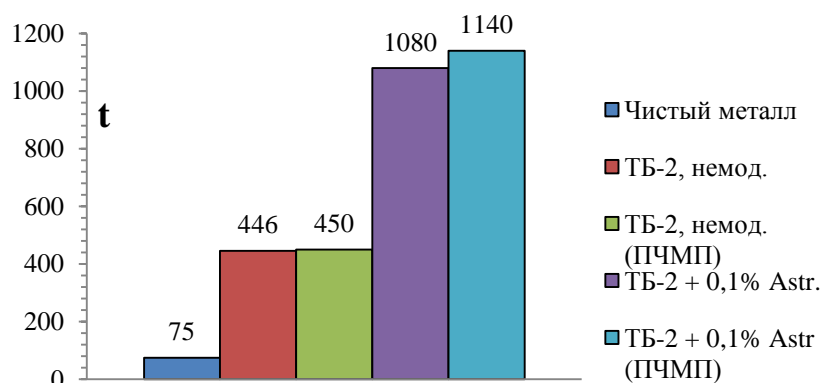


Рисунок 4 - График зависимости температуры образцов от времени теплового воздействия

В результате выявлено, что добавление в незначительной концентрации (0,1 масс.%) астраленов, снижает горючесть огнезащитного состава в интервале температур 350-600 °С.

Астралены имеют более высокую, в сравнении с компонентами огнетушащего состава, температуру самовоспламенения. Вследствие этого они способны длительно обеспечивать адгезию не только самого состава в период его нанесения на металлическую конструкцию, но и удерживать вспучивающийся слой, обеспечивая наибольшее время действия и выгорания образовавшегося вспученного защитного покрытия.

Обладая уникальными механическими свойствами, астралены активно внедряются в различные полимерные соединения в качестве наполнителя, хорошо распределяются и взаимодействуют с полимерной матрицей, увеличивая срок службы, и качественные характеристики краски, тем самым повышая механические качества самой конструкции, увеличивая ее срок эксплуатации.

Полученный результат может быть использован для улучшения систем огнезащиты в потенциальных условиях факельного горения углеводородов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боева А. А., Пророк В. Я., Трофимец В. Я. Исследование эксплуатационных характеристик модифицированных вспучивающихся огнезащитных составов в

условиях горения углеводородов //Проблемы управления рисками в техносфере. – 2017. – №. 2. – С. 96-102.

2. *Ивахнюк Г. К., Матюхин В. Н., Клачков В. А., Шевченко А. О.* Способ и устройство управления физико-химическими процессами в веществе и на границе раздела фаз // Заявка на выдачу патента РФ №: 2011118347/08, приоритет от 21.01.2010.

3. *Meyer G., Amer N. M.* Novel optical approach to atomic force microscopy //Applied physics letters. – 1988. – Т. 53. – №. 12. – С. 1045-1047.

4. *Мостовой А. С.* Разработка составов, технологии и определение свойств микро-и наноуполненных эпоксидных композитов функционального назначения : дис. – Саратов : дис.... канд. техн. наук, 2014. – 149 с.

5. *Shames A. I. et al.* Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles //Diamond and Related Materials. – 2009. – Т. 18. – №. 2-3. – С. 505-510.

6. *Цой А. А.* Влияние условий факельного углеводородного горения на огнезащитные покрытия стальных конструкций //Новая наука: теоретический и практический взгляд.–Ч. – 2016. – С. 211-213.

7. *Яковлев Г.И., Михалкина Т.М., Багимов А.М., Евсягина А.В.* Модификация огнезащитного силикатного покрытия углеродными нанотрубками. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.2012. №8.С.44-45.

УДК 614.841

***П. А. Ляпин, Н. А. Таратанов***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ГАЗОЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД В УСТАНОВЛЕНИИ ИНИЦИАТОРА ГОРЕНИЯ**

В работе говорится о газожидкостной хроматографии как об эффективном методе при идентификации инициаторов горения. Также в работе приведен пример получаемых результатов исследования нефтепродуктов и порядок их интерпретации. Данные нефтепродукты являются одними из распространенных средств поджога.

**Ключевые слова:** газожидкостная хроматография, инициатор горения, хроматограмма, пожар.

***P. A. Lyapin, N. A. Taratanov***

## **GAS-LIQUID CHROMATOGRAPHY AS AN EFFECTIVE METHOD IN DETERMINING THE INITIATOR OF COMBUSTION GORENJE**

In the work referred to gas-liquid chromatography as an effective method in identifying the initiators of combustion. The paper also provides an example of the obtained results of the study of petroleum products and the order of their interpretation. These petroleum products are one of the most common means of arson.

**Keywords:** gas-liquid chromatography, the initiator of combustion, the chromatogram of the fire.

Судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы ежегодно проводится мониторинг средств и методов поджога. В ходе мониторинга выявляется криминалистически важная информация, которая



может способствовать ускорению раскрытия такого вида преступления. Чаще всего способ поджога примитивен и выглядит следующим образом: разливается легковоспламеняющаяся (ЛВЖ) или горючая жидкость (ГЖ), в некоторых случаях их смесь, на внешнюю поверхность объекта поджога (обшивку дома, входной двери, кузов и колеса автомобиля). Пары жидкости чаще всего воспламеняются под тепловым воздействием источника открытого огня (пламя спички, зажигалки и др.). Обнаружение и идентификация такой жидкости (средства, инициирующего горения) является одной из основных задач пожарно-технического эксперта при отработке версии искусственного инициирования горения (поджога).

Широко известно, что пожарно-техническому эксперту на исследование редко попадают горючие жидкости в чистом виде, обычно это какой-либо обгоревший фрагмент полимерного изделия, древесного, тканевого материала и др. Поэтому для повышения качества расследования дел по пожарам, связанных с поджогами, одним из наиболее действенных в данном случае методов является газожидкостная хроматография (ГЖХ).

В качестве вспомогательного средства при классификации ЛВЖ, ГЖ пожарно-технические эксперты используют электронную базу хроматографических и спектральных данных по средствам поджога, которая ежегодно пополняется. В качестве средств поджога чаще всего исследуются разного вида смесевые растворители, нефтепродукты легкой, средней и тяжелой фракции нефти (автомобильные бензины, дизельные топлива, моторные масла). К более экзотическим возможным средствам поджога относятся технические жидкости, средства для снятия лака, клеи и другие.

Метод ГЖХ основан на различиях в растворимости разделяемых веществ в неподвижной жидкой фазе с последующим вымыванием образующихся хроматографических зон подвижной газовой фазой [2, 7-9].

Как правило, пробы экстрактов, полученные с объектов носителя, исследуются на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000.2» производства СКБ «Хроматэк», снабженным пламенно-ионизационным детектором (ПИД). Обработка хроматограмм осуществляется с помощью программного обеспечения «Хроматэк Аналитик» (рис. 1).



Рисунок 1 - Внешний вид хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2»

Согласно, методики исследования [2], перед проведением анализа обязательно проведение холостого опыта. Все пробы отбираются микрошприцем Chromates 10 мкл для газовой хроматографии. Чувствительность метода ГЖХ соответствует ПДК для нефтепродуктов в воде не менее  $0,02 \text{ мг/дм}^3$  (ГОСТ Р 52406-2005 «Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии»). Для анализа в большинстве случаев используется высокоэффективная кварцевая капиллярная колонка марки Zebtron-50, на внутренние стенки которой нанесена жидкая фаза, состоящая из 50 %-фенил- и 50 %- диметилполисилоксанов. Такие колонки используются для разделения сложных смесей в температурном интервале от  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $320 \text{ }^\circ\text{C}$ . Длина колонки – 30 м, диаметр – 0,25 мм и толщина слоя пленки жидкой фазы – 0,25 мкм. Для примера ниже приведено исследование следов жидкости обнаруженной на месте пожара. Результаты исследования объекта носителя информации (обнаруженная жидкость на месте пожара) можно наблюдать на рисунке 2.

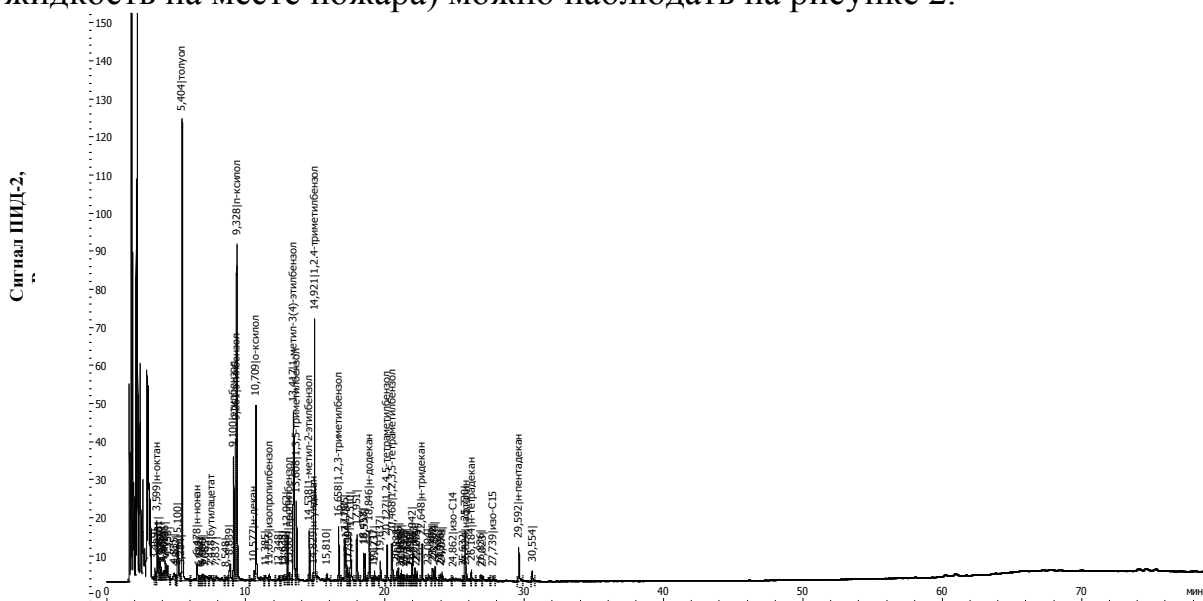


Рисунок 2 - Хроматограмма жидкости объекта исследования

Полученная хроматограмма представляет собой множественность пиков в области времен удерживания от 1,5 до 31 мин. Такой многокомпонентный состав жидкости характерен для товарных нефтепродуктов. Указанная выше область времен удерживания характерна для легких фракций нефти, таких как автомобильные бензины, нефтяные растворители. Для отнесения пиков (интерпретации) были использованы базы данных хроматограмм эталонных смесей «Алканы 1» и «Арены», снятых в аналогичных условиях хроматографирования. Следует отметить, что данные смеси используются при анализе бензинов разных марок и растворителей на основе бензина.

Отметим, что наличие в хроматограмме нефтепродукта пиков, относящихся к смеси ароматических углеводородов является характерным для автомобильных бензинов и бензинов-растворителей. При этом следует отметить, что наличие тетраметилбензолов в жидкости позволяет ее идентифицировать как автомобильный бензин [2].

Чтобы оценить принадлежность исследуемой жидкости к подобному нефтепродукту, в качестве арбитражной пробы была выбрана хроматограмма пробы бензина автомобильного неэтилированного АИ-92-К5, снятая в аналогичных условиях (рис. 3). Как видно из данного рисунка хроматограммы сравниваемых образцов практически идентичны.

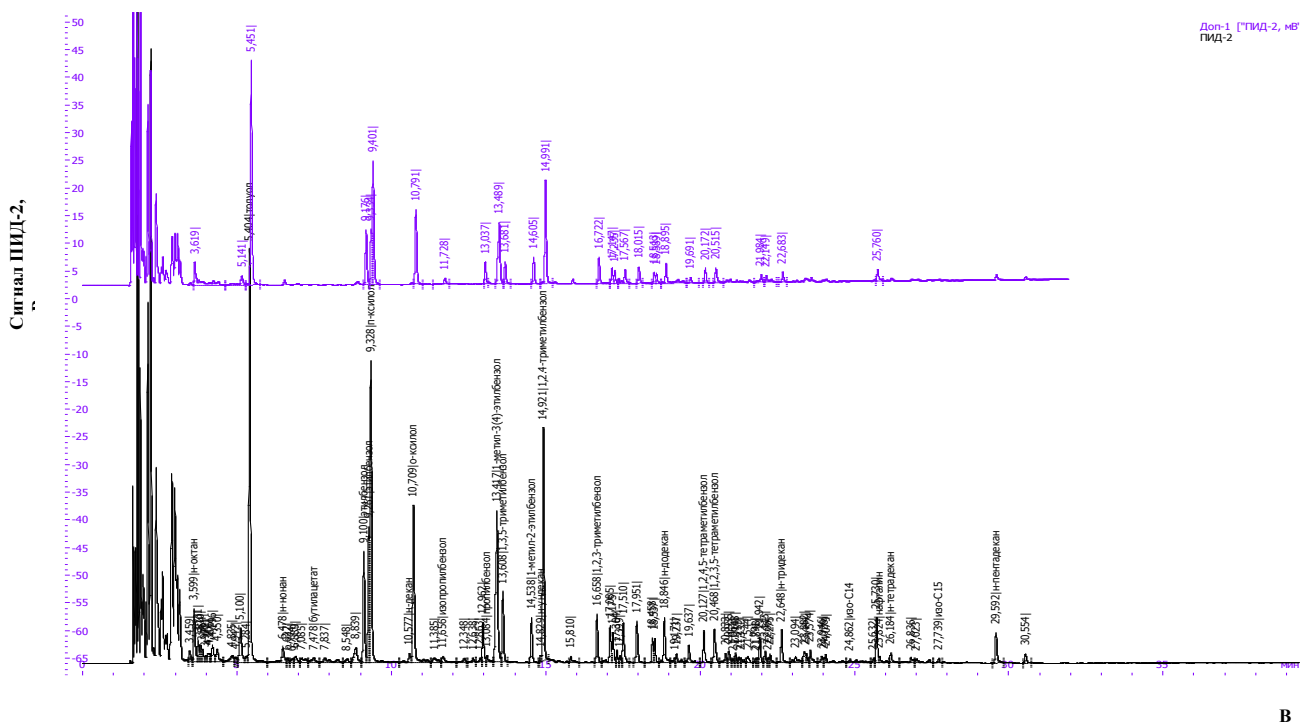


Рисунок 3 - Хроматограммы: 1 – арбитражной пробы автомобильного бензина неэтилированного АИ-92-К5; 2 – объект исследования

Таким образом, по результатам проведения газохроматографического анализа, можно сделать вывод о том, что на уровне чувствительности используемого метода в экстрактах с объектов исследования Жидкость из

канистры представляет собой автомобильный бензин со следами примесей нефтепродуктов более тяжелой фракции нефти (вероятнее всего, дизельного топлива). Хотелось бы отметить, что согласно [10] автомобильные бензины, дизельные топлива зимние относятся к легковоспламеняющимся жидкостям, дизельные топлива летние – к горючим жидкостям.

Подводя итог вышесказанному можно сделать вывод, что ГЖХ широко используется в экспертной практике как наиболее информативный метод анализа инициаторов горения (светлых нефтепродуктов, а также различных составных растворителей и других ЛВЖ и ГЖ).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование и экспертиза пожаров: Словарь общих и специальных терминов / Под ред. И.Д. Чешко. – М.: ВНИИПО, 2009. – 520 с.
2. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах: метод. пособие / И.Д. Чешко, М.Ю. Принцева, Л.А. Яценко. – М.: ВНИИПО, 2010. – 90 с.
3. Газоанализаторы Колион-1. Модель Колион-1В. Руководство по эксплуатации. ЯРКГ 2.840.003-01 РЭ – ООО Бюро аналитического приборостроения, Хромдет-Экология, 2006. – 39 с.
4. *Алексеева Т.А., Теплицкая Т.А.* Спектрофлуориметрические методы анализа ароматических углеводородов в природных и техногенных средах. Л.: Гидрометеиздат, 1981. -216 с.
5. *Хатунцева Л.Н., Башилов А. В., Селезнев А. В., Чичаев В. В., Маньшев Д. А.* Флуоресценция окисленных водорастворимых компонентов нефтепродуктов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2004. – Т. 45. - № 5. – С. 333 – 338.
6. *Паркер С.* Фотолюминесценция растворов. – М.: Мир, 1972. – 510 с.
7. *Столяров Б.В., Савинов И.М., Виттенберг А.Г. и др.* Практическая газовая и жидкостная хроматография. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2002. - 610 с.
8. *Дженнингс В., Рэпп А.* Подготовка образцов для газо-хроматографического анализа. - М.: «Мир», 1986. - 116 с.
9. *Другов Ю.С., Зенкевич И.Г., Родин А.А.* Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред – М., 2005, 752 с.
10. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. Изд.: в 2 книгах. Т. 1, 2 / А.Н. Боратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. – М., Химия, 1990.

УДК 621.9

*Д. И. Макаров, А. М. Полякова\*, Т. В. Шмелева\*, Е. В. Зарубина,  
А. Г. Наумов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

\*ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ УСТАЛОСТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА ТРУБОПРОВОДА**

Рассмотрено влияние усталостного напряжения в материале, находящимся под давлением и смоделирована модель исследуемого трубопровода.

**Ключевые слова:** противопожарный водопровод, усталостное напряжение, сварной шов.

*D. I. Makarov, A. M. Polyakova\*, T. V. Shmeleva\*, E. V. Zarubina,  
A. G. Naumov*

## **MODELING OF WELDED JOINT DEFECT UNDER THE INFLUENCE OF PIPELINE MATERIAL FATIGUE STRESS**

The influence of fatigue stress in a material under pressure is considered and a model of the pipeline under study is modeled.

**Keywords:** fire water supply, fatigue stress, weld.

Одной из основных проблем в противопожарном водоснабжении является разрушение материала труб под действием внешних или внутренних факторов.

Наибольший интерес для исследований представляют места соединений труб между собой посредством сварки. Сварной шов оказывает влияние на общие прочностные свойства конструкции.

В связи с вышесказанным была поставлена следующая цель работы: исследовать напряженно-деформированное состояние противопожарного водопровода с учетом сварного шва.

В наших работах [1, 2] мы изучили причины разрушения материала труб под действием внутренних факторов, одной из которых являлось усталостное напряжение материала, влияющая на возникновение трещин в соединениях, так как возникающие напряжения в нутрии трубопровода наблюдаются в большей степени около сварного шва и на самом шве. Для того, чтобы составить представление о влиянии дефекта и разрушение сварного шва на прочностные характеристики конструкции, создадим компьютерную модель трубы и проведем численный расчет на прочность в программном комплексе ANSYS.

В качестве базовой модели используем модель сварной трубы в ANSYS (рисунок 1).

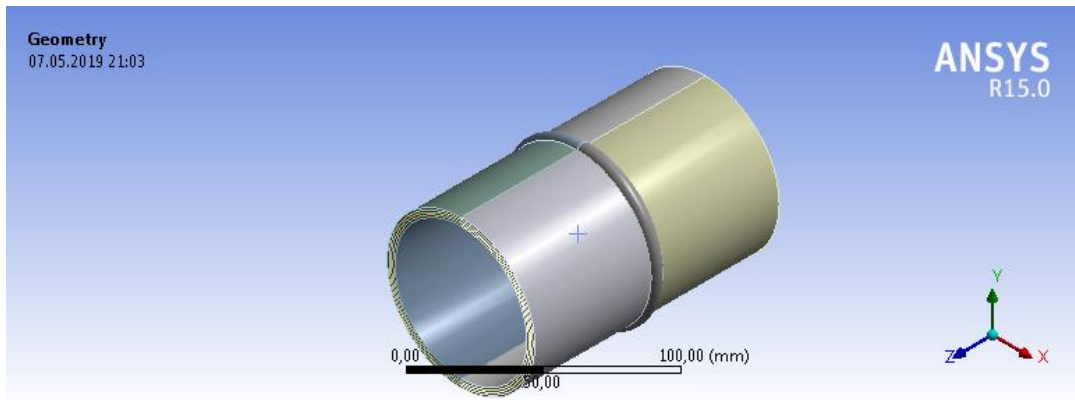


Рисунок 1 – Модель трубы со сварным швом

На рисунке 2 представлено задание граничных условий для расчета модели.

В точках А и В модель жестко закреплена, а изнутри прикладывается давление величиной 1 МПа (на рисунке обозначено точкой С).

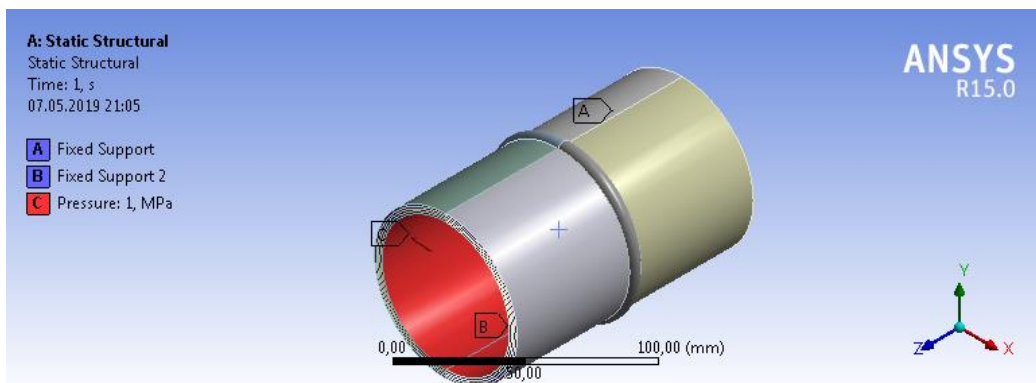


Рисунок 2 – Граничные условия

Разбиваем модель на конечные элементы. Геометрия была построена таким образом, чтобы по толщине стенки трубы было четыре элемента. Для удобства отображаем конструкцию в разрезе (рисунок 3).

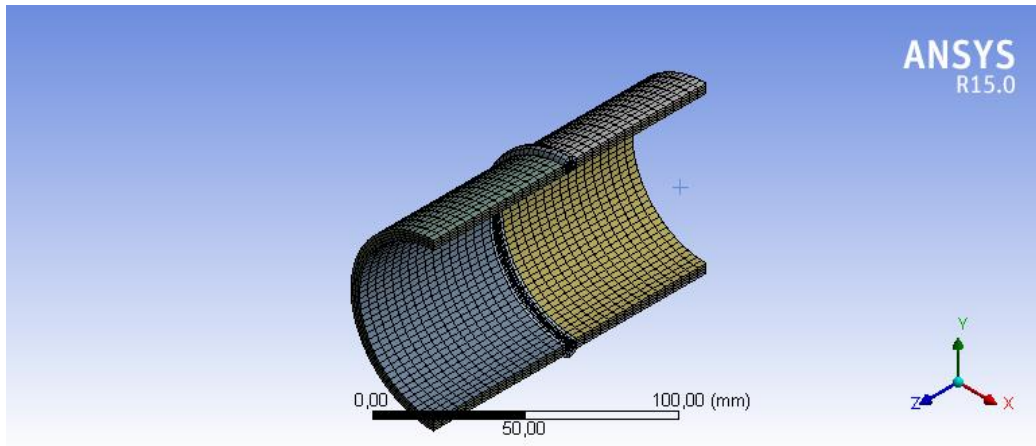


Рисунок 3 – Сетка модели

### Трещина

Трещины представляют собой разрывы в сварном шве, которые могут быть как поверхностными, так и сквозными (рисунок 4). Любая трещина считается недопустимым дефектом, но чаще всего она появляется из-за повреждения материала, например после усталостного напряжения определенное время. В трещинах всегда наблюдается концентрация напряжений, которые в некоторых случаях могут привести к разрушению изделия.



Рисунок 4 – Трещина

Трещина моделируется в виде сквозного отверстия продольной формы, имеющая большую длину и малую ширину (рисунок 5).



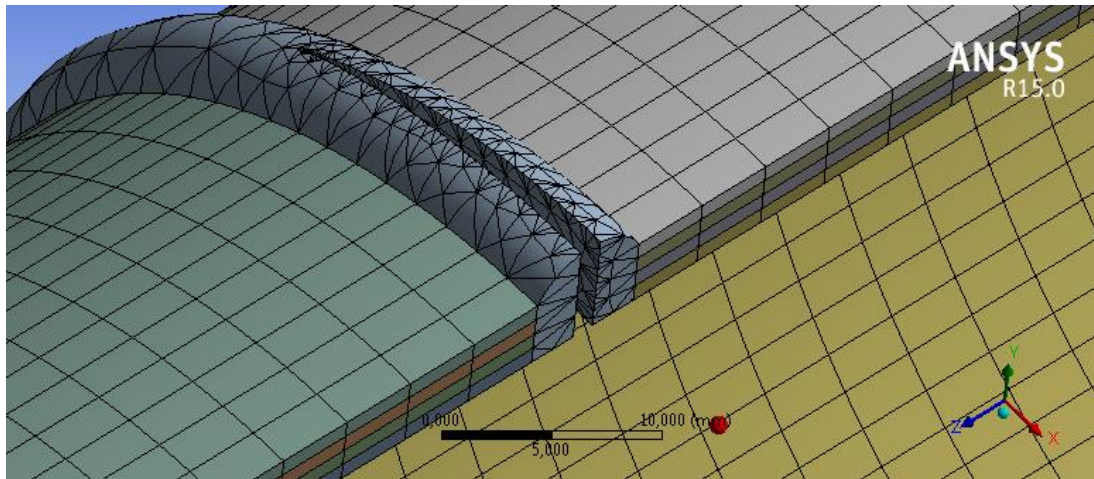


Рисунок 5 – Трещина

Выводим график распределения эквивалентных напряжений (рисунок 6).

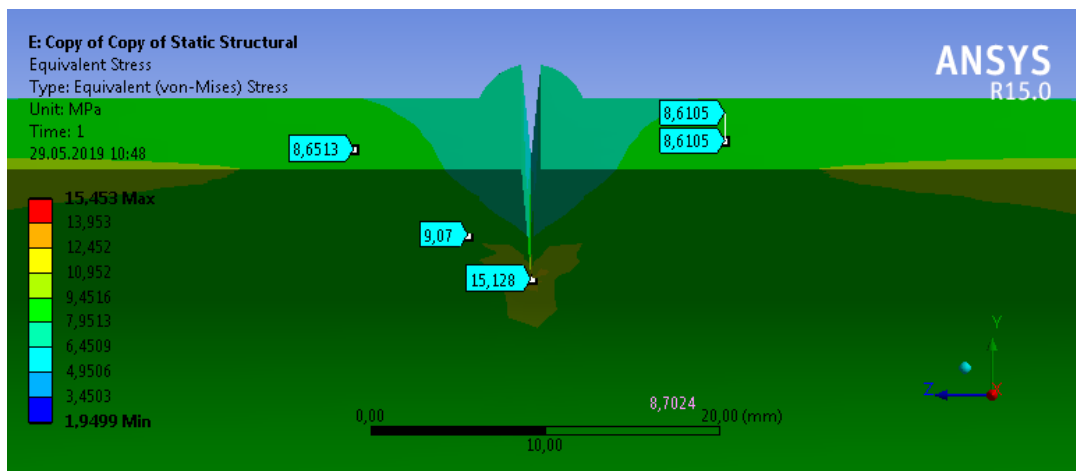


Рисунок 6 – Распределение напряжений вблизи сварного шва с трещиной

На расстоянии 10 мм от шва напряжения составили около 8.6 МПа. По мере приближения к трещине, напряжения увеличиваются.

В вершине трещины наблюдается значительное увеличение напряжений до 15 МПа.

### Анализ результатов

Проведенные исследования показали, что дефекты и повреждения сварного шва могут оказывать очень значительное влияние на прочность конструкции. Все дефекты и повреждения являются концентраторами напряжений, которые необходимо учитывать при расчете трубопровода на прочность и долговечность и если это повреждения, то устранять.

Трещины представляют большую опасность. Даже если изначально это повреждение было очень маленьким и не сильно влияло на прочность конструкции, то со временем это влияние может увеличиться. Сначала трещины образуются с очень малым раскрытием, но под действием напряжений их



распространение может быть соизмеримо со скоростью звука, в результате чего происходит разрушение конструкции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Е. В. Полякова, А.М. Полякова, В. А. Комельков, А. Г. Наумов, Д.С. Репин.* Разработка экспериментальной установки и исследование напряженного деформированного состояния противопожарного водопровода. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции – Пожарная и аварийная безопасность. Иваново 2014, 48-53 сс.

2. *Е. В. Полякова, В. А. Комельков, А.М. Полякова, С.Ю. Сайбель, М. А. Колбашов.* Разработка компьютерной модели для исследования гидродинамических напряжений деформированных состояний в противопожарном трубопроводе. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции – Пожарная и аварийная безопасность. Иваново 2014, 63-65 сс.

УДК 661.185

*Е. А. Малькова, А. С. Коновалов*  
АО «ИВХИМПРОМ»

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО СМАЧИВАТЕЛЯ ППМ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Описаны основные характеристики инновационного продукта, перспективного для использования при водяном пожаротушении. Представлены потенциальные возможности использования данного продукта и оценка его эффективности в сравнении с водой.

**Ключевые слова:** смачиватель, водяное пожаротушение, смачивание угольной пыли

*E. A. Malkova, A. S. Kononov*

### AVAILABILITY FOR THE USE OF MULTIPURPOSE WETTING AGENT PPM FOR FIRE FIGHTING

The main characteristics of the innovative product promising for use in water firefighting are described. The potential use of this product and evaluation of its effectiveness in comparison with water are presented.

**Keywords:** wetting agent, water fire extinguishing, wetting of coal dust

Как известно, водяное пожаротушение является одним из самых распространенных, простых и доступных способов борьбы с возгораниями. Так же тушение лесных и торфяных пожаров проводят, преимущественно заливая очаги большим количеством воды. Несмотря на кажущуюся доступность и

эффективность у водяного пожаротушения есть ряд проблем. Так, например, это доставка большого количества воды до очагов возгорания, что особенно проблематично для удаленных территорий и малонаселённых пунктов при лесных и торфяных пожарах. Необходим большой расход воды и при проливах и дотушивании природных и бытовых пожаров. Использование стандартных пенообразователей не всегда удобно в связи с их стоимостью, большими концентрациями использования, необходимостью спецоборудования и возможными негативными экологическим последствиям их применения. Поэтому довольно необходимо подобрать способы увеличить эффективность действия воды при водяном пожаротушении.

Решение данной проблемы может быть достигнуто применением небольшой добавки к воде специализированного средства, которое при минимальной стоимости позволит в разы увеличить эффективность действия воды.

В инновационно-технологическом центре АО «ИВХИМПРОМ» разработан состав с широкими возможностями применения - Многоцелевой смачиватель ППМ. На данный момент продукт имеет полный пакет разрешающих документов и сертификатов. В зависимости от условий применения, смачиватель ППМ используется в концентрации от 0,05 до 0,5%.

В состав смачивателя входит композиция ПАВ и функциональных добавок. Смачиватель экологически безопасен и безвреден (по степени воздействия на организм человека относится к 4 классу опасности по ГОСТ 12.01.007-малоопасное вещество). Так же смачиватель относится ко 2-ому классу биоразлагаемости по ГОСТ Р 50595 или ГОСТ 32509, т.е. полностью биоразлагаем. Основные характеристики смачивателя, представленные в таблице 1, соответствуют требованиям ГОСТ 50588-2012.

Таблица 1 - Основные характеристики многоцелевого смачивателя ППМ

Наименование показателя	Норма для марки
1. Внешний вид продукта при (20-25)°С	Сиропообразная прозрачная жидкость бесцветная или от светло-желтого до коричневого цвета
2. Плотность при 20°С	1000 - 1100
3. Кинематическая вязкость при 20°С, мм <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> , не более	100
4. Динамическая вязкость, Па·с, не более	0,2
5. Водородный показатель смачивателя	6 - 8
6. Температура застывания, °С, не выше	минус 3
7. Поверхностное натяжение 0,1 % водного раствора смачивателя при температуре 20°С, мН/м, не более	30
8. Кратность пены 0,5% раствора Низкая, не более	5
9. Показатель смачивающей способности 0,12% раствора, с, не более	45

С точки зрения практического применения важной особенностью является скорость растворения смачивателя в воде. Рабочую концентрацию смачивателя ППМ можно легко получить, растворив в воде необходимое количество смачивателя. Важно отметить, что при работе со смачивателем, можно использовать питьевую воду любой жесткости, не требуется особых условий для перемешивания смачивателя и контроля температуры раствора. Смачиватель легко растворяется в воде, в том числе холодной. Для примера скорости получения 0,1% раствора смачивателя при температуре воды 5°C составляет не более 40 с, а при температуре 20°C получение данной концентрации смачивателя занимает 10-13 с.

Эффективность смачивателя можно косвенно оценить, основываясь на значениях поверхностного натяжения его водных растворов: чем ниже поверхностное натяжение раствора, тем лучше раствор будет «распределяться», «растекаться» по поверхности материала. Так для воды стандартное значение поверхностного натяжения составляет около 73-75 мН/м, поверхностное натяжения 0,1% раствора смачивателя ППМ находится в интервале 25-26 мН/м. Поверхностное натяжение большинства используемых углеводородных пенообразователей для пожаротушения составляет от 28 до 32 мН/м. Поэтому можно говорить о том, что специализированный продукт по эффективности смачивания различных материалов будет превосходить серийные пенообразователи, используемых в качестве смачивателя в концентрации 1,5-3%.

Для непосредственной оценки смачивающей способности растворов был выбран ряд материалов природного и бытового происхождения. Испытания смачивателя проводили для бумаги, ткани, древесной стружки и древесной пыли, для торфа и смеси лесных горючих материалов (лгм), а так же для угольной пыли различных марок угля.

Для анализа смачивающей способности на ткани была использована стандартная методика по ГОСТ 505888 п.5.9. По данной методике смачивание ткани раствором смачивателя осуществляется за 35-40 с, в то время как для воды время смачивания составляет более 2 ч.

Оценку эффективности смачивания для сыпучих материалов проводили по стандартной методике, используемой в С.-Пб НИИ лесного хозяйства: навеска лгм высыпает на поверхность раствора смачивателя объемом 100 мл в стакан и фиксируется время смачивания от момента высыпания до момента полного погружения в раствор всей навески. Для сравнения проводили опыт на растворе смачивателя и параллельно на воде. В таблице 2 представлены сравнительные результаты испытания смачивающей способности воды и раствора смачивателя.

Таблица 2 - Результаты сравнительных испытаний смачивающей способности воды и 0,1% раствора смачивателя.

Наименование материала	0,1% раствор смачивателя ППМ	Вода
лесные горючие материалы*	55-65с	8 ч
Древесной пыли	12-14 с	85 с
Древесная стружка		105с**
Угольная пыль (древесный уголь)	170-180с	Более 12 ч
Торф	93с (0,2%раствор)	Не смачивает

\*смесь ЛГМ: Зелёный мох: Лишайник: Подстилка: Торф (1:1:1:1)

\*\*частично стружка оставалась на поверхности

Так же оценку эффективности смачивателя по сравнению с водой проводили для различных видов бумаги и картона. Оценивалось распределение капли смачивателя по поверхности материала за определенный интервал времени. Буквально через несколько секунд после нанесения раствор смачивателя легко распределялся по поверхности, в то время как вода практически не впитывалась. Диаметр пробы воды на различных видах бумаги и картона меньше диаметра пробы смачивателя в три – пять раз.

Кроме того, многоцелевой смачиватель ППМ перспективен для использования в качестве смачивателя для угольной и угольнопородной пыли.

Подавление и осаждение угольной пыли необходимо не только при добыче угля в шахтах, но и так же при транспортировке угля и погрузочно-разгрузочных работах.

Проведен сравнительный анализ действия раствора смачивателя и воды на угольную пыль.

Вода практически не смачивает угольную пыль, навеска пыли может находиться на поверхности воды более 24-х часов, практически не смачиваясь. При нанесении воды на поверхность горки угольной пыли, вода скатывается, не обрабатывая поверхность угля. При использовании раствора смачивателя эффективность смачивания пыли может достигать до 97%. Время смачивания 0,1% раствора смачивателя на питьевой воде составляет от 20с до 250с в зависимости от сорта угля.

Таким образом, результаты многочисленных лабораторных испытаний, показали существенное увеличение смачивающей способности растворов смачивателя с концентрацией по сравнению с водой.

Небольшая добавка смачивателя позволит существенно уменьшить расход воды при проливе лесных пожаров, что особенно важно при тушении торфяников, т.к. вода распределяется преимущественно в поверхностных слоях, практически не достигая источника пожара. Так же смачиватель может использоваться при водяном тушении и дотушивании бытовых пожаров, в том числе складов, дерево-обрабатывающих производств, швейных предприятий и т.д.

Применение смачивателя позволит существенно повысить эффективность пролива материалов водой и соответственно снизить расход воды при пожаротушении. Смачиватель ППМ применим для тушения разного рода природных и промышленных материалов, легко растворяется в воде, не требуя для применения спецоборудования, экологически безопасен и безвреден, а так же, в случае необходимости, совместим с любым углеводородным пенообразователем для тушения пожаров.

УДК 699.812.3

*К. В. Микрюков\**, *С. С. Ившин\**, *Э. Ф. Кравченко\**, *Ф. Ф. Гилязиев\*\**

\*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

\*\*Общество с ограниченной ответственностью «Базальтовые огнезащитные системы»

## РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ОГНЕЗАЩИТНОЙ МАСТИКИ

В работе осуществлен выбор компонентов огнестойкой клеевой композиции с высокой адгезией к черному и цветному металлу, показано влияние природы и содержания высокодисперсных наполнителей, жидких компонентов и технологии смешения на адгезионные свойства. Предложена рецептура огнестойкой клеевой композиции. Показано, что технология смешения огнестойкой композиции определяет уровень получаемых технических и технологических характеристик.

**Ключевые слова:** огнестойкая мастика, жидкое натриевое стекло, премикс, лигносульфонат, лакротэн, трилон Б, адгезия.

*K. V. Mikryukov, S. S. Ivshin, E. F. Kravschenko, F. F. Gilaziev*

## STUDY OF FLAME-RETARDANT MASTIC FORMULATION

Components of fire-resistant adhesive composition with high adhesion to black and non-ferrous metal are selected, effect of nature and content of finely-dispersed fillers, liquid components and mixing technology on adhesion properties is shown. Invention proposes a formulation of a fire-resistant adhesive composition. It is shown that the technology of mixing the fire-resistant composition determines the level of technical and technological characteristics.

**Key words:** flame-retardant mastic, sodium water glass, premix, lignosulphonate, lakroten, versene, adhesion.

Огнезащита конструкций вентиляции, трубопроводов, дымоходов и систем дымоудаления, а также теплоизоляция воздухопроводов одна из основных задач в современном строительном процессе. Для обеспечения огнезащиты систем вентиляции воздухопроводы покрывают материалами, имеющими в своей основе

прошивной мат из базальтового волокна. Крепление таких покрытий осуществляется привариванием к корпусу воздуховода специальных штифтов, на которые затем мат насаживается и блокируется прижимными шайбами. Монтаж матов может также осуществляться с помощью бандажей из металлической гальванизированной или оцинкованной ленты, а также вязальной проволокой.

Наименее трудоемким является крепление базальтовых покрытий приклеиванием их к воздуховоду при помощи специальной огнестойкой мастики, обеспечивающей теплоизоляционные свойства в течение времени, заданного нормами пожарной безопасности для конкретного класса помещений. Основным требованием предъявляемым к данным составам является адгезия, гарантирующая качество приклеивания базальтового мата к металлической поверхности воздуховода.

На сегодняшний день на рынке представлен большой ассортимент огнестойких композиций в составе которых используются импортные компоненты, что делает актуальным вопрос разработки рецептуры огнестойкой мастики на базе дешевой отечественной сырьевой базы.

Простым высокотемпературным огнезащитным материалам на основе неорганических вяжущих веществ характерно наличие связанной воды, которая при нагревании испаряется и блокирует перенос тепла до защищаемой поверхности. В качестве связки при этом используют жидкое стекло [1]. Понятие «жидкое стекло» включает в себя водные щелочные растворы силикатов, независимо от вида катиона, концентрации кремнезема, его полимерного строения и способа получения. Так, жидкие стекла могут быть калиевые, натриевые (ЖНС), литиевые и на основе четвертичного аммония [2]. Наибольшее распространение в производстве огнестойких материалов нашло жидкое натриевое стекло, что обусловлено его низкой стоимостью.

Обязательным компонентом в составе огнестойкой мастики являются огнеупорные материалы. Наиболее широко распространенным представителем огнеупорных материалов является каолин – белая глина, состоящая из минерала каолинит ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{SiO}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ). Компания «Пласт-Рифей» поставляет на российский рынок премикс - каолино-кварцевую смесь. В состав входит 45% каолинита, 45% кварца, 8% иллита и 15% полевого шпата. Все компоненты смеси являются силикатами, широко зарекомендовавшими себя в керамической промышленности.

Другой широко зарекомендовавшей себя огнеупорной добавкой является волластонит. Минерал относится к классу силикатов, природный силикат кальция с химической формулой  $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$ . Минерал отличается химической чистотой, содержит незначительное количество примесей в виде оксидов марганца, железа и титана.

Не менее распространённым компонентом является микротальк ( $\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$ ). Термостойкость, химическая инертность и высокая температура плавления обусловили его использование в качестве добавки огнеупорных и огнестойких материалов.

Живучесть огнезащитной мастики и ее переход в твердое состояние обусловлено отверждением системы на основе жидкого стекла. Процессы, которые происходят при отверждении жидких стекол, достаточно сложны и многообразны. Отверждение жидкого стекла может осуществляться путем коагуляции кремнезема из силикатных растворов нейтральными электролитами [3,4]. Также отвердителями жидкого стекла являются соединения кальция и других двухвалентных металлов [5-7]. Продолжительность жизни таких материалов зависит от дисперсности частиц  $\text{SiO}_2$ , концентрации, температуры и pH золя.

Для регулирования процесса отверждения систем на основе жидкого стекла, содержащих дисперсный наполнитель, в составе которого присутствуют соединения кальция и других двухвалентных металлов, возможно использования стабилизирующих комплексообразователей. В качестве такой добавки возможно использование динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА, Трилон Б).

Для повышения характеристик материала без изменения основных свойств в мастику вводятся технологические добавки в количестве не более 5%. Возможность транспортировки и эксплуатации составов в условиях как положительных, так и отрицательных температур обуславливает необходимость введения добавок, повышающих морозостойкость композиции.

В качестве такой добавки возможно использование этилсиликатов. Хорошо зарекомендовав себя как компонент керамических масс, этил силикаты обеспечивают повышение морозостойкости композиции. Так, рекомендуемое содержание этилсиликата марки ЭТС-40 в составе композиции до 1%.

Дисперснонаполненные композиции жидкого стекла после высыхания обладают высокой жесткостью, что негативно сказывается на воспринимаемые покрытием деформации. Для компенсации данного явления возможно введение добавки водорастворимой полимерной суспензии.

Наибольшее распространение, как компонент покрытия, нашли стирол-акрилатные суспензии обеспечивающие хорошую адгезию покрытия к металлической поверхности. Производителем данных суспензий рекомендована к применению суспензия марки Лакротэн Э-55.

### **Методика проведения испытаний**

Определение адгезии огнезащитной мастики к металлическому покрытию определяли по ГОСТ 32299-2013. На пластинки для испытаний одинаковой толщины и текстуры окрашиваемой поверхности наносят испытуемый материал. Поскольку мастика будет использоваться применимо к оцинкованной поверхности воздухопроводов для испытаний пластинки были изготовлены из аналогичного материала.

Испытания проводились на универсальной испытательной машине «QUASAR 100» фирмы GALDABINI при температуре  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ , относительной влажности  $(75 \pm 5)\%$ .

При испытаниях определяется условный предел прочности адгезионного взаимодействия  $\sigma_{\text{в}}$  по формуле:

$$\sigma_v = F_{\max} / S_0,$$

где  $F$  – разрушающее усилие, Н;

$S_0$  – площадь покрытой поверхности, мм<sup>2</sup>.

Время и степень высыхания мастики определяли по ГОСТ 19007-73. Испытание заключается в определении времени высыхания материала, необходимого для достижения им степени высыхания, указанной в таблице 1. Время и степень высыхания определяли при  $(20 \pm 2)$  °С и относительной влажности воздуха  $(65 \pm 5)$  % на образцах на расстоянии не менее 20 мм от края образца после естественной сушки нанесенного слоя материала.

Пластинки со слоем материала естественной сушки выдерживали в горизонтальном положении в помещении, защищенном от пыли, сквозняка и прямого попадания солнечных лучей, при  $(20 \pm 2)$ °С и относительной влажности воздуха  $(65 \pm 5)$  %, в течение времени, а затем для установления степени и времени высыхания проводили испытание последовательно как указано в таблице 1.

Таблица 1 – Порядок проведения испытаний

Степень высыхания	Условия испытания	Результаты испытания
1	Насыпание стеклянных шариков	Стеклянные шарики полностью удаляются мягкой волосяной нитью, не повреждая поверхности пленки
2	Нагрузка 20 г	Бумага не прилипает к покрытию
3	Нагрузка 200 г	То же
4	Нагрузка 2 кг	Бумага не прилипает к покрытию, на поверхности покрытия образуется след от нагрузки
5	Нагрузка 2 кг	Бумага не прилипает к покрытию и не оставляет след от нагрузки
6	Нагрузка 20 кг	Бумага не прилипает к покрытию. На поверхности покрытия остается след от нагрузки
7	Нагрузка 20 кг	Бумага не прилипает к покрытию и не оставляет след от нагрузки

### Технология приготовления составов

Анализ литературных данных показал, что в составе огнестойкой мастики предполагается содержание компонентов различной природы.

Наличие разнородных по агрегатному состоянию наполнителей требует отдельного смешения каждой фазы. Необходимость введения в состав стабилизирующих добавок обуславливает порядок введения компонентов в состав. Стабилизирующие добавки вводят в первую очередь.

Таким образом, формируется следующий порядок смешения компонентов:

- 1) приготовление раствора ЭДТА;
- 2) введение жидкого натриевого стекла;
- 3) введение ЭТС-40;
- 4) введение полимерной суспензии;
- 5) введение дисперсного наполнителя.



Дисперсный наполнитель требует дополнительной подготовки. Компонент просеивается через сито 0,63 мм. После смешения сухих компонентов необходимо перетереть их в керамической ступке с целью снижения вероятности образования агломератов в составе после введения.

### Расчет и оптимизация технологической основы огнестойкой композиции

Для определения содержания компонентов состава огнезащитной мастики проведена оптимизация рецептуры технологической основы в границах, определенных эмпирическим путем:

- ЖНС - от 25% до 49%;
- премикс «Пласт-Рифей» - от 50% до 70%;
- дисперсия стирол-акрилатного сополимера Лакротэн Э-55- от 1% до 5%.

Выделим область оптимизации с использованием симплекса решетчатого плана Шеффе.

На рисунке 1 представлен общий вид результатов моделирования по параметру теоретической плотности.

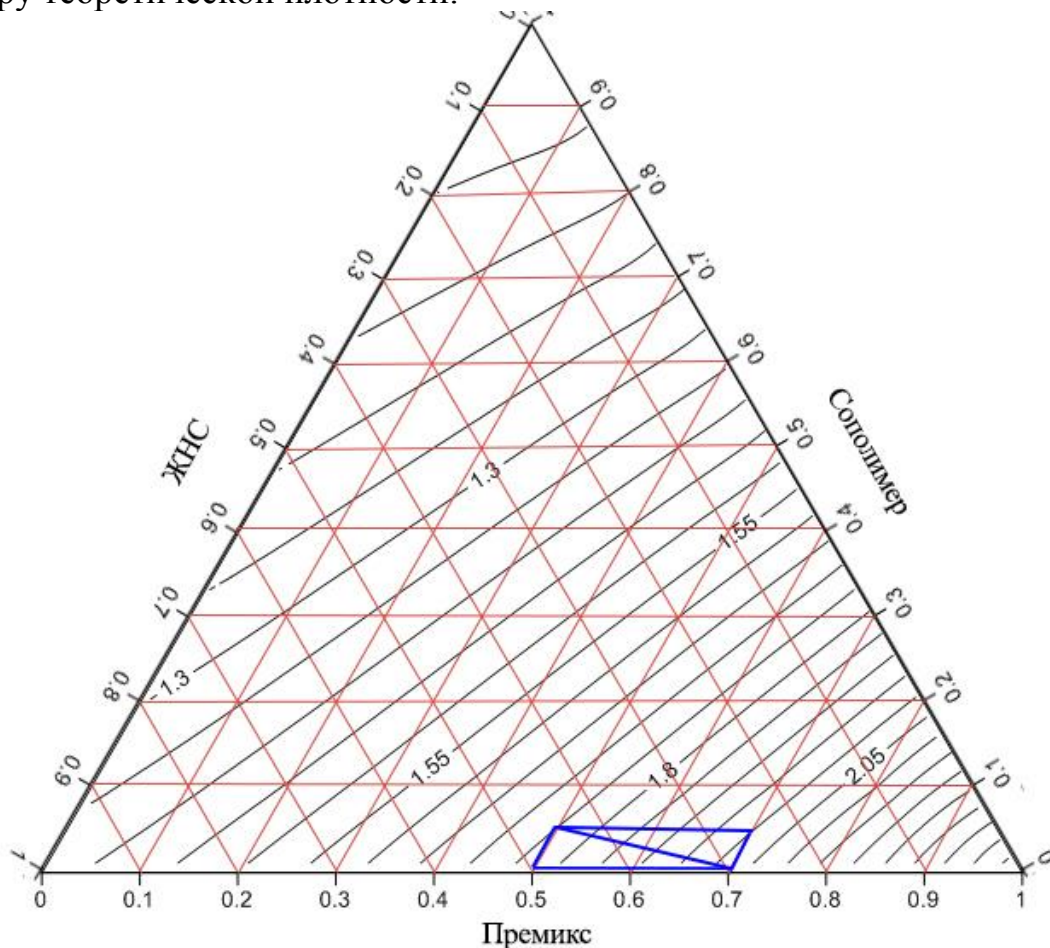


Рисунок 1 - Симплекс решетчатого плана Шеффе

Поскольку полученная область имеет форму параллелограмма, разбиваем ее на 2 треугольные зоны и выделяем рецептуру составов в соответствии с пятой моделью. В результате имеем в каждом треугольнике по 7 рецептур для построения математической модели. Вводим еще одну рецептуру для проверки

адекватности этой модели. С учетом того, что рассматриваемые треугольники имеют одну общую сторону, то общее количество рецептур в оптимизированной области 14. Рецептуры представлены в таблице 2.

В составы вводилась стабилизирующие добавка раствора ЭДТА (Трилон Б) сверх 100% масс из расчета 1 моль трилона Б с 1 моль металла (составе премикса «Пласт – Рифей» содержится 0,46% оксида железа и 0,14% оксида кальция).

Таблица 2 - Рецептуры технологической основы

№	X	Y	Z
1	45	50	5
2	49	50	1
3	47,5	50	2,5
4	30	69	1
5	39	60	1
6	37,5	60	2,5
7	25	70	5
8	35	60	5
9	29	70	1
10	27,5	70	2,5
11	30	67,5	2,5
12	40	57,5	2,5
13	40	58	2
14	30	68	2

Примечание: X – ЖНС, Премикс – Y, Сополимер - Z

При смешении составов наблюдались следующие изменения:

- при смешении составов с 70% содержанием сухого наполнителя состав резко густеет, образуя тестоподобную массу, трудно наносится;
- состав с содержанием сухого наполнителя 40% обладает низкой вязкостью, в результате чего растекается по поверхности металла, образуя тонкий слой;
- содержание премикса в пределах 50-65% является оптимальным по консистенции, при этом вязкость системы изменяется от «сметанообразной» до «пастообразной»;
- по истечении 12 часов нахождения на воздухе при н.у. большинство составов полностью отвердилось, исключение составили рецептуры 1,3 (6 степень высыхания через 12 часов, 7 степень высыхания через 13,5 часов); 2 (6 степень высыхания через 12 часов, через 14 часов 7 степень); 7,12,13 (через 16 часов 6 степень).

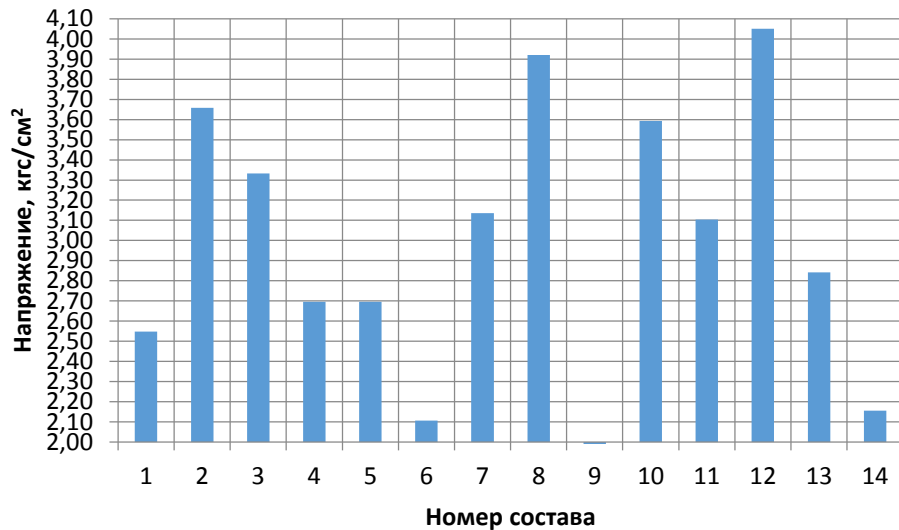


Рисунок 2 – Результаты испытаний

Исследование адгезии к оцинкованному металлу показало, что показатели находятся в пределах 2,5-4 кгс/см<sup>2</sup>. Наибольшие значения адгезии имеют составы 8 (3,92 кгс/см<sup>2</sup>) и 12 (4,05 кгс/см<sup>2</sup>).

Проведено математическое моделирование зависимости адгезии от содержания компонентов области оптимизации (рисунок 3).

В результате проведенных математических преобразований получено уравнение вида

$$\sigma = 2.55x + 3.66y + 3.92z + 0.9xy + 3.26xz - 4.36yz - 6.87xyz,$$

где x- содержание ЖНС;

y- содержание премикса;

z- содержание сополимера;

$\sigma$ - адгезия, кгс/см<sup>2</sup>.

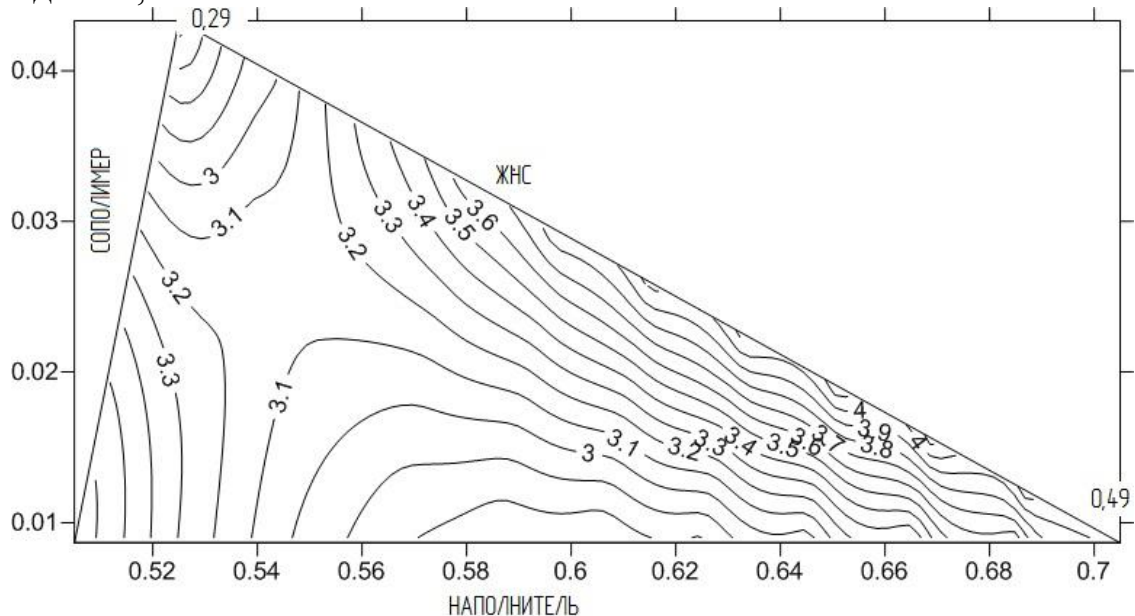


Рисунок 3 – Область оптимизации

Решением данного уравнения в области оптимизации является состав следующей рецептуры:

жидкое натриевое стекло ( $\rho=1,38 \text{ г/см}^3$ )–31,63%

премикс «Пласт-Рифей» - 60,47%

Лакротэн Э-55 – 0,93%

ЭТС-40 – 0,93%

ЭДТА (Трилон Б) – 6,05%.

Данный состав принимаем базовым и дальнейшие исследования производим на нем. Расчетное значение адгезии для данного состава составило  $3,452 \text{ кгс/см}^2$ . Экспериментальная оценка установила значение адгезии для данного состава  $3,479 \text{ кгс/см}^2$ .

Исследование влияния добавки каолина на адгезионную прочность композиции к оцинкованному железу показало, что введение каолина за счет замещения дисперсного наполнителя (премикса) базовой смеси приводит к увеличению среднего значения адгезионной прочности на 2,8% с оптимумом при замещении 12,5% премикса.

С целью повышения адгезии состава к металлу за счет улучшения смачиваемости поверхности предложено введение ПАВ. В качестве такой добавки рассмотрен лигносульфонат, введение добавки осуществлялось в виде раствора в соотношении лигносульфонат:вода = 1:1. Анализ полученных данных показал, что максимум адгезионной прочности ( $6,664 \text{ кгс/см}^2$ ) наблюдается при введении раствора лигносульфоната, в количестве 2% сверх 100.

В ходе проведения эксперимента установлено, что добавка ПАВ в пределах 5% не оказала существенного влияния на процесс высыхания. Состояние образцов через 5 часов соответствовало 5 степени отверждения, через 12 часов – 6 степени. Полное отверждение образцов завершилось в пределах 14 часов.

Проведен анализ влияния структурообразующей добавки микротальк на адгезионные свойства композиции. Добавка микроталька осуществлялась в пределах 5% путем замещения доли премикса в составе огнезащитной мастики. Экспериментами установлено, что введение более 3% микроталька приводит к повышению вязкости состава до «тестообразного состояния» и не приводит к значимому улучшению адгезии.

Установлено, что введение добавки волластонита до 5 % путем замещения доли премикса в составе не оказывает влияния на адгезию покрытия к металлической поверхности.

В ходе проведения исследований было отмечено, что введение добавки сополимера в смесь жидких компонентов приводит к его коагуляции. Для предотвращения данного процесса предложено предварительное распределение суспензии полимера в водном растворе лигносульфоната и ЭДТА. При этом показатель адгезии состава увеличивается на 14%. Результаты испытания показали, что наилучшей совместимостью (отсутствие коагулировавших включений полимера) и показателями адгезии обладает состав с полимером марки Э-52.

Проведена оценка характеристик предлагаемой рецептуры.

Разработанная рецептура обладает следующими характеристиками:

- плотность, г/см<sup>3</sup> 1,8
- вязкость, Па·с 9,13
- адгезия к черному металлу, кгс/см<sup>2</sup> 2,5
- адгезия к цветному металлу, кгс/см<sup>2</sup> 7,06
- время высыхания, ч 14

Факультативно проведена оценка огнестойкости покрытия согласно ГОСТ 302470-94 на соответствие требованиям EI60 (рисунок 18). При нагревании образца до 500°C в течении 60 минут внешних изменений формы поверхности покрытия не наблюдалось. Произошло изменение цвета с бежевого на темно-серый. Покрытие не отслоилось.

Проведенный анализ теплоизолирующей способности покрытия показал, что средняя температура поверхности металла в течении 60 минут воздействия не изменялась и составила 231°C при температуре на поверхности покрытия ~600°C.

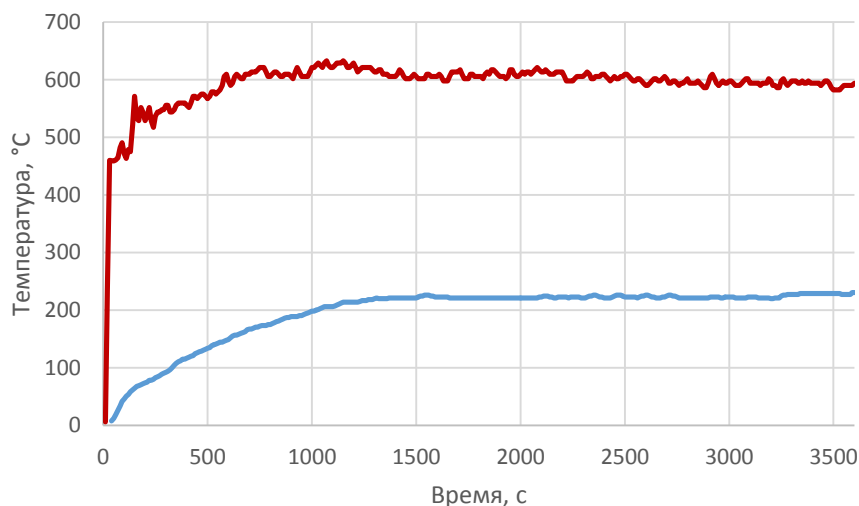


Рисунок 4 – Термограмма испытаний: синий – температура поверхности металла, красный – температура поверхности покрытия в пламени

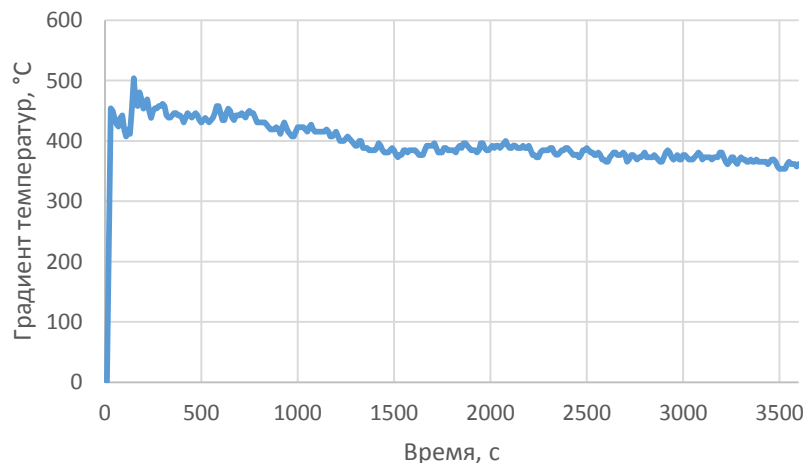


Рисунок 5 – Изменение градиента температур в процессе испытания

Более детальный анализ показал, что с течением времени происходит снижение градиента температур поверхность покрытия – металл на 17,9% в течение 60 минут воздействия.

### **Заключение**

В результате проведенных исследований получен состав огнестойкой мастики с высокой адгезией к цветному металлу следующей рецептуры (% масс.): ЖНС - 31, премикс - 51,87, каолин - 7,41, Лакротен - 0,91, водный раствор лигносульфаната (1:1) - 0,91, ЭТС-40 - 1,93, водный раствор ЭДТА (1:10) - 5,93.

Показана возможность применения необработанного сырья в виде премикса в качестве дисперсного компонента основы огнестойкой композиции. Установлено, что наилучшими показателями обладает система с комбинированным дисперсным наполнителем, включающим в себя премикс компании «Пласт-Рифей» и каолин в соотношении 1:7.

Для предотвращения преждевременного отверждения огнестойкой композиции необходимо введение раствора стабилизирующей добавки ЭДТА.

Показано, что мастика также обладает собственной огнестойкостью не менее 60 минут.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Л.Б. Демидчук*. Огнестойкие защитные покрытия металлических поверхностей / *Л.Б. Демидчук, Н.Н. Гивлюд, И.А. Лобаев* - "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>) - Выпуск № 4 (44) – август 2012 г.
2. *В.И. Корнеев*. Растворимое и жидкое стекло / *В.И. Корнеев, В.В. Данилов*. - Санкт-Петербург: Стройиздат, СПб., 1996.
3. *Григорьев П.Н., Матвеев М.А.* Растворимое стекло (получение, свойства и применение) – М., 1956
4. *Айлер Р.* Химия кремнезема. В 2 т. М.: Мир, 1982.
5. Получение и применение гидрозоль кремнезема. /Под ред. проф. Фролова Ю.Г. Труды МХТИ им. Д. И. Менделеева, М., 1979, с . 137.
6. *Поспелов А.А., Скороходова И.Е.* Методика приготовления золя кремневой кислоты, используемого для формования неорганических сорбентов. В сб.: Химия и технология неорганических сорбентов, Пермь, ППИ, 1979, с. 92 — 94.
7. *Поспелов А.А., Галкин Ю.М.* Анализ способов получения и разработка безотходной технологии кислого золя кремнезема. В сб.: Химическая подготовка огнеупорного сырья. Л.: ЛТИ, 1984, с. 33 - 41.

УДК 614.8

*Ю. А. Молоткова, С. Б. Халенгинов, С. Н. Ульева, А. Л. Никифоров*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОЦЕНКА ПОЖАРООПАСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ**

Изучение показателей пожарной опасности любого текстильного материала с учетом их свойств и структурных особенностей позволит обеспечить снижение риска возникновения пожара. Целью данной работы является оценка пожароопасных показателей хлопчатобумажных тканей с разной поверхностной плотностью и видом ткацкого переплетения.

**Ключевые слова:** показатели пожарной опасности, вид ткацкого плетения, поверхностная плотность.

*Y. A. Molotkov, S. B. Challengenow, C. N. Uleva, A. L. Nikiforov*

## **ASSESSMENT OF FIRE HAZARD INDICATORS OF COTTON FABRICS OF DIFFERENT SURFACE DENSITY**

The study of fire hazard indicators of any textile material, taking into account their properties and structural features will reduce the risk of fire. The purpose of this work is to assess the fire hazard indicators of cotton fabrics with different surface density and type of weaving.

**Keywords:** fire hazard indicators, type of weaving, surface density.

Пожары на производственных предприятиях текстильной промышленности случаются редко, однако материальный ущерб во всех случаях оценивается от 30 до 500 миллионов рублей, такие пожары входят в ежегодную статистику пожаров на территории Ивановской области [4].

Изучение показателей пожарной опасности любого текстильного материала, с учётом их свойств и структурных особенностей позволит обеспечить снижение риска возникновения пожара на предприятии текстильного производства.

Одним из наиболее доступных и широко распространенных видов тканей используемых для пошива одежды, домашнего текстиля и рабочей одежды является хлопчатобумажная ткань. Её основой является хлопковое волокно, основу которого составляет природная целлюлоза. В зависимости от вида переплетения нитей ткани различаются по своей поверхностной плотности, которая является мерой содержания целлюлозы в одном квадратном метре ткани, данные показатели имеют размерность грамм на метр квадратный. Ткани,

имеющиеся большие показатели поверхностной плотности содержат большее количество целлюлозы и являются наиболее пожароопасными. Следует отметить, что для обеспечения горючести необходимо наличие окислителя, поскольку ткани имеют рыхлую и пористую структуру заполненную воздухом, то ткань уже содержит в своей структуре достаточное количество окислителя, что бы поддерживать самостоятельное горение. При этом более рыхлые ткани содержат в себе большее количество окислителя и представляют большую пожарную опасность. Таким образом, для каждого вида ткани необходимо проводить исследование на определение основных пожароопасных характеристик, при этом не лишним будет проведение исследования на определение ее кислородного индекса.

На сегодняшний день в соответствии с требованием Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» пожарная опасность текстильных материалов характеризуется следующими свойствами [1]:

- 1) горючесть;
- 2) воспламеняемость;
- 3) способность распространения пламени по поверхности;

В справочных данных, чаще всего, приводится информация о пожарной опасности веществ, а не готовых тканей, в то время как пожароопасные свойства будут зависеть как от структуры, так и от плотности плетения.

Целью данной работы является оценка пожароопасных показателей хлопчатобумажных тканей с разной поверхностной плотностью и видом ткацкого переплетения.

Практическая значимость темы обосновывается тем, что на основании результатов исследований будут получены новые данные для оценки пожарной опасности материалов на основе хлопкового волокна.

Для проведения исследований были выбраны хлопчатобумажные ткани - Саржа, Миткаль и Авизент.

Миткаль и Авизент имеют полотняное переплетение, другими словами «нить через нить». Таким способом получается материал с ровной и гладкой поверхностью.

Саржа представляет собой ткань с диагональным переплетением (асимметричный сдвиг нитей). Таким способом ткуются материи с небольшими выступами, плотные, грубоватые и тяжелые.

Таким образом, данные виды ткани имеют различный способ чередования нитей основы и утка, что влияет на поверхностную плотность ткани.

Следует учесть, что чем меньше поверхностная плотность (то есть расстояние между нитями ткани больше), тем ниже кислородный индекс.

Для хлопковых тканей кислородный индекс составляет 18,4%, исходя из этого, рассматриваемые ткани являются горючими [3]. Соответственно, пожароопасные свойства рассматриваемых тканей зависят не только от химического состава волокна, но и от поверхностной плотности материалов и



видов ткацкого переплетения, что в свою очередь требует более детального изучения и экспериментального исследования данных материалов.

Таблица 1 – Зависимость пожарной опасности от поверхностной плотности материалов

Ткань	Основа		Уток		Поверхностная плотность готовой ткани, г/м <sup>2</sup>	Показатель пожарной опасности
	Линейная плотность пряжи, текс	Волокнистый состав	Линейная плотность пряжи, текс	Волокнистый состав		
Саржа[2]	16,4 x 2	ХВ	25 x 2	ХВ	280	Горючий материал. Данные отсутствуют.
Миткаль [2]	20	ХВ	20	ХВ	103	Горючий материал. Группа горючести ГЗ
Авизент [2]	50	ХВ	81,3 x 3	ХВ	393	Горючий материал. Данные отсутствуют.

На основе данных, приведенных в таблице, можно сделать вывод, что поверхностная плотность готовой ткани прямо пропорциональна линейной плотности пряжи. Наибольшую поверхностную плотность имеет Авизент, а наименьшую Миткаль, при этом у них одинаковый способ плетения. В соответствии со справочными данными Миткаль относится к группе горючести ГЗ, по остальным тканям информация отсутствует.

В результате анализа хлопчатобумажных тканей, имеющих разный вид ткацкого переплетения и поверхностную плотность, можно сделать вывод, что данные ткани являются горючими, однако на основе исследований можно получить более глубокую и всестороннюю оценку пожароопасных показателей и в первую очередь кислородного индекса, так как по данным видам тканей справочные данные отсутствуют.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: ФЗ от 22.07.08 №123-ФЗ. URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения 9.11.2019)
2. Отделка хлопчатобумажных тканей. В 2 ч. Ч. 1. Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей: Справочник/Под ред. Б. Н. Мельникова. – М.: Легпромбытиздат, 1991. С. 42 – 57.
3. Терминологический словарь одежды. 1996. URL: <http://www.poshiv.peterlife.ru/textil/238168.html> (дата обращения 9.11.2019).

4. Д. В. Сорокин, И. А. Роммель, А. Л. Никифоров, О.Г. Циркина, С. Н. Ульева, Л. В. Шарнина. Разработка подходов к определению пожарной опасности текстильных материалов //Пожарная и аварийная безопасность №1(12)-2019 С.80-87. URL: <http://pab.edufire37.ru>

УДК 662.612.2

*Т. А. Мочалова, Е. В. Дружинина, А. А. Антонова, Д. С. Беспрозванных*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНАЛИЗ РАСЧЕТНЫХ И ОПЫТНЫХ ДАННЫХ НИЗШЕЙ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ АЛИФАТИЧЕСКИХ СПИРТОВ**

Установлен наиболее точный расчетный метод определения низшей теплоты сгорания предельных одноатомных и двухатомных спиртов, позволяющий получать значения наиболее близкие к экспериментальным. Получены расчетные значения низшей теплоты сгорания алифатических спиртов, восполняющие данные, отсутствующие в справочной литературе.

**Ключевые слова:** низшая теплота сгорания, следствие из закона Г.Г. Гесса, формула Д.И. Менделеева, предельные одноатомные спирты, гликоли.

*T.A. Mochalova, Ye. V. Druzhinina, A. A. Antonova, D. S. Besprozvannykh*

## **ANALYSIS OF CALCULATED AND EXPERIMENTAL DATA OF NET CALORIFIC VALUE OF ALIPHATIC ALCOHOLS**

The most accurate calculation method has been established for determining the lower calorific value of the limit monohydric and diatomic alcohols, allowing obtaining the values closest to the experimental ones. The calculated values of the lower calorific value of aliphatic alcohols are obtained, supplementing the data that are not in the reference literature.

**Keywords:** net calorific value, a consequence of the law of G.G. Hess, formula D.I. Mendeleev, saturated monohydric alcohols, glycols

Значение величин теплоты сгорания веществ и материалов используется для оценки их пожарной опасности, а также при расчете пожарной нагрузки в помещении, где произошел пожар. В свою очередь, значение пожарной нагрузки применяется для расчетов температурного режима пожара, а также построения зон распределения пожарной нагрузки и при установлении очага пожара. Однако в справочной литературе имеются сведения не для всех распространенных горючих веществ и материалов [1].

Экспериментальное определение теплоты сгорания веществ и материалов представляет сложный и длительный процесс, сопряженный с использованием специальных высокоточных и дорогостоящих установок – калориметров.

Поэтому целесообразно использовать расчетные методы, описанные в литературе [2, 3]. При проведении пожарно-технических экспертиз важное значение имеет точность метода, поэтому целью настоящей работы является выявление наиболее точного расчетного метода определения низшей теплоты сгорания веществ, позволяющего получать значения наиболее близкие к экспериментальным, а также восполнение данных по теплоте сгорания для ряда веществ, отсутствующие в справочной литературе.

В данной работе нами произведен расчет теплоты сгорания предельных одноатомных спиртов и двухатомных спиртов (гликолей). Гликоли широко применяются в качестве растворителей, при производстве антифризов и гидравлических жидкостей, в средствах для мытья стекол, в пищевой и фармацевтической промышленности [4, 5].

Расчет низшей теплоты сгорания проводили по формуле Д.И. Менделеева (1) и по следствию из закона Г.Г. Гесса (2) [2, 3].

$$Q_H = 339,4 \cdot w_C + 1257 \cdot w_H - 108,9 \cdot (w_O - w_S) - 25,1 \cdot (9 \cdot w_H + w_W), \text{ кДж/кг} \quad (1)$$

где

339,4; 1257; 108,9; 25,1; 9 – постоянные безразмерные коэффициенты;

$w_C$ ,  $w_H$ ,  $w_O$ ,  $w_S$ ,  $w_W$  – массовые проценты углерода, водорода, кислорода, серы и влаги в горючем веществе, %.

$$Q_H = \Delta H_{\text{сгор.}}^{\circ} = \sum (n_i \cdot \Delta H_{f, 298}^{\circ})_{\text{пр}} - \sum (n_j \cdot \Delta H_{f, 298}^{\circ})_{\text{гв}}, \text{ кДж/моль} \quad (2)$$

где  $n_i$  и  $n_j$  – стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции горения;

$\Delta H_{f, 298}^{\circ}$  – стандартные теплоты образования веществ, кДж/моль.

Для сравнения теплоты сгорания, рассчитанные по формуле (2) и справочные значения [1] переводили из кДж/моль в кДж/кг по формуле (3):

$$Q'_H = \frac{Q_H \cdot 10^3}{M}, \text{ кДж/кг} \quad (3)$$

где  $M$  – молярная масса вещества, кг/кмоль.

Результаты расчетов низших теплот сгорания одноатомных и двухатомных спиртов по формулам (1) и (2) в сравнении со справочными экспериментальными значениями приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Низшая теплота сгорания одноатомных спиртов

Название вещества	Формула	Q <sub>н. расч.</sub>					Q <sub>н. справ.</sub>	
		по формуле (1) кДж/кг	δ, %	по формуле (2) кДж/моль	по формуле (3) кДж/кг	δ, %	кДж/моль	кДж/кг
метанол	СН <sub>4</sub> О	20171,25	15,5	676,23	21132,19	11,5	763,8	23868,75
этанол	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub> О	27364,50	10,5	1278,13	27785,43	9,1	1408	30562,18
1-пропанол	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub> О	31174,36	9,4	1890,89	31514,83	8,4	2067,4	34405,06
2-пропанол	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub> О	31174,36	8,7	1876,19	31222,99	8,5	2051,4	34138,79
1-бутанол	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> О	33591,41	8,7	2509,55	33912,84	7,8	2728	36805,18
2-бутанол	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> О	33591,41	8,2	2491,55	33615,08	8,2	2713	36602,81
3-бутанол	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> О	33591,41	7,4	2471,45	33343,90	8,1	2690	36292,49
1-пентанол	С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> О	35188,60	8,3	3117,21	35362,56	7,9	3383,6	38384,57
2-пентанол	С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> О	35188,60	7,9	3105,58	35230,63	7,8	3368,5	38213,27
3-пентанол	С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> О	35188,60	7,8	3103,01	35261,48	7,7	3366	38184,91
1-гексанол	С <sub>6</sub> Н <sub>14</sub> О	36393,99	8,1	3735,47	36622,25	7,5	4044,6	39586,96
2-гексанол	С <sub>6</sub> Н <sub>14</sub> О	36393,99	15,3	3716,67	36373,75	15,4	4392,4	42986,88
3-гексанол	С <sub>6</sub> Н <sub>14</sub> О	36393,99	6,8	3684,57	36059,60	7,7	3990,7	39055,59
1-гептанол	С <sub>7</sub> Н <sub>16</sub> О	37293,09	8	4355,73	37549,39	7,4	4709,5	40536,24
2-гептанол	С <sub>7</sub> Н <sub>16</sub> О	37293,09	14,2	4331,63	37277,37	14,2	5048,3	43444,92
3-гептанол	С <sub>7</sub> Н <sub>16</sub> О	37293,09	7,6	4331,33	37274,78	7,6	4681,1	40354,31
1-октанол	С <sub>8</sub> Н <sub>18</sub> О	37992,25	7,7	4969,39	38226,08	7,1	5360	41161,11
2-октанол	С <sub>8</sub> Н <sub>18</sub> О	37992,25	6,3	4945,89	37981,03	6,3	5280,2	40548,30
нонанол	С <sub>9</sub> Н <sub>20</sub> О	38557,88	8,9	5574,95	38714,93	8,5	6104	42312,50
деканол	С <sub>10</sub> Н <sub>22</sub> О	39027,18	7,5	6194,01	39202,59	7,1	6677,6	42188,53

Таблица 2 - Низшая теплота сгорания двухатомных спиртов

Название вещества	Формула	Q <sub>н. расч.</sub>					Q <sub>н. справ.</sub>	
		по формуле (1) кДж/кг	δ, %	по формуле (2) кДж/моль	по формуле (3) кДж/кг	δ, %	кДж/моль	кДж/кг
Этиленгликоль	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub> О <sub>2</sub>	17495,49	9,4	1059,23	17084,35	11,6	1199,7	19318,84
Пропиленгликоль	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub> О <sub>2</sub>	22350,17	6,6	1648,69	21693,29	9,4	1821,6	23933,78
1,2-бутандиол	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> О <sub>2</sub>	25669,28	-	-	-	-	-	-
1,3-бутандиол	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> О <sub>2</sub>	25669,28	5,7	2338,65	25985	4,5	2453	27219,26
1,4-бутандиол	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> О <sub>2</sub>	25669,28	-	-	-	-	-	-
2,3-бутандиол	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> О <sub>2</sub>	25669,28	-	-	-	-	-	-
1,5-пентандиол	С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> О <sub>2</sub>	28128,03	-	-	-	-	-	-
1,2-гександиол	С <sub>6</sub> Н <sub>14</sub> О <sub>2</sub>	29985,66	-	-	-	-	-	-
гептандиол	С <sub>7</sub> Н <sub>16</sub> О <sub>2</sub>	31453,22	-	-	-	-	-	-
октандиол	С <sub>8</sub> Н <sub>18</sub> О <sub>2</sub>	32641,93	-	-	-	-	-	-
нонандиол	С <sub>9</sub> Н <sub>20</sub> О <sub>2</sub>	33620,25	-	-	-	-	-	-
декандиол	С <sub>10</sub> Н <sub>22</sub> О <sub>2</sub>	34435,46	-	-	-	-	-	-

Как видно из данных табл. 1 наиболее близки к экспериментальным значениям теплоты сгорания предельных одноатомных спиртов, в большинстве случаев, расчеты по формуле (2). Тем не менее, расчеты по формуле Д.И. Менделеева также достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Для двухатомных спиртов расчет теплоты сгорания наиболее точен по формуле Д.И. Менделеева (табл. 2). Данное обстоятельство весьма важное, поскольку для большинства двухатомных спиртов отсутствуют справочные данные по теплоте образования, что делает невозможным расчет теплоты сгорания по следствию из закона Г.Г. Гесса.

Таким образом, для предельных одноатомных спиртов наиболее точные расчетные значения низшей теплоты сгорания получаются при использовании формулы (2), а для гликолей – при использовании формулы (1).

Так же следует отметить, что наибольшее относительное отклонение расчетных значений теплоты сгорания от справочных (экспериментальных), наблюдается у спиртов с наименьшим числом атомов углерода в молекуле. Это обстоятельство также отмечено ранее авторами [6, 7].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Корольченко А.Я., Корольченко Д.А.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004.
2. *Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щелов П.П.* Горение и свойства горючих веществ. – 2-е изд., перераб. – М: Химия, 1981. – 272 с.
3. *Перельман В.И.* Краткий справочник химика. – М.: Химия, 1964. – 624 с.
4. [www.xumuk.ru](http://www.xumuk.ru)
5. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Этиленгликоль>
6. *Карпетьянц М.Х.* Методы сравнительного расчета физико-химических свойств. – М.: Наука, 1965. – 403 с.
7. *Земский Г.Т., Зуйков В.А., Простов Е.Н., Ильичев А.В.* Теплота сгорания углеводородов состава  $C_xH_yO_z$  // Пожарная безопасность. – 2005, № 1. – С. 55-93.

УДК 614.84

*М. М. Огнева, Н. А. Таратанов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ**

В данной статье приведены теоретические основы инфракрасной спектроскопии при исследовании полимерных веществ и материалов, применяемых при отделке и строительстве. В работе рассматриваются основные физико-химические свойства полимерных материалов и поведение их в условии пожара, а так же практическое использование инфракрасной спектроскопии в экспертной практике.

**Ключевые слова:** инфракрасная спектроскопия, условия пожара, пожарно-техническая экспертиза, расследование пожара, полимерные строительные материалы.

*М. М. Ogneva, N. A. Taratanov*

## **THE STUDY OF POLYMER MATERIALS BY THE METHOD OF IR-SPECTROSCOPY**

This article describes the theoretical basis of infrared spectroscopy in the study of polymer substances and materials used in the decoration and construction before and after the fire. The work covers the fundamental physical and chemical properties of polymer materials and their behavior in fire condition, as well as the practical use of infrared spectroscopy in expert practice.

**Keywords:** infrared spectroscopy, the conditions of fire, fire-technical examination, fire investigation, polymer building materials.

Инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия) – раздел молекулярной оптической спектроскопии, изучающий спектры поглощения и отражения электромагнитного излучения в инфракрасной области, т.е. в диапазоне длин волн от  $10^{-6}$  и  $10^{-3}$  м. Метод ИК-спектроскопии является универсальным физико-химическим методом, который применяется в исследовании структурных особенностей различных органических и неорганических соединений. Метод ИК-спектроскопии позволяет получать сведения об относительных положениях молекул в течении короткого промежутка времени, оценить характер связи между ними. В основе этого метода лежит инфракрасное излучение. Инфракрасное излучение также называют «тепловым» излучением, так как все тела, твёрдые и жидкие, нагретые до определённой температуры, излучают энергию в инфракрасном спектре. При этом длины волн, излучаемые телом, зависят от температуры нагревания: чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения. Полимерные вещества, состоящие из

макромолекул, которые содержат повторяющиеся химические структурные единицы. Такие химические единицы соединены в основном в линейные цепи или цепи с разветвлениями, образующие трехмерную сетчатую структуру. [1-5].

ИК-спектроскопия является универсальным аналитическим методом. На практике данный метод все больше находит свое применение в исследовании разнообразных объектов на пожаре и определении очага пожара. В частности, этот метод позволяет устанавливать природу изъятых с места пожара веществ и материалов, а так же дает качественную оценку температуры и степени термического разложения материала. В настоящее время остается актуальным изучение ИК-спектроскопии, т.к. позволяет определить изменения структуры материалов в ходе пожара.

### ***Физико-химические свойства полимерных материалов***

В данной статье рассмотрим физико-химические свойства полимерных материалов, которые используются при строительстве и отделке. Опишем структуру, свойства и реакцию материалов при воздействии различных температур. В частности разберем характеристики следующих полимерных материалов: вспененный полиэтилен, листовой поликарбонат, полипропиленовая труба, полиуретан.

*Вспененный полиэтилен (пенополиэтилен)* подвергается вспениванию углеводородами в процессе производства, в результате чего получается упругое эластичное полотно, имеющее закрытопористую структуру в форме ячеек. Вспененный полиэтилен воспламеняется и плавится при температуре выше  $102^{\circ}\text{C}$ , при снижении температуры воздуха до  $60^{\circ}\text{C}$  сохраняет свою прочность и эластичность. Материал обладает малой теплопроводностью, что повышает теплоизоляцию во много раз. Во время горения продукт не токсичен. Краткосрочное воздействие огня не приводит к повреждению прочностных характеристик данного материала. Однако при длительном воздействии огня разрушается, что влечет за собой изменение физико-химических свойств.

*Листовой поликарбонат* является термопластичным полимером, который получаемым путем соединения двухатомных спиртов и угольной кислоты. Сырье для его производства представляет собой гранулы небольшого размера, при плавлении они образуют пластичную массу, в которую добавляют красящие пигменты и прочие вещества, повышающие качество конечного продукта. Полученная масса проходит процессы экструзии, путём выдавливания через специальные формы. Материал негорючий. При пожаре он плавится, выделяя в воздух углекислый газ и водяной пар. Горение поликарбоната происходит при температуре выше  $5000^{\circ}\text{C}$ . В случае пожара поверхность из пластика не разрушается, а деформируется, образуя отдельные отверстия, через которые выходит дым и тепло. Свойство деформации значительно облегчая тушение пожара.

*Полипропиленовая труба* получается из пропилена, в результате реакции между пропенем и катализатором Циглера-Натта. Полипропилен обладает

высокой пожароустойчивостью. Уровень его размягчения начинается от 140 °С, а температура плавления 175 °С.

*Полиуретан* - синтетический полимер, обладающий высокой прочностью и износостойкостью. В строительстве применяется в качестве материала для сэндвич-панелей, уплотнительных и изоляционных материалов (монтажные пены, герметики, прокладки), в качестве отделочных (полиуретановые краски, лаки, эмали различного назначения) и изоляционных материалов. Материал устойчив при температурах от минус 70°С до плюс 120°С, за пределами этого интервала связи азот-углерод рвутся, что приводит к разрушению материала из полиуретана.

### ***Поведение органических веществ в условии пожара***

В обычных условиях на материалы воздействуют различные внешние факторы:

- 1) область применения (для облицовки пола, потолка, стен; внутри помещения с нормальной средой, с агрессивной средой, снаружи помещения и т.п.);
- 2) влажность воздуха (чем она выше, тем выше влажность пористого материала);
- 3) различные нагрузки (чем они выше, тем тяжелее материалу сопротивляться их воздействию);
- 4) природные воздействия (солнечная радиация, температура воздуха, ветер, атмосферные осадки и т.п.).

Перечисленные внешние факторы влияют на долговечность материала (ухудшение его свойств в течение времени нормальной эксплуатации). Чем они агрессивнее воздействуют на материал, тем быстрее изменяются его свойства, разрушается структура. При пожаре, помимо перечисленных, на материал воздействуют и значительно более агрессивные факторы, такие как:

- 1) высокая температура окружающей среды;
- 2) время нахождения материала под воздействием высокой температуры;
- 3) воздействие огнетушащих веществ;
- 4) воздействие агрессивной среды.

При воздействии огня на полимерные материалы происходит газовое и гетерогенное горение [6]. Затем в результате действия химических процессов материал претерпевает постепенное разрушение (снижение прочности практически до нуля).

### ***Практическое использование ИК-спектроскопии***

Метод ИК-спектроскопии используется в экспертной практике для установления природы (функционального состава) изъятых с места пожара веществ и материалов:

- органических и композитных материалов и их обгоревших остатков (полимерных материалов, лакокрасочных покрытий, тканей и др.);
- каменных неорганических, изготовленных безобжиговым методом на основе цемента, извести, гипса (бетон и железо-бетон, силикатный кирпич, штукатурка, теплоизоляционные материалы и т.д.);



- легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, использованных при поджогах.

ИК-спектроскопия применяется для решения идентификационных задачи при исследовании твердых и жидких веществ и материалов. Метод дает качественную оценку температуры и степени термического разложения материала по внешнему виду спектра – наличию в нем соответствующих полос поглощения и их интенсивности, что позволяет производить количественную оценку степени термического поражения проб материалов для выявления зон термических поражений на месте пожара, используя спектральные критерии [7].

Метод ИК-спектроскопии позволяет наиболее однозначно интерпретировать результаты, полученные в ходе судебной экспертизы, в процессе судопроизводства. Данный метод помогает решать идентификационные, классификационные и диагностические задачи. Метод ИК-спектроскопии на сегодняшний день является одним из наиболее распространенных (экспресс) методов исследования строительных и отделочных полимерных материалов в судебной пожарно-технической экспертизе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кросс А.* Введение в практическую инфракрасную спектроскопию. – М.: Издательский центр «Академия», 1996. – 110 с.
2. *Тарасевич Б.Н.* Основы ИК спектроскопии с преобразованием Фурье. Подготовка проб в ИК спектроскопии. М.: МГУ, 2012. – 22 с.
3. *Беллами Л.* Инфракрасные спектры сложных молекул. – М.: Иностранная литература, 1963. – 201 с.
4. *Сайдов Г.В., Свердлова О.В.* Методы молекулярной спектроскопии. – С.-Петербург: НПО «Профессионал», 2008. – 337 с.
5. *Андреева Е.Д., Чешко И.Д.* Применение ИК-спектроскопии при исследовании объектов, изъятых с места пожара: Методическое пособие. – М.: ВНИИПО, 2010. – 91 с.
6. *Берлин Ал.Ал.* Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести // Соревновательный образовательный журнал. №9. 1996. с. 57-63.
7. *Андреева Е.Д., Чешко И.Д.* Применение ИК-спектроскопии при исследовании объектов, изъятых с места пожара: Методическое пособие. – М.: ВНИИПО, 2010. – 91 с.

УДК 614.8

*Н. М. Панев, А. Л. Никифоров, О. Г. Циркина, С. В. Федосов*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПРОШЕДШИХ ОГНЕЗАЩИТНУЮ ОБРАБОТКУ**

В данной статье приведены результаты разработки математической модели, описывающей процесс термического разложения изделия из древесины, прошедшего огнезащитную обработку, в условиях воздействия опасных факторов пожара.

**Ключевые слова:** изделия из древесины, огнезащитная пропитка, термодеструкция, математическая модель.

*N. M. Panyov, A. L. Nikiforov, O. G. Tsirkina, S. V. Fedosov*

## **MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL DESTRUCTION OF WOODWORK WITH FIRE-RETARDANT IMPREGNATION**

The results of developing the mathematical model of thermal destruction of woodwork with fire-retardant impregnation under the influence of fire hazards are presented in this article.

**Keywords:** woodwork, fire-retardant impregnation, thermal destruction, mathematical model.

Горение древесины – сложный физико-химический процесс, сопровождающийся высоким тепловыделением, образованием угольного слоя и снижением прочности материала.

При пожаре поверхность деревянного изделия подвергается воздействию высокой температуры и открытого пламени, в результате чего начинается процесс термодеструкции, а затем происходит воспламенение поверхностного слоя древесины. При нагревании материала до температуры воспламенения в течение некоторого периода времени образуется угольный слой. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности поверхностного слоя древесины при воздействии высокой температуры и открытого пламени снижаются, так как структура угольного слоя не позволяет ему прогреваться с той же скоростью, что и слою неповреждённой древесины.

Воздействие температуры воспламенения на поверхность материала (температуру обогрева поверхности материала принимаем постоянной) в течение следующего периода времени вызывает нагрев нижележащего слоя древесины до температуры воспламенения. За счёт присутствия воздуха в порах материала, а также нагрева этого слоя происходит термоокислительная деструкция материала, а толщина угольного слоя растёт.

Наблюдаемая картина прогрева и разрушения древесины изменяется при применении средств огнезащиты. Многие учёные описывали поведение антипирированной древесины в условиях воздействия опасных факторов пожара (далее – ОФП). Например, в работе [1] представлены результаты экспериментального исследования влияния различных огнезащитных составов (далее – ОЗС) на геометрические параметры зоны обугливания фрагментов деревянных балок, а также зависимости толщины и скорости обугливания балок от времени. В статье [2] показано существенное влияние продолжительности эксплуатации деревянных конструкций на скорость обугливания материала.

При комнатной температуре до начала пожара древесину, прошедшую поверхностную огнезащитную пропитку, можно представить двумя находящимися в контакте неограниченными пластинами (рисунок 1), каждая из которых характеризуется своей толщиной: слой древесины, пропитанный ОЗС, толщиной  $\delta_{\text{ОЗС}}$ , и слой нативной древесины толщиной  $\delta_{\text{древ}}$ . При этом  $\delta_{\text{ОЗС}}=1\div 3$  мм. Кроме того, каждый слой характеризуется своими показателями теплопроводности (соответственно,  $\lambda_{\text{ОЗС}}$  и  $\lambda_{\text{древ}}$ ), плотности ( $\rho_{\text{ОЗС}}$  и  $\rho_{\text{древ}}$ ) и теплоемкости ( $c_{\text{ОЗС}}$  и  $c_{\text{древ}}$ ).

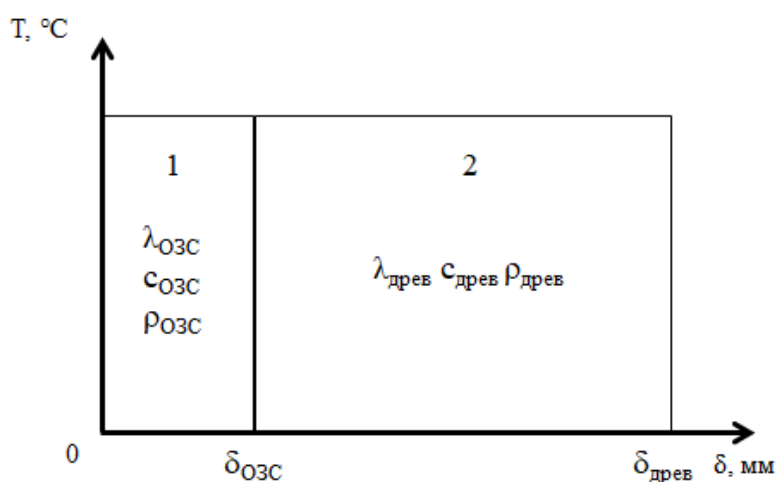


Рисунок 1 – Древесина, прошедшая поверхностную огнезащитную пропитку (1 – древесина, пропитанная ОЗС, 2 – нативная древесина).

При нагреве древесины в условиях пожара температура на поверхности слоя древесины, пропитанного ОЗС, повышается. Начинается процесс термической деструкции материала, который значительно интенсифицируется при температуре воспламенения, зависящей, в свою очередь, от породы дерева. Для сосновой древесины, которая применяется для исследований в рамках данной диссертационной работы, температура воспламенения согласно справочным данным принимается равной  $250^\circ\text{C}$ . В результате образуется карбонизованный (угольный) слой, при этом обугливание слоя древесины, пропитанного ОЗС, происходит быстрее аналогичного процесса в слое нативной древесины вследствие его более высокой теплопроводности ( $\lambda_{\text{ОЗС}} > \lambda_{\text{древ}}$ ).

При достижении на поверхности обогреваемого материала температуры воспламенения произойдёт обугливание слоя древесины, пропитанного ОЗС, и начнётся послойная термодеструкция нативной древесины. При этом показатели плотности, теплоёмкости и теплопроводности у материала, подвергнувшегося термодеструкции после пропитки ОЗС и без таковой, будут различаться. Схематично данный процесс изображён на рисунке 2.

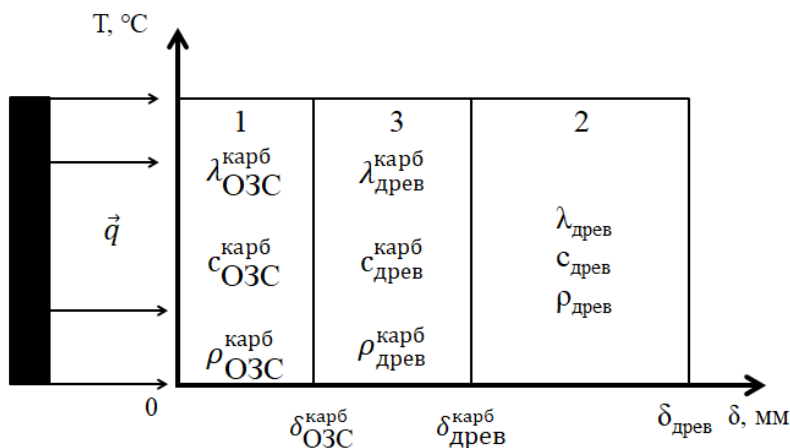


Рисунок 2 – Иллюстрация модели прогрева древесины, прошедшей огнезащитную обработку (1 – обуглившийся слой древесины, пропитанной ОЗС, 2 – нативная древесина, 3 – обуглившийся слой нативной древесины).

Для того, чтобы найти распределение температуры по толщине угольного слоя или слоя ОЗС в любой момент времени, необходимо решить задачу теплопереноса в системе «источник высокой температуры-ОЗС-древесина». Логично ставить условие такой задачи, принимая «стенку» за неограниченную пластину, то есть за такую пластину, длина и ширина которой бесконечно велики по сравнению с толщиной, а изменение температуры происходит только в одном направлении, вдоль оси X, в то время как вдоль осей Y и Z температура остаётся постоянной. Таким образом,

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial T}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Согласно физическим представлениям о рассматриваемом процессе, математическая модель нестационарного теплопереноса в двухслойной неограниченной пластине может быть представлена в виде следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\delta, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\delta, \tau)}{\partial \delta^2} \quad (\tau > 0, 0 \leq \delta \leq \delta_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}) \quad (2)$$

$$\frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(\delta, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(\delta, \tau)}{\partial \delta^2} \quad (\tau > 0, \delta_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}} \leq \delta \leq \delta_{\text{карб}}^{\text{древ}}) \quad (3)$$

Начальные условия:

$$T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\delta, \tau) = T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\delta); \quad (4)$$

$$T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(\delta, \tau) = T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(\delta). \quad (5)$$

Граничные условия:

На левой границе:

$$q_{\text{п}} = \lambda_{\text{карб}} \frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\delta_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}, \tau)}{\partial \delta}. \quad (6)$$

В месте контакта слоя древесины, обработанного ОЗС, и карбонизованного слоя древесины:

$$\lambda_{\text{ОЗС}} \frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\delta_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}, \tau)}{\partial \delta} = \lambda_{\text{карб}} \frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(\delta_{\text{карб}}^{\text{древ}}, \tau)}{\partial \delta}; \quad (7)$$

$$T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(0, \tau) = T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(0, \tau). \quad (8)$$

На правой границе

$$\frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(0, \tau)}{\partial \tau} = 0. \quad (9)$$

Для упрощения анализа введем в рассмотрение следующие безразмерные переменные:

$$\bar{\delta} = \frac{\delta}{\delta_{\text{карб}} - \delta_{\text{ОЗС}}}; K_{\delta} = \frac{\delta_{\text{карб}}^{\text{древ}}}{\delta_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}}; K_a = \frac{a_{\text{карб}}^{\text{древ}}}{a_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}}; K_{\lambda} = \frac{\lambda_{\text{карб}}^{\text{древ}}}{\lambda_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}}; \quad (10)$$

$$Fo = \frac{a\tau}{\delta_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}}; Ki = \frac{q_{\text{п}} \delta_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}}{\lambda_{\text{карб}} (T_{\text{карб}}^{\text{древ}} - T_0)}. \quad (11)$$

В таком случае, с учетом (9) - (10), имеем:

$$\frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\bar{\delta}, Fo)}{\partial \bar{\delta}} = a \frac{\partial^2 T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\bar{\delta}, Fo)}{\partial \bar{\delta}^2} \quad (Fo > 0, 0 \leq \bar{\delta} \leq K_{\delta}) \quad (12)$$

$$\frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(\bar{\delta}, Fo)}{\partial (Fo \cdot K_a)} = a \frac{\partial^2 T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(\bar{\delta}, Fo)}{\partial \bar{\delta}^2} \quad (Fo > 0, K_{\delta} \leq \bar{\delta} \leq 1) \quad (13)$$

Начальные условия:

$$T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\bar{\delta}, 0) = T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(\bar{\delta}); \quad (14)$$

$$T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(\bar{\delta}, 0) = T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(\bar{\delta}). \quad (15)$$

Граничные условия:

$$\frac{Ki}{s} = \frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(K_{\delta}, Fo)}{\partial \bar{\delta}}. \quad (16)$$

$$\frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(0, Fo)}{\partial \bar{\delta}} = K_{\lambda} \frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(0, Fo)}{\partial \bar{\delta}}; \quad (17)$$

$$T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(0, Fo) = T_{\text{карб}}^{\text{древ}}(0, Fo). \quad (18)$$

$$\frac{\partial T_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}(1, Fo)}{\partial \bar{\delta}} = 0. \quad (19)$$

Решение задачи (12)–(19) можно найти методом интегрального преобразования Лапласа [3]. Для карбонизованного слоя древесины толщиной  $\delta_{\text{карб}}^{\text{ОЗС}}$  решение задачи (12) – (19) будет выглядеть следующим образом:

$$T(\bar{\delta}, Fo) = 1 - 4 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot \cos\left[\frac{[(2n-1)\pi]\bar{\delta}}{2}\right] \cdot e^{\left[\frac{-[(2n-1)^2\pi^2] \cdot a\tau}{4\bar{\delta}^2}\right]}}{[(2n-1)\pi]}. \quad (20)$$

Результаты расчетов можно будет изобразить на следующих рисунках. На рисунке 3 изображена схема распределения температур в слое древесины, пропитанном ОЗС, при нагреве наружной поверхности материала до температуры  $T_1$ , которая будет ниже температуры термодеструкции древесины  $T_{\text{дестр}}$ .

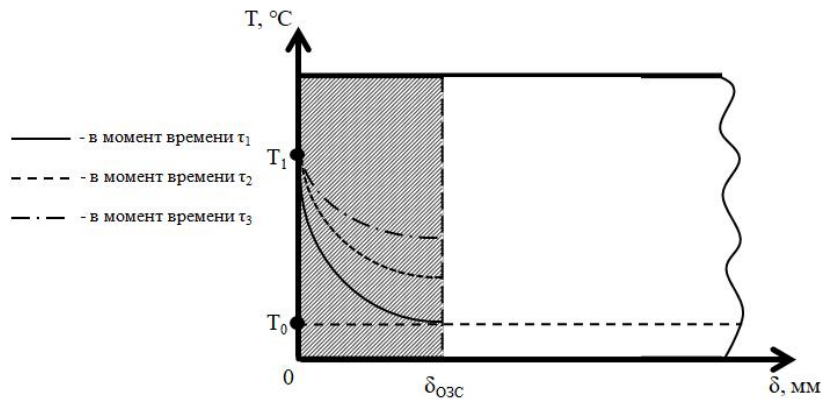


Рисунок 3 – Схема распределения температур в слое древесины, пропитанном, при нагреве наружной поверхности материала до температуры  $T_1 < T_{\text{дестр}}$ .

На рисунке 4 приведена схема распределения температур в слое древесины при достижении температуры  $T_{\text{дестр}}$  на её наружной поверхности.

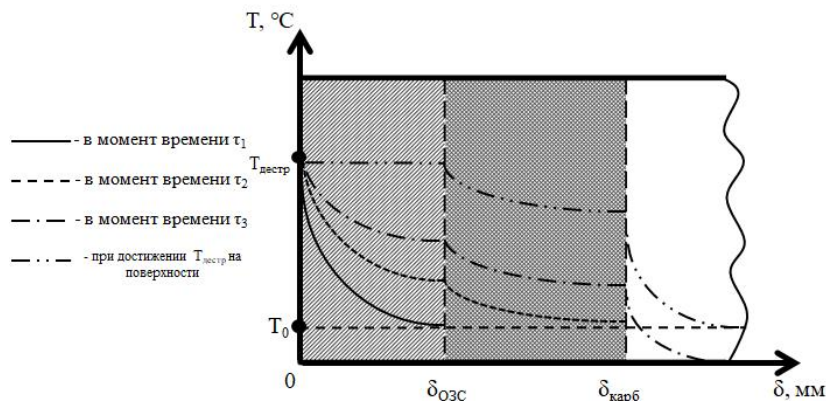


Рисунок 4 – Схема распределения температур в слое древесины, пропитанном ОЗС, при нагреве наружной поверхности материала до температуры  $T_{\text{дестр}}$ .

Стоит отметить, что при температуре поверхности материала, превышающей  $T_{\text{дестр}}$ , в материале будут протекать те же процессы теплопереноса и разрушения, что изображены на рисунке 4, но при этом скорость протекания данных явления возрастёт, что выразится в более пологом положении представленных кривых.

Таким образом, была разработана математическая модель, описывающая процесс термодеструкции древесины, пропитанной ОЗС на глубину 1-3 мм, в результате воздействия опасных факторов пожара. Можно утверждать, что использование данной модели позволит спрогнозировать уменьшение сечения деревянного строительного изделия и, как следствие, определить такие пожарно-технические характеристики, как предел огнестойкости конструкции, что в

перспективе предоставит специалистам возможность уйти от проведения ряда дорогостоящих и трудоёмких огневых испытаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование поведения деревянных балок с огнебиозащитой при пожаре / С.В. Поздеев, Я.В. Горбаченко, О.В. Некора, М.А. Кропива // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь, № 2 (22), 2015 – С. 12-18.
2. Исследование скорости обугливания деревянных конструкций длительного срока эксплуатации / М.М. Альменбаев, О.В. Арцыбашева, Р.М. Асеева, Ж.К. Макишев, В.А. Москалев, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков // Известия ЮФУ. Технические науки, № 9 (158), 2014 – С. 246-254.
3. *Диткин В.А., Прудников А.П.* Операционное исчисление – М., «Высшая школа», 1975, 408 с.

УДК 699.81

***В. С. Петров, В. П. Зарубин***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ОБЗОР ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Статья посвящена современным огнезащитным материалам для металлических конструкций, представлены виды материалов их назначение и принципы действия, раскрываются особенности подготовки поверхностей для нанесения огнезащитных красок и лаков.

**Ключевые слова:** огнезащитный материал, несущий каркас, пожар, степень огнестойкости.

***V. S. Petrov, V. P. Zarubin***

## OVERVIEW OF FLAME RETARDANT MATERIALS FOR METAL STRUCTURES

The article is devoted to modern fire-retardant materials for metal structures, presents the types of materials, their purpose and principles of action, reveals the features of surface preparation for the application of fire-retardant paints and varnishes.

**Keywords:** fire-resistant material, supporting frame, fire, degree of fire resistance.

В современном строительстве набор строительных материалов достаточно большой. Выбор материала обусловлен множеством факторов учитывающих прочность, надежность, скорость возведения конструкции, устойчивость к природным воздействиям, пожаробезопасность, стоимость и т.д. Особое

внимание в статье уделим пожаробезопасности строительных материалов. Термин пожаробезопасность относится к строительным материалам и описывает их поведение при воздействии огня. При рассмотрении конструкции выполненной из определенного материала необходимо использовать другой, более корректный термин – огнестойкость. Огнестойкость – характеризует способность строительных конструкций без потери прочности и несущей способности сопротивляться воздействию пожара [1].

Согласно статье 13 «Технического регламента» все строительные материалы классифицируют на две группы: горючие и негорючие. Категория горючих материалов в настоящее время очень обширна. Не горючих материалов значительно меньше. К ним относятся природный камень, металл, кирпич, бетон, керамика, стекло и асбоцемент [1].

Как следует из определения, негорючими называют материалы не способные к самостоятельному горению на воздухе. Однако стоит понимать, что под воздействием огня или высокой температуры даже в негорючих материалах происходят изменения негативно влияющие на их прочностные характеристики. Поэтому строительные конструкции выполненные из негорючих материалов необходимо защищать от действия огня в случае возникновения пожара.

Для этих целей в настоящее время промышленностью выпускается большое количество различных защитных составов. Основная задача которых заключается в предотвращении резкого нагрева несущего каркаса зданий. Существуют составы разработанные специально для несущих конструкций выполненных из кирпича, бетона и металла. Особое внимание уделяется металлическим несущим конструкциям. Это связано с тем, что при нагреве и жесткой заделке на опорах конструкция лишена возможности свободно деформироваться, вследствие чего в ней возникают дополнительный изгибающие моменты и силы, вызывающие значительные напряжения. Поэтому вопрос увеличения огнестойкости металлических несущих конструкций является актуальным.

Повышение огнестойкости металлических конструкций заключается в их теплоизоляции различными способами и материалами. В настоящее время появляются новые средства, благодаря которым огнезащита металлоконструкций становится всё более эффективной. Особого внимания в данном случае заслуживают специальные огнезащитные краски, обладающие целым рядом преимуществ, по сравнению с иными методиками. Они не утяжеляют конструкции, легко восстанавливаются после повреждения, имеют длительный срок эксплуатации и выполняют декоративно-эстетические функции. Лакокрасочная продукция для металлоконструкций используются с целью огнезащитного покрытия несущего каркаса – ферм, пролетов, в том числе сложной геометрической формы; балок, колонн, опор. Зачастую защита металла от огня необходима для стальных конструкций, не только образующих несущий каркас внутри его строительного объема, но и расположенных снаружи. В этом случае в зависимости от проектных решений, необходима атмосферостойкая огнезащитная краска или лак, способные без растрескивания, шелушения,



осыпания длительное время эксплуатироваться на открытом воздухе. Появление стойких к огню, а также не подверженных атмосферному воздействию огнезащитных красок и лаков, позволило эффективно покрывать несущие стальные конструкции зданий, в тех случаях, когда использовать другие огнезащитные материалы невозможно или нецелесообразно по разным объективным причинам. Количество краски требуемой на обработку элементов конструкций, даже при многослойном покрытии необходимо затратить значительно меньше по сравнению с другими огнестойкими материалами. Это снижает не только финансовые затраты но и уменьшает нагрузку на фермы и балки. Кроме этого краска надежно изолирует металл конструкций от негативного влияния влаги, что снижает окисление и образование ржавчины [2].

Лакокрасочную продукцию предназначенную для защиты металла от внешних атмосферных воздействий, от огня и высоких температур, выпускаемую компаниями производителями, можно разделить на два типа: вспучивающиеся и не вспучивающиеся. К первому, более распространенному, типу относятся вспучивающиеся краски. При прямом контакте с открытым пламенем или высокотемпературным тепловым потоком они быстро и многократно увеличиваются в объеме. При этом, на поверхности защищаемой конструкции образуется вспененный слой обугленного коксового покрытия с ничтожно низкой теплопроводностью. Второй тип не вспучивающихся (сохраняющих объем) огнестойких красок или лаков, также являются многослойными покрытиями, но они не изменяют своего первоначального объема даже при сильном огневом, тепловом воздействии. В состав таких красок входят силикаты которые создают на поверхности металлических конструкций плотное покрытие надежно защищающее их от внешних воздействий при нормальных условиях, а при резком высокотемпературном воздействии состав спекается, образуя слой покрытия, аналогичный керамическим эмалям, который эффективно предохраняет защищаемую поверхность металла от быстрого нагрева, деформации и разрушения.

Сравнивая два типа красок между собой можно отметить, что применение вспучивающихся красок более выгодно. Не вспучивающиеся краски обладают определенными недостатками, такими как большой расход и меньшая огнезащитная эффективность, поэтому они применяются на объектах гораздо реже.

На российском рынке огнезащитных средств наиболее популярны краски и лаки выпускаемые НПО «Стройзащита». К ним можно отнести три вида вспучивающихся огнезащитных красок по металлу: Крауз, Крауз-Ультра и Крауз-Р. Срок эксплуатации покрытий – до 25 лет. Кроме них, существует огнезащитная лакокрасочная продукция марок Pirex–metal plus, Нертекс, Термобарьер, Стабитерм, Негорин [2, 3].

Все выпускаемые лакокрасочные покрытия должны удовлетворять требованиям и сертификату пожарной безопасности согласно статье 150 ФЗ-123. Информация указываемая в документации на защитный состав должна содержать: марку и наименование огнезащитной краски, лака; группу

огнезащитной эффективности; виды, название, количество, необходимую толщину слоев грунтовок, финишных защитных, декоративных покрытий, совместимых с поставляемой огнезащитной продукцией; толщину слоев огнезащитных красок, лаков, а также их расходы для получения многослойных покрытий для различных групп огнезащитной эффективности. Образующиеся после окраски многослойные огнезащитные покрытия должны быть долговечными, не растрескиваться, не разрушаться под внешними воздействиями, включая высокую влажность воздуха, образование конденсата, вибрацию. Не должны выделять пары ядовитых химических соединений как при нормальных условиях, так и в процессе образования вспучивающегося теплозащитного слоя при огневом, тепловом воздействии. Отвечать требованиям эстетики в готовом виде после нанесения финишного слоя, для чего должна быть возможна их колеровка в различные цвета [3].

Указанная информация о защитных составах позволяет заказчикам работ и специалистам проектных организаций на основании лицензионных разрешений от МЧС, по требованиям противопожарных норм без проблем находить оптимальные варианты из многообразия видов огнестойкой лакокрасочной продукции для каждого конкретного случая огнезащиты металлоконструкций строений различного назначения.

Не маловажным моментом при выборе и использовании огнезащитных красок являются требования к подготовке поверхности для покраски. Выделить состав не требующий специальной подготовки поверхности под покраску не представляется возможным. Все краски требуют проведение тщательной подготовки поверхности металла. Она включает в себя очистку поверхности от слоев прежних лакокрасочных покрытий, ржавчины, следов горючих жидкостей, пылевых, солевых отложений. Методы такой подготовки разнообразны – от механической обработки металлических поверхностей ручным или электрифицированным инструментом, пескоструйными аппаратами до химической очистки органическими растворителями, преобразователями ржавчины. Крайне важно также обезжиривание поверхностей металлоконструкций для обеспечения высокой адгезии при наложении покрытия. Использование грунтов, по физико-химическим свойствам совместимыми с огнезащитной лакокрасочной продукцией, дает защиту металла не только от возможной коррозии, но и способствует более надежному контакту красок с поверхностью металлоконструкций, без риска растрескивания и отслоения.

Способ нанесения краски указывается в инструкции прилагаемой к продукции. Это может быть окраска металлоконструкций вручную с использованием кистей, валиков или с применением промышленного оборудования для проведения окрасочных работ – краскопульты, станций безвоздушного распыления. При этом стоит отметить, что нанесение краски с помощью краскопульта обеспечивает более равномерное покрытие поверхности гарантирующее надежную защиту конструкции. Довольно часто в качестве финишного покрытия по огнестойкой краске применяется лак от той же

компании производителя, что гарантирует их максимальную совместимость и долговечность получаемого комбинированного огнезащитного покрытия.

Таким образом для увеличения огнестойкости металлических конструкций, в настоящее время существует достаточно большое количество различных материалов. При этом, достаточно выгодно выделяются огнезащитные краски и лаки – удобные, современные, недорогие и простые в использовании способы защиты строительных конструкций от огня. Их эффективность доказана множеством испытаний, поэтому терморасширяющееся покрытие – действенная мера против пожара.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://cleaning63.ru/stati/ognezashitnaya-kraska-dlya-metallicheskih-konstrukcij>
2. <http://storeint.ru/kraska-dlya-protivopozharnoy-obrabotki-metallokonstruktsiy>
3. <https://fireman.club/statyi-polzovateley/kraski-i-laki-dlya-ognezashhityi-metalla-i-metallokonstruktsiy/>

УДК 655.228.6:

*А. А. Покровский*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕГРЕТЫМ ПАРОМ

Показана область применения перегретого водяного пара для сушки материалов в различных областях производства. Показана эффективность и пожаробезопасность применения высокотемпературного теплоносителя для сушки различных материалов, а также показаны некоторые общие закономерности протекания данного процесса.

**Ключевые слова:** перегретый водяной пар, сушка, теплоноситель, влага, материал, температура.

*A. A. Pokrovsky*

## FIELD OF APPLICATION OF HIGH TEMPERATURE SUPERHEATED STEAM DRYING OF MATERIALS

The field of application of superheated water vapor for drying materials in various fields of production is shown. The efficiency and fire safety of using a high-temperature coolant for drying various materials is shown, as well as some general patterns of the process are shown.

**Keywords:** superheated water vapor, drying, coolant, moisture, material, temperature.

Сушка материалов перегретым водяным паром является одним из наиболее эффективных способов высокотемпературной сушки. Несмотря на то, что сушка материалов перегретым водяным паром известна уже более ста лет, данные технологии применяются крайне редко в различных отраслях промышленности. Это объясняется недостаточностью изучения ряда технологических параметров и опасением за нарушение свойств высушиваемых материалов.

У истоков метода сушки перегретым водяным паром стоял русский инженер Бульгин Н.П. [1]. Исследования кинетики сушки древесины перегретым водяным паром проводились на построенной по его проекту установке. Исследования показали значительное сокращение длительности сушки в среде перегретого водяного пара по сравнению с низкотемпературной сушкой горячим воздухом.

Наибольших успехов применение перегретого водяного пара достигло в деревообрабатывающей промышленности для сушки пиломатериалов. На лесопильных предприятиях атмосферную сушку древесины постепенно начала вытеснять камерная. Сушка осуществлялась в цельнометаллических камерах, в которых, в отличие от камер строительного типа, затраты тепла на сушку снизились примерно на 40% [1]. В это же время были разработаны камеры периодического, непрерывного и автоклавного типов.

Проведя сравнение сушки древесины перегретым паром при температуре 110-130°C и горячим воздухом, было установлено, что процесс сушки в среде перегретого водяного пара, имеющего высокую температуру и большую скорость циркуляции, происходит в три раза быстрее. Исследования показали, что при сушке ели и сосны перегретым паром при температуре 110-120°C их свойства значительно лучше древесины, высушенной влажным воздухом при температуре 60-80°C. Эти свойства характеризуются такими показателями как растрескивание, коробление и формоустойчивость. Понижение прочности древесины, высушенной перегретым паром, по сравнению с прочностью при низкотемпературной сушке (80-90°C) незначительно. Так как теплоёмкость перегретого пара примерно в два раза выше теплоёмкости воздуха, то для переноса одинакового количества теплоты перегретого пара потребуется в два раза меньше (по массе), чем воздуха, и принудительная циркуляция перегретого пара потребует меньших затрат электроэнергии. При сушке древесины перегретым паром не нужно дополнительного количества воздуха, в отличие от схемы сушки влажным воздухом, в которой для отвода влаги необходима непрерывная подача свежего холодного воздуха в сушильную камеру. Очень экономичными оказались схемы, в которых испаряемая из материала влага перегревается в контуре циркуляции и используется в качестве агента сушки. При этом продолжительность процесса сушки сокращается в 2-3 раза [2].

Перегретый водяной пар успешно применяется для сушки и термообработки текстильных материалов, в том числе для сушки нетканых материалов и искусственных кож. Механизм процесса сушки в среде перегретого водяного пара мало чем отличается от механизма сушки древесины. При конвективной сушке тканей [3] прогрев материала заканчивается при достижении материалом температуры мокрого термометра. Свободная влага испаряется только с наружной поверхности материала, а недостаток влаги в наружном слое мгновенно пополняется

за счёт её поступления из внутренних слоёв материала. Температура сушильного агента у поверхности материала равна температуре мокрого термометра, а его относительное влагосодержание равно единице. В ядре потока газовой фазы температура выше температуры мокрого термометра, а его относительное влагосодержание меньше единицы. При высокотемпературной сушке период прогрева материала незначительный.

При производстве бумаги, конструктивное оформление сушки бумажных рулонных материалов незначительно отличается от сушильного оборудования для текстильных материалов. В данном случае водяной пар обдувает бумажное полотно, а испаряющаяся из него влага в составе теплоносителя направляется на пароперегрев и возвращается в технологический цикл.

В химической промышленности использование перегретого водяного пара и перегретых паров растворителей для сушки различных материалов обусловлено рядом факторов, таких как пожаробезопасность процесса [4] и легко осуществимый возврат дорогостоящего растворителя в технологический цикл [5]. При этом конденсация паров может использоваться для нагревания других жидкостей, а отсутствие кислорода в перегретом паре исключает окисление и, как следствие, возгорание материала. Торф в среде горячего воздуха способен возгораться при температуре  $170^{\circ}\text{C}$ , тогда как при нагревании его в перегретом паре он не возгорается даже при температуре  $500^{\circ}\text{C}$ . Поверхность тканей при воздействии горячего воздуха способна изменять свою окраску, пищевые продукты теряют вкусовые качества. Для некоторых материалов применение других теплоносителей при высокотемпературной сушке является невозможным, что вызывает использование низких температур и, как следствие, высокую продолжительность процесса. Удельный расход тепла при сушке перегретым паром сокращается в 2-3 раза. На примере сушки целлюлозы показано, что при температуре воздуха  $200^{\circ}\text{C}$  продолжительность сушки составляет 3,3 часа, тогда как при сушке перегретым паром при той же температуре – 2,5 часа. При сушке нетканых клеёных материалов перегретым водяным паром и воздухом с одинаковой температурой среды, п.д. сушилки, работающей на перегретом паре, примерно на 8% больше к.п.д. сушилок, в которых применяется горячий воздух.

Перегретые пары органических растворителей применяются [6], например, для сушки стеклоткани, пропитанной различными смолами, растворёнными в этиловом спирте.

В производстве картонов применяемый для сушки пар, полученный из высушиваемого материала, перегревается до температуры  $140^{\circ}\text{C}$  и вдувается через сопла. Применение пара обуславливает высокое качество материала.

В некоторых случаях перегретый пар является единственно возможным теплоносителем. Особенно это характерно в технологии производства искусственных кож, плёночных и нетканых материалов, где удаляемая среда, в основном, отлична от воды. В технологии производства нетканых материалов волокнистый холст содержит до 700% влаги, поэтому перед сушкой обычно проводят механическое удаление влаги.

Применение водяного пара в процессе предварительного обезвоживания пряжи перед сушкой воздухом повышает эффективность процесса. Насыщенный водяной пар, проходя сквозь слой пряжи в бобинах, вследствие большой плотности удаляет больше влаги, чем воздух. При пропуске пара через материал происходит нагрев влажной пряжи с одновременной частичной конденсацией пара и унос свободной влаги из намотки вместе с долей вновь образовавшегося конденсата. Насыщенным водяным паром невозможно полное обезвоживание пряжи. Подача пара осуществляется от периферии паковок с льняной пряжей к центру. Это позволяет достичь остаточной влажности 70–80%. Отжим сжатым воздухом возможен до остаточной влажности не ниже 150%.

При всех выше перечисленных достоинствах перегретого пара как сушильного агента необходимо соблюдать осторожность в его применении для сушки термочувствительных материалов. Перегретый пар не применяется для сушки лубоволокнистых материалов [7]. Повышение температуры агента сушки интенсифицирует процесс, но неограниченному повышению температуры препятствует возможная потеря льняным волокном первоначальных физико-механических свойств. Было установлено, что воздействие пара не снижает относительное разрывное удлинение пряжи и не изменяет выносливости к многократному растяжению. Исследования по применению водяного пара для обезвоживания льняной пряжи показали существенное повышение эффективности процесса.

Из рассмотренных выше примеров сушки капиллярно-пористых материалов перегретым водяным паром можно выделить некоторые общие закономерности. При высокотемпературной сушке материалов в первом периоде действуют все три движущие силы влагопереноса. Влага перемещается изнутри на поверхность под действием перепада избыточного давления и перепада влажности. И поскольку молярный влагоперенос значительно интенсивнее термовлагопроводности, направленной в противоположную сторону и снижающей эффективность двух предыдущих движущих сил, то при высокотемпературной сушке скорость процесса примерно в 2-3 раза больше, чем при низкотемпературной. Во втором периоде сушки древесины перегретым водяным паром движущей силой процесса является влагопроводность. Движение влаги в материале при сушке может происходить как в виде жидкости, так и в виде пара. Жидкость может перемещаться: за счёт разности капиллярных потенциалов, плёночного течения, поверхностной диффузии в микро- и переходных порах, термокапиллярного течения в объёме поры, термокапиллярного плёночного движения вдоль стенки поры.

Для определения оптимального режима при сушке перегретым водяным паром, при котором продолжительность процесса и расход энергоносителей наименьшие, необходимо изучение кинетики процесса путём построения кривых сушки. При сушке перегретым паром кривые сушки, отражающие зависимость средней влажности материала от продолжительности процесса, показывают, в основном, неравномерную отдачу влаги материалом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов Ю.А. Сушка перегретым паром. – М.: Энергия, 1967. – 200 с.
2. Микит Э.А., Упманис К.К. Интенсификация камерной сушки пиломатериалов. – М.: Лесная промышленность, 1967.
3. Сажин Б.С., Гудим Л.И., Реутский В.А. Гидромеханические и диффузионные процессы. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
4. Коновалов В.И., Уланов М.Е., Соколов В.Н. Исследование сушки клеепро-мазаных тканей в среде перегретого водяного пара. //Журнал прикладной химии. – 1975. – № 7. – С.1505–1510.
5. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. – М.: Химия, 1970. – 432 с.
6. Чесунов В.М., Захарова А.А. Оптимизация процессов сушки в лёгкой промыш-ленности. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 112 с.
7. Суметов В.А. Сушка и увлажнение лубоволокнистых материалов. – М.: лёгкая индустрия, 1980.

УДК 7.092

**О. Д. Прокофьева, А. В. Кулагин**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ГОРЕНИЕ МАГНИЯ И СПОСОБЫ ЕГО ТУШЕНИЯ

Магний серебристый блестящий металл, очень легкий и пластичный, активно горит на воздухе, излучая большое количество света и ультрафиолета. При способе тушения нужно учитывать особенности металла.

**Ключевые слова:** горение магния, эксперимент, тушение магния.

**O. D. Prokofieva, A. V. Kulagin**

## MAGNESIUM BURNING AND ITS EXTINGUISHING METHODS

Magnesium silvery shiny metal, very light and plastic, actively burns in the air, emitting a large amount of light and ultraviolet. At a method of extinguishing it is necessary to consider features of metal.

**Keywords:** magnesium burning, experiment, magnesium quenching

В XVII веке в английском городке Эпсом из минерального источника было выделено горьковатое вещество, которое обладало слабительным действием. Этим веществом оказался кристаллогидрат сульфата магния или  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ . Из-за специфического вкуса аптекари окрестили это соединение «горькой солью». В 1808 году английский химик Гемфри Дэви с помощью магнезии и ртути получил амальгаму двенадцатого элемента. Одиннадцать лет спустя

французский химик Антуан Бюсси получил рассматриваемое вещество с помощью хлорида магния и калия, восстановив магний.

Магний — один из самых распространенных элементов в земной коре. Больше всего соединений магния находится в морской воде. Этот элемент играет важную роль в жизни человека, животных и растений.

Как металл, магний не используют в чистом виде — только в сплавах (например, с титаном). Магний позволяет создавать сверхлегкие сплавы.

Серебристый блестящий металл, очень легкий и пластичный. Немагнитный, обладает высокой теплопроводностью. При нормальных условиях на воздухе покрывается оксидной пленкой. При нагревании свыше 600 °С металл горит с выделением большого количества тепла и света. Горит в углекислом газе и активно реагирует с водой, поэтому его бесполезно тушить традиционными способами [2].

Магний не взаимодействует со щелочами, реагирует с кислотами с выделением водорода. Устойчив к галогенам и их соединениям; например, не взаимодействует с фтором, плавиковой кислотой, сухим хлором, йодом, бромом. Не разрушается под воздействием нефтепродуктов. Магний малостоек к коррозии, этот недостаток исправляют добавлением в сплав небольших количеств титана, марганца, цинка, циркония.

Применение магния. Большая часть добываемого магния используется для производства магниевых конструкционных сплавов, востребованных в авиационной, автомобильной, атомной, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, в приборостроении. Магниевые сплавы отличаются легкостью, прочностью, высокой удельной жесткостью, хорошей обрабатываемостью. Они немагнитны, отлично отводят тепло, обладают в 20 раз большей устойчивостью к вибрации, чем легированная сталь. Магниевые сплавы применяются для изготовления резервуаров для хранения бензина и нефтепродуктов, деталей атомных реакторов, отбойных молотков, пневмотруб, вагонов; емкостей и насосов для работы с плавиковой кислотой, для хранения брома и йода; корпусов ноутбуков и фотоаппаратов.

Магний широко используется для получения некоторых металлов методом восстановления (ванадий, цирконий, титан, бериллий, хром и т. д.); для придания стали и чугуна лучших механических характеристик, для очистки алюминия.

В чистом виде входит в состав многих полупроводников.

В химической промышленности порошковый магний используют для осушения органических веществ, например, спирта, анилина. Магнийорганические соединения применяются в сложном химическом синтезе (например, для получения витамина А).

Порошок магния востребован в ракетной технике в качестве высококалорийного горючего. В военном деле — при производстве осветительных ракет, трассирующих боеприпасов, зажигательных бомб.

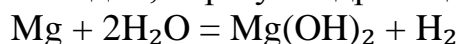
Чистый магний и его соединения идут на изготовление химических мощных источников тока.



Оксид магния применяется для изготовления тиглей и металлургических печей, огнеупорного кирпича, при изготовлении синтетической резины.

Гидрид магния представляет собой твердый порошок, содержащий большой процент водорода, который легко получить нагреванием. Вещество используется в качестве «хранилища» водорода.

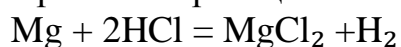
Магний покрыт защитной оксидной пленкой. Если ее разрушить, магний быстро окислится на воздухе. Под температурным воздействием металл активно взаимодействует с галогенами и многими неметаллами [1]. Магний реагирует с горячей водой, образуя гидроксид магния в виде осадка:



Если на газовой горелке в специальной химической ложке поджечь порошок магния, а затем опустить его в воду, порошок начнет гореть интенсивнее. Из-за интенсивно-выделяющегося водорода горение будет сопровождаться её ослепительными вспышками. При этом образуется оксид магния, а затем его гидроксид.

Магний относится к активным металлам, а потому бурно взаимодействует с кислотами. Однако это происходит не так бурно, как в случае с щелочным металлом калием, то есть реакция проходит без воспламенения. Зато с характерным шипением активно выделяются пузырьки водорода. И хотя пузырьки водорода поднимают металл, он не настолько легкий, чтобы оставаться на плаву.

Уравнение реакции магния и соляной кислоты:



При температуре выше 600 °С магний воспламеняется на воздухе, испуская при этом крайне яркий свет практически во всем спектре, подобно Солнцу (рис.1)



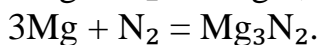
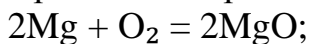
Рисунок 1 - Воспламенение магния

Такая ослепительная вспышка может травмировать глаза: можно получить ожог сетчатки, а в худшем случае — потерять зрение. Поэтому подобный опыт

относится не только к самым красивым, но и к самым опасным. Не рекомендуется проводить этот опыт без специальных защитных темных очков.

В процессе реакции образуются белый порошок оксида магния (его еще называют магнезией), а также нитрид магния.

Уравнения горения:



Магний продолжает гореть как в воде, так и в атмосфере углекислого газа, поэтому потушить такой огонь довольно сложно. Тушение водой только усугубляет ситуацию, так как начинает выделяться водород, который также воспламеняется.

В России и мировой практике для тушения пожаров классов Д1, Д2, Д3 применяются огнетушащие порошковые составы специального назначения (ОПСН). При создании рецептуры таких составов учитываются следующие факторы:

- основное вещество, определяющее этот состав (от 80 до 95% об.), не должно содержать в молекуле атом кислорода (не поддерживать горение) и не вступать с металлом в химическую реакцию;
- ОПСН должны иметь определенный фракционный состав (как правило, в диапазоне 50-75 мкм);
- ОПСН не должны слеживаться в процессе хранения, что достигается включением в их состав антислеживающих гидрофобизирующих добавок, а также обладать рядом других эксплуатационных свойств в соответствии с общепринятыми техническими требованиями;

В настоящее время наиболее распространены для тушения пожаров классов Д1, Д2, Д3 ОПСН на основе хлоридов щелочных металлов (КСl – Россия и NaCl – Европа, США). В качестве огнетушащих составов для металлов существует ряд жидкостных составов (например, на основе борных эфиров), но они не нашли широкого применения в практике пожаротушения.

Основным принципом достижения положительного результата при тушении металлосодержащих веществ (по классам Д1, Д2, Д3) является создание с помощью ОПСН защитного полного покрытия очага горения, препятствующего доступу кислорода воздуха в зону горения. Такое покрытие должно быть достаточно плотным, иметь необходимую толщину слоя порошка по всей поверхности очага горения, что достигается при определенном удельном расходе порошка (кг/м<sup>2</sup>).

Тушение металлов и металлосодержащих веществ имеет ряд особенностей, присущих каждой группе веществ по классам Д1, Д2, Д3 в т.ч. [4]:

1. для тушения металлов по классу Д1 ОПСН должен отвечать критериям, приведенным выше, при этом основу порошка составляет, например, хлорид калия с плотностью около 1 г/см<sup>3</sup>);;
2. для тушения гидридов металлов (Д3) применяется ОПСН с характеристиками, аналогичными для ОПСН, применяемого для тушения по классу Д1;

3. для металлоорганических веществ, являющихся жидкостями при обычных условиях, ОПСН должен иметь плотность, близкую к плотности этих веществ ( $\sim 0,7-0,8$  г/см<sup>3</sup>), что обеспечивается введением в состав порошка негорючей добавки с низкой плотностью (перлит, вермикулит), что также способствует адсорбции МОС и улучшает надежность тушения.

Однако использование порошкового пожаротушения тоже имеет свои недостатки:

- огнетушащий порошковый состав в отличие от воды не обладает охлаждающим действием. Надежное тушение можно достичь при охлаждении металлов до температуры ниже температуры их самовоспламенения. А температура горящих металлов, как правило, значительно выше температуры самовоспламенения, поэтому процесс тушения металлов и их гидридов носит длительный характер;

- практически все выпускаемые автомобили порошкового тушения имеют ограниченные технические возможности и не могут обеспечить надежное тушение в помещениях объемом более 300-600 м<sup>3</sup>. Максимальная высота подачи ОПСН в зависимости от типа автомобиля порошкового тушения и давления в емкости составляет 10-25 м, при этом максимальное расстояние подачи порошка по горизонтали составляет 40-60 м, что является в ряде случаев недостаточным для того, чтобы обеспечить доставку порошка к месту загорания.

Из вышеизложенного можно сделать выводы:

1. Магний это самый активный металл который можно держать в руке не получая при этом химического ожога.

2. Магний активно горит на воздухе, излучая большое количество света и ультрафиолета.

3. Самым универсальным, надежным и эффективным огнетушащим веществом для тушения металлов и металлосодержащих материалов являются порошковые составы специального назначения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория горения и взрыва : учеб. пособие / П. П. Кукин [и др.]. — М. : Издательство Юрайт, 2013. — 201с.

2. *Бегишев И.Р., Бобков С.А., Исаев Л.К.* Теоретические основы процессов горения. М.: Академия, 2001. - 109 с.

3. *Бондаренко Л.В., В.В. Персиянов, В.А. Кудрявцев, В.Г. Ткачев* «Безопасность жизнедеятельности». Москва, 2001г.-38с.

4. *Чибисов А.Л., Соина Е.А., Габриэлян С.Г., Смирнова Т.М., Габриэлян Г.С.* Предельные условия и особенности воспламенения, горения и тушения различных металлов// Водородное материаловедение и химия гидридов металлов: Сборник тезисов VII международной конференции.-Украина, Ялта, 2001.-С.416.

УДК 691.42

*П. В. Пучков, В. Е. Иванов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Проведены испытания по определению предела прочности на сжатие керамического рядового кирпича, нагретого до высоких температур. Установлена зависимость величины временного сопротивления  $\sigma$  керамического кирпича при деформации сжатия от температуры нагревания.

**Ключевые слова:** керамический кирпич, механические свойства, гидравлический пресс, деформация сжатия, напряжение.

*P. V. Puchkov, V. E. Ivanov*

## **INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURES ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMIC MATERIALS**

Tests were carried out to determine the compressive strength of ceramic ordinary brick, heated to high temperatures. The dependence of the value of the time resistance  $\sigma$  of a ceramic brick under compression deformation on the heating temperature is established.

**Keywords:** ceramic brick, mechanical properties, hydraulic press, compression deformation, stress.

Многие изделия, инженерные конструкции и их элементы испытывают деформацию сжатия. Испытания на сжатие являются основными при определении механических характеристик хрупких материалов: чугуна, бетона, искусственного и естественного камня, кирпича, керамики и т.д. В данной статье пойдет речь о результатах эксперимента по исследованию механических свойств керамического кирпича при различных температурах. Целью эксперимента являлось исследование влияния температуры на прочностные характеристики керамического кирпича, который широко применяется при строительстве несущих стен в гражданских и промышленных зданиях и инженерных сооружениях.

Образцы для проведения эксперимента были подготовлены из старого керамического рядного полнотелого (в современных кирпичах иногда изготавливают пустоты (пустотелый кирпич) для повышения теплоизоляционных свойств) кирпича размером (250x120x65 мм) (см. Рис.1). Кирпич был напилен кубиками размером ~50x50x50 мм (см. Рис.2)



Рисунок 1 - Кирпич керамический рядовой полнотелый одинарный 250x120x65

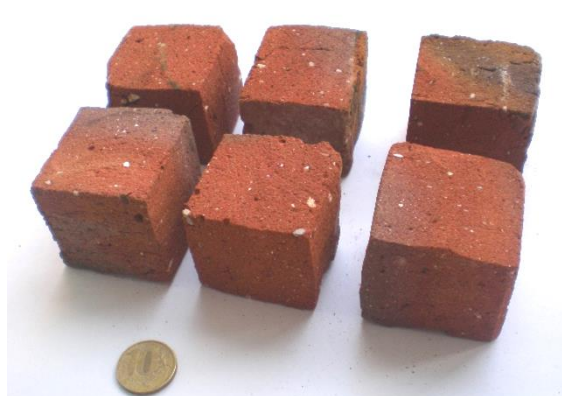


Рисунок 2 - Образцы для испытаний на сжатие

По применению данный кирпич рядовой предназначен для устройства внутренних частей несущих и ограждающих конструкций, перегородок, забутовок и т. д.), поэтому данный кирпич не обладает такой огнестойкостью как, например, печной кирпич. Поэтому задачей данного эксперимента являлось изучение потери прочности кирпича при деформации сжатия при воздействии высоких температур.

Кирпич, из которого были напилены образцы, ранее находился в кирпичной кладке с наружной стороны стены, поэтому долгие годы подвергался негативному воздействию окружающей среды: атмосферной влаги, воздействию плесени, выхлопных газов автомобилей, кислотных дождей, мхов, образования микротрещин при замерзании воды в порах и т.д. Поэтому учитывая вышеперечисленные негативные факторы, прочность испытуемых образцов должна быть несколько ниже, прочности нового керамического кирпича такого же класса. Образцы из старого керамического кирпича изготовлены по той причине, что они по механическим свойствам наиболее приближены к механическим свойствам кирпичей, находящихся в стенах существующих старых инженерных сооружений.

При испытании на сжатие (см. Рис. 3) использовался гидравлический пресс ПСУ – 10, предназначенный для статических испытаний стандартных образцов строительных материалов. Максимальная сила сжатия пресса ПСУ-10 составляет 100000 Н. при испытании на сжатие использовали образцы небольшой высоты, которые сжимали между плоскими плитами пресса ПСУ-10 (Рис. 3). При сжатии, силы, деформирующие образец, направлены вдоль его оси навстречу друг другу. Напряжения при сжатии распределяются по сечению равномерно, так как материал во всех точках поперечного сечения испытывает одинаковую деформацию (т.к. он однородный по строению). Также для эксперимента для нагревания образцов использовалась высокотемпературная камерная электропечь ПЛ10/12,5 с максимальной температурой нагревания 1250 °С. Образцы из керамического кирпича предварительно нагревались до различных температур, после чего на гидравлическом прессе производились

измерения максимального значения разрушающей силы. Затем по формулам высчитывали напряжение  $\sigma_{\text{в}}$  при котором образец разрушался [1]. В таблице 1 представлены результаты измерений и расчетов.

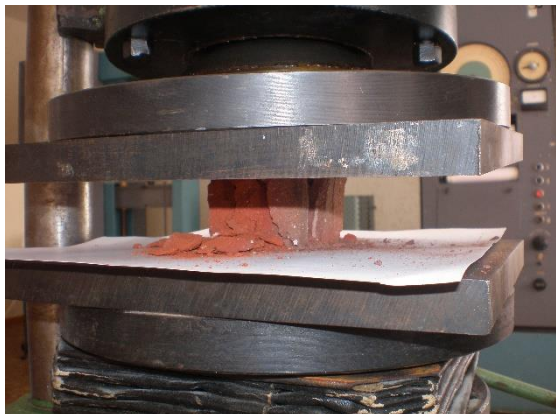


Рисунок 3 - Испытание на сжатие керамического образца на прессе ПСУ - 10

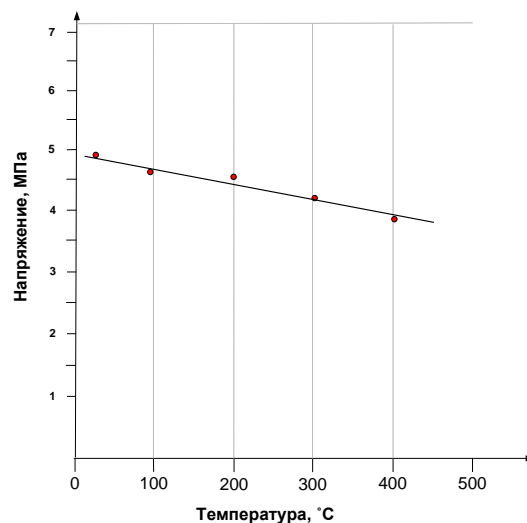


Рисунок 4 - График зависимости временного сопротивления керамического кирпича при деформации сжатия от температуры

Таблица 1 - Протокол испытания керамического рядного полнотелого кирпича на сжатие

№ образца	Материал	Площадь сечения $F$ , мм <sup>2</sup>	Температура, °C	Значение силы $F$ , Н		Значение напряжения $\sigma$ , МПа
				Появление трещин $F_{\text{в1}}$	Разрушение $F_{\text{в2}}$	$\sigma_{\text{в}}$
1	Кирпич керамический (старый)	2400	25±2	6000	11520	4,8
2	Кирпич керамический (старый)	2500	100±10	6000	11500	4,6
3	Кирпич керамический (старый)	2350	200±10	6000	10690	4,55
4	Кирпич керамический (старый)	2450	300±10	4500	10800	4,4
5	Кирпич керамический (старый)	2250	400±10	2000	9250	4,1



Полученные результаты испытаний позволили построить график зависимости временного сопротивления керамического кирпича при деформации сжатия от температуры. Данный график представлен на рисунке 4 [2,3]. На графике видно, что с повышением температуры до 400 °С снижение величины временного сопротивления  $\sigma_b$  керамического кирпича при деформации сжатия происходит по линейной зависимости.

Для керамического кирпича характерно хрупкое разрушение, так как вязкость данного материала практически равна нулю. Разрушение начинается с выкрашивания боковых граней под углом 45°, образец при этом принимает форму двух усеченных пирамид, соединенных вместе.

Характер хрупкого разрушения образцов представлен на рисунках 5а, 5б, 5в, 5г.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 5 - Разрушение образцов, изготовленных из керамического полнотелого кирпича:

а – разрушение кирпича при  $T=25^{\circ}\text{C}$ ; б – разрушение кирпича при  $T=100^{\circ}\text{C}$ ; в – разрушение кирпича при  $T=200^{\circ}\text{C}$ ; г – разрушение кирпича при  $T=400^{\circ}\text{C}$ ;

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бернштейн М.Л., Займовский В.А.* Механические свойства металлов: Учебник для вузов. — М.: Металлургия. 1979. — 495 с.
2. Конструкционные материалы / Б.Н. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. — М.: Машиностроение, 1990. — 687 с.
3. *Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В.* Разрушение строительных металлоконструкций в условиях пожара.// Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. - №3. – С. 29–32.

УДК 677.494.675

*О. В. Рева, Д. В. Криваль*

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

### ВОДОСТОЙКАЯ ОГНЕЗАЩИТНАЯ ОБРАБОТКА ПОЛИАМИДНОГО ВОЛОКНА

Проведено исследование зависимости прочности привязки неорганических нетоксичных огнезащитных композиций к поверхности полиамидных волокон от условий ступенчатой пропиточной обработки. Разработаны способ водостойкой огнезащитной обработки полиамида и составы растворов травления, обеспечивающие закрепление антипирена на полиамидном волокне.

**Ключевые слова:** полиамидные волокна, неорганические металлофосфатные антипирены, адгезивные слои, водостойкая огнезащита.

*O. V. Reva, D. V. Krival*

### WATERPROOF FIRE PROTECTION TREATMENT OF A POLYAMIDE FIBER

The dependence of the bond strength the inorganic non-toxic flame retardant compositions to the polyamide fibers surface on the conditions of stepwise impregnation treatment was studied. A method of water-resistant fire protection treatment and compositions of etching solutions, providing fastening the flame retardant on a polyamide fiber, were developed.

**Keywords:** polyamide fibers, inorganic metal phosphate flame retardants, adhesive layers, waterproof fire protection.

Полиамидные волокна очень широко применяются как в текстильной промышленности (чулочно-носочные, трикотажные, ковровые изделия, искусственный мех и др.) [1], так и для изготовления хирургических шовных материалов [2] и высокоэффективных воздушных фильтров [3]. Полиамиды обладают высокой прочностью на разрыв, эластичностью и устойчивостью к многократным деформациям, химической стойкостью [1,4]. Недостатком



материала является высокая горючесть с образованием большого количества токсичных соединений.

Придание огнестойкости полиамидным материалам может быть осуществлено несколькими способами [5-9]: добавлением в расплав полиамида синергических смесей антипиренов, чаще всего бром и фосфорсодержащих органических соединений; пропиткой или спрейной обработкой волокна или ткани растворами замедлителей горения, в том числе с пленкообразующими агентами. Однако в первом случае существенно снижаются физико-механические свойства получаемых волокон, так как физико-механические свойства полиамидов чувствительны к внесению посторонних примесей. Во втором случае вследствие очень гладкой инертной поверхности волокон, рисунок 1, либо не удастся закрепить на ней достаточное количество антипирена, либо сделать огнезащитный эффект устойчивым к стирке. В связи с этим вопрос о возможности химической прививки к полиамидным материалам добавок, обеспечивающих огнезащитное действие, сохраняющееся после водных обработок материалов, до настоящего времени остается открытым.

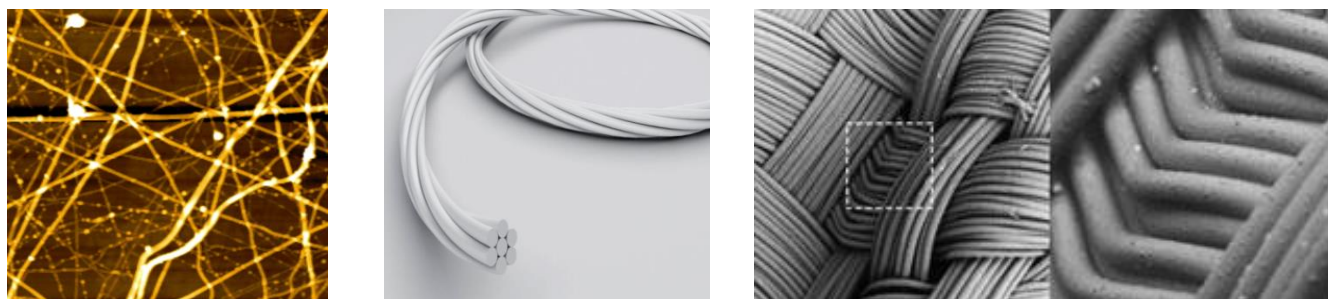
*а**б**в*

Рисунок 1 – Микроскопические снимки: а - фильтра из нейлоновых нановолокон, б - шовного крученого материала Даклон на основе капрона, в - ткани из полиамидных волокон [2-4]

Одним из возможных путей достижения водостойкости огнезащитной обработки может быть создание на поверхности полимера активных функциональных групп или привитых интермедиативных слоев по методу химической микросборки [10,11], обеспечивающих химическое взаимодействие полимер – ингибитор горения. Ранее нами [12] установлено, что в случае использования для создания на поверхности протравленных полиэфирных волокон адгезионных подслоев из кислых коллоидных растворов хлорида олова происходит хемопривязка фосфор и азотсодержащих огнезащитных композиций к поверхности полиэфирного волокна. Найдено [13,14], что наилучшую равномерность и прочность привязки к полимерной матрице функционального неорганического слоя обеспечивают равномерно адсорбированные на ее поверхности частицы оксо- и гидроксохлоридов олова с размерами 3-20 нм, формирующиеся в этанольных растворах  $\text{SnCl}_2$  в присутствии аминосоединений.

Однако технология обработки каждого из типов полимеров имеет индивидуальные отличия. В частности, это относится к условиям стадии предварительного травления, которая определяет успешность всех последующих стадий. Для дозированной деструкции полиамида могут быть использованы различные реагенты [15, 16]: кислоты, щелочи, органические растворители; однако состав композиции, активирующей поверхность ПА по отношению к сорбции коллоидных частиц соединений Sn(II) и далее неорганического замедлителя горения, неясен и требует экспериментальной проработки.

Целью данной работы было изучение возможности химической прививки к поверхности полиамидного волокна нетоксичного неорганического антипирена на основе аммонийных металлофосфатов путем создания на поверхности полимера активных группировок, способных к дальнейшему ионному обмену и формированию мостиковых связей.

Для придания поверхности полиамидных волокон гидрофильности и способности адсорбировать неорганические ионы была исследована серия растворов травления различного состава, таблица 1. Полиамидные волокна обрабатывали в растворе травления при комнатной температуре 3-5 минут, после чего тщательно промывали и активировали в растворе SnCl<sub>2</sub>. Для синтеза медиативных слоев использовались коллоидные растворы олова (II) в этаноле с добавками аминсоединений. Активированные образцы волокна пропитывали огнезащитной композицией в виде водной суспензии аммонийных металлофосфатов двухвалентных металлов, после чего проводилась ее термофиксация при температуре 150°C в течение 20 мин.

Количество замедлителя горения на единице площади поверхности волокна до и после стирки определяли весовым методом. Стирка обработанного волокна и определение уровня огнезащиты проводилась по ГОСТ Р 50810–95 [17]; для соответствия категории «трудногорючий» время самостоятельного горения материала не должно превышать 5 секунд, не должно образовываться горящих капель.

В результате проведенных исследований изучено влияние состава раствора предварительного травления волокна и состава активирующего раствора SnCl<sub>2</sub> на количество огнезащитной композиции, закрепляющееся на поверхности полиамидного материала до и после гидролизной обработки (стирки). Установлено, что количество замедлителя горения, сорбирующегося на единице площади поверхности полиамида, существенно зависит от состава раствора травления и в гораздо меньшей степени – от состава активирующего раствора хлорида олова.

В случае отсутствия стадии промежуточной активации полимера количество антипирена, сорбирующегося на поверхности полиамидных волокон составляет  $2,842-7,638 \cdot 10^{-3}$  мг/мм<sup>2</sup>. Максимальное количество сорбции огнезащитной композиции удалось достичь при использовании растворов травления № 1 (HCl 10%) –  $7,638 \cdot 10^{-3}$  и № 2 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10%) –  $4,807 \cdot 10^{-3}$  мг/мм<sup>2</sup>. Однако после проведения гидролизной обработки оказалось, что прочное

сцепление огнезащитной композиции с поверхностью полимера отсутствует, и практически весь антипирен вымывается при стирке. Следовательно, только травления полимера, т.е. создания на его поверхности раскрытых функциональных групп, недостаточно для хемосорбции компонентов замедлителя горения. Либо концентрация этих групп слишком мала, либо, как часто наблюдается в процессах химической микросборки, эти группы должны быть усилены многозарядными ионами и комплексами, способными к образованию мостиковых связей.

При введении в технологию огнезащитной обработки стадии промежуточной активации протравленного полимера в органосолях двухвалентного олова во всех случаях наблюдалось не только увеличение количества адсорбированного антипирена на поверхности волокна, но и принципиальный качественный переход: после стирки волокна на его поверхности сохраняется в среднем 10-30 % огнезащитной композиции. Так, в случае использования для активации полиамидной поверхности раствора хлорида олова без добавок наибольшее количество антипирена на единице площади поверхности наблюдается при использовании растворов травления № 2 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  10%) –  $8,427 \cdot 10^{-3}$  мг/мм<sup>2</sup> и № 1 ( $\text{HCl}$  10%) –  $8,353 \cdot 10^{-3}$  мг/мм<sup>2</sup>. В этих же случаях на прошедшем стирку волокне сохраняется до 15 % огнезащитной композиции, таблица 1. В случае использования для активации полиамидной поверхности раствора хлорида олова с добавкой этилендиамина наибольшее количество антипирена на единице площади поверхности характерно при травлении волокна в растворах № 2 и № 3, однако после гидролизной обработки наивысший процент сохранения огнезащитной композиции на полиамиде обеспечивает раствор травления № 1, таблица 1.

Таблица 1 - Данные по привесу огнезащитного состава на полиамидном волокне при различных условиях обработки

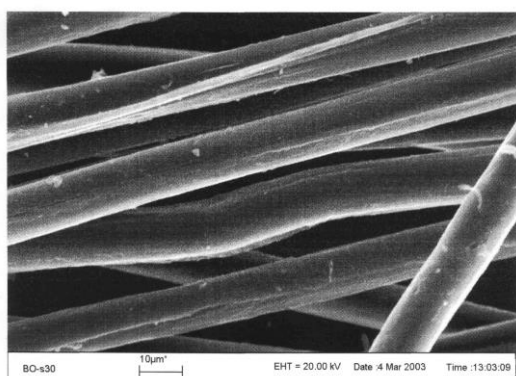
№	Состав раствора травления	Привес антипирена, мг/мм <sup>2</sup> ·10 <sup>-3</sup>		Привес антипирена после стирки, мг/мм <sup>2</sup> ·10 <sup>-3</sup>		Закрепление антипирена, %	
		SnCl <sub>2</sub> без добавок	SnCl <sub>2</sub> с ЭДА	SnCl <sub>2</sub> без добавок	SnCl <sub>2</sub> с ЭДА	SnCl <sub>2</sub> без добавок	SnCl <sub>2</sub> с ЭДА
1	HCl 10 %	8,353	3,963	1,346	1,405	15,93	33,97
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10 %	8,427	6,674	0,126	0,751	14,625	11,43
3	CH <sub>3</sub> COOH 10 %	5,882	6,656	0,277	1,449	4,93	19,91
4	Формалин 3 %	5,349	4,744	0,165	0,601	2,46	13,45
5	Фенол 20 г/л	4,754	5,442	0,002	0,445	1,80	8,95
6	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 10 %	4,022	3,53	0,248	0,2	6,47	4,65
7	NH <sub>3</sub> 25% + КОН	3,98	3,002	0	0,11	0	4,10

В случае использования для активации протравленного полиамидного волокна коллоидного этанольного раствора SnCl<sub>2</sub> с добавкой диметилэтанолamina наибольшее количество прикрепленного антипирена на

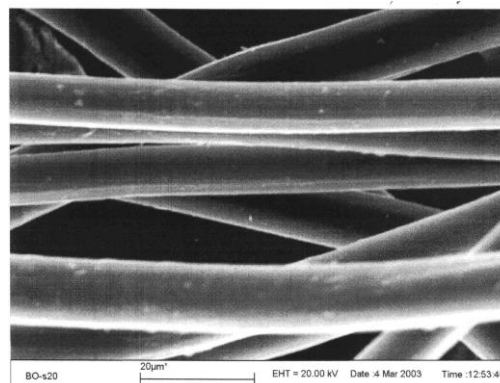
единице площади поверхности наблюдалось при травлении полимера растворами № 2 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  10%) –  $7,383 \cdot 10^{-3}$  мг/мм<sup>2</sup> и № 4 (формалин 30%) –  $6,494 \cdot 10^{-3}$  мг/мм<sup>2</sup>. В этих же случаях на прошедшем стирку волокне сохраняется до 15 % огнезащитной композиции. При сопоставлении большого количества экспериментальных данных становится ясно, что для всех изученных коллоидных растворов  $\text{SnCl}_2$  различия в количестве закрепленной на полиамиде огнезащитной композиции при разных условиях травления не очень велики, и в среднем это количество составляет 10-20 масс. %.

Таким образом, несмотря на то, что обработка коллоидными растворами  $\text{SnCl}_2$  является принципиально необходимой стадией для закрепления неорганической огнезащитной композиции на поверхности полиамидного волокна, природа стабилизирующей добавки и состав раствора  $\text{SnCl}_2$  при соблюдении оптимального диапазона размеров и концентрации коллоидных частиц в его объеме не оказывают заметного влияния на количество закрепленного антипирена. Гораздо большее влияние на это количество оказывают условия травления: наиболее перспективными растворами травления, при которых значительное количество металлофосфатного неорганического антипирена закрепляется на поверхности полиамидного волокна, являются растворы травления № 1 ( $\text{HCl}$  10%), № 2 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  10%) и № 3 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  10%). Причем почти во всех случаях при использовании раствора травления № 2 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  10%) на поверхности полиамида после гидролизной обработки остается максимальное количество неорганического антипирена.

Эти выводы подтверждаются результатами электронно-микроскопического исследования поверхности огнезащищенных полиамидных волокон, рисунок 2. Обработанные по оптимальной технологической схеме и выстиранные полиамидные волокна характеризуются наличием на их поверхности значительного количества частиц замедлителя горения, рисунок 2. Тогда как для волокон, обработанных растворами травления № 4-7, после нескольких стирок частиц антипирена на поверхности почти не наблюдается.



*а*



*б*

Рисунок 2 – Электронно-микроскопические фотографии поверхности огнезащищенных полиамидных волокон: а – предварительное травление волокон в 10% растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; б – в 10% растворе  $\text{HCl}$

Из полученных данных следует вывод, что для химического закрепления аммонийных металлофосфатов на поверхности полиамида через мостиковые связи типа  $-C-O-Sn-O-Met$  необходимым условием является такая подготовка поверхности, при которой происходит не только ее гидрофилизация и микрошерохование, но и раскрытие функциональных групп определенного состава, предположительно  $-CO-O-$  и  $-C-NH-$ , с которыми вступают в химическое взаимодействие комплексные соединения  $Sn(II)$ , а затем компоненты металлофосфатного антипирена.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что для обеспечения водостойкой огнезащиты полиамидных волокон неорганическими антипиренами принципиально необходимой стадией является промежуточное нанесение на протравленный полиамид адгезионного подслоя из органозолей  $SnCl_2$ ; однако образование достаточного количества химических связей полимер–адгезив–антипирен, обеспечивающих устойчивость огнезащитной обработки к стирке, происходит только в случае определенных условий травления. Наибольшее количество закрепившегося после стирки на полиамиде замедлителя горения характерно для образцов, обработанных 10% раствором  $H_2SO_4$ ; в несколько меньшей степени – 10% растворами  $HCl$  и  $CH_3COOH$ . Таким образом, первым обязательным условием успешности огнезащитной обработки является создание на поверхности полиамида при травлении значительного количества функциональных групп строго определенного состава, с которыми в дальнейшем происходит химическое взаимодействие всех прочих реагентов. В то время как состав раствора сенсibilизации не оказывает столь существенного влияния на эффективность огнезащитной обработки полиамидных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промресурсы. Полиамидные волокна // [Электронный ресурс].– 2019.– Режим доступа: <http://promresursy.com/materialy/polimery/poliamid/svoystva.html> – Дата доступа: 04.11.2019.
2. Шовный материал Даклон // [Электронный ресурс].– 2019.– Режим доступа: <http://shop.vetstom.ru/catalog/shovnyy-material/daklon-kruchenyu-kapron-75sm/> – Дата доступа: 04.11.2019.
3. Пресс-центр МФТИ, новостной блог «Импульс» // [Электронный ресурс].– 2019.– Режим доступа: [https://mipt.ru/newsblog/lenta/material\\_dlya\\_vozdushnykh\\_filtrov](https://mipt.ru/newsblog/lenta/material_dlya_vozdushnykh_filtrov) – Дата доступа: 04.11.2019.
4. Волокна под микроскопом // [Электронный ресурс].– 2019.– Режим доступа: [https://www.researchgate.net/figure/Pairs-of-Scanning-Electron-Microscope-SEM-images-of-folds-and-detailed-enlargments\\_fig4\\_311106895](https://www.researchgate.net/figure/Pairs-of-Scanning-Electron-Microscope-SEM-images-of-folds-and-detailed-enlargments_fig4_311106895) – Дата доступа: 04.11.2019.
5. В. И. Кодолов Замедлители горения полимерных материалов.– М.: Химия.– 1980.–250 с.
6. Кричевский, Г. Е. Химическая технология текстильных материалов // М.:ВЗИТЛП, 2000, т. 1, – 436 с.; 2001, т. 2, – 540 с.; 2001, т. 3, – 298 с.

7. Белоусова Р. Г., Шварц Е. М., Зорина И. Е., Валднице Д. Я. Малотоксичные борсодержащие добавки для покрытий пониженной горючести // Журнал Прикладной Химии.– Т. 83, Вып. 2.– 2010.– С. 329-333.

8. Богданова, В. В., Кобец, О. И. Исследования огнезащитной эффективности составов на основе аммонийных фосфатов двух- и трехвалентных металлов в зависимости от условий получения // Вестник БГУ, Серия 2. № 1.–□ 2009. – С.34-39.

9. Белошапошникова В. И., Куликова Т. В., Тескер С. Е., Геекер Е. И. Исследование влияния лазерного излучения на структуру и свойства полиэфирных волокнистых материалов // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности.– 2005, № 3.– С. 21-24.

10. Химия привитых поверхностных соединений / под. ред. Г. В. Лисичкина.– М.: Физматлит.– 2003.– 589 с.

11. В. Б. Алесковский Химико-информационный синтез. С.Петербург: Изд. С.Петербургского ун-та.– 1998.– 71 с.

12. Рева О. В., Богданова В. В., Шукело З. В., Радкевич Л. В. Химическая прививка неорганических функциональных слоев к полимерам // Материалы. Технологии. Инструменты.– 2011, Т. 16.– № 3.– С. 90-94.

13. О. В. Рева, В.В. Богданова, А. В. Врублевский, А. Н. Назарович Исследование закономерностей формирования и характеристик коллоидных частиц в оловосодержащих органосолях, предназначенных для активации поверхности полиэфирных волокнистых материалов / Журнал Прикладной Химии.– 2017.– Т. 90.– Вып. 6.– С. 778-786.

14. Рева О. В., Назарович А. Н., Богданова В. В. Закрепление неорганических антипиренов на поверхности полиэфирных волокон // Вестник УГЗ.–2019.– Т.3, № 2.– С.107-116.

15. Полиамидные волокна // [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: [http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article\\_2906.html/](http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article_2906.html/) – Дата доступа: 12.11.2019.

16. Справочник химика 21 // [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://chem21.info/info/946413/>– Дата доступа: 12.11.2019.

17. ГОСТ Р 50810–95 (ИСО 6941:1984). Текстильные ткани. Поведение при горении. Измерение характеристик при горении пламени на вертикально расположенных образцах.

УДК 677.494.675

*О. В. Рева, А. Н. Назарович*

Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь

## **АКТИВАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ**

Установлено, что коллоидные наноразмерные частицы, формирующиеся в спиртовых растворах хлорида олова обеспечивают прочную привязку к полиэфирной матрице азот-фосфорсодержащего ингибитора горения. Обнаружено наличие химического взаимодействия компонентов антипирена с адгезионным подслоем соединений олова и подложкой.

**Ключевые слова:** адгезионные нанослои, коллоидные частицы, нетоксичные замедлители горения, огнестойкие полиэфирные волокна, аммонийные металлофосфаты.

*O. V. Reva, A. N. Nazarovich*

## **SURFACE ACTIVATION OF POLYESTER FIBERS FOR FIXING INORGANIC COMBUSTION RETARDANTS**

It has been established that the colloidal nanosized particle, formed in alcohol solutions of tin chloride, provide the strong binding of a nitrogen-phosphorus-containing combustion inhibitor to the polyester matrix. The presence of a chemical interaction of flame retardant components with an adhesive sublayer of tin compounds and a substrate was discovered.

**Key words:** adhesive nanolayers, colloidal particles, nontoxic flame retardants, flame protected polyester fibers, ammonium metal phosphates.

Полиэфирные нетканые материалы широко используются для изготовления одежды, мебели, предметов интерьера, отделочных и конструкционных строительных материалов, поскольку помимо высоких технических характеристик они характеризуются хорошими воздухопроницаемостью, гигиеничностью и гипоаллергенностью. Почти единственный недостаток изделий из полиэфирных волокон – их высокая горючесть. В последнее время к замедлителям горения для текстильных материалов предъявляются очень высокие гигиенические требования, в том числе отсутствие токсичных продуктов горения огнезащищенных ими полимерных материалов. Этим требованиям в наибольшей степени соответствуют неорганические соединения или их смеси, в частности, синтетические наноразмерные продукты на основе аммонийных фосфатов металлов, имеющие широкий диапазон физико-химических и термических свойств в зависимости от природы металла, соотношения компонентов и



условий проведения синтеза [1]. Однако введение этих композиций в реакционную смесь на стадии получения полимера или в его расплав приводит к падению физико-механических и волоконообразующих свойств полимерного материала [2-4]. Поверхностная пропитка изделий из полиэфирных волокон неорганическими замедлителями горения неустойчива к стиркам из-за химической инертности полиэфирного материала и очень гладкой поверхности волокон [5], рисунок 1.

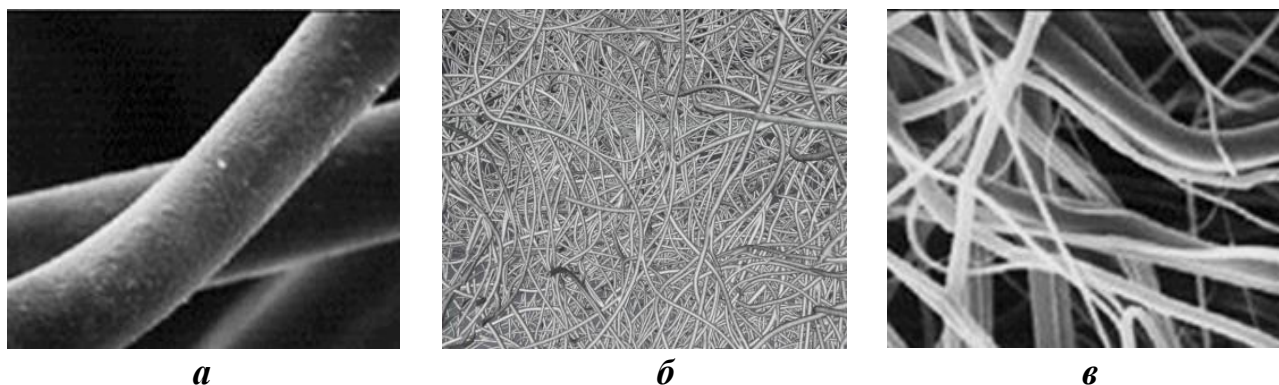


Рисунок 1 – Микроскопические снимки поверхности полиэфирных волокон (а) и структуры объемных ПЭТФ утеплителей – холлофайбер (б), тинсулейт (в) [5]

Для закрепления замедлителей горения на поверхности синтетических волокон используют плазменную обработку,  $\beta$ - и  $\gamma$ - облучение (что эффективно только в случае веществ, способных к радиационно-привитой сополимеризации) [6] или термическое припекание антипиренов к поверхности полимерной матрицы [7]. Однако для воздушно наполненных объемных материалов, таких как синтепон, холлофайбер или тинсулейт, термические методы обработки неприменимы, поскольку материалы теряют упругость, объем и потребительские свойства.

Решением проблемы может быть химическое закрепление замедлителя горения на поверхности полиэфирных волокон через систему организованных связей. Первой стадией такой «хемосборки» является создание на поверхности полимера активных функциональных групп, к которым при дальнейших обработках вследствие ионного обмена или ориентированной хемосорбции может произойти химическая прививка антипиренов [8]. Часто первичных групп недостаточно для прививки целевой добавки, и требуется промежуточное формирование дополнительных активирующих или адгезионных слоев. Ранее нами был разработан метод предварительного травления полиэфирных материалов, приводящий к гидрофилизации поверхности полимера и появлению способности к адсорбции неорганических ионов и коллоидных частиц [9,10]. На протравленной полиэфирной поверхности далее формируются адгезионные слои из подкисленных водных коллоидных растворов  $\text{SnCl}_2$ , что обеспечивает эффективный привес огнезащитной композиции к полиэфирному нетканому материалу, причем этот эффект достаточно устойчив к стиркам [9,10].



Однако водные коллоидные растворы гидроксосоединений олова подвержены весьма быстрому (10-15 суток) старению с коагуляцией частиц и потерей активационной способности [11, 12]. Предположительно, органозоли Sn (II) должны быть существенно стабильнее к окислению и гидролизу, чем водные растворы, исходя из данных о более низкой растворимости кислорода в органических растворителях по сравнению с водой.

Цель данной работы – исследовать закономерности формирования и характеристики коллоидных частиц в спиртовых растворах  $\text{SnCl}_2$  и определить параметры, при которых исследуемые системы имеют высокую активирующую способность по отношению к обеспечению прочной химической привязки к поверхности ПЭТФ волокон азот-фосфорсодержащих замедлителей горения.

Для активации протравленной поверхности полиэфирных утеплителей типа синтепон и холлофайбер использовали растворы  $\text{SnCl}_2$  в этаноле с концентрацией  $0,22 \text{ моль/дм}^3$  в присутствии стабилизирующих добавок: водного раствора аммиака, этилендиамина (ЭДА) и моноэтаноламина (МЭА), которые способствуют повышению стабильности коллоидных частиц. Активированный полиэфирный утеплитель пропитывали огнезащитной композицией в виде мелкодисперсной суспензии аморфных фосфатов двух- и трехвалентных металлов-аммония с дигидрофосфатом аммония. Далее ПЭТФ утеплители сушили при  $\sim 80-90 \text{ }^\circ\text{C}$ ; поскольку при более высоких температурах материал сжигается и теряет упругость. Эффективность огнезащитной обработки полиэфирных утеплителей определяли по ГОСТ Р 50810–95 [13].

Методом сканирующей электронной микроскопии было проведено сопоставительное исследование количества и размеров коллоидных частиц, формирующихся в объеме этанольных растворов  $\text{SnCl}_2$ . Найдено, что образование очень мелких  $\sim 1-3 \text{ нм}$  коллоидных частиц начинается после 15 суток их хранения (в объеме водных растворов уже за 1 сутки хранения).

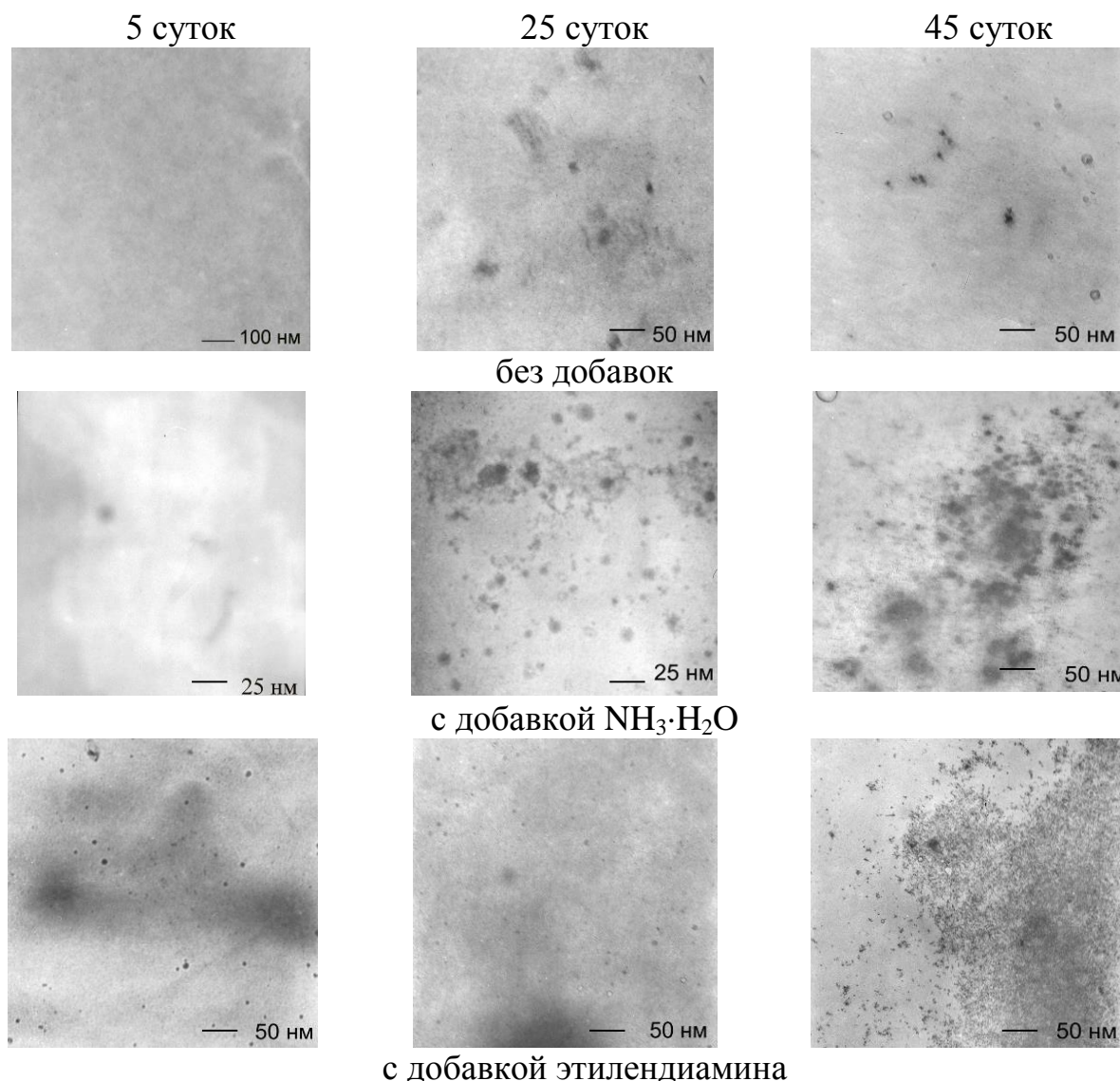


Рисунок 2 – ПЭМ - фотографии коллоидных частиц в объеме этанольных растворов  $\text{SnCl}_2$  различного срока хранения

С увеличением срока хранения до 45 суток количество коллоидных частиц в объеме спиртовых растворов существенно растет; причем размеры их практически не увеличиваются (3-5 нм), при этом наблюдается формирование агрегатов с небольшими размерами (10-15 нм) из мелких первичных частиц, рисунок 2. При введении в этанольные растворы  $\text{SnCl}_2$  азотсодержащих добавок формирование коллоидных частиц интенсифицируется, рисунок 2.

Особенно важен тот факт, что по мере хранения спиртовых растворов соединений двухвалентного олова концентрация коллоидных частиц продолжает расти, а их размеры практически не изменяются. По сравнению с водными коллоидными растворами  $\text{SnCl}_2$  стабильность спиртовых растворов выше не менее чем в 10 раз.

Таким образом, согласно экспериментальным данным наиболее активные интермедиативные слои на поверхности полиэфирных волокон должны

образоваться при использовании спиртовых растворов  $\text{SnCl}_2$  со сроком старения не менее 10-15 суток. Действительно, огнестойкость подвергнутых ступенчатой обработке, а затем постиранных полиэфирных утеплителей в случае использования для нанесения активирующего подслоя органозолей  $\text{SnCl}_2$  со сроком старения менее 10 суток, в объеме которых еще не сформировалось достаточное количество коллоидных частиц, не достигает требуемых показателей и соответствует категории «легковоспламеняемый». По мере хранения используемых для ступенчатой огнезащитной обработки растворов  $\text{SnCl}_2$  эффективность огнезащиты возрастает и достигает максимума в случае применения спиртовых растворов  $\text{SnCl}_2$  со сроком хранения 20-50 суток, в объеме которых имеется множество мелких однородных коллоидных частиц.

При оптимальном сочетании условий проведения всех стадий обработки (условий предварительного травления, состава и срока хранения золей  $\text{SnCl}_2$ ) полиэфирный утеплитель соответствует наивысшей категории огнестойкости для текстильных материалов – «трудновоспламеняемый», причем огнезащитный эффект устойчив к стиркам в существенно большей степени, чем при использовании водных растворов  $\text{SnCl}_2$ . Этот факт, по всей вероятности, обусловлен ориентированной хемосорбцией коллоидных частиц на образованных при травлении полиэфира функциональных группах и их последующее взаимодействие с компонентами антипирена.

Данное предположение подтверждается исследованием химического состава приповерхностной зоны полиэфирного волокна методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии. Найдено, что в спектрах огнезащищенного полиэфирного материала присутствуют пики, соответствующие кислородсодержащим соединениям олова, рисунок 3а. Также в спектрах обнаружены пики, соответствующие различным группировкам фосфора и азота, связанным с углеводородными радикалами, в том числе через кислородные мостики, рисунок 3б, в.

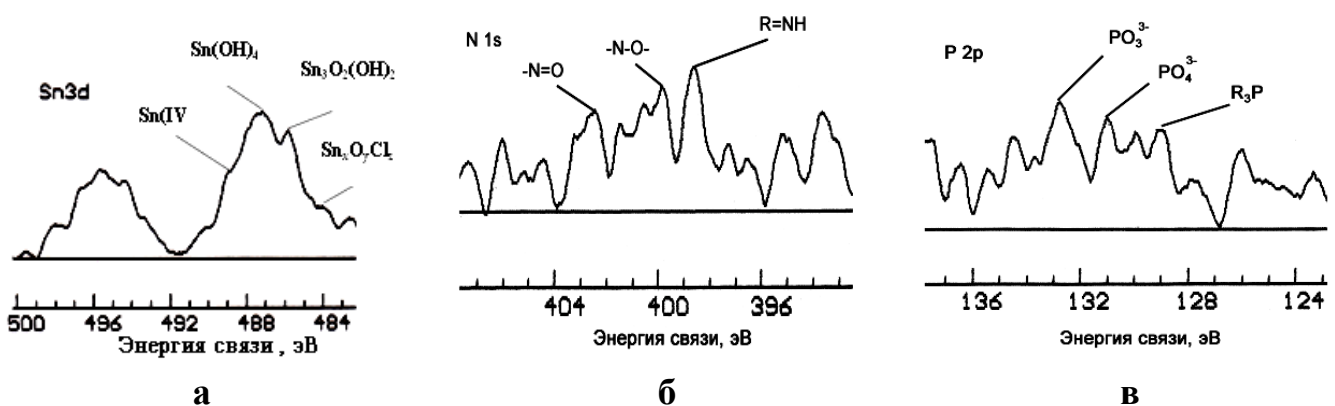


Рисунок 3 – РФЭ спектры поверхности огнезащищенного полиэфира с промежуточной обработкой соединениями олова;  $e^-$  - конфигурация: а – Sn 3d, б – N 1s, в – P 2p

Значения энергии связи пика N 1s 398,6–399,0 эВ свидетельствуют о том, что атомы азота входят в состав не только аммонийных, но и кислородсодержащих групп типа >N–O-, отсутствующих в составе антипирена, рисунок 3б. Судя по наличию максимумов спектра P 2p при 132,7, 130 и 129 эВ, на поверхности полиэфирных волокон присутствуют соединения фосфора с кислородом (фосфаты или фосфиты) и группировки типа R<sub>3</sub>P, рисунок 3в, также отсутствующие в составе антипирена. Тогда как для исходного волокна или при отсутствии стадии травления и/или активации ПЭТФ коллоидными растворами SnCl<sub>2</sub> эти пики в спектрах полиэфира практически отсутствуют.

Следовательно, при ступенчатой огнезащитной обработке на поверхности ПЭТФ явно происходит не только адсорбция, но и химическое взаимодействие компонентов различных нанослоев с формированием новых соединений и мостиковых связей. Полученные результаты свидетельствуют, что спиртовые растворы SnCl<sub>2</sub> более перспективны для активирующей обработки полимерных материалов, в частности объемных полиэфирных утеплителей перед нанесением огнезащитных композиций, чем водные, поскольку окисление Sn (II) в них происходит значительно медленнее и коллоидные частицы в их объеме значительно дольше сохраняют оптимальные частотно-размерные характеристики.

Установлено, что полиэфирные утеплители, прошедшие ступенчатую огнезащитную обработку с применением спиртовых растворов SnCl<sub>2</sub> с высокой концентрацией коллоидных частиц, размеры которых не превышают 10-15 нм, характеризуются не только наивысшей категорией стойкости к горению, но и устойчивостью огнезащитной обработки к многократным стиркам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданова В. В., Кобец О. И. Синтез и физико-химические свойства фосфатов двух- и трехвалентных металлов-аммония // Обзор.– Журн. прикладной химии.– 2014.– Т 87, Вып.10.– С. 1385-1399.
2. Гимадитдинов Р. Н. Современные подходы к способам придания огнезащитных свойств полимерным текстильным материалам // Вестник Казанского технологического университета. – Выпуск № 17.– Т 16.– 2013. – С.116-118
3. Тарануха Я. А., Каратеев А. М. Придание огнезащитных свойств тканевым материалам на основе натуральных и синтетических волокон // Интегрированные технологии и энергосбережение. – № 4.– 2006. – С.37-42
4. Перепелкин К. Е. Горючесть текстиля как одна из его важнейших характеристик // Хим. волокна.– 2001.– № 5.– С.8-42
5. Микроструктура поверхности полиэфирных волокон: [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.thermopol.ru/thermopol.ru/chto-vnutri.html>.– Дата обращения 30.10.2019.
6. Сабирзянова Р. Н., Красина И. В. Модификация текстильных материалов низкотемпературной плазмой пониженного давления // Вестник Казанского технологического университета.– Выпуск № 17, Т. 15. – 2012.– С.56-62.

7. Тучкова О. А., Гасалов В. С., Сабирзянова Р. Н. Поведение текстильных материалов при высокоинтенсивном нагреве // Вестник Казанского технологического университета.– Выпуск № 22.– 2013.– С.34-36.
8. Химия привитых поверхностных соединений / под. ред. Г. В. Лисичкина.– М.: Физматлит. 2003.– 589 с.
9. Рева О. В., Богданова В. В., Лукьянов А. С., Перевозников С. С., Андреева Т. Н. Зависимость эффективности огнезащиты нетканого полиэфирного материала от химической природы азот и фосфорсодержащего антипирена / Вестник БГУ.– Сер. 2 (химия, биология).– 2017, № 2.– С.86-93.
10. Рева О. В., Лукьянов А. С., Арестович Д. Н., Богданова В. В., Платонов А. С. Получение оптимального состава травильной композиции для полиэфирных материалов методом математического планирования эксперимента // Вестник УГЗ.– 2018.– Т. 2, № 1.– С.45-50.
11. Свиридов В. В., Воробьева Т. Н., Гаевская Т. В., Степанова Л. И. Химическое осаждение металлов из водных растворов / Под ред. В. В. Свиридова.– Минск: Университетское, 1987.– 270 с.
12. Mance A. M., Gaarencefroom S. W., Waldo R. A. Interactions of Electroless Catalists with Ozonated Polymer Surface: Platability and X-Ray Photoelectron Spectroscopy Studies // J. Electrochem. Soc.– 1991.– Vol. 138, № 2.– P. 417-421.
13. ГОСТ Р 50810–95 (ИСО 6941:1984). Текстильные ткани. Поведение при горении. Измерение характеристик при горении пламени на вертикально расположенных образцах.

УДК 614.84

**С. Е. Регланов, Н. А. Таратанов, Е. В. Карасев**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА В ЦЕЛЯХ СПТЭ**

В работе представлены проблемы, возникающие при расшифровке дифрактограмм, при установлении причин пожаров связанных с аварийными режимами работы электросетей и установок, что требует объективного исследования материальных носителей на основе строгих научно обоснованных методик.

**Ключевые слова:** момент короткого замыкания, экспертиза пожаров, рентгеновский дифрактометр «Радан ДР-01», медный проводник.

*S. E. Reglanov, N. A. Taratanov, E. V. Karasev*

## **FEATURES OF THE STUDY OF COPPER CONDUCTORS BY X-RAY PHASE ANALYSIS FOR SPTE**

The paper presents the problems arising in the decoding of diffractograms, in determining the causes of fires associated with emergency operation of power grids and installations, which requires an objective study of material carriers on the basis of strict scientifically sound techniques.

**Keywords:** short-circuit moment, examination of fires, x-ray diffractometer "Radian DR-01", copper conductor.

В экспертной практике при исследовании и установлении причины возникновения пожара, прежде всего, необходимо установить место очаговой зоны, т.е. того места, где горение возникло и наблюдалось на начальной стадии. Установление очага пожара - первый, основной и важнейший шаг на пути установления причины пожара. Выводы, сделанные на этапе установления очага пожара, можно считать лишь предварительными, поскольку они представляют собой на начальном этапе только рабочую гипотезу, необходимую, чтобы сориентироваться в поисках источника зажигания и выдвинуть отдельные версии о причине пожара.

Метод рентгеноструктурного анализа (РСА) является прямым методом определения структуры новых веществ, поскольку в общем случае никаких предварительных знаний об исследуемом соединении не требуется.

Пожарная опасность коротких замыканий (КЗ) в электропроводках связана в основном с высокой температурой дуги в зоне замыкания (около 2000-4000°C) и характеризуется тремя показателями: способностью изоляции проводов возгораться от нагрева токопроводящей жилы током или дугой короткого замыкания; способностью образовывать в момент замыкания расплавленные (горящие) частицы проводниковых материалов, которые, разлетаясь на значительные расстояния, могут создавать самостоятельные очаги пожаров и возможностью поджигать материалы основания, по которому электропроводка проложена.

Непосредственно с высокой пожарной опасностью КЗ в электропроводках связана проблема определения их действительной причастности к возникающим пожарам. Короткие замыкания в электрических сетях подразделяются на первичные (ПКЗ) и вторичные (ВКЗ).

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы на базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России с применением установки моделирования КЗ, с последующим исследованием на рентгеновском дифрактометре «Радиян ДР-01» был выявлен ряд проблем при анализе дифрактограмм при установлении момента короткого замыкания (рисунки 1 и 2).

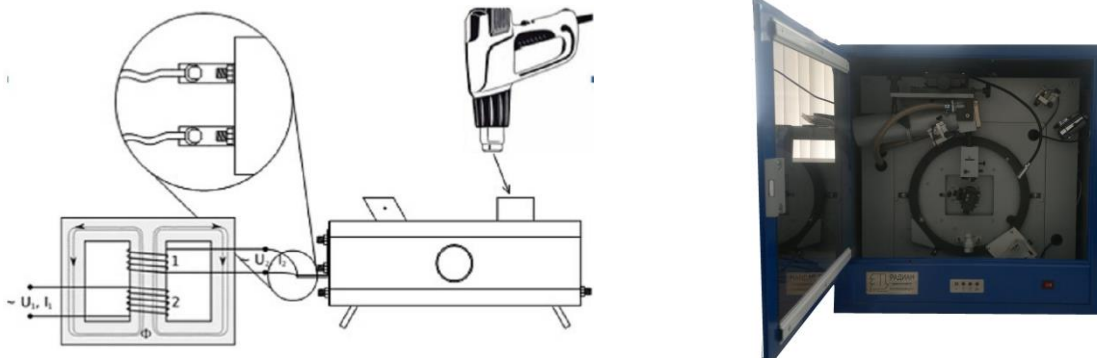


Рисунок 1- Схема установки по моделированию КЗ (левый) и общий вид дифрактометра «Радиан ДР-01» с открытой дверцей (правый)

Одним, из которых является неправильное автоматическое выделение границ рассчитываемых пиков программой «FTE – Пожарно-техническая экспертиза».

Данное выделение необходимо снять и самостоятельно задать границы дифракционных максимумов (пиков).

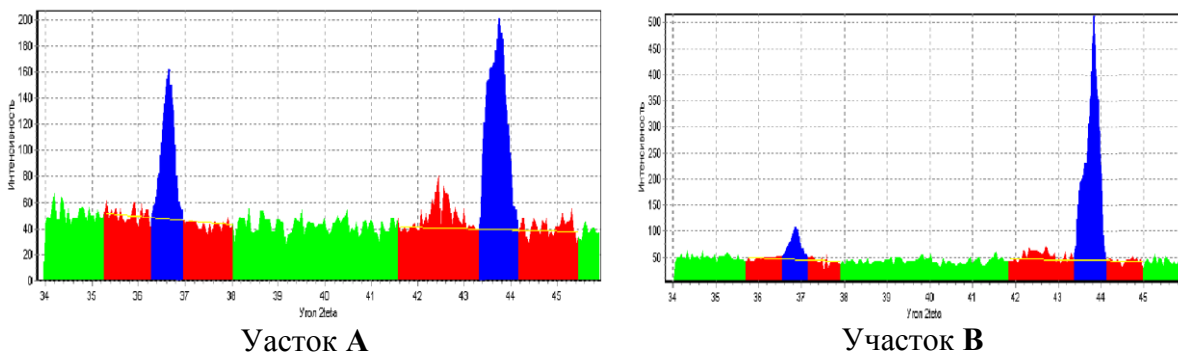


Рисунок 2 - Дифрактограмма участков А и В с выделенными границами:

На данных дифрактограммах красным цветом представлено автоматическое выделение пиков, а синим цветом - область выделенная вручную.

В результате обработки полученных пиков дифрактограмм в автоматическом режиме и расчетное отношение интегральных интенсивностей  $J_{Cu_2O}/J_{Cu}$  (участка А) к  $J_{Cu_2O}/J_{Cu}$  (участка В) равно 1,39, и данное значение находится в пределах от 0,5 до 2, что не может дать однозначного определения момента оплавления (вероятность вторичного замыкания). При обработке дифрактограмм в ручном режиме, отношение интегральных интенсивностей  $J_{Cu_2O}/J_{Cu}$  (участка А) к  $J_{Cu_2O}/J_{Cu}$  (участка В) равно 2,5.

Следовательно, можно сделать вывод, что данное оплавление имеет характерные признаки короткого замыкания, образовавшегося в условиях до пожара.

Вторым выявленным недостатком является появление раздвоенных пиков. Данное явление может возникать в результате неточной юстировки и



выравнивания образца в держателе (см. рисунок 3). Особенно часто это проявляется на многожильных проводниках.

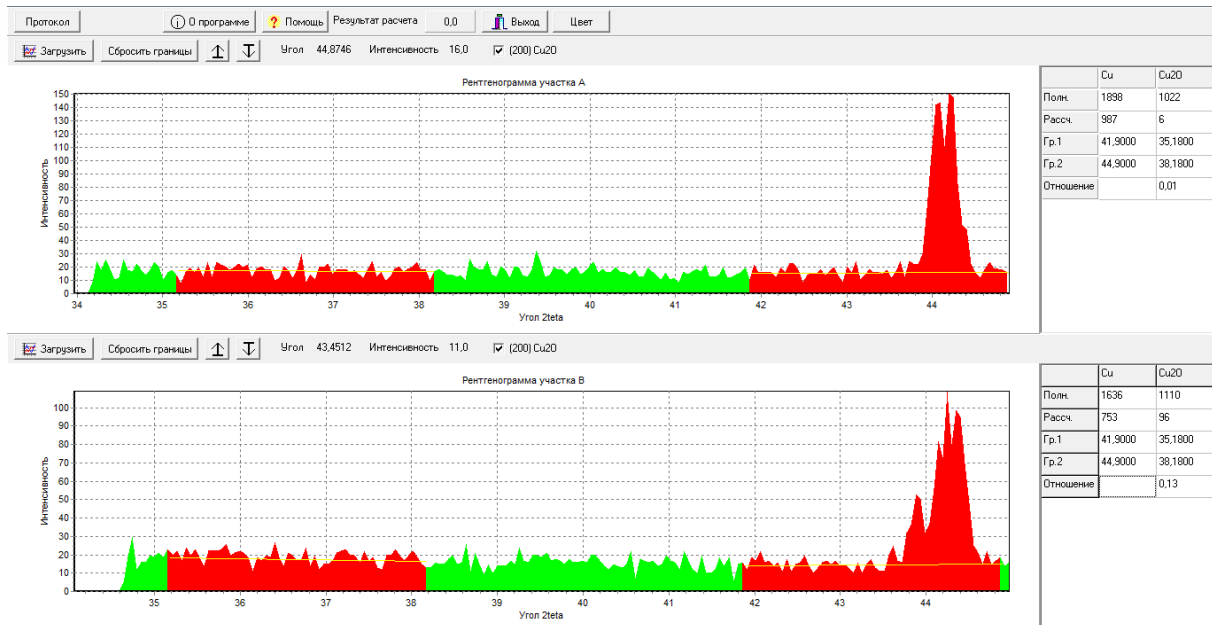


Рисунок 3 - Дифрактограмма медного проводника с раздвоенным пиком

Для устранения данной проблемы необходимо уделить особое внимание юстировке исследуемого проводника, с повторной съемкой объекта исследования.

Также наряду с ранее выявленными проблемными моментами при производстве исследования медных проводников методом РСА присутствует третий недостаток, к которому относится большой уровень фона.

При автоматической обработке происходит отделение пика, в результате чего отрезается часть пика при расчете площади данного пика. Причиной этого служит не горизонтальный фон на дифрактограмме, а также в случае с раздвоенным дифракционным максимумом (см. рисунок 4).

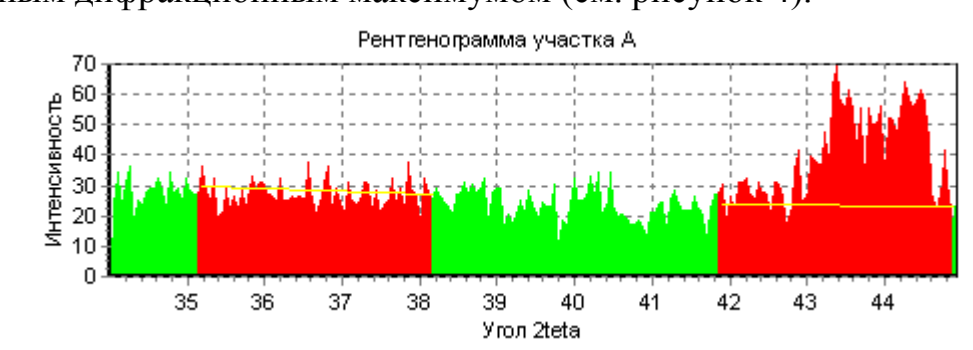


Рисунок 4 - Пример негоризонтальной линии фона

Для того, что бы устранить данную проблему необходимо переснять дифрактограмму и воспользоваться функцией «вычисть фон» программного



обеспечения ФТЕ, что позволит увеличить точность расчета площади пика с определением границ фазовых пиков (см. рисунок 5).

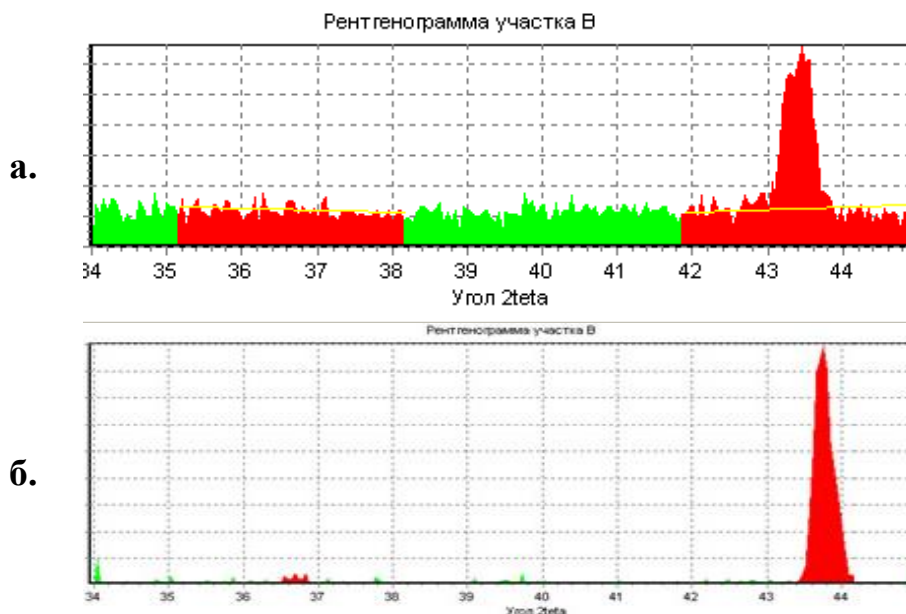


Рисунок 5 - Дифрактограмма медного проводника до (а) и после использования функции «вычисть фон» (б)

Подводя итог вышесказанному можно сделать вывод, что установление причин пожаров связанных с аварийными режимами работы электросетей и установок требует объективного исследования устройств, оплавлений и других материальных носителей доказательственной информации на основе строгих научно обоснованных методик. Качественные же исследования невозможно осуществлять без должной подготовки специалистов в вузах МЧС России пожарно-технического профиля.

На данном примере наглядно показано, что некорректная юстировка образца приводит к неточному определению границ пиков необходимых для расчета фаз, может повлиять на конечный результат и как следствие на неправильную квалификацию происшествия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации» от 18.12.2001 № 174-ФЗ
2. Карасев Е.В. Исследование холоднодеформированной проволоки из цветных металлов в целях судебной пожарно-технической экспертизы: Учебное пособие. – Ивановский институт ГПС МЧС России, 2011.
3. Применение инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: сборник методических рекомендаций. - СПб.: Исследовательский центр экспертизы пожаров ФПС, 2008.

УДК 691.328.4:699.822:69.059.2

*В. Е. Румянцева, В. С. Коновалова*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

## **ПОВЫШЕНИЕ СЦЕПЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ С ЦЕМЕНТНЫМИ БЕТОНАМИ**

В статье рассмотрено влияние агрессивных сред на сцепление композитной арматуры с цементными бетонами. Показано, что введение в состав цементной смеси гидрофобизирующих добавок положительно сказывается на изменение прочностных характеристик цементных бетонов.

**Ключевые слова:** коррозия бетона, композитная арматура, гидрофобизирующие добавки, прочность.

*V. Eu. Roumyantseva, V. S. Konovalova*

## **INCREASE OF COUPLING OF COMPOSITE REINFORCEMENT WITH CEMENT CONCRETES**

The article considers the influence of aggressive media on the adhesion of composite reinforcement with cement concretes. It is shown that the introduction of hydrophobic additives into the composition of the cement mixture has a positive effect on the change in the strength characteristics of cement concretes.

**Keywords:** concrete corrosion, composite reinforcement, hydrophobic additives, strength.

Основным фактором, который обеспечивает совместную работу композитной арматуры и бетона, является обеспечение сцепления этих разномодульных материалов. Одной из проблем по-прежнему остается проскальзывание стержня композитной арматуры в бетоне при разрушении изделия. При этом происходит разрушение профиля композитной арматуры, поскольку при вырывании прутка навивка сдвигается и скалывается с поверхности стержня. Избежать этого можно посредством усиления сцепления композитной арматуры с бетоном путем формирования надежного профиля арматурного стержня и повышения коррозионной стойкости и прочности цементных бетонов.

Испытания по вырыванию прутка композитной арматуры из бетона проводились на «Приспособлении для проведения испытания по вырыванию из бетона прутка композитной арматуры» (патент на полезную модель РФ № 149570) после набора прочности бетона в течение 28 суток. Результаты представлены в табл. 1.

Из полученных результатов следует, что разница усилий вырывания образцов с напыленными покрытиями в пределах серии опытов находится в

пределах 5 %. Данные свидетельствуют о том, что тонкослойные покрытия не влияют на прочность анкеровки, а характер анкеровки композитных стержней с полимерным связующим не является адгезионным.

Таблица 1 - Усилия вырывания композитной арматуры с разными видами обработки поверхности и типами навивки из бетона

Вид поверхности	До воздействия среды	После пребывания в воде	После пребывания в 2 %-ом растворе $MgCl_2$
	Усилие вырывания, кН		
Без покрытия	41,0	39,1	38,3
Напыление из нержавеющей стали	37,9	36,5	34,0
Напыление из оксида титана	36,4	35,7	33,2
Обработка плазмой	40,4	38,7	36,6
Спиралевидная навивка	53,3	50,1	44,0

Для уменьшения водопоглощения прибегают к гидрофобизации бетона. Гидрофобизирующие добавки придают стенкам пор и капилляров в бетоне гидрофобные свойства. Наиболее известными химическими добавками среди водоотталкивающих материалов являются соли жирных кислот, например, стеараты и олеаты щелочных и щелочно-земельных металлов. При использовании таких добавок в результате реакции мыла со «свободным гидроксидом кальция» образуется нерастворимый стеарат кальция, который закрывает поверхность пор [1].

Благодаря снижению водопоглощения уменьшается количество поступающей внутрь бетона агрессивной среды, а, значит, понижается степень коррозионного разрушения цементного камня [2, 3].

Установлено [1, 4-6], что при введении в качестве гидрофобизирующих добавок стеаратов щелочных и щелочно-земельных металлов, в начальные сроки, прочность на осевое сжатие понижается (в 2-5 раз), по сравнению с негидрофобизированными образцами бетона. В дальнейшем, при затвердевании прочность бетонов на сжатие значительно увеличивается (в 20-40 раз), однако обоснования такому действию добавок на данный момент не найдено. Повышение расчетного напряжения разрушения (табл. 2) может быть связано со структурно-фазовыми превращениями, происходящими в цементном камне при воздействии агрессивной среды.

Увеличение расчетного напряжения разрушения образцов с увеличением концентрации гидрофобизирующей добавки может быть обусловлено тем, что добавка внедряется в структуру цементного камня, вызывая структурно-фазовые изменения.

Таблица 2 - Изменения прочности образцов под воздействием агрессивной среды

Марка бетона по водонепроницаемости	Концентрация гидрофобизирующей добавки, %	Концентрация MgCl <sub>2</sub> в растворе, г/л	Расчетное напряжение разрушения, МПа
W4	0,3	-	49,2
		6	45,85
		7,5	38,28
		9	34,61
		11,5	28,13
		14	23,47
W6	0,5	-	50,48
		9	34,61
		11,5	30,65
		14	29,19
		16,5	27,89
W8	0,7	-	63,39
		14	58,18
		16,5	49,23
		18	38,56
		19,5	34,27
		21	33,84

Для определения прочности сцепления композитной арматуры с гидрофобизированными бетонами проведен ряд испытаний образцов с различными видами обработки поверхности (табл. 3-5).

Таблица 3 - Усилия вырывания (кН) композитной арматуры с разными видами обработки поверхности из бетона марки W4

Вид поверхности	До воздействия среды	После пребывания в слабо-агрессивной среде	После пребывания в средне-агрессивной среде	После пребывания в сильно-агрессивной среде
Без покрытия	45,0	44,3	42,1	39,9
Напыление из нержавеющей стали	44,1	43,1	40,7	38,0
Напыление из оксида титана	42,3	41,7	38,2	36,2
Обработка плазмой	44,4	42,1	40,8	38,6
Спиралевидная навивка	64,3	63,9	57,1	54,0

Таблица 4 - Усилия вырывания (кН) композитной арматуры с разными видами обработки поверхности из бетона марки W6

Вид поверхности	До воздействия среды	После пребывания в слабо-агрессивной среде	После пребывания в средне-агрессивной среде	После пребывания в сильно-агрессивной среде
Без покрытия	48,4	47,5	44,7	42,3
Напыление из нержавеющей стали	47,0	45,8	42,5	39,7
Напыление из оксида титана	45,7	44,8	41,2	38,8
Обработка плазмой	46,4	44,3	41,5	38,8
Спиралевидная навивка	69,9	68,7	61,2	57,6

Таблица 5 - Усилия вырывания (кН) композитной арматуры с разными видами обработки поверхности из бетона марки W8

Вид поверхности	До воздействия среды	После пребывания в слабо-агрессивной среде	После пребывания в средне-агрессивной среде	После пребывания в сильно-агрессивной среде
Без покрытия	54,2	53,5	51,0	48,1
Напыление из нержавеющей стали	50,3	49,0	45,5	42,0
Напыление из оксида титана	47,9	46,2	42,6	39,8
Обработка плазмой	49,0	46,9	42,0	39,4
Спиралевидная навивка	75,1	73,5	66,5	62,2

Данные показывают, что с введением гидрофобизирующих добавок происходит увеличение усилия, необходимого для вырывания прутка арматуры из бетонного образца. Эти данные согласуются с данными табл.2. Очевидно, что увеличение усилия вырывания арматуры из бетона напрямую связано с повышением прочности испытуемых образцов. С повышением агрессивности среды усилие вырывания ожидаемо понижается из-за структурных изменений цементного камня, происходящих при коррозии в агрессивных средах. У образцов из бетона марки по водонепроницаемости W8 наблюдается меньшее снижение усилия вырывания по сравнению с другими образцами.

Анализ результатов показал, что с увеличением концентрации гидрофобизирующей добавки повышается усилие вырывания прутка композитной арматуры из бетона, а, значит, увеличивается сцепление арматуры с бетоном. Это может быть связано как с увеличением прочности бетона

вследствие гидрофобизации, так и с замедлением коррозионных процессов, происходящих под воздействием агрессивных сред.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добавки в бетон / В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Коллепарди [и др.] Под ред. В.С. Рамачандрана; Пер с англ. Т.И. Розенберг и С.А. Болдырева; Под ред. А.С. Болдырева и В.Б. Ратинова. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
2. Федосов, С.В. Определение ресурса безопасной эксплуатации конструкций из бетона, содержащего гидрофобизирующие добавки / С.В. Федосов [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 6 (372). – С. 268-276.
3. Федосов, С.В. Жидкостная коррозия бетонов в среде с различной степенью агрессивности / Федосов [и др.] // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 4 (62). – С. 113-118.
4. Жданок, С.А. Нанотехнологии в строительном материаловедении: реальность и перспективы / С.А. Жданок [и др.] // Наука и Техника. – 2009. – № 3. – С. 5-23.
5. Мороз, М.Н. Морозостойкость гидрофобизированных бетонов / М.Н. Мороз, В.И. Калашников, А.В. Петухов // Молодой ученый. – 2014. – № 19. – С. 222-225.
6. Мороз, М.Н. Мелкозернистые бетоны на карбонатно- и глиношлаковых вяжущих, гидрофобизированных стеаратом цинка / М.Н. Мороз, А.В. Петухов, В.И. Калашников // Молодой ученый. – 2014. – № 13. – С. 59-61.

УДК 624.953

*Э. Г. Самосенко, А. М. Газизов*

ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПРОПИТКИ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИГ -9 «БИОПИРЕН»

Разработана совершенствование режимов пропитки для древесины с использованием МИГ-9 «БИОПИРЕН».

**Ключевые слова:** пропитка, антисептик, огнестойкость, древесина, испытания огнем.

*E. G. Samosenko, A. M. Gazizov*

### THE IMPROVEMENT OF THE MODES OF IMPREGNATING WOOD USING THE MIG -9 "BIOPIRENE»

The improvement of impregnation regimes for wood with the use of MIG-9 "BIOPIRENE" was developed.

**Keywords:** impregnation, antiseptic, fire resistance, wood, fire tests.

По словам К.Ф. Баумгартена, России в конце XVII и начале XIX в, уже использовались некоторые антисептики, в частности антимерулион и микотанатон. Первый был в двух видах: сухой, состоящий из горной муки, инфузорной земли, поваренной соли, борной кислоты, и жидкий, в котором мука и земля заменялись растворимым, или фуксовым, стеклом. Второй содержал глауберову соль (десятиводный сульфат натрия), хлорную известь (сложный комплекс, содержащий гипохлорид и гидроокись кальция) соляную кислоту и хлорид ртути. [2]

Для защиты древесины предлагаются все новые и новые средства. Все они так или иначе испытываются, хотя сравнительно немногие применяются на практике. С развитием химических производств и повышением требований к качеству защиты материалов предложение новых антисептиков, по-видимому, будет возрастать. [1]

Оценка антисептиков для древесины всегда представляла значительные трудности, вызываемые сложностью вопроса вообще и многообразием условий их применения.

К недостаткам многих методов испытания антисептиков относится недостаточная степень отражения ими особенностей условий, в которых антисептики будут применяться, характера материала, подлежащего защите, и видового состава биоагентов разрушения. [2]

Цель исследования дать долгосрочность материалу древесине в современных условиях.

Экспериментально рассмотрим разновидность совершенствования режимов пропитки, на акриловой основе, на солевой основе, на основе растворителей, на масляной основе, на основе алкидных смол, на битумной основе. [1]

В настоящее время применяется много методов испытаний антисептиков. Одни из них используются лишь для определения отдельных свойств, например токсичности или вымываемости. Другие – для определения суммарных (конечных) показателей – защищающей способности. [1] Поэтому целью исследования является:

1. изучить, эффективность огнезащитных средств, и установить уровни режимов огнезащитности пропитки;
2. изучить влияния температуры на способ пропитки на повышение огнестойкости древесины;
3. экспериментально исследовать эффективность пропитки.

С целью совершенствования режимов пропитываемого материала рассматривается повышение температуры для глубокого проникновения (защиты).

Рассмотрим несколько вариантов обработки «Биопирена»:

1. образец древесины замачиваем при температуре 26 t °;
- образец древесины замачиваем при температуре 31 t °;
- образец древесины замачиваем при температуре 36 t °;
- образец древесины замачиваем при температуре 41 t °;

- образец древесины замачиваем при температуре 46 t °;  
 2. образцы погружаемые в два этапа при температуре 26 t °.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газизов А. М., Муратов Д. Ф., Исаков С. В., Холманских П. Д. Установление температуры и времени пропитки для древесины с антисептиком Немид. Сборник трудов Академия ГПС МЧС России VIII Международная научно - практическая конференция, М -2019 г.
2. Электронный адрес <https://www.booksite.ru>.
3. Национальный стандарт Российской Федерации №53292-2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний.
4. ГОСТ 16363-76. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 г. - 8с
5. Газизов А.М., Кузнецова О.В., Шарафутдинов А.А., Еникеев М.И. // Повышение стойкости композиционного древесного материала // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. Уфа. №4.УГНТУ.2018 г.- 182-193стр
6. Хафизов Ф.Ш., Газизов А.М, Муратов Д.Ф.и др. //Применение антипиренов для древесного материала //Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. Уфа. №2.УГНТУ.2019 г.- 16-31стр.
7. Газизов А.М, Кузнецова О.В., Синегубова Е.С. Изучение огнестойкости композиционных материалов //Матер. XIII Международный евразийский симпозиум. «Деревообработка: технологий, оборудование, менеджмент XXI века»// Екатеринбург. Угнту.2018г.

УДК 614.841.4

**И. Л. Скрипник**

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Проведены эксперименты пожароопасных электрических аварийных режимов работы. На основе металлографического анализа, рентгеновской интроскопии, оптической микроскопии для медных проводников и предохранителей сделаны заключения о предполагаемом месте и причине возникновения аварии в автомобилях.

**Ключевые слова:** пожар, аварийный режим, электрический ток, короткое замыкание (к.з.), перегрузка, морфология, микроскопия.



*I. L. Skrypnyk*

## REDUCTION OF CORROSIVE MATERIALS ON THE BASIS OF ELECTROPHYSICAL METHOD OF USING ATOMIC FORCE MICROSCOPY

Experiments of fire-dangerous electric emergency modes of operation are carried out. On the basis of metallographic analysis, x-ray introscopy, optical microscopy for copper conductors and fuses, conclusions were made about the alleged place and cause of the accident in cars.

**Keywords:** fire, emergency mode, electric current, short circuit (C. z.), overload, morphology, microscopy.

В РФ пожары, возникшие на автомобильном транспорте, находятся в пределах 15% от общего их количества, которые влекут за собой гибель людей (рис. 1), потерю материальных ценностей (рис. 2).

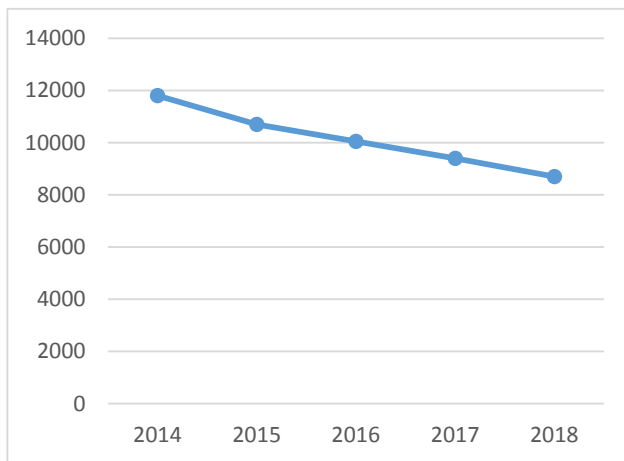


Рисунок 1 – Количество погибших при пожаре людей

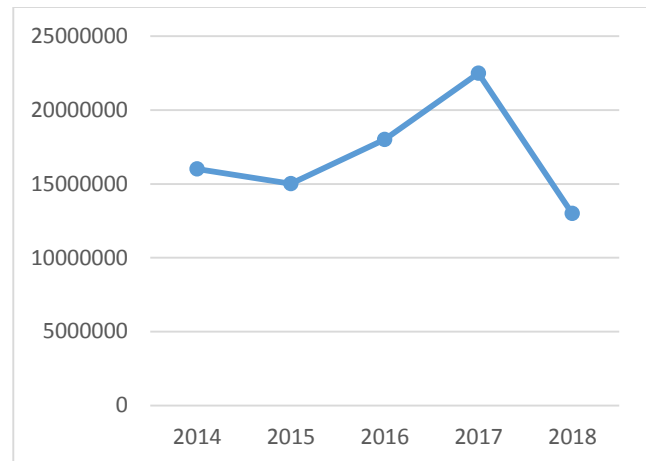


Рисунок 2 – Прямой материальный ущерб от пожаров

Электрические аварийные режимы в электросетях автомобилей служат главной причиной пожаров (31,1%, рис.3).

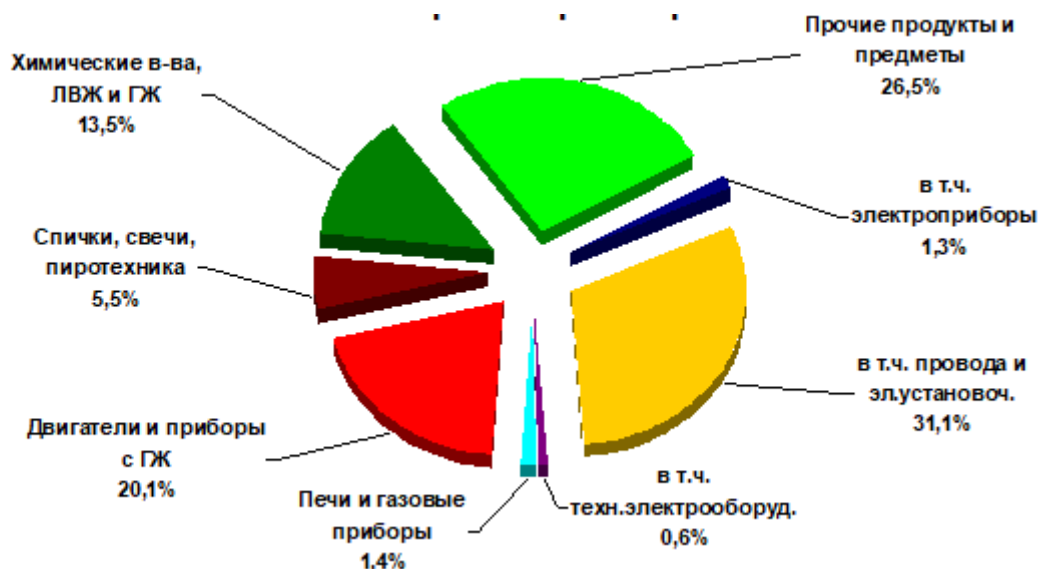


Рисунок 3 – Источники пожаров на транспорте

Поэтому в практике экспертного исследования после пожара, вследствие неисправности электросети автомобиля, необходимо точно определить причину пожара и установить место возгорания [1]. Это поможет правильно принять процессуальное решение по возбуждению или отказу уголовного дела. Так же достоверное выяснение причин возникновения пожаров надо для принятия дальнейших мер по устранению конструктивных неисправностей элементов электрооборудования и разработке мероприятий по снижению пожарной опасности работы транспортных средств.

Для этого по виду неисправного режима и месту его возникновения разработаны классификационные признаки аварийных пожароопасных режимов функционирования электросетей автотранспортных средств [2].

В результате проведенного анализа произошедших пожаров, по причинам неисправности электрооборудования или неправильного обращения с ним, определены:

- наиболее опасные элементы (функциональные узлы, механизмы) электрооборудования автотранспортных средств, их пожарная опасность;
- события, которые приводят к их загоранию;
- процессы образования аварийных режимов [3];
- наиболее широко используемые виды и марки проводов (кабелей), известные методики исследования металлических проводников при воздействии на них электрического тока после пожара [4].

Так, например, по внешнему виду токоведущих жил и применяемой изоляции можно приблизительно определить наибольшую температуру их нагрева (рис. 4).

Исследованию подлежал анализ оплавлений проводников с разным сечением и автомобильных предохранителей с номиналом от 5 до 30А.



Рисунок 4 – Внешний вид медных проводов, при разной температуре нагрева:  
а) – 200<sup>0</sup>С; б) – 300<sup>0</sup>С

Эксперименты проводились для следующих аварийных режимов: к.з. на корпус автомобиля; вторичного к.з. на корпус автомобиля при локальном нагреве для  $t=300\div 400^{\circ}\text{C}$  в атмосфере газообразных продуктов неполного сгорания изоляции проводников; первичного и вторичного к.з. медных проводников «жила на жилу»; перегрузки при напряжении постоянного тока 12В или 220В переменного тока при кратности тока, составляющем от 4 до 20; больших переходных сопротивлений; локальной токовой перегрузки; последовательного дугового пробоя.

Исследование полученных изделий осуществлялся визуально с помощью оптического микроскопа и компьютерной программы [5]. Морфологическое исследование проводили на сканирующем электронном микроскопе. Для изучения топографии поверхности применяли детектор вторичных электронов.

В результате проведенных экспериментов сделаны выводы:

1. Ток перегрузки способствует разделению медного проводника на части, появлению вздутий, утолщений на его поверхности. К морфологическим признакам относят оплавление на всей протяженности проводника, изменение его структуры. При к.з. возникают микротрещины.

2. Дуговой пробой проявляется в результате внешнего осмотра наличия большого количества микрооплавлений на концах токоведущих жил. Методом рентгеновской интроскопии у предохранителей обнаружено появление металлических шарообразных частиц при протекании токов к.з., при токовой перегрузки их не обнаружено. Проведенный морфологический анализ предохранителей показал, что при воздействии на них токов перегрузки в месте перегорания плавкой вставки образуются следы теплового воздействия (по закону Джоуля-Ленца) в виде оплавления и копоты, имеющий форму овала. При токах к.з. такие следы на предохранителях не образуются. При токах к.з. у предохранителя перегорает часть плавкой вставки, может изменяться цвет металла, при токах перегрузки перегоревший участок составляет менее 1мм [6].

3. По неисправностям перегоревших проводников и предохранителей можно предположить характер произошедшей неисправности [7].

Данные исследования помогут экспертным организациям более точно, объективно определить место возникновения пожара и его причины.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Скрипник И.Л., Воронин С.В.* Расчет вероятности возникновения пожара от электрического изделия // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (41)-2017, С. 50-59.
2. *Скрипник И. Л., Воронин С. В., Каверзнева Т. Т., Сенченко В. А.* Анализ рисков поражения людей электрическим током и возникновения пожара в различных схемах электроснабжения здания // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. 2017. № 4 (166). С. 35-44.
3. *И.Л. Скрипник, С.В. Воронин.* Определение пожароопасности электротехнического изделия // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 596-598.
4. *Скрипник И.Л., Воронин С.В.* Технические решения задачи согласования критериев безопасности в электрических сетях // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 2 (42)-2017, С. 110-117.
5. *Иванов А.В., Скрипник И.Л., Дементьев Ф.А., Ловчиков В.А.* Исследование модифицированных полимерных композиций для улучшения их свойств // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 1 (22), С.89-97.
6. *Скодтаев С.В.* Механизм и морфологические признаки аварийных пожароопасных процессов в электросетях автомобилей: автореферат диссертации на соискание учен. степ. кандидата технических наук: 05.26.03. – Санкт-Петербург, 2019. - 23 с.
7. *Скрипник И.Л., Воронин С.В., Каверзнева Т.Т.* Мероприятия по надзору за пожарами от электропроводок // Научно-аналитический журнал. Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. № 2 (2019) – 2019. С.41-46.

УДК 621.9

*А. А. Смирнов, А. М. Полякова\*, Т. В. Шмелева\*, Е. В. Зарубина, Д. С. Репин*  
 ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
 ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В.  
 И. Ленина\*.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

При помощи компьютерного моделирования рассмотрены напряжения в противопожарных трубопроводах при различных дефектах сварных соединений.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, дефекты сварных соединений.

*A. A. Smirnov, A. M. Polyakova, T. V. Shmeleva, E. V. Zarubina, D. S. Repin*

## MODELING OF DEFECTS OF WELDED JOINTS OF FIRE-FIGHTING PIPELINES

With the help of computer modeling, stresses in fire-fighting pipelines at various defects of welded joints are considered.

**Keywords:** computer modeling, defects of welded joints.

Для достижения этой цели была сформулирована задача:

- Создать и рассчитать компьютерные модели сварных труб с различными дефектами сварного шва. Выявить закономерности возникновения напряжений и проанализировать влияние дефектов на прочность конструкции

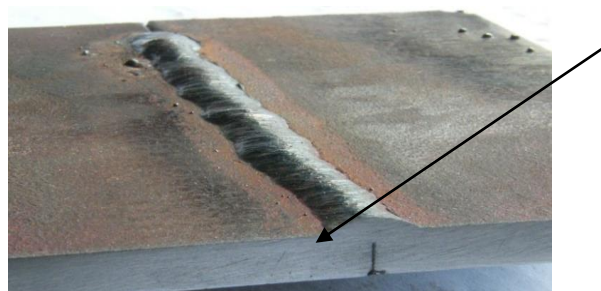
Все дефекты и виды разрушения сварных швов подразделяются на:

1. Трещины
2. Полости
3. Твердые включения
4. Несплавления и непровары
5. Нарушение формы шва
6. Прочие дефекты

Рассмотрим некоторые из них.

### 1 Непровар

Непровар выражается недостаточной глубиной проникновения шва в толщу металла (рисунок 1) Для двусторонней сварки этот дефект проявляется в несостыковке двух швов. Непровар может возникнуть в том случае, если свариваемые поверхности не были должным образом обработаны и подготовлены. Также дефект часто возникает по причине слишком быстрой сварки. Во избежание появления непровара рекомендуется скорректировать мощность дуги.



Неп

Рисунок 1 – Непровар

Непровар моделируется в виде некоторого зазора, который остается между деталями в месте сварки. Для более точного расчета область вокруг этого зазора разобьем на более мелкую сетку (рисунок 2).

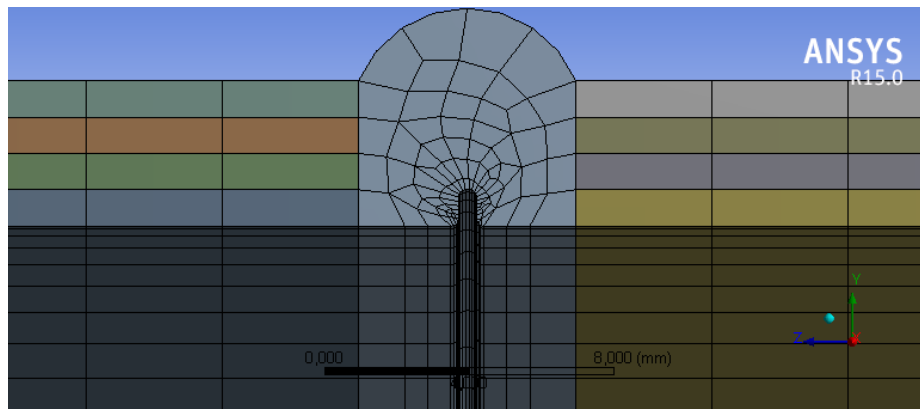


Рисунок 2 – Непрочвар в сварном шве (конечно-элементная сетка)

Рассчитываем модель и выводим график эквивалентных напряжений в области сварного шва (рисунок 3).

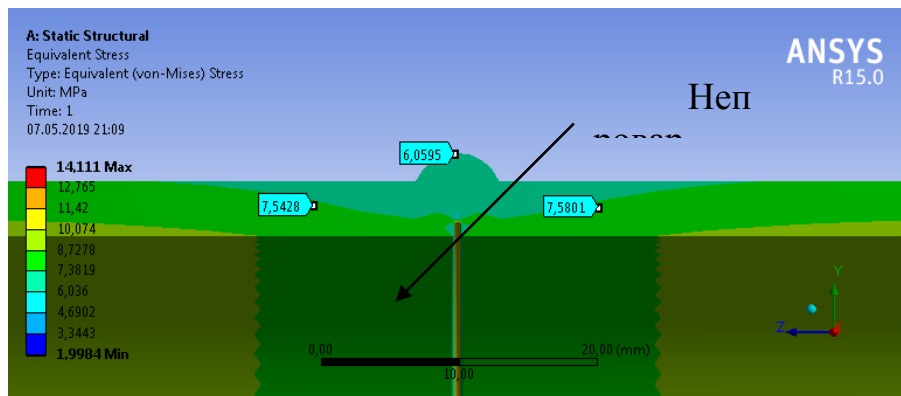


Рисунок 3 – Распределение напряжений вблизи сварного шва с непрочваром

На поверхности сварного шва напряжения составили 6.0595 МПа. А на расстоянии 10 мм от шва напряжения составили около 7.5 МПа.

В области непрочвара наблюдается скопление напряжений (рисунок 4). Это объясняется тем, что область непрочвара является концентратором напряжений. Максимальные напряжения тут составляют 11 МПа.

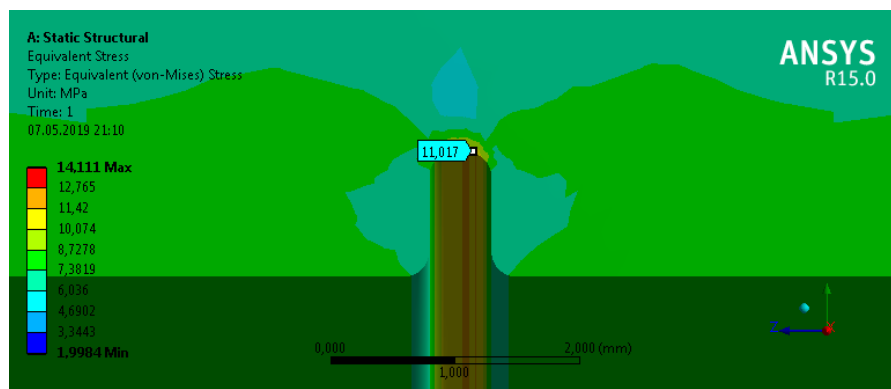


Рисунок 4 – Напряжения, возникающие в области непрочвара

## 2 Подрезы

Подрез выражен появлением специфической борозды (канавки) по краю шва (рисунок 8). Устраняется дефект уменьшением дуги или снижением скорости работы.

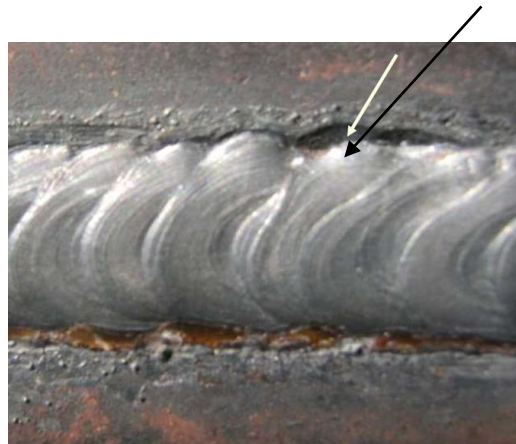


Рисунок 5 – Подрезы

Подрезы были смоделированы как небольшие выемки или канавки между сварным швом и соединяемыми деталями. В местах концентрации напряжений была построена более мелкая сетка (рисунок 6).

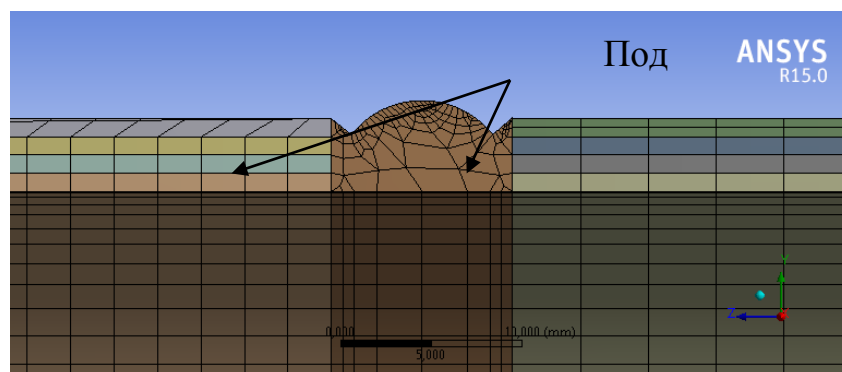


Рисунок 6 – Подрезы в сварном шве

Выводим график распределения эквивалентных напряжений (рисунок 7).

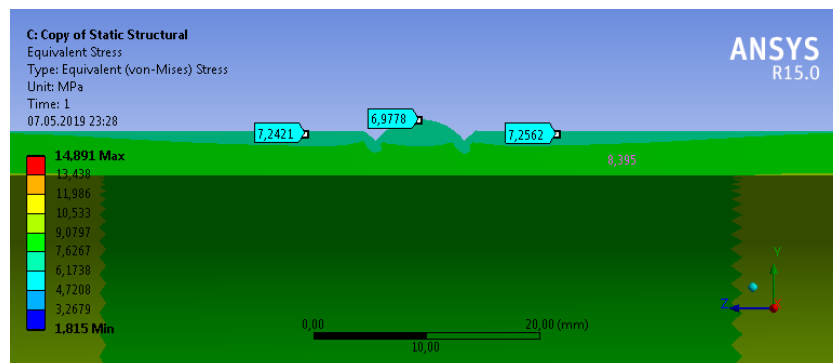


Рисунок 7 – Распределение напряжений вблизи сварного шва с подрезами



На поверхности сварного шва напряжения составили 6.9 МПа. А на расстоянии 10 мм от шва напряжения составили около 7.2 МПа.

В вершине подрезов наблюдается увеличение напряжений, что объясняется наличием концентратора (рисунок 8).

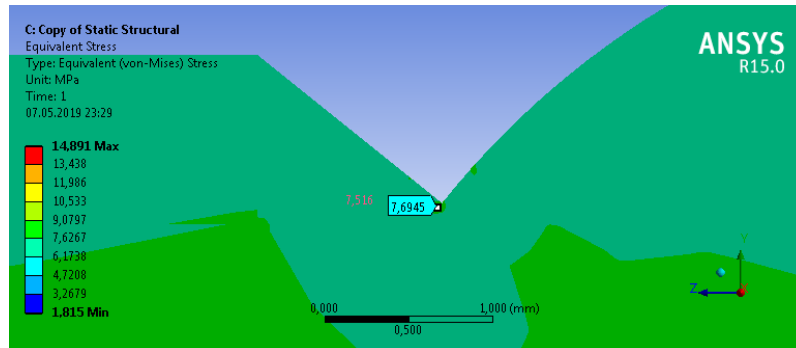


Рисунок 8 – Концентратор напряжения в области подрезов

### 3 Прожог

Прожог выражен наличием сквозных отверстий в шве (рисунок 12). Появляется прожог, чаще всего, из-за нарушений технологии сварки. Когда применяются слишком большой ток или заниженная скорость. Также причиной может стать некачественная подготовка свариваемых поверхностей. Устранение дефектов сварных швов выполняется уменьшением сварочного тока и увеличением скорости сварки.



Рисунок 9 – Прожог

Прожог моделировался в виде сквозного отверстия в сварном шве. В местах концентрации напряжений была построена более мелкая сетка (рисунок 10).



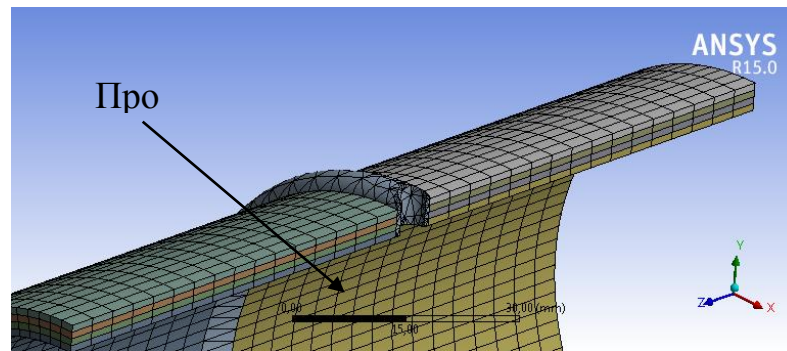


Рисунок 10 – Прожог в сварном шве

Выводим график распределения эквивалентных напряжений (рисунок 11).

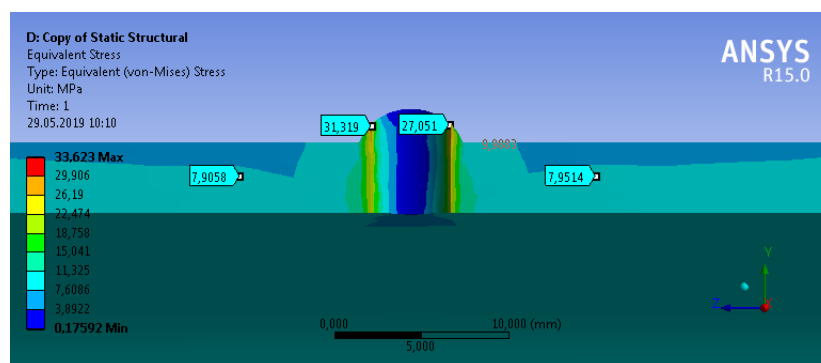


Рисунок 11 – Распределение напряжений вблизи сварного шва с прожогом

На расстоянии 10 мм от шва напряжения составили около 7.2 МПа. Сам шов потерял значительную часть прочности в области прожога. Здесь наблюдается значительное увеличение напряжений до 31 МПа.

#### Анализ результатов

Непровары и подрезы – одни из самых распространенных дефектов, которые в той или иной степени наблюдаются в различных сварных швах. Влияние этих дефектов обычно ограничивается появлением концентраторов напряжений в виде острых углов или выемок. Если влияние не выходит за рамки эксплуатационных норм, конструкция с таким швом вполне может использоваться по своему прямому назначению.

Наиболее опасными являются сквозные дефекты, такие как прожог и трещина. В случае прожога, наибольшие напряжения наблюдаются по краям отверстия в сварном шве. И чем больше это отверстие, тем больше напряжения.

Проведенные исследования показали, что дефекты и повреждения сварного шва могут оказывать очень значительное влияние на прочность конструкции. Все дефекты и повреждения являются концентраторами напряжений, которые необходимо учитывать при расчете трубопровода на прочность и долговечность и если это повреждения, то устранять.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Е. В. Полякова, А.М. Полякова, В. А. Комельков, А. Г. Наумов, Д.С. Репин.* Разработка экспериментальной установки и исследование напряженного деформированного состояния противопожарного водопровода. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции – Пожарная и аварийная безопасность. Иваново 2014, 48-53 сс.

2. *Е. В. Полякова, В. А. Комельков, А.М. Полякова, С.Ю. Сайбель, М. А. Колбашов.* Разработка компьютерной модели для исследования гидродинамических напряжений деформированных состояний в противопожарном трубопроводе. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции – Пожарная и аварийная безопасность. Иваново 2014, 63-65 сс.

УДК 614.841.1

*Г. А. Соколик, С. Л. Лейнова, С. Ф. Свирщевский, С. Я. Рубинчик,  
Д. И. Клевченя*

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

### **ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТОКСИЧЕСКУЮ ОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ КРАСОК ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ПОМЕЩЕНИЙ**

Исследовано влияние температуры воздействия, типа, массы краски и вида обрабатываемой поверхности на токсическую опасность газообразных продуктов, образующихся при возгорании материалов, нанесенных на различные виды подложек.

**Ключевые слова:** токсичность продуктов горения, пожарная безопасность, лакокрасочные покрытия, краски.

*G. Sokolik, S. Leinova, S. Svirshevsky, S. Rubinchik, D. Klevchenya*

### **DETECTION OF BASIC PARAMETERS INFLUENCING THE TOXIC DANGER OF COMBUSTION PRODUCTS OF PAINTS WHEN USING THEM FOR FINISHING PREMISES**

The influence of the exposure temperature, type, mass of the paint and the type of the treated surface on the toxic hazard of gaseous products formed by the ignition of materials deposited on various types of substrates is studied.

**Keywords:** toxicity of combustion products, fire safety, paint coatings, paints.

Лакокрасочные материалы, в том числе краски, широко используются в жилых и общественных зданиях, как для отделки, так и для защиты различных поверхностей, поэтому вопросы, связанные с контролем токсичности этих материалов в случае возгорания, являются важными и актуальными.

Применение лакокрасочных материалов, характеристики которых соответствуют требованиям пожарной безопасности, снижает риск воздействия на человека опасных факторов пожара до допустимого уровня.

Краски содержат в своем составе плёнкообразующие вещества, пигменты, растворители, отвердители, наполнители, пластификаторы и различные специфические добавки. Все они при возгорании образуют газообразные продукты, которые обладают различным токсическим воздействием на человека и окружающую среду. В связи с этим, контроль токсичности продуктов горения красок является обязательным и регламентирован следующими нормативными документами, действующими на территории Республики Беларусь: СТБ 1843-2008, ТКП 45-2.02-315-2018.

Существенное влияние на токсичность продуктов горения красок, наряду с их составом, может оказывать и тип обрабатываемой поверхности. Продукты горения одного и того же материала после нанесения на поверхность с различными показателями пожарной опасности могут различаться, а процесс термического разложения одного и того же покрытия, но с различным количеством используемой краски, будет происходить неодинаково.

Целью настоящей работы является исследование влияния основных параметров (температуры воздействия, типа, массы используемой краски и вида обрабатываемой поверхности) на токсическую опасность газообразных продуктов, образующихся при возгорании этих материалов, нанесенных на различные подложки.

При проведении исследований использовалось оборудование, соответствующее требованиям [1] и обеспечивающее возможность определения токсичности продуктов горения биологическим методом, и осуществлять анализ состава образующейся газовой смеси.

Было исследовано 173 разновидности красок, которые были классифицированы по составу, а именно, по типу связующего (так называемого, пленкообразователя).

Для красок каждой группы (акриловые, латексные, силиконовые, силикатные, поливинилацетатные) были установлены режимы термического разложения, при которых токсичность образующихся газов максимальна. В качестве критериев были использованы полученные данные по содержанию в продуктах горения оксида углерода (СО), его удельному выходу и по величине, отражающей соотношение концентраций  $\text{CO}_2/\text{CO}$  (чем оно меньше, тем выше токсичность образующейся при горении газовой смеси).

Удельный выход СО рассчитывался по формуле (1):

$$\text{Выход } C_{\text{гази}} = \frac{C_{\text{гази}}}{M_{\text{обр}}}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{гази}}$  – концентрация анализируемого газа в объеме установки, мг;

$M_{\text{обр}}$  – масса образца, г.

В том случае, когда исследуемый образец краски был нанесен на определенную подложку, выход рассчитывался по формуле (2).

$$\text{Выход } C_{\text{гази}} = \frac{C_{\text{гази}}}{M_{\text{обр.}} + M_{\text{н.}}}, \quad (2)$$

где  $C_{\text{гази}}$  – концентрация анализируемого газа в объеме установки, мг;

$M_{\text{обр.}}$  – масса образца, г;

$M_{\text{н.}}$  – масса подложки, г.

Было показано, что наибольшая токсичность образующихся газообразных продуктов наблюдалась для всех образцов при температуре воздействия 500 °С. В этом режиме было исследовано влияние типа краски, ее массы, а также вида и свойств обрабатываемой поверхности на токсичность продуктов горения.

Полученные результаты показали, что наибольшая токсичность продуктов горения в системе «краска-подложка» характерна для акриловых красок при любых видах использованных подложек (и при отсутствии подложки).

Установлено, что для всех типов красок, независимо от вида использованных подложек, удельные выходы СО уменьшаются с увеличением массы анализируемого образца краски.

Замечено, что по сравнению с данными, полученными при отсутствии подложек, при нанесении материала с одинаковой массой на гипсокартонную основу токсичность продуктов горения красок может, как уменьшаться, так и увеличиваться. Напротив, при использовании деревянных подложек для всех типов красок токсичность продуктов горения будет возрастать.

Показано, что удельные выходы СО после нанесения анализируемого материала на подложки, изготовленные из различных видов гипсокартона (огнестойкого, влагостойкого, стандартного), уменьшались в случае акриловой краски в 1,24-1,71 раза, латексной – в 1,06-1,44, силиконовой – в 1,08-1,53. Удельные выходы СО для поливинилацетатной и силикатной красок после их нанесения на гипсокартон с меньшей, чем у стандартного, токсичностью продуктов горения (огнестойкий и влагостойкий) уменьшались в 1,05-1,28 раз, а при нанесении на стандартный гипсокартон – увеличивались в 1,08-1,18 раза.

При нанесении краски на основу из дерева, независимо от его природы (хвойные породы, ольха, фанера трудногорючая), для всех типов красок наблюдалось увеличение токсичности продуктов их горения. Так, для акриловой краски удельный выход СО, увеличивался в 1,22-2,67 раза, латексной – в 1,57-2,96, силиконовой – в 1,53-3,39, силикатной – в 2,61-5,12, поливинилацетатной – в 2,18-4,69.

Таким образом, краски, после их нанесения на подложки с разными показателями пожарной опасности, могут попадать в другую группу по токсичности продуктов горения, по сравнению с результатами, полученными до их нанесения. Это необходимо учитывать при применении конкретной краски для строительства и отделки, а также при расчете значений критической продолжительности пожара по условию достижения допустимого значения действующего фактора в зоне пребывания людей [2]. Алгоритм расчета массы материалов, при которой в случае их возгорания образуются смертельные концентрации токсичных газов, приведен в [3].

Полученные результаты могут быть использованы при оценке токсичности и состава продуктов горения красок и для разработки метода контроля продуктов горения красок при различных условиях их применения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). – Введ. 01.01.91. – Переиздание ноябрь 2011 г. с изм. № 1, утвержденным в июле 2000 г. – С.81-86.

2. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 01.07.92. – 1992. – 80 с.

3. Соколик Г.А., Лейнова С.Л., Свищевский С.Ф., Рубинчик С.Я., Клевченя Д.И. Алгоритм расчета массы материалов, при которой в случае их возгорания образуются смертельные концентрации токсичных газов. // Сб. матер. XIII Междунар. науч.-практ. конф. «Пожарная и аварийная безопасность», посвященной Году культуры безопасности, Ч.II, 29-30 ноября 2018 г., – г. Иваново: МЧС России, 2018. С. 400-403.

УДК 614.841.41

*В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина, А. Л. Никифоров*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ОЦЕНКА ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ И ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН

Рассмотрены основные виды текстильных материалов и их свойства в зависимости от природы волокна. Приведен анализ пожароопасных свойств натуральных целлюлозных и синтетических полиэфирных материалов на основе определения кислородного индекса и термогравиметрических исследований.

**Ключевые слова:** текстильные материалы, кислородный индекс, термогравиметрия, оценка пожарной опасности.

*V. G. Spiridonova, O. G. Tsirkina, A. L. Nikiforov*

## EVALUATION OF FIRE AND HAZARDOUS PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS FROM CELLULOSE AND POLYESTER FIBERS

The main types of textile materials are considered depending on the nature of origin, their properties. The analysis of the fire hazard properties of natural and synthetic materials based on the determination of the oxygen index and thermogravimetric studies.

**Keywords:** textile materials, oxygen index, thermogravimetry, fire hazard assessment.

Текстильные материалы играют значимую роль в нашей жизни. Они используются как в быту, так и на производстве. Из натуральных и синтетических тканей изготавливают одежду, обивку для мебели, постельные принадлежности, декоративные изделия. Несмотря на присущие текстильным материалам достоинства, они обладают большим недостатком – являются горючими.

За период с января 2014 года по февраль 2019 года на территории Ивановской области произошло 23 пожара на объектах текстильной и швейной промышленности. Наиболее часто местом возникновения пожара является производственный цех или склад готовой продукции. При этом распространенными причинами возгорания служат неосторожное обращение с огнем, нарушение технологического процесса и неисправность электрического оборудования.

Текстильные волокна, применяемые для изготовления текстильных материалов, могут быть классифицированы по различным признакам. Наиболее часто встречается классификация текстильных волокон по происхождению. Все текстильные волокна можно условно разделить на натуральные и химические. Натуральные волокна в свою очередь классифицируются по происхождению на растительного, животного и минерального происхождения. Химические волокна условно делятся на два подкласса – искусственные и синтетические [5].

Среди натуральных волокон чаще всего используются хлопок и лен. Эти волокна отличаются друг от друга по морфологическому, надмолекулярному строению, а также по количеству и составу примесей. Основой хлопкового и льняного волокна является целлюлоза. Хлопковое волокно содержит до 96% целлюлозы, а льняное – до 78%. Кроме того, в состав волокон входят различные примеси, такие, как воскообразные и азотосодержащие вещества, минеральные соли и различные красители [7]. Исходя из особенностей строения хлопка, он склонен к тепловому самовозгоранию. При определенных температурах в хлопке может начаться процесс окисления, сопровождающийся выделением тепла. Если скорость тепловыделения превысит скорость рассеивания тепла, то может начаться процесс самонагрева. Температура самонагрева хлопка составляет 120°C. При благоприятных условиях для накопления тепла самонагревание может привести к самовозгоранию хлопка при температуре 400°C и последующему горению [6].

Синтетические волокна обладают свойствами, которые не присущи натуральным волокнам. Синтетические волокна построены в основном из углерода и водорода и, кроме того, могут содержать азот (полиамидные, полиакрилонитрильные), кислород (полиэфирные), хлор (полихлорвиниловые), фтор (фторсодержащие). Все синтетические волокна отличаются высокой степенью кристалличности. Это обуславливает хорошие прочностные показатели, а с другой стороны, низкую гигроскопичность [7]. Отличительным свойством синтетических волокон является термопластичность – способность деформироваться при нагревании. При высоких температурах они переходят в

высокоэластическое состояние, а затем расплавляются с образованием горячих капель полимера [1].

Для проведения исследований нами было выбрано хлопковое волокно, являющееся натуральным, полиэфирное волокно, относящееся к синтетическим, и хлопкополиэфирное волокно, представляющее собой смесь натуральных и химических волокон. Особенности поведения в процессе горения данных образцов при доступе воздуха представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Поведение волокон из хлопка и полиэфира при горении

Вид материала	Характер горения			Характер остатка	Запах
	Вблизи пламени	В пламени	При выносе из пламени		
Хлопковое волокно	-	Интенсивное горение	Горение	Легкий серый пепел	Интенсивный запах жженой бумаги
Полиэфирное волокно	Плавится	Интенсивное горение	Затухает	Твердый спекшийся стеклообразный шарик	Неопределенный «синтетический», выделение копоти
Хлопкополиэфирная ткань	Начинает оплавляться	Интенсивное горение	Горение с постепенным затуханием	Смесь легкого пепла и стеклообразного остатка	Определяется запах жженой бумаги

При оценке пожарной опасности текстильных материалов и тканей из них применяются различные методы. С точки зрения обеспечения пожарной безопасности материалов и объектов защиты, где вырабатываются и хранятся изделия из натуральных и синтетических волокон, представляет интерес определение условий, при которых текстильные материалы не будут способны гореть. Для этого определяется кислородный индекс – минимальное содержание кислорода в кислородно-азотной смеси, при котором возможно свечеобразное горение материала в условиях специальных испытаний [2]. Сущность метода определения кислородного индекса заключается в нахождении минимальной концентрации кислорода в потоке кислородно-азотной смеси, при которой наблюдается самостоятельное горение вертикально расположенного образца, зажигаемого сверху.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема установки для определения кислородного индекса, где 1 - вентиль предварительной регулировки; 2 - вентиль точной регулировки; 3 - смеситель; 4 - расходомер; 5 - реакционная камера; 6 - держатель образца; 7 - кислородный анализатор.

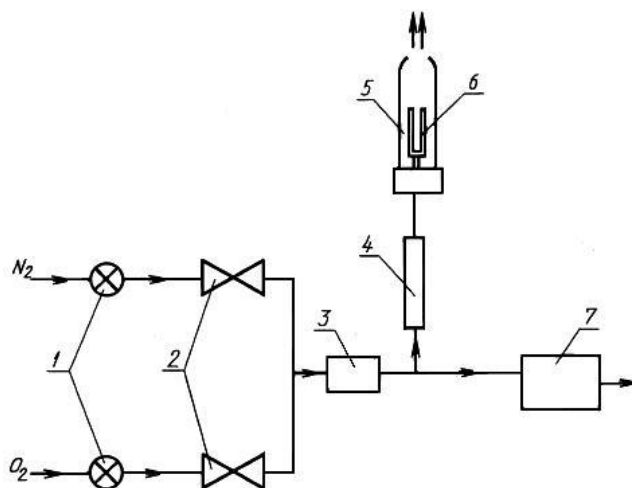


Рисунок 1 - Схема установки для определения кислородного индекса

Испытания проводили при температуре  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Начальную концентрацию кислорода выбирали исходя из следующих условий: около 18% об., если образец горит быстро; около 21% об., если образец горит медленно или неустойчиво; не менее 25% об., если образец затухает. Образец закрепляли в вертикальном положении в держателе в центре колонки так, чтобы верхний край образца находился на расстоянии не менее 100 мм от верхнего края колонки. Приборы для измерения давления и расхода газов отрегулировали так, чтобы газовый поток в колонке имел скорость  $(40 \pm 10) \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$ . Перед испытанием систему продули газовой смесью в течение 30 с до установления постоянной концентрации кислорода.

Проведенные испытания для ткани из хлопка показали величину кислородного индекса 17,2%. Кислородный индекс для полиэфирной ткани составил 22,5%. Смесовая хлопкополиэфирная ткань (33% хлопка: 67% полиэфира) имеет значения КИ – 19,6%. Из полученных данных видно, что показатель КИ для смесовой ткани определяется наличием в материале двух различных по химической природе составляющих, поэтому находится внутри диапазона величин 17,2 – 22,5% [3].

Одним из самых высокочувствительных и современных методов является термический анализ, к которому относится проведение термогравиметрических исследований. Термогравиметрия – метод исследования и анализа, основанный на регистрации изменения массы образца в зависимости от его температуры в условиях программированного изменения температуры среды [4]. Испытания проводились на термическом анализаторе SETSYS Evolution, представленном на рисунке 2.





Рисунок 2 - Термический анализатор SETSYS Evolution

В результате проведения термогравиметрического анализа получают соответствующие кривые, каждая из которых отображает следующие параметры: зеленая кривая (1) – термогравиметрическая зависимость (TG, мг), фиолетовая (2) – дифференциальная термогравиметрическая зависимость (DTG, мг/мин), синяя (3) – тепловой поток (мВ) [8]. Общий вид термогравиметрических кривых для хлопкового и полиэфирного материала представлен на рисунках 3 и 4.

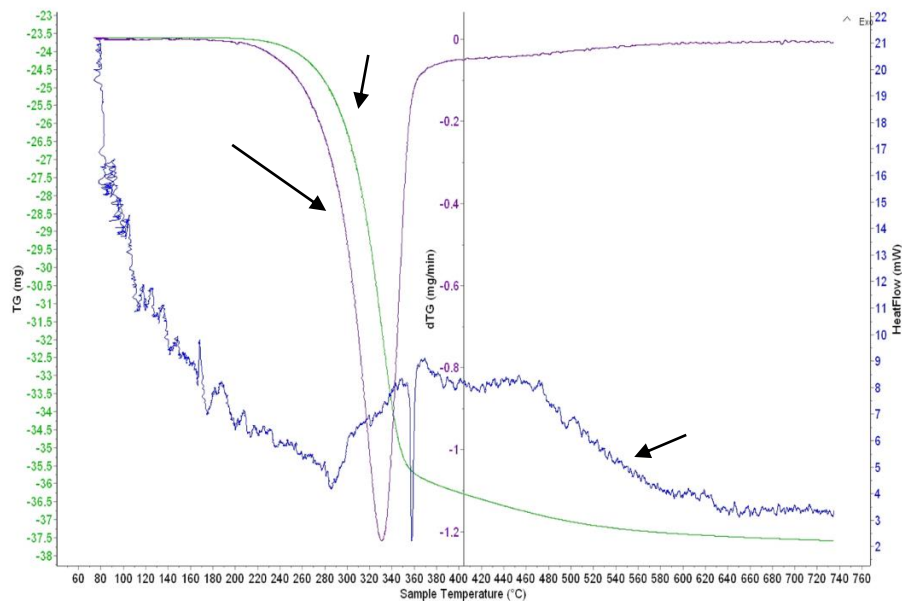


Рисунок 3 - Общий вид термогравиметрических кривых для образца из хлопкового волокна

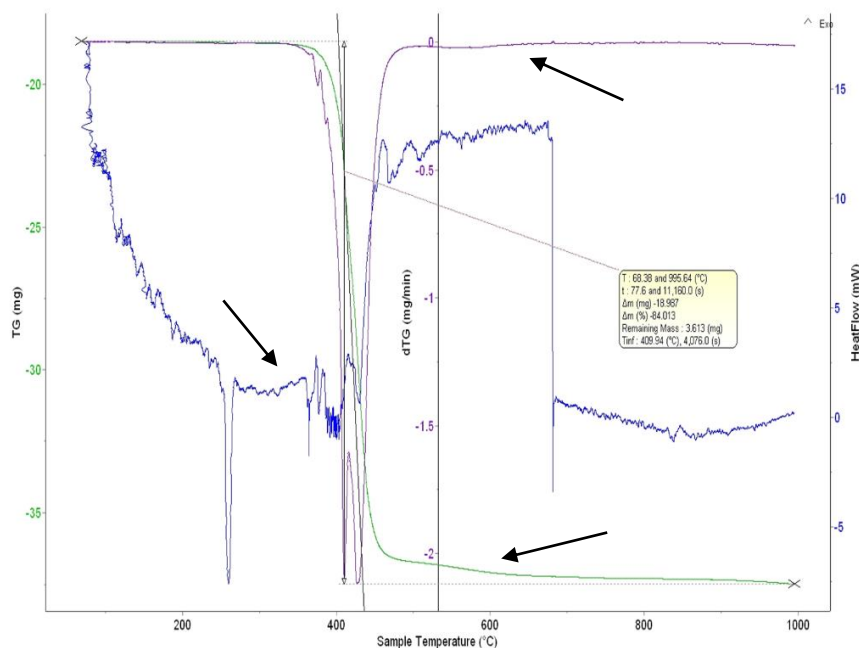


Рисунок 4 - Общий вид термогравиметрических кривых для образца из полиэфирного волокна

Термогравиметрическая зависимость может быть разделена на три температурные области, отделенные точками перегиба. Первый участок идет параллельно оси температур. Характер полученных в обоих случаях термогравиметрических зависимостей свидетельствуют о том, что до температуры  $250^{\circ}\text{C}$  природная целлюлоза, являющаяся основой хлопка, не претерпевает каких-либо изменений. Для полиэфирного материала горизонтальный участок является более длинным и заканчивается при достижении температуры в  $350^{\circ}\text{C}$ , что можно объяснить более высокой термостойкостью полиэфирного волокна. На втором участке наблюдается резкая потеря массы образцов, что говорит о протекании процесса термодеструкции, т.е. разрушения образцов под действием температуры. При этом в интервале температур  $280 - 350^{\circ}\text{C}$  для хлопка и  $380 - 450^{\circ}\text{C}$  для полиэфира процесс идет с достаточно высокой скоростью, и завершается для хлопка при температуре  $350^{\circ}\text{C}$ , а для полиэфирного образца при температуре  $450^{\circ}\text{C}$ . На третьем участке происходит замедление процесса, о чем свидетельствует плавно ниспадающий участок кривых.

Более наглядным является представление данных в дифференциальной форме. В этом случае величиной, откладываемой по оси ординат, является скорость изменения массы. Перегибам на интегральной и дифференциальной кривой отвечают экстремумы. На рисунках 3 и 4 - это минимумы, но, так как скорость в данном случае отрицательна (масса уменьшается), они отвечают максимальным по модулю значениям скорости. Таким образом, характер кривых показывает, что максимальная скорость термодеструкции имеет место при температуре  $330^{\circ}\text{C}$  для хлопковой целлюлозы. Для полиэфирного образца на

кривой появляются два минимума – в области температур 400<sup>0</sup>С и 420<sup>0</sup>С, что вероятно, объясняется наличием в составе макромолекул полиэфира двух типов элементарных звеньев, различных по химическому составу.

Тепловой поток характеризуется тем, что действие высокой температуры вызывает более или менее глубокие изменения целлюлозы и полиэфира. Вначале при умеренном нагреве (выше 120<sup>0</sup>С) происходит деполимеризация – укорачивание макромолекул целлюлозы, а затем при более высоком нагревании (выше 240<sup>0</sup>С) начинается дегидратация (отщепление молекул воды) и изменение элементарного звена макромолекулы целлюлозы. Для полиэфира температура плавления составляет 259-263<sup>0</sup>С, в связи с чем, на кривой появляется обратный экстремум, характеризующий изменение агрегатного состояния материала: из твердого до вязкотекучего. Указанные процессы являются эндотермическими, т.е. протекающими с поглощением тепла. При температурах 280-360<sup>0</sup>С наряду с деполимеризацией происходят химические изменения элементарного звена макромолекулы целлюлозы и сопутствующих примесей, а также и полиэфирной составляющей, о чем свидетельствуют минимальные значения на кривых теплового потока. При нагревании полиэфирных волокон до температуры более 290<sup>0</sup>С возможна также термическая деструкция, сопровождающаяся выделением газообразных продуктов и летучих оснований. Дальнейшее нагревание обоих видов волокон приводит к их распаду с образованием жидких и газообразных продуктов и выделением тепла, т.е. процессы являются экзотермическими. Выделение жидких продуктов из целлюлозы практически заканчиваются при температуре 400-450<sup>0</sup>С. Главными продуктами термического разложения и хлопкового и полиэфирного волокнистых материалов являются уголь, водный дистиллят, смола и газы. Жидкие продукты распада содержат уксусную кислоту, ацетон и многие другие вещества.

Таким образом, синтетические и натуральные ткани имеют различные показатели пожарной опасности. Большую опасность в развитии пожаров представляют волокнистые текстильные материалы растительного происхождения, такие, как хлопок и лен, которые в разрыхленном состоянии интенсивно горят открытым пламенем, а в спрессованном (в кипах) - тлеют, причем огонь проникает, внутрь кип. Горение хлопка в кипах может происходить при полной изоляции их от доступа воздуха. Полиэфирные и хлопкополиэфирные волокна и изделия из них легко воспламеняются, быстро горят с выделением большого количества дыма и токсичных газообразных продуктов, их горение сопровождается каплепадением, что является дополнительным источником распространения пламени. Для качественного обеспечения безопасности предприятий текстильной и швейной промышленности необходимы данные о пожарной опасности текстильных материалов, которые можно определить путем нахождения кислородного индекса и проведения термогравиметрического анализа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Блиничева И.Б., Мизеровский Л.Н., Шарнина Л.В.* Физика и химия волокнообразующих полимеров/ И.Б. Блиничева, М. Л.Н. Мизеровский, Л.В. Шарнина/учеб. пособие. Иваново: ИГХТУ, 2005. – 376 с.
2. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
3. *Евстегнеев В.А.* Оценка пожароопасности материалов из полиэфирных волокон / В.А. Евстегнеев, Н.А. Фокина, О.Г. Циркина, А.Л. Никифоров // ПОИСК – 2019: сб. матер. межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов с междунар. участием. Ч. 1. Иваново: ИВГПУ, 2019. С.79-81.
4. *Ивлев В. И.* Термический анализ. // В. И. Ивлев, Н. Е. Фомин, В. А. Юдин, М. А. Окин., Н. А. Панькин /Саранск: изд-во Мордов. ун-та, 2017. – 44 с.
5. *Калиева О. М., Кащенко О. Г.* Товароведение и экспертиза текстильных материалов: учебное пособие – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2012. – 220 с.
6. *Корольченко А.Я., Корольченко Д.А.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения // Справочник: в 2 ч. М.: Асс. «Пожнаука» 2004. – Ч.2. – 774 с.
7. *Кричевский Г.Е.* Химическая технология текстильных материалов: уч-к для вузов в 3 т./Г.Е. Кричевский - М.: 2000. – Т.1 – 436 с.
8. *Шаталова Т. Б., Шляхтин О. А., Веряева Е.* Методы термического анализа: методическая разработка. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. – 72 с.

УДК 614.841.343:539.097

**С. О. Столяров, И. Л. Скрипник**

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

## ПРИМЕНЕНИЕ СИНЕРГИЗМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Осуществлен теоретический анализ возможностей повышения эффективности огнезащитных покрытий (ОП) с использованием компонентов, проявляющий синергизм огнезащитного действия. Выделен ряд ингредиентов этого процесса, раскрыт механизм действия элементов рецептур в системе огнезащитной вспучивающейся композиции.

**Ключевые слова:** огнезащита, синергизм, огнестойкость, компонент, рецептуры, газообразователи, антипирены, оптимизация.

*S. O. Stolyarov, I. L. Skrypnyk*

## **APPLICATION OF SYNERGISM FOR CREATION OF OPTIMAL COMPOSITION OF FIRE PROTECTIVE COATINGS**

The theoretical analysis of possibilities of increase of efficiency of fire-protective coverings (OP) with use of the components showing synergism of fire-protective action is carried out. A number of ingredients of this process are allocated, the mechanism of action of elements of compounding in system of the fire-resistant swelling composition is opened.

**Keywords:** fire protection, synergism, fire resistance, component, formulations, blowing agents, antipyrenes, optimization.

Огнезащитная покрытие (далее ОП) – это слой защитного лакокрасочного материала, направленный на повышение предела огнестойкости конструкций зданий и сооружений [1,2]. На настоящий момент времени оно широко применяется для обеспечения требуемого уровня пожарной безопасности на объектах различного функционального назначения [3]. Обеспечение необходимого предела огнестойкости является обязательным требованием нормативных и руководящих документов в области пожарной безопасности.

В целом систему огнезащитной вспучивающейся композиции (ОВК) можно представить в виде газообразователя, источника углерода, полимерного связующего, многоатомного спирта и термостойкого наполнителя (рис. 1). При воздействии высокой температуры происходит взаимодействие данных элементов, приводящих к образованию защитного теплоизолирующего слоя пенакокса с низкими показателями теплопроводности.

Проводимые исследования по получению ОВК при разных концентрациях компонентов рецептур, режимах работы, воздействующих факторов, показали, что его разработка и производство требует больших трудоемких технологических операций, денежных и энергетических затрат [4,5].

Поэтому особый интерес в области разработке рецептур ОВК занимают компоненты, обладающие многофункциональностью и способные при тепловом воздействии обеспечить выполнение функций нескольких элементов.

Для этого проводят поиск способов модификаций ОП и синтеза функциональных компонентов в систему огнезащиты [6].

Данная особенность таких компонентов проявляется и в синергизме механизма огнезащиты, способные не только увеличить эксплуатационные характеристики полимера, но и существенно облегчить производство ОП.

Синергизм применительно к созданию ОП означает повышенную производительность смеси двух или более компонентов огнезащиты по сравнению с простой добавочной характеристикой компонентов при той же их концентрации. Он происходит в очень узком диапазоне концентраций [7].

В материалах [8] в качестве примера синергизма приводится явление взаимного усиления свойств ОП в присутствии галогенов и сурьмы, а также в смеси фосфора с азотом. Помимо оксида сурьмы галогенсодержащие

антипирены синергичны с другими оксидами металлов, включая  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{ZnO}$ . В некоторых составах эти оксиды могут частично или полностью замещать  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ . Бораты цинка или сульфиды цинка также подходят для выполнения данной функции. Во многих случаях они могут обеспечивать пониженную дымообразующую способность.

Между полифосфатом аммония (ПФА) и некоторыми неорганическими минералами, солями и оксидами в узком диапазоне концентраций наблюдается хороший синергетический эффект [9]. Аналогичные явления возникают в системах, содержащих полифосфат аммония и цеолиты. Основным механизмом огнезащитного действия является взаимодействие полифосфорной кислоты, образующейся при термическом разложении ПФА и металлосодержащих соединений. Вследствие наличия данного свойства у двухвалентных и валентных металлов следует, что катионы металлов способствуют образованию полифосфорной кислоты и увеличению ее вязкости. Данный механизм обеспечивает создание термически изоляционной структуры материала. Если минеральное соединение добавляется в больших количествах, то образуются твердые кристаллические фосфаты, приводящие к формированию трещин и потере изоляционных свойств.

Из-за повышенного внимания к безгалогеновым антипиренам в последние годы также были предприняты значительные усилия для повышения огнезащитных характеристик гидроксида алюминия (АГН) и гидроксида магния (МН), поскольку эти добавки используются при очень высоких уровнях загрузки вещества. Простая их комбинация может вызывать синергетический эффект. Это объясняется тем, что с расширением температурного диапазона происходит обезвоживание материала.

Было установлено, что комбинация гидроксида магния и бората цинка, в этилен-винилацетате (EVA) вызывает синергичный эффект. Известно, что борат цинка катализирует дегидратацию магния. Кроме того, он способствует агломерированию частиц  $\text{MgO}$ , приводящих к увеличению конденсированной фазы и возможного коксообразования.

Таким образом, приведенные в настоящей статье исследования по поиску основных компонентов рецептур ОП, проявляющих синергетический эффект, представляет особый интерес. Их широкое применение способно существенно улучшить эксплуатационные характеристики огнезащитного состава, оптимизировать его производство и в целом снизить себестоимость.

В настоящий момент проводятся исследования по синтезу абляционно-десорбционных ОП, эффективность которых основана на комплексном подходе к подбору рецептур, способу их изготовления и синергизма в механизме огнезащитного действия. Ключевым компонентом в таких покрытиях выступают пористые кремнийорганические адсорбенты с депонированными в них огнетушащими веществами.

# Огнезащитные композиции вспучивающегося типа

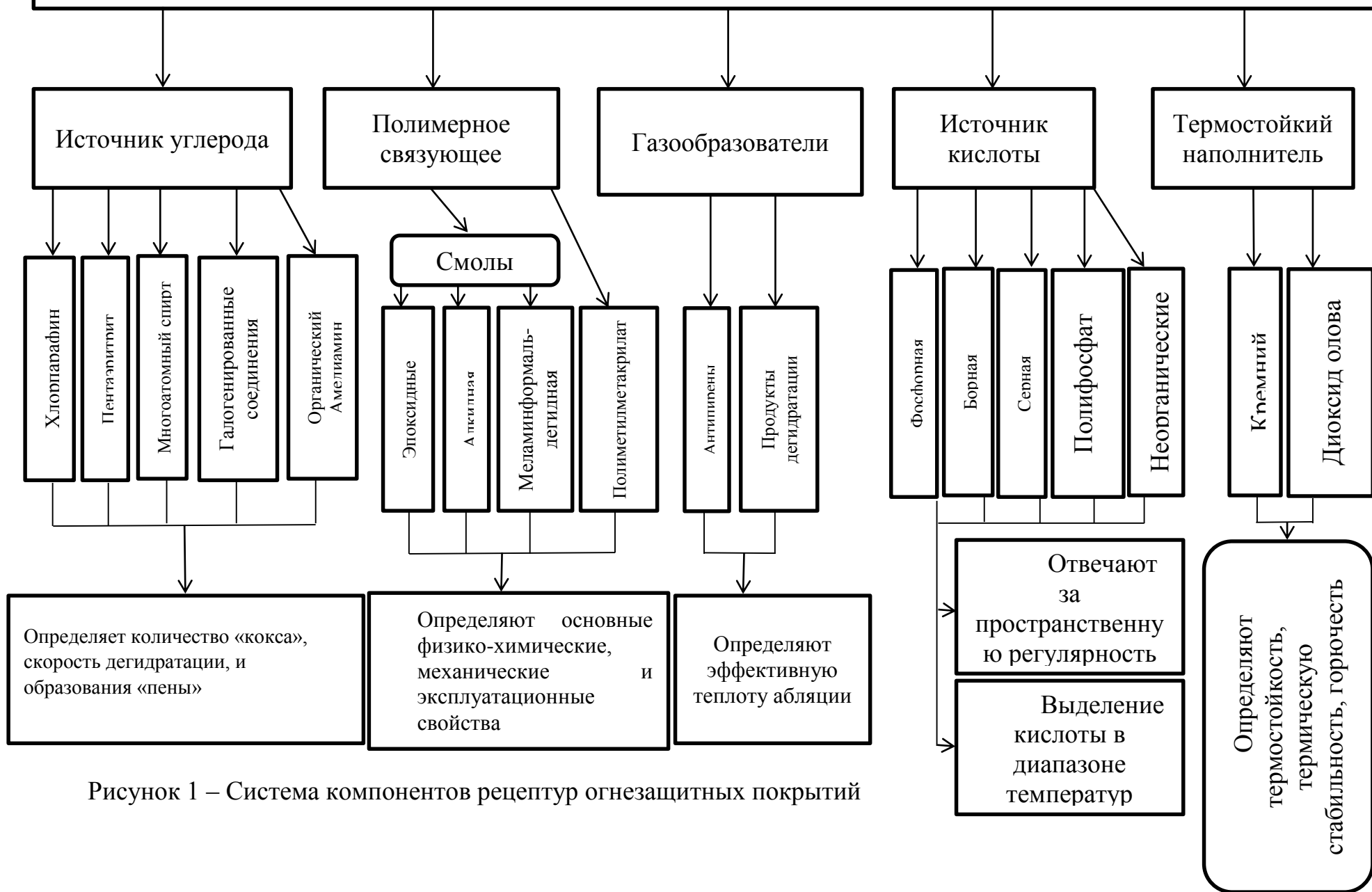


Рисунок 1 – Система компонентов рецептур огнезащитных покрытий

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, Е.Н. Кадочникова.* Характеристика модифицированных огнезащитных вспучивающихся составов // XIV Международная научно-практическая конференция “Комплексная безопасность и физическая защита. Труды VII Мемориального семинара профессора Б.Е. Гельфанда”. 2018.– С. 285-293.
2. *А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин.* Исследование процессов электризации при обращении с модифицированными наножидкостями и лакокрасочными материалами // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 3 (47)-2018, с. 110-119.
3. *А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, Е.Н. Кадочникова.* Применение огнезащитных вспучивающихся композиций для тушения углеводородного пожара//«Пожарная и промышленная безопасность» УГНТУ, «Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли»: Материалы I-ой международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» УГНТУ». УФА 2018. с. 62-66.
4. *Иванов А.В., Скрипник И.Л., Дементьев Ф.А., Ловчиков В.А.* Исследование модифицированных полимерных композиций для улучшения их свойств // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 1 (22), с.89-97.
5. *Воронин С.В., Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т.* Подходы к определению новой стоимости образца пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 2 (2018) – 2018, с. 128-134.
6. *А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин.* Исследование процессов электризации при обращении с модифицированными наножидкостями и лакокрасочными материалами // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 3 (47)-2018, с. 110-119.
7. *A.B. Morgan, C.A. Wilkie* «Flame retardant polymer nanocomposites» Wiley inter science a John Willey and sons, INC., publication.
8. *Xingyi Huand Chunyi Zhi* «Polymer nanocomposites Electrical and thermal properties»
9. *Levchik G.F, Selevitch A.F., Levchik S.V. and Lesniskovich A.I.* Thermal behaviour of ammonium polyphosphate – inorganic compound mixtures. Part I. Talc. Thermochemica Acta. 1994. 239. p.41-49



УДК 544.355 – 122: 532.00

*О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Проведен сравнительный анализ методов расчета температуры вспышки для индивидуальных растворителей лакокрасочных материалов (ЛКМ). Выявлены существенные различия между экспериментальными и расчетными данными различных методов.

**Ключевые слова:** лакокрасочные материалы, температура вспышки, расчетные методики.

*О. Е. Storonkina, T. A. Mochalova*

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF ANALYTICAL DETERMINATION OF TEMPERATURE OF FLASH OF INDIVIDUAL SOLVENTS OF PAINT AND VARNISH MATERIALS**

A comparative analysis of the methods for calculating the flash point for individual solvents of paints and varnishes (LKM) is carried out. Significant differences were found between the experimental and calculated data of various methods.

**Keywords:** paints and varnishes, flash point, calculation methods.

Лаки и лакокрасочные покрытия (ЛКП) применяются практически во всех отраслях строительства, промышленности, на транспорте и в быту. Растворители, входящие в их состав, например, 646, 647, 648 и т.д. представляют смеси четырех и более компонентов, среди которых часто используют алифатические спирты (этанол, бутанол), эфиры (бутилацетат), кетоны (ацетон). Указанные растворители являются горючими и легковоспламеняющимися жидкостями, поэтому технологические процессы с их использованием характеризуются повышенной пожарной опасностью.

Одним из важнейших факторов для оценки пожароопасных свойств растворителей является температура вспышки ( $t_{всп}$ ), она принята за основу классификации жидкостей по степени их пожаровзрывоопасности.

Несмотря на имеющиеся справочные данные, эта характеристика воспламеняемости для многих веществ неизвестна. Поэтому актуальной задачей является оценка  $t_{всп}$  еще не синтезированных соединений. Температуру вспышки веществ можно определять не только экспериментально, но и посредством

различных расчетных методов. Например, в ГОСТе [1] представлены следующие формулы для расчета температуры вспышки индивидуальных жидкостей.

Температура вспышки индивидуальных жидкостей, молекулы которых содержат виды связи, представленные в таблице 1, рассчитывается по формуле:

$$t_{всп} = -73,14 + 0,659 \cdot t_{кип} + \sum_{j=2}^n a_j \cdot l_j \quad (1)$$

где  $t_{кип}$  - температура кипения жидкости при 101 кПа [2], °C;  $l_j$  - количество связей вида  $j$  в молекуле исследуемой жидкости;  $a_j$  - эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Значения коэффициентов  $a_j$ , формулы (1)

Структурная группа	$a_j$ , °C	Структурная группа	$a_j$ , °C
C—C	-2,03	C=O	11,66
C—H	1,105	C≡N	12,13
C—O	2,47	N—H	5,83
C=C	1,72	O—H	23,90
C—N	14,15	C—C	-0,28
C—Cl	15,11	C—F	3,33
C—Br	19,40	C—S	2,09
Si—H	11,00	C=S	-11,91

В формуле (2) величина  $t_{всп}$ , рассчитывается по линейной зависимости температуры вспышки от температуры кипения, выполняющейся в пределах отдельных классов химических соединений:

$$t_{всп} = a + b \cdot t_{кип} \quad (2)$$

где  $a$ ,  $b$  - эмпирические коэффициенты, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 - Значения эмпирических коэффициентов  $a$  и  $b$  (для разных классов веществ)

Класс веществ	$a$ , °C	$b$
Алканы	-73,22	0,693
Спирты	-41,69	0,652
Алкиланилины	-21,94	0,533
Карбоновые кислоты	-43,57	0,708
Алкилфенолы	-38,42	0,623
Ароматические углеводороды	-67,83	0,665
Альдегиды	-74,76	0,813
Бромалканы	-49,56	0,665
Кетоны	-52,69	0,643
Хлоралканы	-55,70	0,631

Видно, что использование формулы (1) позволяет рассчитать  $t_{всп}$  большого числа органических соединений различных классов. Однако авторами [3] отмечается, что формула (1) дает менее точные результаты по сравнению с выражением (2), даже, несмотря на то, что формула (1) обрабатывает только разность между температурой вспышки и температурой кипения.

Из многочисленных методов наиболее точным является метод расчёта по формуле Блинова. Если для исследуемой жидкости известна зависимость

давления насыщенного пара от температуры, то температуру вспышки в градусах Цельсия вычисляют по формуле (3):

$$t_{\text{всп}} = \frac{A_B}{P_{\text{всп}} D_0 \beta} - 273 \quad (3)$$

где  $A_B$  - константа, равная  $280 \text{ кПа см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ К}$ ;  $P_{\text{всп}}$  - парциальное давление пара исследуемой жидкости при температуре вспышки, кПа;  $\beta$  - стехиометрический коэффициент при атоме кислорода в реакции горения, определенной по формуле:

$$\beta = m_C + m_S + \frac{m_H + m_X}{4} - \frac{m_O}{2} + 2.5m_P$$

здесь  $m_C, m_S, m_H, m_X, m_O, m_P$  - число атомов соответственно углерода, серы, водорода, галоида, кислорода и фосфора в молекуле жидкости.

Для расчета коэффициента диффузии пара в воздухе  $D_0, \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$  использовали следующую формулу:

$$D_0 = \frac{1}{\sqrt{\sum \Delta M_j m_j}}$$

здесь  $\Delta M_j$  - атомные составляющие, значения которых приведены в работе [3],  $m_j$  - количество атомов элемента в молекуле.

Менее точным, хотя и более простым, является расчет температуры вспышки в закрытом тигле по формуле Элея (4):

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{кип}} - 18\sqrt{K} \quad (4)$$

где  $t_{\text{кип}}$  - температура кипения жидкости, °С;  $K$  - коэффициент горючести, вычисляемый по формуле:

$$K = 4m_C + m_H + 4m_S + m_N - 2m_O - 2m_{Cl} - 3m_F - 5$$

Для органических соединений, имеющих в своем составе атомы С, Н, О, N, а также для галоген- и элементоорганических соединений, содержащих атомы S, Si; P, Cl, температура вспышки может быть рассчитана по формуле (5):

$$t_{\text{всп}} = C_0 + C_1 t_{\text{кип}} + C_2 \Delta H \quad (5)$$

где  $\Delta H$  - мольная теплота сгорания вещества, кДж/моль;  $C_0, C_1, C_2$  - эмпирические константы.

По формуле (5) средняя квадратичная погрешность в среднем составляет от 9 до 13°С.

Таблица 3 - Значения эмпирических констант  $C_0, C_1, C_2$  для различных классов соединений

Класс соединений	$C_0, ^\circ\text{С}$	$C_1$	$C_2, \text{ кДж/моль}$
Соединения, состоящие из атомов С, Н, О, N	-45.5	0.83	-0.00812
Соединения, состоящие из атомов С, Н, О, N, Cl	-39.6	0.79	-0.0147
Соединения, содержащие атомы F, Br	-57.4	0.79	-0.0147
Элементоорганические соединения, содержащие атомы S, Si, P, Cl	-45.5	0.83	-0.0082

Авторами работы [4] по формулам (1-5) были рассчитаны значения  $t_{\text{всп}}$  веществ в гомологических рядах кетонов, ароматических углеводов и эфиров уксусной кислоты (таблица 4).

Таблица 4 - Экспериментальные данные по температуре вспышки некоторых веществ и отклонения расчета по формулам

Вещество	Эксперимент	Погрешности расчета по формулам				
		1	2	3	4	5
Ацетон	-18	3.6	-1.6	0.5	-2.5	-4.46
2 - бутанон	-6	0.27	-4.5	1	-1.4	-6.32
2 - пентанон	6	-2.97	-7.7	-2	-2	-10.3
2 - гексанон	23	-2.4	-6	-8.5	0.8	
2 - гептанон	39	1.5	-4.9	-19.5	2.7	-8
2 - нонанон	60	3.9	2	-14	16.9	6.2
Бензол	-11	4	3.6	-1	7.5	-6
Толуол	7	2.1	1.3	-1	4.4	-8.3
Этилбензол	20	-1.9	-2.7	-5	0.5	-11.6
Пропилбензол	39	1.9	1.1	-1.5	4.7	-6.5
Бутилбензол	60	6.8	6.1	3	9.2	-0.5
Амилбензол	66	0.2	-0.5	-30	3.4	-2.2
Метилацетат	-9.4	5		4.6	0.9	0.9
Этилацетат	-3	-2.05		-1	0.4	-4.45
Пропилацетат	14	-1.3		-16	4.2	-2.84
Бутилацетат	29	-2.9			4.3	-3.6
Амилацетат	43	-4.1			4.8	-3.4
Гексилацетат	57	-4.9			4.9	-3
Гептилацетат	70	-5.9			4.9	-2.4

Для гомологических рядов органических соединений, входящих в состав растворителей лаков и лакокрасочных материалов найдена связь экспериментально определенной температуры вспышки с температурой кипения.

Однако, на наш взгляд, основным недостатком всех указанных расчетных методик является недостаточная точность получаемых значений.

Наиболее точные результаты расчета температуры вспышки индивидуальных горючих жидкостей дают различные аддитивные методы. Суть метода заключается в том, что величина какого-либо свойства вещества рассчитывается в виде суммы вкладов групп атомов, составляющих молекулу данного вещества. Указанный подход позволяет с достаточной точностью прогнозировать свойства множества новых объектов, используя данные для сравнительно небольшого числа групп. В то же время отклонения от аддитивности следует рассматривать как результат взаимного влияния атомов и групп в молекуле органического соединения.

Предложенная схема основана на методе разделение молекулы на структурные элементы, в котором отдельные ядра атомов могут принадлежать двум или нескольким структурным фрагментам. В качестве структурного фрагмента углеводородных радикалов выбрана связь С–Н. Поскольку большая детализация связей позволяет, не изменяя число структурных элементов включить в рассмотрение большее количество веществ и не использовать дробные значения для вкладов радикалов. Суммирование вкладов связей позволяет получить вклады соответствующих углеводородных радикалов. В соответствии с рекомендациями [5] выделение структурных фрагментов проведено с учетом их первого окружения.

В таблицах 5 - 8 приведены вид и количество структурных фрагментов, выделенных в соответствии с используемой схемой в молекулах ряда кетонов, спиртов и их температуры вспышки. Для их описания было использовано многопараметровое уравнение (6).

$$t_{всн}^2 = t_{всн}^2 (Y_p) + \delta t_{всн}^2 (Y_s) + \delta t_{всн}^2 (Y_t) + y \cdot t_{всн}^2 (CH_Y) + p \cdot t_{всн}^2 (CH_p) + s \cdot t_{всн}^2 (CH_s) + t \cdot t_{всн}^2 (CH_t) \quad (6)$$

Здесь  $t_{всн}^2$  - температура вспышки вещества.  $t_{всн}^2 (Y_p)$  – вклад полярной СО-группы, связанной с первичным атомом углерода.  $\delta t_{всн}^2 (Y_s)$  и  $\delta t_{всн}^2 (Y_t)$  – поправки, учитывающие различия в объемных свойствах функциональных групп, связанных с вторичным и третичным атомами углерода по отношению к функциональной группе, связанной с первичным атомом углерода. Вклад функциональной группы, связанной с вторичным или третичным углеродным атомом, можно определить суммированием величин  $t_{всн}^2 (Y_p)$  и соответствующей поправки  $\delta t_{всн}^2 (Y_s)$  или  $\delta t_{всн}^2 (Y_t)$ . Величины  $y$ ,  $p$ ,  $s$ ,  $t$  и  $t_{всн}^2 (CH_Y)$ ,  $t_{всн}^2 (CH_p)$ ,  $t_{всн}^2 (CH_s)$ ,  $t_{всн}^2 (CH_t)$  - количество и вклады выделенных углеводородных фрагментов. При наличии экспериментальных данных для соединений, содержащих четвертичные атомы углерода, уравнение (6) следует дополнить слагаемым  $h \cdot t_{всн}^2 (C_h)$ .

Таблица 5 - Формулы кетонов, количество атомов углерода, вид и количество выделенных структурных фрагментов в молекулах

	Формула	N <sub>c</sub>	(CO) <sub>t</sub>	(CH) <sub>Y</sub>	(CH) <sub>p</sub>	(CH) <sub>s</sub>	(CH) <sub>t</sub>
1	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	3	0	6	0	0	0
2	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	4	0	8	0	0	0
3	CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CO-CH <sub>3</sub>	5	1	10	0	0	0
4	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	5	0	7	3	0	0
5	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	5	0	10	0	0	0
6	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	6	0	7	3	2	0
7	CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>3</sub>	6	0	6	6	0	0
8	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	6	0	9	3	0	0
9	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	7	0	7	3	4	0
10	CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>3</sub>	7	0	7	6	0	1
11	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	7	0	9	3	2	0
12	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	7	0	8	6	0	0
13	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub>	8	0	7	3	6	0
14	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	8	0	8	6	2	0
15	CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>3</sub>	9	0	6	12	0	0
16	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>	9	0	7	3	8	0
17	CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>	12	0	7	9	8	0
18	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> -CH <sub>3</sub>	13	0	7	3	16	0

Таблица 6 - Экспериментальные и рассчитанные по формуле (6) температуры вспышки (з.т.) кетонов

Соединение	$t_{всп}$ , °C	$t_{всп}(расч)$ , °C
Пропанон	-18	-19
2-Бутанон	-6	0
2-Метил-3-бутанон	1	1
2-Пентанон	6	10
3-Пентанон	12	19
2-Гексанон	23	22
2-Метил-5-пентанон	18	19
3-Гексанон	29	29
2-Гептанон	39	34
2-Метил-5-гексанон	36	36
3-Гептанон	41	41
4-Гептанон	49	38
2-Октанон	52	47
5-метил-3-гептанон	59	50
2,6-Диметил-4-гептанон	49	56
2-Нонанон	60	59
2-Метил-4-ундеканон	91	97
2-тридеканон	107	109

Таблица 7 - Формулы спиртов, количество атомов углерода, вид и количество выделенных структурных фрагментов в молекулах

		$N_C$	$(OH)_t$	$(OH)_s$	$(CH)_Y$	$(CH)_P$	$(CH)_S$	$(CH)_t$
1	$CH_3-OH$	1	0	0	3	0	0	0
2	$CH_3-CH_2-OH$	2	0	0	5	0	0	0
3	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	3	0	0	4	3	0	0
4	$CH_3-CH(OH)-CH_3$	3	0	1	7	0	0	0
5	$CH_3-(CH_2)_2-CH_2-OH$	4	0	0	4	3	2	0
6	$CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$	4	0	1	6	3	0	0
7	$CH_3-(CH)_3C(OH)-CH_3$	4	1	0	9	0	0	0
8	$CH_3-(CH_2)_2-CH_2-CH_2-OH$	5	0	0	4	3	4	0
9	$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_2-CH_3$	5	0	1	5	6	0	0
10	$CH_3-CH(OH)-(CH_2)_2-CH_3$	5	0	1	6	3	2	0
11	$CH_3-(CH)_3CH-CH_2-CH_2-OH$	5	0	0	4	6	0	1
12	$CH_3-(CH)_3C(OH)-CH_2-CH_3$	5	1	0	8	3	0	0
13	$CH_3-(CH_2)_4-CH_2-OH$	6	0	0	4	3	6	0
14	$CH_3-(CH)_3CH-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	6	0	0	4	6	2	1
15	$CH_3-(CH_2)_5-CH_2-OH$	7	0	0	4	3	8	0
16	$CH_3-(CH_2)_6-CH_2-OH$	8	0	0	4	3	10	0
17	$CH_3-(CH)_3CH-(CH_2)_3-CH_2-CH_2-OH$	8	0	0	4	6	6	1
18	$CH_3-(CH_2)_8-CH_2-OH$	10	0	0	4	3	14	0
19	$CH_3-(CH_2)_{10}-CH_2-OH$	12	0	0	4	3	18	0
20	$CH_3-(CH_2)_{15}-CH_2-OH$	17	0	0	4	3	28	0

Таблица 8 - Экспериментальные и рассчитанные по формуле (6) температуры вспышки (з.т.) спиртов

Соединение	$t_{всп}$ , °C	$t_{всп}(расч)$ , °C
Метанол	6	6
Этанол	13	13
Пропанол	23	24
2-Пропанол	14	13
1-бутанол	35	36
2-бутанол	24	24
2-метил-2-пропанол	10	12
1-пентанол	48	48
3-пентанол	34	35
2-пентанол	36	36
3-метил-1-бутанол	43	43
2-метил-2-бутанол	24	22
1-гексанол	60	60
4-метил-1-пентанол	58	55
1-гептанол	74	72
1-октанол	86	84
6-метил-1-гептанол	77	79
1-деканол	110	109
1-додеканол	131	133
1-гептадеканол	160	193

Из табличных данных видно, что наблюдается хорошее согласие между расчетными и экспериментальными величинами. Средняя арифметическая погрешность расчета составляет 1,6°C. Данные по температурам вспышки позволяют проиллюстрировать высокую прогностическую способность использованного аддитивно-группового метода.

Использование расчетных методик для прогнозирования физико-химических свойств смесей растворителей, а также показателей их пожарной опасности является актуальной задачей. Это в полной мере относится к температуре вспышки смесей растворителей, широко используемых в лакокрасочной и других технологиях.

Расчетные методы определения показателей пожарной опасности позволяют значительно сократить объем эксперимента, выявить недостоверные величины в эксперименте, а также помогают в тех случаях, когда специалисты не располагают соответствующим лабораторным оборудованием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.044-89\* (ИСО 4589-84)- «Пожароопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» - М. : Изд. Стандартов, 1989.
2. *Корольченко А.Я.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко - М.: Асс. «Пожнаука», 2004, - Ч. 1. - 713 с.
3. *Батов Д.В.* Описание и прогнозирование температур вспышки сложных эфиров в рамках аддитивно - группового метода. / Д. В. Батов, Т. А. Мочалова, А. В. Петров // Пожаровзрывобезопасность. 2010. Т. 19. Вып. 2. С. 15 – 18.

4. *Стойкович И.О., Саушев В.С., Ле Суан Ты* (Россия, Вьетнам). Расчетные методы определения температуры вспышки индивидуальных жидкостей в закрытом тигле. Интернет – журнал «Технологии техносферной безопасности»

5. *Татевский В.М.* Теория физико-химических свойств молекул и веществ. М.: Изд. Моск. Гос. Ун-та, 1987. 239 с.

УДК 544.032

***В. Э. Суровая***

ФГБОУ ВО Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

## **ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОПЛЕНОК НИКЕЛЯ**

В работе представлены результаты получения функциональных материалов на основе наноразмерных пленок никеля ( $d = 3\text{--}60$  нм) методом термического испарения в вакууме. Рассмотрена возможность применения наноматериалов в области пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** пожарная охрана, нанотехнология, термостойкие покрытия, наноразмерные структуры, огнезащитные средства.

***V. E. Surovaya***

## **OBTAINING FUNCTIONAL MATERIALS BASED ON NICKEL FILMS**

The paper presents the results of the preparation of functional materials based on nanoscale nickel films ( $d = 3\text{--}60$  nm) by thermal evaporation in vacuum. The possibility of using nanomaterials in the field of fire safety is considered.

**Keywords:** fire protection, nanotechnology, heat-resistant, coatings, nanoscale structures, flame retardants.

Нанотехнология является молодой областью науки, которая дает большие возможности для изменения физико-химических свойств материалов, а также позволяет создавать новые функциональные материалы на основе различных наночастиц, обладающие уникальными свойствами. Это дает реальные перспективы для её использования в одном из самых важных аспектов человеческой жизни, а именно в области пожарной безопасности [1].

Кроме того, использование инновационных достижений в области нанотехнологий - одно из перспективных направлений создания новейшей индустрии систем безопасности, адекватных современным угрозам. Эти технологии могут применяться в нанодатчиках, построенных на различных физических принципах, нанокompозитных многофункциональных защитных покрытиях.



Никель - это прочный, устойчивый к коррозии металл, который не изменяется под действием кислорода воздуха и влаги. Никелем покрывают детали приборов и машин для придания декоративного вида и защиты от коррозии.

Соли никеля используют в качестве смазочных композиций для повышения надежности и работоспособности пожарной техники [3].

Наноразмерные пленки никеля применяют для изготовления фоторегистрирующих устройств и солнечных батарей, датчиков магнитного поля, в качестве коррозионностойких и износостойких покрытий.

Функциональные материалы на основе нанопленок никеля могут быть использованы для создания защитной одежды спасателей и пожарных, а также для изготовления нанокompозитных трубопроводов повышенной прочности, путем нанесения защитной термоустойчивой нанопленки никеля на внутреннюю поверхность трубопровода, которые могут применяться для пожаротушения.

Образцы для исследований готовили, методом термического испарения в вакууме путем нанесения тонких (3–60 нм) пленок никеля на подложки из стекла, используя вакуумный универсальный пост «ВУП-5М» [6–8].

В качестве испарителя использовали лодочки из молибденовой жести толщиной  $d = 3 \cdot 10^{-4}$  м.

Вакуумный универсальный пост «ВУП-5М» - многофункциональный прибор. Одно из его назначений - контролируемое нанесение методом термического испарения в высоком вакууме различных материалов. На рис. 1 представлена схема вакуумной системы «ВУП-5М».

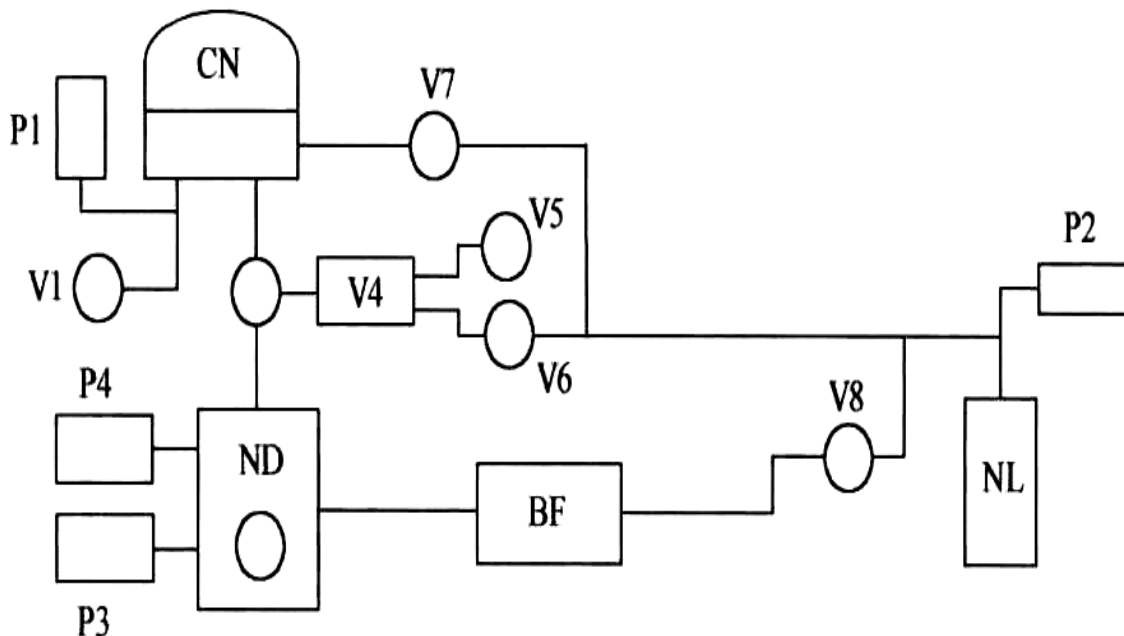


Рисунок 1 - Схема вакуумной системы «ВУП-5М»

CN - объем рабочий (РО); ND - насос диффузионный (НД); NL - насос форвакуумный (НФ); BF - баллон форвакуумный; V<sub>1</sub>-V<sub>8</sub> - клапаны коммутации вакуумной системы; P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>4</sub> - датчики терморезисторные ПМТ-2; P<sub>3</sub> - датчик ионизационный ПМИ-2.

Рабочий объем (CN) может откачиваться форвакуумным насосом (NL): а) через систему трубопроводов и магнитный клапан ( $V_7$ ), б) через систему трубопроводов, магнитные клапаны ( $V_4, V_5, V_6$ ), в) через систему трубопроводов, магнитные клапаны ( $V_8$ ), буферный баллон (BF), диффузионный насос (ND), для создания предварительного разряжения ( $1 \cdot 10^{-1}$  Па). После создания предварительного разряжения включается диффузионный масляный насос (ND), при помощи которого реакционная камера откачивается до давления  $1 \cdot 10^{-3}$  Па. Измерение давления в вакуумной системе обеспечивается манометрическими лампами ПМИ-2 ( $P_3$ ) и ПМТ-2 ( $P_1, P_2, P_4$ ). После окончания работы производится напуск воздуха через вентиль напуска ( $V_1$ ) [5].

Решающим фактором для нанесения пленок, безусловно, является чистота поверхности подложки. Процедуру очистки проводили следующим образом. Стекла от фотопластинок ГОСТ 9284-59 подвергали предварительной обработке в концентрированной азотной кислоте, в растворе дихромата калия в концентрированной серной кислоте, в кипящей дистиллированной воде и сушили [6–8]. Очистка подложек производилась непосредственно перед нанесением на них исследуемых объектов. Обработанные подложки оптически прозрачны в диапазоне 300-1100 нм.

Толщину пленок никеля определяли спектрофотометрическим (спектрофотометр «Shimadzu UV-1700») и гравиметрическим (кварцевый резонатор) методами. Гравиметрический метод кварцевого микровзвешивания основан на определении приращения массы ( $\Delta m$ ) на единицу поверхности кварцевого резонатора (толщиной  $h = 0,1$  мм) после нанесения на нее пленки никеля. Разрешающая способность при термостабилизации резонаторов на уровне  $\pm 0,1$  К составляет  $\Delta m = 1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-9}$  г/см<sup>2</sup>.

Двулучевой спектрофотометр «Shimadzu UV-1700», управляемый персональным компьютером, позволяет регистрировать спектры поглощения (отражения) в спектральном диапазоне 190-1100 нм. В качестве источников излучения используются дейтериевая (185 – 357 нм) и галогеновая (350 – 1100 нм) лампы [4].

Образцы помещали на разогретую до соответствующей температуры (373 – 873 К) фарфоровую пластину и подвергали термической обработке в течение  $\tau = 0,05 - 3500$  минут в муфельной печи «Тулячка-3П». Регистрацию эффектов до и после термической обработки образцов осуществляли гравиметрическим и спектрофотометрическим методами.

В результате проведенных исследований было установлено, что оптические свойства нанопленки никеля до, в процессе и после окисления при 873К зависят от времени и толщины объектов.

На рисунке 2 представлены спектры поглощения пленок никеля толщиной  $d = 3-60$  нм до термической обработки.

Из рисунка 2 видно, что в исследуемом диапазоне длин волн на спектрах поглощения образцов толщиной более 9 нм можно выделить характерные для никеля полосы поглощения [2]. По мере уменьшения толщины пленок никеля на спектрах поглощения и отражения постепенно перестают проявляться характерные для никеля полосы поглощения и отражения. Для пленок никеля

толщиной  $d < 9$  нм наблюдается бесструктурное поглощение и отражение в диапазоне  $\lambda = 190 \dots 1100$  нм.

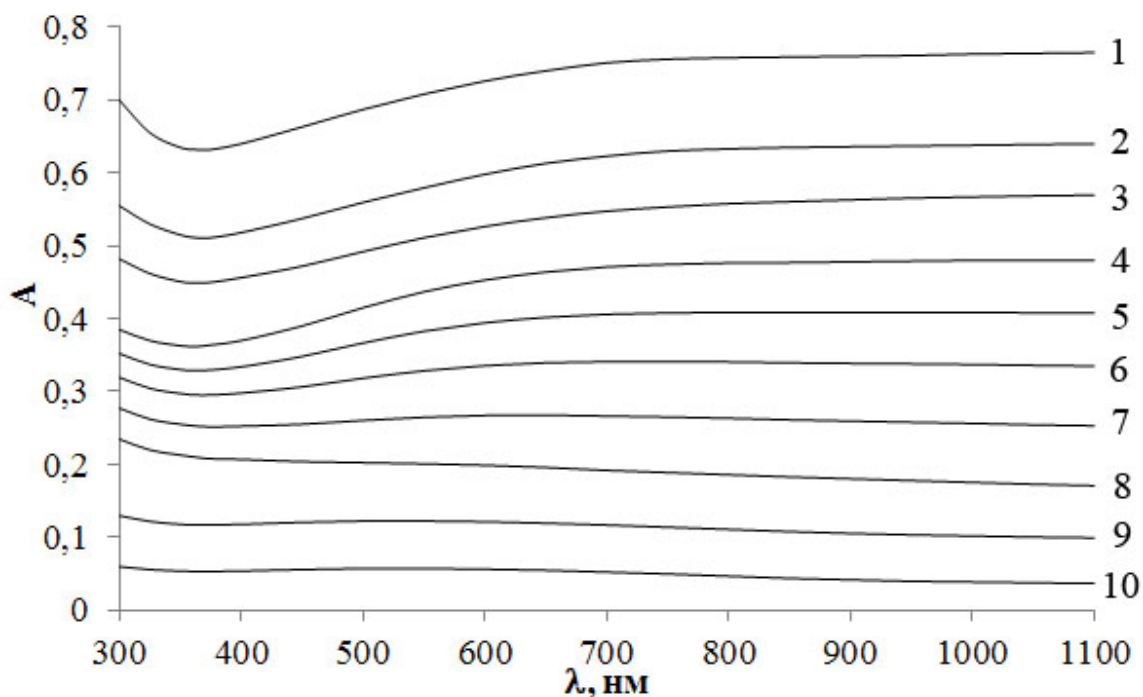


Рисунок 2 - Спектры поглощения пленок никеля толщиной: 1 – 60 нм, 2 – 50 нм, 3 – 44 нм, 4 – 39 нм, 5 – 32 нм, 6 – 27 нм, 7 – 21 нм, 8 – 15 нм, 9 – 9 нм, 10 – 4 нм.

При нагреве наноразмерных пленок никеля до температуры 873К, было установлено, что наряду с уменьшением в интервале  $\lambda = 320 \dots 1100$  нм и увеличением в диапазоне  $\lambda = 300 \dots 320$  нм значений оптической плотности образца формируется спектр поглощения нового вещества, оксида никеля (II) (рис.3).

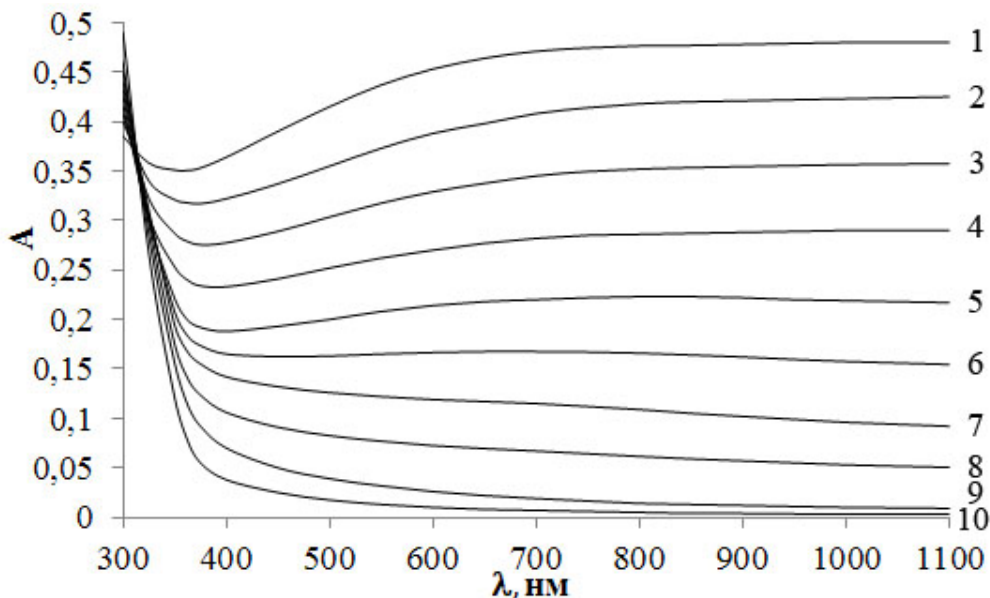


Рисунок 3 - Спектры поглощения пленки никеля толщиной ( $d = 39$  нм) до (1) и после предварительной термической обработки при  $T = 873$  К: 2 – 5 с, 3 – 10 с, 4 – 15 с, 5 – 30 с, 6 – 45 с, 7 – 60 с, 8 – 80 с, 9 – 100 с, 10 – 130 с.

Установлено, что после образования на поверхности наноразмерной пленки никеля оксида никеля, дальнейшее окисление не наблюдается. Пленки стабильны в течении длительного времени. Это происходит благодаря образованию защитной оксидной пленки никеля (NiO), тормозящей процесс коррозии за счет сплошности и хорошему сцеплению с металлом. Сплошность оксидной пленки определяется критерием Пиллинга и Бедвортса, который для никеля составляет 1,72, поэтому следует ожидать образования сплошной оксидной пленки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Paweł Łukaszczuk*. The Application of Nanotechnology in Fire Protection // *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, BiTP*. Vol. 42. Issue 2. 2016. – pp. 95 – 102.
2. *Золотарев В.М., Морозов В.Н., Смирнова Е.В.* Оптические постоянные природных и технических сред. Справочник. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
3. *Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.* Повышение надежности и работоспособности пожарной техники применением новых смазочных композиций // *Пожаровзрывобезопасность*. 2010. Т. 19. № 2. – С. 50 – 53.
4. Методы исследования неорганических материалов: учеб. пособие / *Н.В. Борисова, Л.Н. Бугерко, С.М. Сирик, Э.П. Суровой, И.В. Титов*; ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет». – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2008. – 182 с.
5. Пост вакуумный универсальный - ВУП-5М: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 2.950.161 ТО. – Сумы: ПО Электрон, 1990. – 100 с.
6. *Суровой Э.П., Бугерко Л.Н., Суровая В.Э., Бин С.В.* Кинетические закономерности термических превращений в наноразмерных пленках свинца // *Журнал физической химии*, 2015. Т. 89. № 1. – С. 85.
7. *Суровой Э.П., Бугерко Л.Н., Суровая В.Э., Бин С.В.* Кинетические закономерности термических превращений в наноразмерных пленках висмута // *Журнал физической химии*, 2012. Т. 86, № 4. – С. 702.
8. *Суровой Э.П., Бугерко Л.Н., Суровая В.Э., Заиконникова Т.М.* Кинетические закономерности формирования наноразмерной системы марганец – оксид марганца // *Журнал физической химии*, 2016. Т. 90. № 3. С. 628 – 634.

УДК 677.027.62

***Б. Р. Таусарова, Г. Е. Бимбетова***

Алматинский технологический университет. Алматы. Казахстан

## **ПРИДАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫМ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗОЛЬ - ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ**

Изложены исследования по применению нового состава на основе силиката натрия, тиомочевины и гидрофосфата калия для придания огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам. Исследовано влияния концентрации исходных компонентов, температуры и времени термообработки на огнезащитные свойства текстильных материалов. Показано, что у целлюлозных материалов модифицированных композициями на основе силиката натрия и мочевины, гидрофосфата калия повышаются огнезащитные свойства.

**Ключевые слова:** целлюлозные материалы, огнезащитные свойства, гидрофосфат калия, силикат натрия, тиомочевина, золь -гель технология.

***B. R. Taussarova, G. E. Bimbetova.***

## **GIVING FIRE PROTECTIVE PROPERTIES TO CELLULOSE TEXTILE MATERIALS USING ZOL - GEL TECHNOLOGIES**

The article presents research on the use of the new composition based on sodium silicate, thiourea and potassium hydrogen phosphate to give flame-retardants properties of cellulosic textile materials. Concentration effects investigated initial components, temperature and heat treatment time for flame retardant properties of textile materials. It is shown that for cellulosic materials modified by compositions based on sodium silicate and urea, potassium hydrogen phosphate flame retardant properties increase.

**Keywords:** cellulosic materials, fire retardant properties, hydrogen phosphate potassium, sodium silicate, thiourea, sol-gel technology

Текстильные материалы имеют широкую область применения: в быту, технике, общественных зданиях, на транспорте, используются в качестве штор, драпировок, занавесей, материалов при изготовлении мягкой мебели, спальных принадлежностей, специальной защитной одежды и изделий, декоративной отделки различных по функциональному назначению помещений. Однако они являются серьезным источником опасности во время пожаров, легко воспламеняется, способствует распространению пламени и при горении выделяют большое количество дыма и газов и представляют большую угрозу для жизни человека. Пожары с высоким уровнем выбросов дыма и токсичных газов являются источником серьезного вреда для людей и окружающей среды. Токсичные выбросы в атмосферу, вызванные крупномасштабными

пожарами, требуют эвакуации людей и приводят к серьезным экологическим последствиям. Проблема придания огнезащитных свойств текстильным материалам различной природы и назначения в последние годы приобретает все большую актуальность. В различных странах широко проводятся исследования, направленные на повышение огнезащитных свойств как природных, так и синтетических волокон. Для улучшения огнестойкости целлюлозных материалов проводят обработку азот фосфорсодержащими соединениями [1-5]. Использование традиционных антипиренов, содержащих галогены, особенно хлор и бром, постепенно сокращаются из-за их образования токсичных и агрессивных газов во время термической деградации. В настоящее время для инновационной отделки текстильных материалов широко используется золь-гель технология [6-10]. Покрытия, получаемые золь-гель методом, подходящий инструмент для модификации большого количества материалов, таких как стекло, бумага, синтетические полимеры, дерево, металл и текстиль. Основное преимущество золь-гель метода перед другими состоит в том, что он позволяет контролировать структуру получаемых материалов, размер частиц, величину и объем пор, площадь поверхности пленок, чтобы получить материал с заданными свойствами. Этот метод не требует уникального оборудования и дорогих исходных реагентов и поэтому является сравнительно дешевым методом синтеза. Поэтому исследования посвященные получению текстильных материалов с огнезащитными свойствами с применением золь - гель технологии, а также изучению их свойств имеет большое научное и практическое значение.

Целью настоящего исследования является получение целлюлозных текстильных материалов с огнезащитными свойствами с применением золь - гель технологии на основе жидкого стекла, тиомочевины и гидрофосфата калия.

Изменение огнезащитных свойств хлопчатобумажной ткани приведено для трех режимов термообработки: при 100<sup>0</sup>С, 120<sup>0</sup>С и 140<sup>0</sup>С, при времени обработки 1 мин. Полученные данные показывают, что длина обугленного участка обработанных образцов по сравнению с необработанными уменьшалась от 220 до 98 мм. (табл.1). Повышение концентрации огнезащитного состава и температуры термообработки приводит к незначительному снижению длины обугленного участка.

Таблица 1 - Результаты исследования образцов, пропитанных огнезащитным составом

№	Концентрация веществ, г/л			Длина обугленного участка, мм			Разрывная нагрузка, Н			Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$		
	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{CS} (\text{NH}_2)_2$	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	Температура термообработки, °С								
				100 <sup>0</sup>	120 <sup>0</sup>	140 <sup>0</sup>	100 <sup>0</sup>	120 <sup>0</sup>	140 <sup>0</sup>	100 <sup>0</sup>	120 <sup>0</sup>	140 <sup>0</sup>
1	Исходный образец			220	220	220	190	190	190	170	170	170
2	10	6	19	121	120	100	221	220	219	160	170	137
3	10	8	29	119	130	100	220	220	219	156	169	136
4	10	10	39	120	106	98	219	219	220	155	164	139

Необработанная ткань размером 220x170 мм при испытании на воспламеняемость при времени зажигания 15 с полностью сгорает за 60 секунд. У образцов, обработанных огнезащитным составом, так же размером 220x170 мм при времени зажигания 15 с время тления практически сводится к 0 при температуре обработки 100°С. Результаты электронно-сканирующей микроскопии показывают изменение морфологической поверхности обработанных образцов по сравнению с необработанными образцами, и подтверждают образование тонкой полимерной пленки на поверхности волокна (рис. 1).

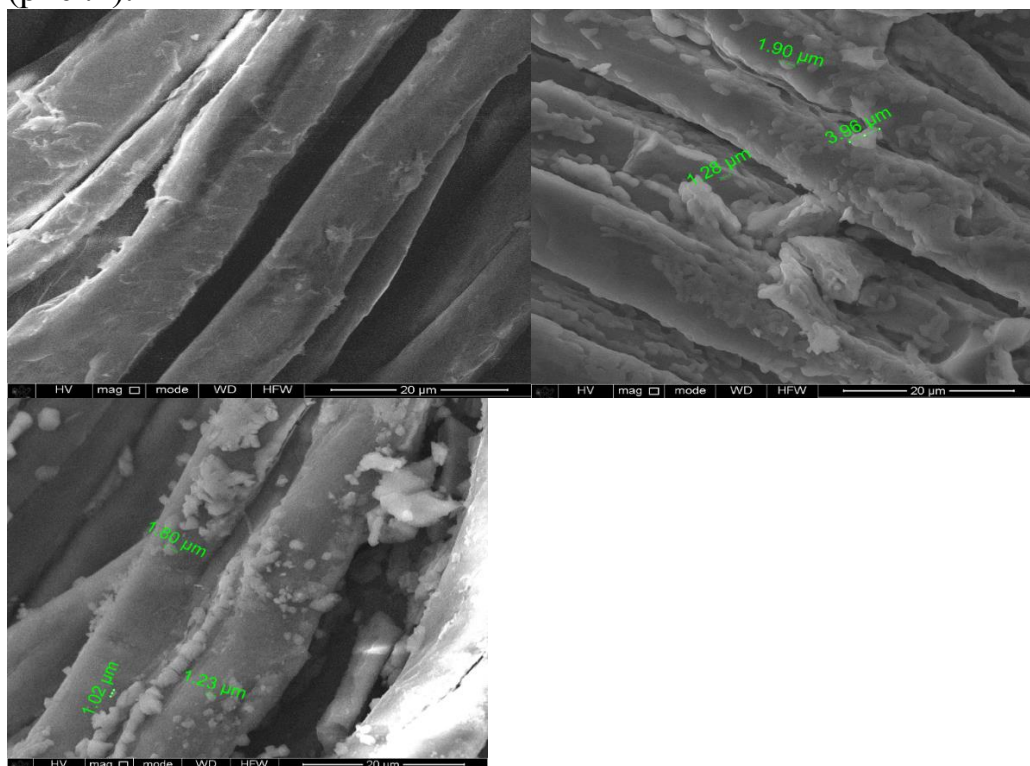


Рисунок 1 - Электронно-микроскопические снимки хлопчатобумажной ткани (а) обработанных, огнезащитной композицией концентрация  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  19г/л (б); 29 г/л (с); 39 г/л (d).

Разработан состав на основе силиката натрия, тиочевины и гидрофосфата калия для придания целлюлозным материалам огнезащитных свойств.

Определены оптимальные условия обработки тканей, исследовано влияние концентрации рабочего раствора, температуры пропитки и термофиксации на огнезащитные свойства ткани. Показано улучшение огнезащитных свойств у целлюлозных материалов, модифицированных предлагаемой композицией.

Методом электронно-сканирующей микроскопии установлено, что обработка тканей огнезащитными композициями приводит к изменению морфологии поверхности волокон. Показано, что у целлюлозных материалов модифицированных композициями на основе силиката натрия, тиомочевины, и гидрофосфата калия повышаются огнезащитные свойства. Предлагаемые композиции обеспечивают достижение более высоких показателей огнестойкости. Обработка может быть осуществлена на стандартном оборудовании отделочных предприятий без стадии высокотемпературной фиксации препарата.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Alongi J., Carosio F., Kiekens P.* Recent Advances in the Design of Water Based-Flame Retardant Coatings for Polyester and Polyester-Cotton Blends. *Polymers*. 2016. 8.P. 357-380.
2. *Shah A.U.R, Prabhakar M.N., Song J.* Current Advances in the Fire Retardancy of Natural Fiber and Bio-Based Composites – A Review. *International journal of precision engineering and manufacturing-green technology*. 2017. P. 242-262.
3. *Liu X., Zhang Q., Cheng B., Ren Y., Zhang Y., Ding C.* Durable flame retardant cellulosic fibers modified with novel, facile and efficient phytic acid-based finishing agent. *Cellulose*. 2018. V. 25. P. 799–811.
4. *Taussarova B.R., Abilkasova S.O.* Flame-retardant modification of cellulose materials by n- and p-containing composites. *Fibre Chemistry*. 2017. V. 49. No. 4. P.242-245.
5. *Lu Y., Jia Y., Zhou Y., Zou J., Zhang G., Zhang F.* Straightforward one-step solvent-free synthesis of the flame retardant for cotton with excellent efficiency and durability. *Carbohydrate Polymers*. 2018. V. 201. P. 438-445.
6. *Ismail W.N.W.* Sol–gel technology for innovative fabric finishing—A Review. *J Sol-Gel Sci. Technol*. 2016. V.78. P.698–707.
7. *Lin D., Zeng X., Li H., Lai X.* Facile fabrication of superhydrophobic and flame-retardant coatings on cotton fabrics via layer-by-layer assembly. *Cellulose*. 2018. V.25. P. 3135–3149.
8. *Таусарова Б.Р. Такей Е.* Золь-гель технология придания огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам. *Нано индустрия*. 2018. 80.№1 с.68-73.
9. *Rosace G., Castellano A., Trovato V., Iacono G., Malucell G.* Thermal and flame retardant behaviour of cotton fabrics treated with a novel nitrogen-containing carboxyl-functionalized organophosphorus system. *Carbohydrate Polymers*. 2018. V.196. P. 348–358.
10. *Lin D., Zeng X., Li H., Lai X., Wu T.* One-pot fabrication of superhydrophobic and flame-retardant coatings on cotton fabrics via sol-gel reaction. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2019. V. 533. P. 198-206.



УДК 677.027.62

*Б. Р. Таусарова, С. С. Жумахметова*

Алматинский технологический университет. Алматы. Казахстан

## **СОЗДАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ОГНЕЗАЩИТНЫМИ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

Разработан новый состав на основе силиката натрия, полифосфата аммония и наночастиц оксида цинка для придания огнезащитных и антибактериальных свойств целлюлозным текстильным материалам. Исследовано влияния концентрации исходных компонентов, температуры и времени термообработки на огнезащитные и антибактериальные свойства текстильных материалов. Показано, что у целлюлозных материалов модифицированных композициями на основе силиката натрия полифосфата аммония и наночастиц оксида цинка повышаются огнезащитные и антибактериальные свойства.

**Ключевые слова:** целлюлозные материалы, наночастицы оксида цинка, огнезащитные свойства, антибактериальные свойства, силикат натрия, полифосфат аммония.

*B. R. Taussarova, S. S. Zhumakhmetova*

## **CREATION OF CELLULOSE TEXTILE MATERIALS WITH FIRE-PROTECTIVE AND ANTIBACTERIAL PROPERTIES**

A new composition based on sodium silicate, ammonium polyphosphate and zinc oxide nanoparticles has been developed to impart fire-retardant and antibacterial properties to cellulosic textile materials. The influence of the concentration of the initial components, temperature and heat treatment time on the fire-retardant properties is studied. It has been shown that in cellulosic materials modified with compositions based on sodium silicate of ammonium polyphosphate and zinc oxide nanoparticles, flame retardant and antibacterial properties increase.

**Keywords:** cellulose materials, zinc oxide nanoparticles, fire retardant properties, antibacterial properties, sodium silicate, ammonium polyphosphate.

В современных условиях активно развиваются исследования по совершенствованию приемов модификации целлюлозных материалов для создания широкого ассортимента новых, высококачественных материалов, с полифункциональными свойствами как огнезащитные и антибактериальные [1-4]. Проблема придания огнезащитных свойств текстильным материалам различной природы и назначения в последние годы приобретает все большую актуальность. Это обусловлено тем, что они являются серьезным источником опасности во время пожаров, легко воспламеняется, способствует распространению пламени и при горении выделяют большое количество дыма и газов. Текстильные материалы имеют широкую область применения: как

военная, пожарная и промышленная защитная одежда, в быту, технике, общественных зданиях, на транспорте и как специальные защитные средства. В последнее время внимание исследователей привлекают нанокomпозиты на основе наночастиц оксида цинка, которые обладают полезными оптическими, механическими, полупроводниковыми, ферроэлектрическими, пьезоэлектрическими и антибактериальными свойствами. Наноматериалы, содержащие наночастицы оксида цинка, проявляют биоцидную активность широкого спектра действия по отношению к различным бактериям, грибкам и вирусам и имеют явное преимущество перед обычными химическими противомикробными агентами[5-8]. В различных странах широко проводятся исследования, направленные на повышение огнезащитных и антибактериальных свойств как природных, так и синтетических волокон [9-12].

Целью настоящего исследования является получение целлюлозных материалов с огнезащитными и антибактериальными свойствами с применением композиции на основе силиката натрия, полифосфата аммония и наночастиц оксида цинка.

Дисперсию наночастиц оксида цинка получали путем реакции ацетата цинка и гидроксида натрия в среде этанола. Ацетат цинка полностью растворяли в воде, к раствору добавили 25 мл охлажденного этанола. Гидроксид натрия также растворили в этаноловом спирте (0.05M) и охладили на ледяной бане, а затем к раствору по каплям добавляли водный раствор ацетата цинка при постоянном перемешивании. Строение и размер наночастиц в большой степени зависит от условий реакции и концентрации ацетата цинка. Исследования показали образуются наночастицы с диаметром от 5-49 nm (рис 1) стабильны, не осаждаются и не меняют окраску в течение нескольких недель.

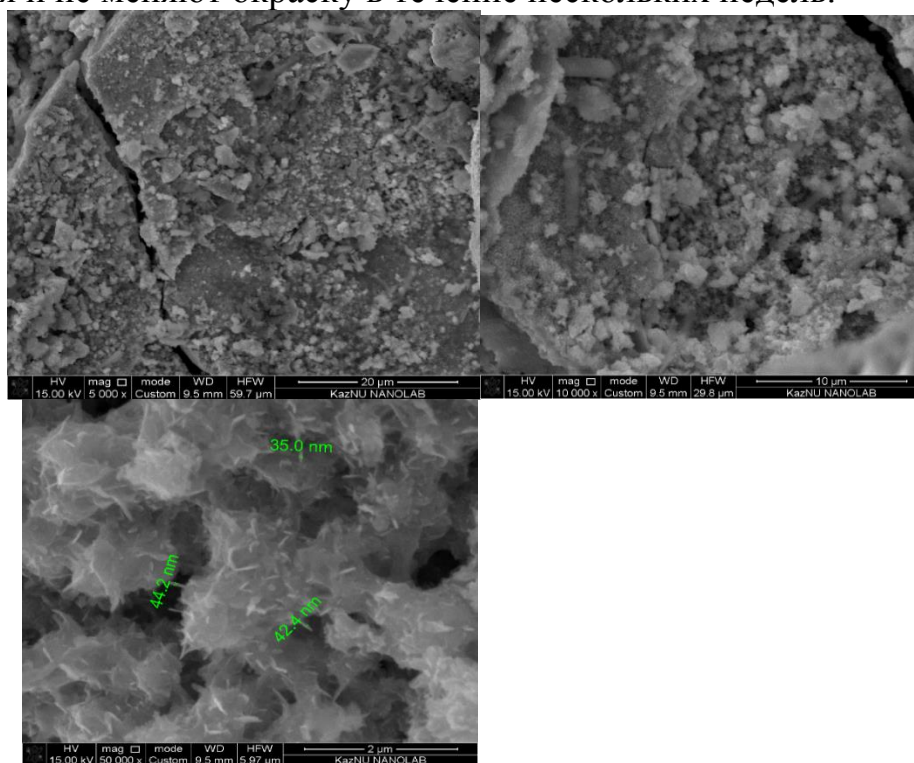


Рисунок 1 - Фотографии наночастиц оксида цинка, полученные с помощью ЭСМ различного разрешения

Образцы хлопчатобумажной ткани размером  $200 \times 170$  мм после определения точной массы на аналитических весах пропитывали в ванне с силикатом натрия в течение 1 мин., отжим составляет 90 %, далее сушка при  $75 - 85^{\circ}\text{C}$  в течении 8 - 10 мин, затем обработанную ткань подвергали термообработке при  $100^{\circ}\text{C}$  в течении 1 мин., с последующей промывкой в большом количестве дистиллированной воды и затем сушка. На второй стадии после обработки силикатом натрия, образцы пропитывали водным раствором полифосфата аммония и наночастиц оксида цинка и мочевины в течении 1 мин, после отжима 90%, высушивание при  $75^{\circ}\text{C}$  в течении 3 мин. в термошкафу, с последующей промывкой в дистиллированной воде и высушивался при комнатной температуре.

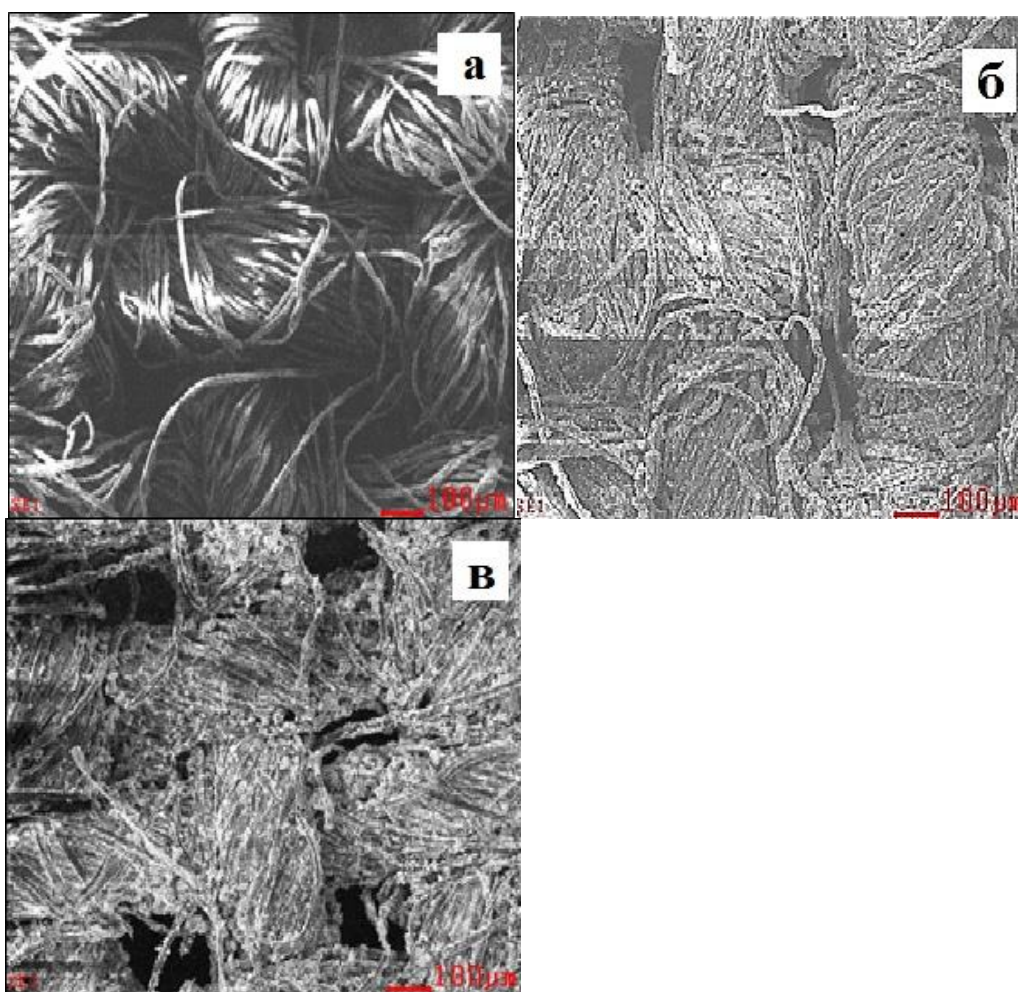


Рисунок 2 - Электронно-микроскопические снимки хлопчатобумажной ткани  
(а)  
обработанных огнезащитной композицией и наночастицами оксида цинка  
различной концентрации(б,в)

Согласно электронно-сканирующей микроскопии и проведенному энергодисперсионному микроанализу чистая хлопковая ткань содержит С - 64.69% О - 35.31%. После модификации на поверхности обработанной ткани

образуются частицы: Na -12.76%, Si- 1.81%, P – 1.59%, S - 0.35%, Zn – 3.21% которые распределены достаточно неравномерно (рис.2). Показано, что с повышением концентрации антипирена в модифицирующем составе в обработанных образцах содержание фосфора и наночастиц оксида цинка возрастает до 2.05% и 4.32.% соответственно.

Антимикробное действие ткани оценивали по степени угнетения роста бактерий через разное время инкубации по сравнению с контрольными образцами ткани. Установлено, что обработанная хлопчатобумажная ткань подобранным составом придает антимикробные свойства, улучшает физико-механические характеристики.

Разработан состав на основе водного раствора силиката натрия, полифосфата аммония и наночастиц оксида цинка для придания целлюлозным материалам огнезащитных и антибактериальных свойств. Определены оптимальные условия обработки тканей. Исследовано влияние концентрации рабочего раствора, температуры пропитки и термофиксации на огнезащитные и антибактериальные свойства ткани. Показано, что обработка целлюлозных материалов предлагаемым составом улучшают огнезащитные и антибактериальные свойства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li S., Lin X., Liu Y., Li R., Ren X., Huang T.-S. Phosphorus-nitrogen-silicon-based assembly multilayer coating for the preparation of flame retardant and antimicrobial cotton fabric. *Cellulose*. 2019. V. 26. P.4213-4223.
2. Vasiljevic J., Zorko M., Stular D., Tomsic B., Jerman I., Orel B., Medved J., Kovac J. Simoncic B. Structural optimisation of a multifunctional water- and oil-repellent, antibacterial, and flame-retardant sol-gel coating on cellulose fibers. *Cellulose*. 2017. Vol. 24. P.1511–1528.
3. Zhang D., Williams B.L. Flame retardant and hydrophobic coatings on cotton fabrics via sol-gel and self-assembly techniques. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2017. Vol. 505. P. 892-899.
4. Li Y., Wang B., Sui X., Xie R., Xu H., Zhang L., Zhong Y., Mao Z. Durable flame retardant and antibacterial finishing on cotton fabrics with cyclotriphosphazene/polydopamine/silver nanoparticles hybrid coatings. *Applied Surface Science*. 2018. 435. P.1337–1343.
5. Arputharaj A., Nadanathangam V., Shukla S.R. A simple and efficient protocol to develop durable multifunctional property to cellulosic materials using in situ generated nano-ZnO. *Cellulose*. 2017. Vol.24. P. 3399–3410.
6. Shankar S., Oun A.A., Rhim J.W. Preparation of antimicrobial hybrid nanomaterials using regenerated cellulose and metallic nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018. Vol.107. P.17-27.
7. Ghasemi N., Seyfi J., Asadollahzadeh M.J. Imparting superhydrophobic and antibacterial properties onto the cotton fabrics: synergistic effect of zinc oxide nanoparticles and octadecanethiol. *Cellulose*. 2018. V. 25. P. 4211-4222.

8. *El-Naggar M., Shaarawy S. M., Hebeish A.A.* Multifunctional properties of cotton fabrics coated with in situ synthesis of zinc oxide nanoparticles capped with date seed extract. *Carbohydrate Polymers*. 2018. V. 181. P. 307-316.

9. *Attia N. F., Morsy M.S.* Facile synthesis of novel nanocomposite as antibacterial and flame retardant material for textile fabrics. *Materials Chemistry and Physics*. 2016. Vol.180. P. 364-372.

10. *Taussarova B. R., Abilkasova S. O.* Flame-retardant modification of cellulose materials by n- and p-containing composites. *Fibre Chemistry*. 2017. Vol. 49, No. 4. P.242-245.

11. *Wang Y-W., Shen R., Wang Q., Vasquez Y.* ZnO Microstructures as Flame-Retardant Coatings on Cotton Fabrics. *ACS Omega*. 2018. V.3. P. 6330-6338.

12. *El-Shafei A., El-Shemy M., Abou-Okeil A.* Eco-friendly finishing agent for cotton fabrics to improve flame retardant and antibacterial properties. *Carbohydrate Polymers*. 2015. V. 118. P.83-90.

УДК 666.768+544.421

***Н. В. Филатова, Н. Ф. Косенко***

ФГБОУ ВО Ивановский химико-технологический университет

## **МОДИФИЦИРОВАННЫЕ АЛЮМОФОСФАТНЫЕ СВЯЗКИ КАК КОМПОНЕНТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

Рассмотрено участие магнийалюмофосфатной связки в процессе спекания высокотемпературного оксида магния (периклаза). Изучена кинетика упрочнения композита. Рассчитаны эффективные константы скорости и энергия активации процесса.

**Ключевые слова:** фосфатные связки, магнийалюмофосфатная связка, MgO, периклаз, спекание, кинетика

***N. V. Filatova, N. F. Kosenko***

## **MODIFIED ALUMINOPHOSPHATE BINDERS AS A COMPONENT OF HIGH-TEMPERATURE COMPOSITES**

The magnesium-aluminophosphate binder participation in the high-temperature magnesium oxide (periclase) sintering was examined. The composite strengthening kinetics was studied. Effective rate constants and energy of activation were calculated.

**Keywords:** phosphate binders, magnesium-aluminophosphate binder, MgO, periclase, sintering, kinetics

Применение фосфатных соединений давно признано весьма перспективным в производстве высокотемпературных изделий и покрытий. Алюмофосфатные связки (АФС), в том числе модифицированные, применяют для получения огнеупорных масс (бетонных, набивных масс), безобжиговых

огнеупоров, пористых и плотных изделий, гранулированных огнеупорных наполнителей типа фосфозита и т.д. Введение фосфатных связок упрощает изготовление изделий, снижая температуру обжига, повышая прочность прессованных заготовок, улучшая формуемость плотных и прочных образцов [5]. Изучена возможность использования металлофосфатных связующих для получения негорючих древесно-стружечных плит и фанеры [3]. Магнийфосфатные связки (МФС) также находят применение в изготовлении огнеупорных и теплоизоляционных материалов. Фосфатные связующие, содержащие соединения магния и алюминия, позволяют получить прочные и температуростойкие композиционные материалы и изделия. Важным их достоинством является быстрое твердение, достижение достаточно высокой прочности при обычных температурах, существенно повышающейся в ходе термообработки, малая усадка.

Материалы и изделия на основе оксида магния широко используют в различных областях техники и технологии в качестве огнеупоров, цементов и др. Их востребованность связана с целым комплексом ценных свойств MgO, который является одним из самых высокоогнеупорных соединений и при этом химически устойчивым к различным агрессивным средам. Периклазовые огнеупоры находят применение в металлургии. Имеется постоянный спрос на развитие новых методов и технологий по получению магнезиальных композитных материалов с улучшенными свойствами. Магнийалюмофосфатная связка (МАФС) и процессы с ее участием остаются слабоизученными. Магнийалюмофосфатные связующие разлагаются при температурах выше 1500 °С [4].

В связи с этим работа, связанная с получением композитов на основе оксида магния и МАФС, кажется актуальной. МАФС представляет интерес также с позиций образования в процессе твердения в синтезируемом композите высокотемпературного соединения – алюмомагнезиальной шпинели  $MgAl_2O_4$ , что улучшает эксплуатационные характеристики материала.  $MgAl_2O_4$  имеет высокую температуру плавления, высокую механическую прочность при повышенных температурах, хорошую химическую стойкость и термостойкость.

МАФС синтезировали путем растворения оксида магния и гидроксида алюминия в 65 % растворе ортофосфорной кислоты в расчете на получение дигидрофосфата алюминия  $Al(H_2PO_4)_3$ . В качестве заполнителя брали периклаз.

Кинетические данные, полученные в ходе твердофазного упрочнения периклаза в присутствии МАФС, были обработаны по модели, учитывающей роль физического уплотнения и химического связывания в присутствии фосфатного связующего в процессе нагревания:

$$\sigma_{разр} = \sigma_1 + \sigma_2 = k\tau^n + \chi\tau^m,$$

где  $\sigma_{разр}$  – предел прочности при разрушении;  $k$  – константа скорости спекания,  $\tau$  – время,  $n$  – коэффициент, характеризующий механизм процесса спекания;  $\chi$  и  $m$  – коэффициенты, определяющие вклад химического фактора в упрочнение спекаемого материала (не являются константами химической реакции).

Моделирование процесса провели с помощью пакета программ MathCad. Опытные и рассчитанные параметры приведены в таблице.



Таблица 1 - Параметры процесса спекания периклаза на МАФС

Прочность и кинетические параметры	Температура обжига, °С					
	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Прочность при сжатии после обжига (150 мин), МПа	3,6 ± 0,0	9,5 ± 0,1	54,7 ± 0,7	95,4 ± 0,9	103 ± 3	125 ± 4
Эффективная константа скорости k	3,54·10 <sup>-5</sup>	1,36·10 <sup>-4</sup>	6,79·10 <sup>-4</sup>	2,83·10 <sup>-3</sup>	7,33·10 <sup>-3</sup>	2,85·10 <sup>-2</sup>
Вклад химического фактора $\chi\tau^m$ , %	87,7	45,8	9,4	6,6	7,8	7,2

Анализ полученных кинетических параметров показал, что прочность формирующегося конгломерата обеспечивалась как за счет собственно спекания, так и за счет действия связующих; при этом предполагаемый вклад химического фактора, как и следовало ожидать, максимален при низких температурах. При дальнейшем нагревании диффузионные процессы активизируются, и собственно спекание интенсифицируется. В оксиде магния коэффициент диффузии ионов кислорода значительно меньше, чем магния, поэтому их диффузия при спекании является лимитирующей стадией процесса массопереноса.

Для установления факта появления шпинели  $MgAl_2O_4$  в процессе спекания в присутствии МАФС был выполнен рентгенофазный анализ (РФА) спеченного материала. Съемку проводили в той области, в которой в максимальной степени проявляются рефлексы шпинели (JCPDS 075-1796). РФА подтвердил образование магнезиальной шпинели в условиях спекания.

Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии алюмомагнезиальной шпинели, которая образуется в ходе обжига за счет активных оксидов магния и алюминия, появляющихся при термообработке связки. В наибольшей степени данное воздействие проявляется при более высоких температурах (1400-1600 °С).

Анализ экспериментальных данных показывает, что при более низких температурах прочность образцов на МАФС заметно ниже, чем на МФС. Это может быть связано с некоторыми затруднениями спекания зерен в присутствии появляющихся на их поверхности тончайших слоев алюмомагнезиальной шпинели  $MgAl_2O_4$ , что подтверждается также меньшими значениями эффективных констант скорости. В дальнейшем ускоренная высокой температурой диффузия способствует быстрому нарастанию скорости спекания и прочности. В этих условиях роль химического фактора резко падает. Основным фактором, обуславливающим увеличение прочности, становится физическое спекание.

По уравнению Аррениуса определили эффективную энергию активации спекания периклаза –  $287 \pm 9$  кДж/моль. Это значение близко к энергии активации диффузии кислорода в MgO, равной 252,05 кДж/моль [1]. Сравнивая

величины энергии активации, можно предположительно рассматривать спекание оксида магния с позиции дислокационно-вязкого течения [2].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самсонов, Г.В. Физико-химические свойства окислов: Справочник / Г.В. Самсонов. – М.: Металлургия, 1978. – 472 с.
2. Синельников, С.В. Кинетика неизотермического спекания оксида магния / С.В. Синельников, В.М. Гропянов, В.Г. Абакумов // Ж. прикл. химии. 1982. Т. 55. № 4. С. 765-769.
3. Смирнов, С.В. Неорганические связующие для древесины, обладающие свойствами антипиренов и антисептиков / С.В. Смирнов, Г.В. Киселева // Леса России и хозяйство в них. 2013. Т. 46. № 3. С. 49-52.
4. Судакас, Л.Г. Фосфатные вяжущие системы / Л.Г. Судакас. – СПб: РИА "Квинтет", 2006. - 260 с.
5. Сычев, М.М. Неорганические клеи / М.М. Сычев. – Л.: Химия, 1986. – 152 с.

УДК 614.841; 699.812

*И. Р. Хасанов, А. А. Варламкин, О. В. Стернина, А. Н. Грачева*  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В КАБЕЛЬНЫХ ПРОХОДКАХ

Представлена математическая модель для изучения процессов теплообмена и оценки огнестойкости кабельных проходок с учетом их конструктивных особенностей. Даны результаты расчетов теплообмена в типовых кабельных проходках при тепловом воздействии пожара. Сравнение данных огневых испытаний с расчетными показало, что предложенная модель и методики расчета могут быть использованы для оценки огнестойкости кабельных проходок.

**Ключевые слова:** огнестойкость; кабельные проходки; математическая модель; теплообмен.

*I. R. Khasanov, A. A. Varlamkin, O. V. Sternina, A. N. Gracheva*

### NUMERICAL SIMULATION OF HEAT TRANSFER IN CABLE PENETRATIONS

A mathematical model is presented to study the processes of heat transfer and assess the fire resistance of cable penetrations, taking into account their design features. The results of calculations of heat transfer in typical cable penetrations in case of fire are given. Comparison of the fire test data with the calculated ones showed that the proposed model and calculation methods can be used to assess the fire resistance of cable penetrations.

**Keywords:** fire resistance; cable penetrations; mathematical model; heat transfer.



На пределы огнестойкости кабельных проходок влияют конструктивные особенности их конструкций, характеристики применяемых материалов и средств огнезащиты, а также количество и вид кабельной продукции [1-5].

При испытаниях кабельных проходок на огнестойкость измеряют температуры нагрева конструктивных элементов образца (лотков, коробов, труб, кабелей и т.п.) и материала заделки на необогреваемой поверхности, а также фиксируют потерю целостности проходки [6].

Потеря огнестойкости по теплоизолирующей способности кабельной проходки происходит при повышении температуры на необогреваемой поверхности заделочного материала более чем 140°C. Критические температуры нагрева элементов конструкции в необогреваемой зоне проходки составляют: а) для материала оболочек кабеля: из поливинилхлорида - 145°C; из резины - 120°C; из полиэтилена - 110°C; б) для материала конструктивных элементов (короба, лотка, трубы) из металла - 180°C.

Методика проведения огневых испытаний кабельных проходок на огнестойкость предполагает использование ограниченного набора кабелей с алюминиевыми токопроводящими жилами [6]. В тоже время, на практике при проектировании и строительстве объектов широкое применение нашла кабельная продукция с медными токопроводящими жилами [7]. Кроме того, при проведении испытаний кабельных проходок на огнестойкость не учитывается реальное количество кабелей, их тип исполнения и их геометрическая ориентация в материале заделки.

В связи с этим представляет интерес создание математических моделей и исследование механизма теплообмена между элементами кабельных изделий и элементами конструкции кабельных проходок в целях оценки пределов их огнестойкости.

Основой математической модели процессов теплообмена в кабельной проходке является уравнение теплопроводности (1), которое описывает распределение температуры внутри конструкции кабельных проходок и её изменение с течением времени.

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}[\lambda \cdot \operatorname{grad}(T)], \quad (1)$$

где:  $T$  – температура, К;  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $C_p$  – теплоёмкость, Дж/(кг·К);  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

При огневых испытаниях кабельных проходок имеются три области, где происходит обмен тепловой энергией: область внутри помещения (печи), где тепловая энергия подводится ( $q_1$ ); область с внешней стороны, где тепловая энергия рассеивается в окружающую среду ( $q_2$ ); область, ограниченная стеной ( $q_3$ ), где допустимо предположить, что тепловой поток в поперечном направлении отсутствует (рис. 1).

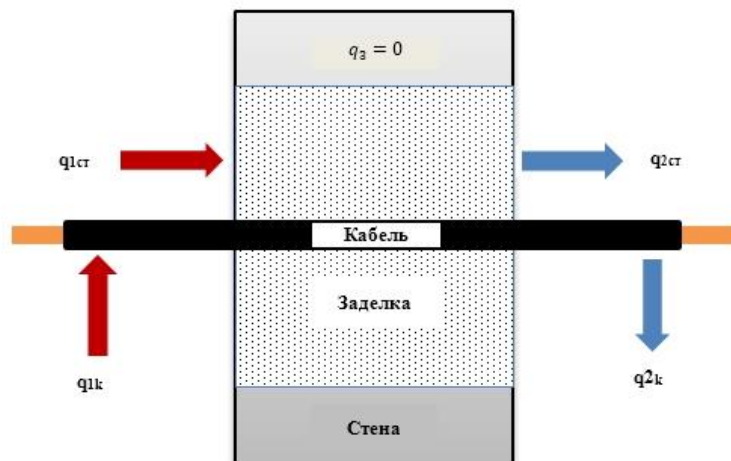


Рисунок 1 - Направление тепловых потоков в кабельной проходки при огневых испытаниях

Основными механизмами теплопередачи на границе кабельной проходки, в условиях стандартных огневых испытаний, являются лучистый и конвективный теплообмен, а величина теплового потока может быть записана как их сумма в виде:

$$q = \alpha(T - T_0) + \varepsilon_{\text{пр}}\sigma(T^4 - T_{\text{ср}}^4), \quad (2)$$

где:  $q$  – тепловой поток от внешней среды к телу, Вт/м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи Вт/(м<sup>2</sup> град);  $T$  – температура тела, °С;  $T_0$  – температура окружающей среды, °С;  $\sigma \approx 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>) – постоянная Стефана-Больцмана;  $\varepsilon_{\text{пр}}$  – приведённая степень черноты системы.

Со стороны печи (огневой камеры установки) происходит нагрев торцевой стороны конструкции кабельной проходки, где температура среды в огневой камере  $T_{\text{п}}$  от времени  $t$  определяется стандартным температурным режимом:

$$T_{\text{п}} - T_0 = 345 \lg(8t + 1). \quad (3)$$

Со стороны печи (индекс «1») тепловой поток  $q_{1\text{ст}}$  на стенку кабельной проходки (индекс «ст») и поток  $q_{1\text{к}}$  на кабель (индекс «к») зависят от температуры и времени описываются зависимостями:

$$q_{1\text{ст}}(T, t) = \alpha_{1\text{ст}}(T_{1\text{ст}} - T_{\text{п}}) + \varepsilon_{\text{пр}1\text{ст}}\sigma(T_{1\text{ст}}^4 - T_{\text{п}}^4), \quad (4)$$

$$q_{1\text{к}}(T, t) = \alpha_{1\text{к}}(T_{1\text{к}} - T_{\text{п}}) + \varepsilon_{\text{пр}1\text{к}}\sigma(T_{1\text{к}}^4 - T_{\text{п}}^4). \quad (5)$$

С внешней стороны печи испытательной установки (индекс «2») происходит охлаждение за счёт естественной конвекции и сброса тепла излучением. Тепловые потоки на стенке  $q_{2\text{ст}}$  и кабеле  $q_{2\text{к}}$ :

$$q_{2\text{ст}}(T, t) = \alpha_{2\text{ст}}(T_{2\text{ст}} - T_0) + \varepsilon_{\text{пр}2\text{ст}}\sigma(T_{2\text{ст}}^4 - T_0^4); \quad (6)$$

$$q_{2\text{к}}(T, t) = \alpha_{2\text{к}}(T_{2\text{к}} - T_0) + \varepsilon_{\text{пр}2\text{к}}\sigma(T_{2\text{к}}^4 - T_0^4). \quad (7)$$

Связь теплового потока и температуры описывается законом Фурье:

$$q = -\lambda \text{grad}(T) \quad (8)$$

Система уравнений (1-8) описывает процессы теплообмена в кабельной проходке в условиях температурного воздействия пожара и позволяет проводить оценку ее огнестойкости.

Для численной реализации предложенных математических моделей использовался программный пакет Salome-Meca, в основе которого положен метод конечных элементов (МКЭ) [8, 9]. В программный пакет Salome-Meca входит расчётный модуль «CodeAster», позволяющий проводить численные расчёты с возможностью редактирования и модернизации исполнительных файлов при решении задач по определению теплообмена в кабельных проходках при пожаре, токовой нагрузке и при их совместном воздействии.

Модернизация программного пакета Salome-Meca заключалась в разработке уникального для каждой из исследуемых образцов кабельной проходки исполняемого файла в формате «.comm», который позволяет проведение, в отличие от исходного кода, расчетов нестационарных процессов.

Для валидации математической модели использовались экспериментальные данные теплообмена в трех выбранных кабельных проходках [4]. Выбраны три наиболее распространенных вида кабельных проходок. Конструкция кабельной проходки № 1 состояла из плит негорючей минеральной (каменной) ваты толщиной 100 мм с обеих торцов (фасадом) с расположенным в центральной части кабелем и воздушным зазором внутри проходки размером 100 мм. На поверхности плит и кабеля было нанесено лакокрасочное огнезащитное покрытие толщиной 0,5 мм.

Кабельная проходка № 2 отличалась от № 1 заполнением внутреннего пространства размером 200 мм двухкомпонентной силиконовой противопожарной пеной холодного отверждения с 50% содержанием замкнутых пор. Толщина плит негорючей каменной ваты составляла 50 мм. В кабельной проходке № 3 противопожарной пеной на основе пенополиуретана заполнялось все внутреннее пространство (без применения плит негорючей минеральной ваты), при этом огнезащитное покрытие не использовалось.

На рис. 2, в двумерном виде, показаны фрагменты результатов расчета прогрева образцов кабельных проходок через 120 мин стандартного огневого воздействия.

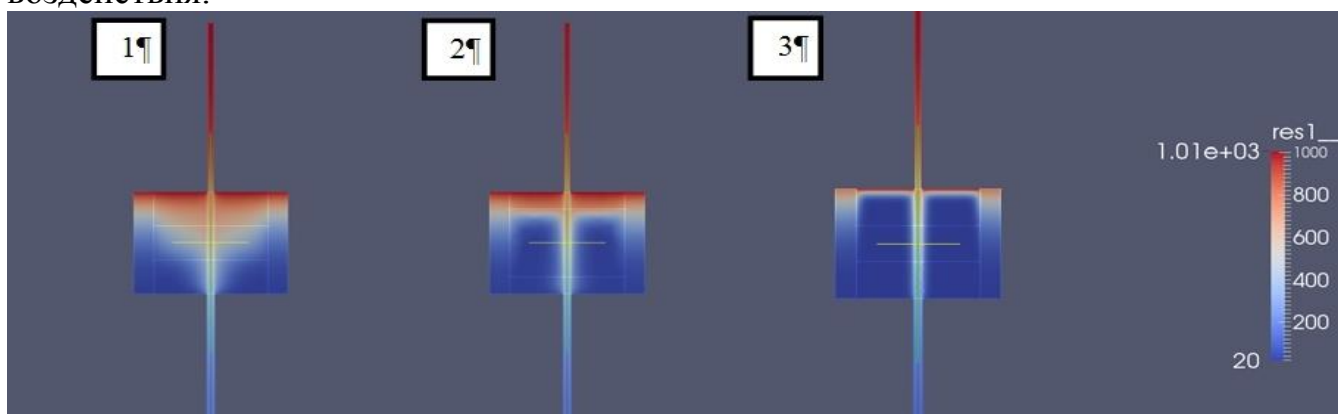


Рисунок 2 - Температурные поля в кабельных проходках на момент времени 120 мин: 1 - образец № 1; 2 - образец № 2; 3 - образец № 3.

Сравнение экспериментальных и численных значений зависимостей температур от времени при пожаре для различных конструкций кабельных

проходок показали, что погрешность расчетных от экспериментальных значений не превышает 18%.

Численные исследования подтвердили, что токопроводящая жила кабеля является основным элементом, участвующим в распространении тепла от пожара в конструкцию кабельной проходки. Так, температура на внешней поверхности заделочного материала в необогреваемой зоне проходки № 1 ниже критической. Предел огнестойкости рассматриваемой кабельной проходки № 1 составляет не менее двух часов (IET 120). Численные данные расчета теплообмена в проходке № 2 близки к данным проходки № 1 в части динамики нагрева токопроводящей жилы кабеля. Температура внешней поверхности заделочного материала в необогреваемой зоне проходки также не превышает критической, что указывает о сохранении огнестойкости данной кабельной проходки в течение 2-х часов (IET 120).

Наиболее опасной в отношении нагрева кабеля и огнестойкости конструкции является кабельная проходка 3-го вида с заполнением всего внутреннего пространства противопожарной пеной на основе пенополиуритана. Критическая температура нагрева оболочки кабеля на необогреваемой стороне проходки (145°C) была достигнута на 72-й мин, предел огнестойкости кабельной проходки № 3 составляет IET60. Снижение предела огнестойкости связано с заполнением внутреннего пространства кабельной проходки № 3 противопожарной пеной, которая в силу низкого значения коэффициента теплопроводности и высокого значения коэффициента теплоемкости способствует более быстрому нагреву кабеля.

Таким образом, предложенная математическая модель теплообмена в кабельных проходках при пожаре позволяет учитывать особенности материалов и конструкции кабельных проходок, количество, тип кабелей, их расположение в материале заделки, различные тепловые режимы пожара. Результаты моделирования могут быть использованы в целях определения наиболее оптимальной конструкции кабельной проходки в зависимости от ее толщины, материала заделки, количества и назначения кабелей.

Установлено, что точность расчётов распределения температур по предложенным математическим моделям зависит от характеристик и точности заданных теплофизических свойств используемых материалов в конструкциях кабельных проходок и кабельных изделий.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при обосновании и развитии методов оценки огнестойкости кабельных проходок и других нормативных документов в области пожарной безопасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Смелков Г.И., Пехотиков В.А., Рябиков А.И.* Проблемы обеспечения пожарной безопасности кабельных потоков // Кабели и провода, 2005. № 2. С. 8-14.
2. *Bartnikas R., Srivastava.* Characteristics of Cable Materials in Power and Communication Cables. New York: IEEE Press, 2000. 345 p.

3. *Хасанов И.Р., Варламкин А.А.* Влияние конструкции кабельных проходок на их пожарную опасность при эксплуатации // *Безопасность труда в промышленности.* 2019. № 3. С. 46-51.

4. *Хасанов И.Р., Варламкин А.А.* Влияние конструкции кабельных проходок на их огнестойкость // *Пожарная безопасность.* 2019. № 3. С. 57-63.

5. *Keski-Rahkonen O., Mangs J., Turtola A.* Ignition of and fire spread on cables and electronic components. Technical Research Centre of Finland. VTT Publications 387. Espoo, 1999. 112 p.

6. ГОСТР 53310-2009. Проходки кабельные, вводы герметичные и проходы шинопроводов. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний на огнестойкость. М.: Стандартинформ, 2009. 7 с.

7. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. 75 с.

8. The Salome-Meca and Code\_Aster Home Page [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.code-aster.org/>.

9. *Макарьянц Г.М., Прокофьев А.Б.* Основы метода конечных элементов: – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. 80 с.

УДК 699.812.3

*С. А. Шабунин, Н. М. Панев, А. Л. Никифоров, С. Н. Ульева, М. В. Винокуров*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КВАНТОВОЙ ХИМИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИПИРЕНОВ

В работе предложен метод оценки эффективности индивидуальных антипиренов с помощью методов квантово-химического моделирования. Выявлено, что причиной более высокой эффективности бишофита по сравнению с диаммонийфосфата является более высокое значение теплового эффекта реакции.

**Ключевые слова:** антипирен, огнезащита древесины, квантово-химическое моделирование

*S. A. Shabunin, N. M. Panyov, A. L. Nikiforov, S. N. Ulieva, M. V. Vinokourov*

## ESTIMATION OF FIRE RETARDANTS EFFICIENCY USING QUANTUM CHEMICAL SIMULATION METHODS

The efficiency of fire retardants was estimated, using quantum-chemical simulation methods. Higher value of reaction thermal effect is the reason of higher efficiency of bischofite in comparison with diammoniumphosphate.

**Keywords:** fire retardant, wood fire protection quantum-chemical simulation.

В настоящее время древесина является одним из основных строительных материалов. К достоинствам древесины как строительного материала относятся малый удельный вес, высокая прочность, низкая теплопроводность,

коррозионная стойкость к агрессивным средам, способность гасить вибрации и др. Горючесть древесины является основным недостатком древесины и материалов на её основе, что ограничивает её применение в строительстве. Для снижения пожарной опасности древесины используют огнезащитные составы, состоящие из индивидуальных антипиренов или композиций разных антипиренов.

Наиболее эффективны огнезащитные составы на основе композиций разных антипиренов, оказывающих различное влияние на процесс огнезащиты. Для выявления оптимального состава огнезащитного состава необходимо учитывать свойства и особенности каждого отдельного индивидуального антипирена. В работе [1] предложен способ оценки эффективности индивидуальных антипиренов путем определения кислородного индекса горящей древесины, обработанной соответствующим антипиреном.

В настоящее время в условиях недостаточного количества фундаментальных знаний о процессе огнезащиты и влиянии химической структуры молекулы антипирена на него, разработка новых огнезащитных составов и новых молекул антипиренов происходит «слепым» способом («методом проб и ошибок»). Восполнить существующий пробел возможно с помощью методов квантово-химического моделирования. Эти методы позволяют исследовать свойства различных молекул в идеальной газовой фазе без учета влияния среды. Ранее в работе [2] было показано применение полуэмпирических и неэмпирических методов квантовой химии для выяснения причин синхронного дипротонирования различных порфиринов.

В настоящей работе была исследована эффективность антипиренов диаммонийфосфата и бишофита. Определение кислородного индекса (КИ) осуществлялось по методу, предложенному в работе [1] и регламентированному государственным стандартом [3]. Квантово-химическое моделирование молекул антипиренов проводилось полуэмпирическим методом PM3 с помощью программы HyperChem. Оценка эффективности индивидуальных антипиренов проводилась исходя из свойств, полученных в результате квантово-химического моделирования молекул, и расчета теплового эффекта соответствующих реакций (1) и (2) согласно следствию закона Гесса, как это было предложено в работе [2]. Результаты приведены в таблице 1.

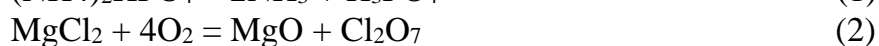
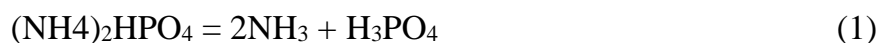


Таблица 1 - Значения кислородного индекса и тепловые эффекты реакций (1) и (2)

Антипирен	КИ ( $C_1= 10$ г/л)	$\Delta H_i$ (0 К), кДж	$\Delta H^0$ (298 К) по данным [4], кДж
Диаммонийфосфат	18.7	35.7	75.0
Бишофит	22.2	202.0	324.3

Бишофит, имеющий более высокое значение КИ, является более эффективным антипиреном, чем диаммонийфосфат. На основании уравнений (1) и (2) можно полагать, что огнезащитное действие данных антипиренов вызвано выделением инертного газа, по причине термического разложения антипиренов, так и тепловым эффектом реакций термического разложения. Положительное значение теплового эффекта (3 столбец таблицы 1) указывает на то обстоятельство, что реакции термического разложения являются эндотермическими, следовательно, для их осуществления необходим подвод тепловой энергии из окружающей среды. Более высокое значение  $\Delta H_0$  для реакции (2) объясняет более высокую эффективность бишофита по сравнению с диаммонийфосфатом. Для проверки корректности предложенного способа, был проведен расчет теплового эффекта реакций (1) и (2) согласно справочным данным [4] (столбец 4 таблицы 1). Сравнивая значения теплового эффекта реакций, полученных методом квантово-химического моделирования РМЗ и на основе экспериментальных значений, можно сделать вывод об идентичном характере полученной зависимости. Расхождение значений можно объяснить тем обстоятельством, что теоретически рассчитанные значения теплот образования анализируемых веществ получены для температуры абсолютного нуля.

Таким образом, предложенный в данной работе подход с применением методов квантово-химического моделирования может быть использован для оценки эффективности как для существующих антипиренов, так и для синтеза новых более эффективных антипиренов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Панев Н.М., Никифоров А.Л., Винокуров М.В.* Оценка влияния состава огнезащитных обработок на показатель кислородного индекса древесины // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2019. - т. 55.- № 3, С.92-96.
2. *Sheinin V.B., Shabunin S.A., Bobritskaya E.V., Ageeva T.A., Koifman O.I.* Protonation equilibrium of Porphin, 5,10,15,20-tetraphenylporhin, 5,10,15,20-tetrakis(4'-sulfonatophenyl)porhin in methanol // *Macroheterocycles*. – 2012. – V. 5. - № 3. – P. 252-259.
3. ГОСТ Р 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». – М.: Стандартинформ, 2006.
4. *Рабинович В.А., Хавин З.Я.* Краткий справочник химических веществ // В.А. Рабинович, З.Я. Хавин. – Москва: Химия. – 1978. – 392 С.

УДК 614.841.4

*Е. В. Ширяев, А. В. Стулов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **К ВОПРОСУ ИСПАРЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ АВАРИЙНЫХ ПРОЛИВОВ**

Проведены экспериментальные исследования испарения бензина АИ-92 при проливе на ровную поверхность и на подложку из пеностекла различной толщины. Установлены зависимости интенсивности испарения бензина АИ-92 от высоты слоя подложки пеностекла «Термоизол» через промежутки времени (60 секунд). При увеличении слоя гранулированной подложки из пеностекла снижаются следующие параметры: масса паров нефтепродукта; интенсивность испарения; размеры зон, ограничивающих паровоздушные смеси с концентрацией горючего выше нижнего концентрационного предела распространения пламени.

**Ключевые слова:** нефтепродукты, поверхность, интенсивность испарения, гранулы, пеностекло.

*E. V. Shiryayev, A. V. Stulov*

## **ON THE ISSUE OF EVAPORATION OF OIL PRODUCTS FROM THE SURFACE OF EMERGENCY STRAITS**

Experimental studies of evaporation of gasoline AI-92 when spilled on a flat surface and on a substrate of foam glass of different thickness. Dependences of intensity of evaporation of gasoline AI-92 on height of a layer of a substrate of foam glass "Termoizol" through time intervals (60 seconds) are established. As the layer of granular foam glass substrate increases, the following parameters decrease: the mass of oil product vapors; the evaporation intensity; the size of the zones limiting vapor-air mixtures with a fuel concentration above the lower concentration limit of flame propagation.

**Keywords:** oil products, surface, evaporation intensity, granules, foam glass.

Процессы испарения нефтепродуктов с поверхности аварийных проливов, безусловно, важны в обеспечении пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения. От качественного и количественного состава испарившегося нефтепродукта вследствие аварийного пролива зависит степень угрозы жизни и здоровью людей, материальным ценностям, экологической сферы.

Испарение нефти и нефтепродуктов при аварийных проливах сложный физический процесс, определяемый большим числом, величина которых в процессе испарения неизбежно будет изменяться. Главными критериями испаряемости нефтепродукта с поверхности аварийного пролива являются площадь пролива, температура среды, подвижность среды, качественный состав нефтепродукта. Процесс испарения нефтепродуктов характеризуется



постепенным снижением скорости испарения во времени. При этом в разных методах оценки испаряемости нефтепродуктов при аварийных проливах присутствуют дополнительные критерии, которые учитываются при расчёте параметров испарения нефтепродуктов. Большинство дополнительных критериев, как правило, получены в результате эмпирических исследований [1, 2].

В большей мере изучен вопрос процесса испарения светлых нефтепродуктов при перевозке, хранении и сливно-наливных операциях, в то время как при проливах нефтепродукта на свободную поверхность методы расчёта не совсем совершенны. Расчёт массы паров нефтепродукта при проливе на различного рода поверхность по существующим методикам может не соответствовать эмпирическим показателям, при этом погрешность может превышать допустимую норму.

Для определения массы паров горючих жидкостей со свободной поверхности использовали формулу [3, 4]:

$$m = WF_{\text{и}}T \quad (1)$$

$W$  — интенсивность испарения,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ ;

$F_{\text{и}}$  — площадь испарения,  $\text{м}^2$ , определяемая в зависимости от массы жидкости  $m$ , вышедшей в окружающее пространство;

$T$  — продолжительность поступления паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в окружающее пространство, с

Откуда интенсивность испарения

$$W = \frac{m}{F_{\text{и}} \cdot T} \quad (2)$$

Для ненагретых выше расчетной температуры ЛВЖ величина  $W$  определяется по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} \quad (3)$$

где  $M$  — молярная масса,  $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ ;

$P_{\text{н}}$  — давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, определяемое по справочным данным, кПа.

$\eta$  — коэффициент подвижности воздушной среды для замкнутого пространства (в помещении) определяется по таблице А2 [2];, для окружающего пространства принимается равным 1.

#### Экспериментальные исследования

Для оценки влияния гранулированной поверхности (в виде подложки из пеностекла «Термоизол») на интенсивность испарения  $W$  ( $\text{гр} / \text{с} \cdot \text{м}^2$ ) нефтепродуктов был проведен эксперимент с бензином АИ-92. Были подготовлены цилиндрические емкости  $d = 115$  мм высотой 1 см для нефтепродукта без наполнителя и шесть емкостей от 1,5 см до 9,0 см с шагом 1,5

см, в которые до верхней кромки емкости насыпался слой гранул пеностекла, кроме первой емкости высотой 1 см. Далее через бюретку на штативе наливался бензин АИ-92 по центру емкости. Емкости размещались на аналитических весах и гравиметрическим методом определяли интенсивность испарения. Засекали время секундомером и в течение часа с интервалом 60 секунд снимали изменения массы с весов.

Результаты эксперимента по определению интенсивности испарения бензина АИ -92 с поверхности пролива представлены на графике, рис. 1.

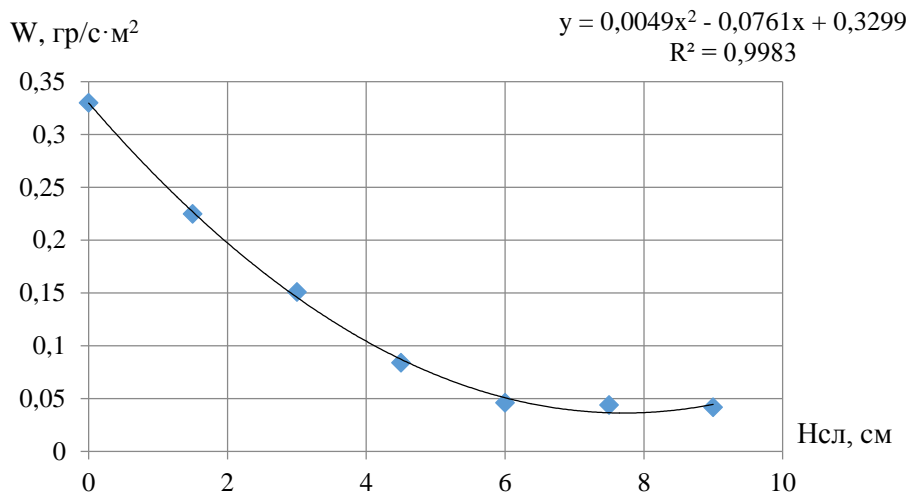
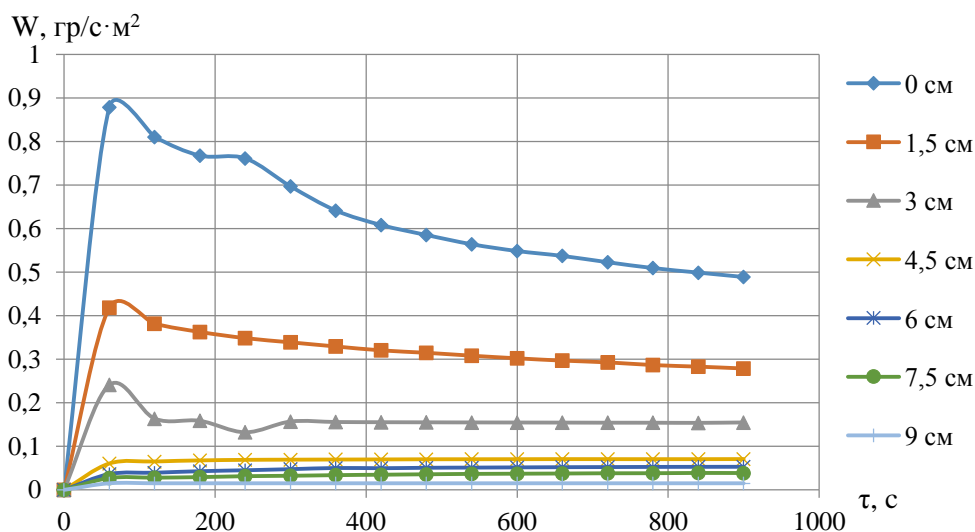


Рисунок 1 - Зависимость интенсивности испарения бензина АИ-92 от высоты слоя подложки пеностекла «Термоизол» через 3600 секунд после начала эксперимента

Изменение интенсивности испарения нефтепродукта ( $W$ , гр/с·м<sup>2</sup>) от высоты гранулированного слоя пеностекла ( $H_{сл}$ , см) в первые 15 мин времени с момента начала эксперимента представлена на графике, рис. 2.



(0; 1,5 .. 9 см - толщина слоя подложки)

Рисунок 2 - Интенсивность испарения бензина АИ-92 с подложкой из пеностекла «Термоизол»

По итогам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- интенсивность испарения нефтепродуктов с поверхности пролива снижается во времени, при этом меняется фракционный состав нефтепродуктов, легкие фракции углеводородов испаряются;
- скорость испарения нефтепродуктов падает со временем, в первые секунды с момента пролива она самая максимальная, через 15 минут испарения снижается, практически, вдвое, через 60 мин – в 3 раза;
- небольшой слой гранул (1,5 см) покрывающий зеркало пролива жидкости снижает интенсивность испарения нефтепродукта в первые минуты с момента пролива более чем в 2 раза;
- при высоте «сухого» слоя подложки из гранулированного пеностекла более 4,5 см происходит значительное снижение интенсивность испарения нефтепродукта;
- при увеличении слоя гранулированной подложки из пеностекла уменьшается масса паров нефтепродуктов и соответственно снижаются размеры зон, ограничивающих паровоздушные смеси с концентрацией горючего выше НКПР.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Самойлов Н.А.* Математическое моделирование испаряемости нефти и нефтепродуктов при их аварийных разливах / Самойлов Н.А., Консейсао А.А.да. // Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2008. – С. 2251-2254.
2. *Черкасова Д.А.* Анализ методов расчета массы испарившейся нефти при авариях на нефтепроводах. // Современные научные исследования и инновации. – Апрель 2012. – № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/04/11660>
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.- Взамен ГОСТ Р 12.3.047-98; – Введ. 01.01.214. – М.: Госстандарт России: Стандартинформ, 2013. 127 с.
4. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

УДК 614.841.4

*Е. В. Ширяев*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРЕНИЯ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ С ПОДЛОЖКОЙ ИЗ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПЕНОСТЕКЛА**

Проведен анализ экспериментальных исследований горения жидкостей через капиллярно-пористые среды. Установлена зависимость снижения высоты пламени от толщины (высоты) слоя подложки из гранулированного пеностекла при горении различных классов легковоспламеняющихся жидкостей (нефтепродуктов, спирта и алкана), а также зависимость расхода бензина АИ -92 при горении от высоты слоя гранул пеностекла.

**Ключевые слова:** горение жидкостей, капиллярно-пористые среды, гранулированное пеностекло, высота пламени, расход.

*E. V. Shiryaev*

## **EXPERIMENTAL STUDIES OF COMBUSTION OF FLAMMABLE LIQUIDS WITH A SUBSTRATE OF GRANULAR FOAM GLASS**

The analysis of experimental studies of combustion of liquid through a capillary-porous medium. The dependence of the flame height reduction on the thickness (height) of the substrate layer of granulated foam glass during combustion of various classes of flammable liquids (petroleum products, alcohol and alkane), as well as the dependence of the consumption of gasoline AI-92 during combustion on the height of the foam glass granules layer.

**Keywords:** combustion of liquids capillary-porous medium, granulated foamed glass, the flame height, flow.

Изучению процессов горения горючих жидкостей (ГЖ), в том числе и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) через капиллярно-пористые среды посвящен ряд работ, как отечественных, так и зарубежных авторов [1-5].

Влияние свойств грунта на характеристики горения исследовались японскими учеными с применением стеклянных шариков (гранул) различного диаметра (от 0,2 до 5 мм). При этом измеряли массовую скорость выгорания метанола, а также температуру в пористых слоях. Результаты показали, что общая масса потребляемого метанола составила только около половины первоначального веса и скорость выгорания уменьшалась со временем. Общий вес потребляемого метанола, а также скорость выгорания метанола увеличивалась с уменьшением диаметра шариков (гранул), рис. 1 [1].

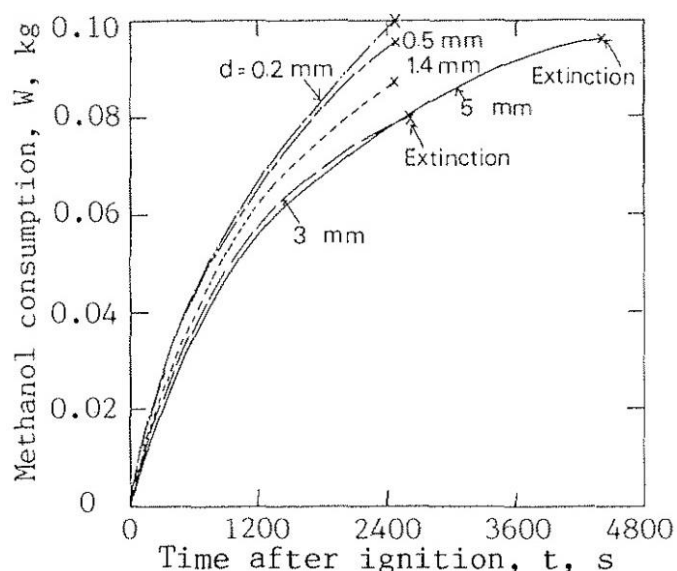


Рисунок 1 - Расход метанола при горении в емкости с гранулами стекла

Эксперименты проводились до полного выгорания горючей жидкости (метанола). На графике рисунка 1 видно, что время выгорания и, соответственно тушения жидкости больше для гранул диаметром 5 мм (самых крупных из всех образцов). Скорость горения метанола уменьшается с увеличением диаметра гранул.

В подложках из гранул малого диаметра (0,2 – 3 мм) криволинейные каналы имеют значительно меньший эквивалентный диаметр канала и, соответственно, меньшую площадь сечения в сравнении с гранулами 5 мм и более. В связи с этим усиливается действие капиллярных сил – подъем уровня жидкости по капиллярам. С уменьшением эквивалентного диаметра канала увеличивается теплопроводность гранулированного слоя, увеличивается температура в «сухом» и в «смоченном» жидкостью слое гранул, при этом растет поступление паров в зону реакции горения.

Экспериментальные исследования температур при горении ЛВЖ с гранулированной подложкой из пеностекла разных фракций (1-4; 5-7; 10-20; 20-30 мм) показали, что максимальное снижение температуры в слоях подложки достигается при использовании гранул диаметром 5-7 мм [6]. С увеличением эквивалентного диаметра гранул более 10 мм скорость горения возрастает, при этом увеличивается высота пламени. При диаметре гранул более 20 мм появляются пульсации, режим горения переходит от ламинарного в турбулентный.

Анализ научных работ, посвященных испарению и горению ГЖ, ЛВЖ в капиллярно-пористых средах показал эффективность уменьшения параметров испарения и горения гранулами диаметром более 5 мм и менее 10 мм. В связи с этим экспериментальную оценку параметров горения ЛВЖ через слой гранулированного пеностекла проводили с применением гранул фракции 5-7 мм.

Эксперименты проводились в трех емкостях: высотой 5 см, 10 см и 15 см с одинаковым диаметром (15 см). Внутри емкости размещались подложки из гранулированного пеностекла высотой (толщиной) от 1 см до 9 см (с шагом 1 см). Для исключения эффекта горения в «трубе» уровень слоя гранул пеностекла

был близок к верхнему краю горелки. Так, в емкости высотой 5 см размещались подложки с «сухим» слоем гранул до 3 см, в емкости высотой 10 см – с «сухим» слоем гранул до 8 см, в емкости высотой 15 см - «сухой» слой гранул составлял 9 см.

В центр емкости с образцом из пеностекла наливалась одна из ЛВЖ (н-гексан, бензин АИ-92, этанол (95%), керосин авиационный, дизельное топливо (з)) объемом 60 мл ( $\pm 3$  мл), при этом смоченный слой в начале эксперимента составлял  $\sim 1,5$  см. Диаметр пятна пролива 3 см ( $\pm 0,5$  см). Емкости размещались на весах GX-4000 с дискретностью отсчета 0,01 г (класс точности по ГОСТ 24104-2001: высокий - II). Температура в помещении лаборатории составляла 20 °С.

В ходе проведения эксперимента измеряли высоту пламени над поверхностью подложки из гранулированного пеностекла, а также изменение массы жидкости с образцом.

На графиках рис. 2, рис. 3 приведены результаты эксперимента. Зависимость высоты пламени при горении жидкостей от высоты слоя подложки из гранулированного пеностекла на рис. 2.

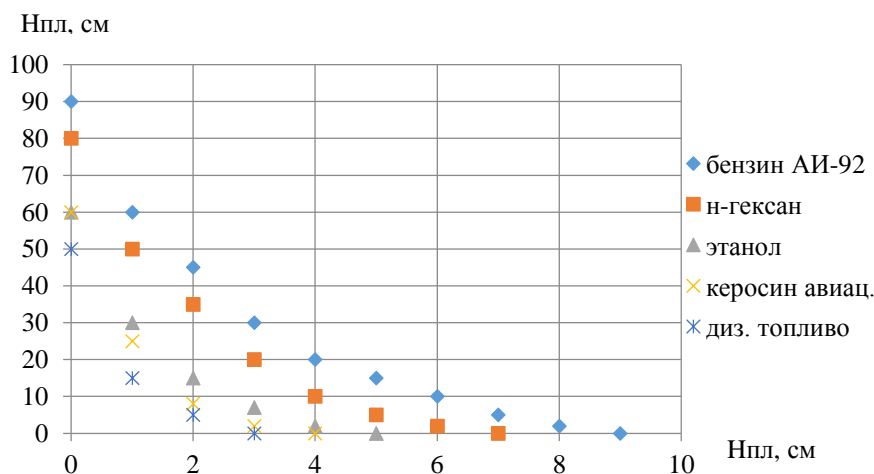


Рисунок 2 - Зависимость высоты пламени при горении жидкостей от высоты слоя подложки из гранулированного пеностекла

После воспламенения паров наблюдается рост пламени при горении жидкостей с подложкой из гранулированного пеностекла с «сухим» слоем 1, 2 см. При увеличении слоя подложки высота пламени стабилизируется.

При высоте «сухого» слоя подложки менее 4 см горение бензина, гексана сопровождалось пульсациями пламени, с увеличением высоты данного слоя пульсации прекращались, скорость горения падала.

На рис. 3 показана зависимость расхода бензина АИ -92 при горении от высоты слоя гранул пеностекла фракции 5-7 мм.

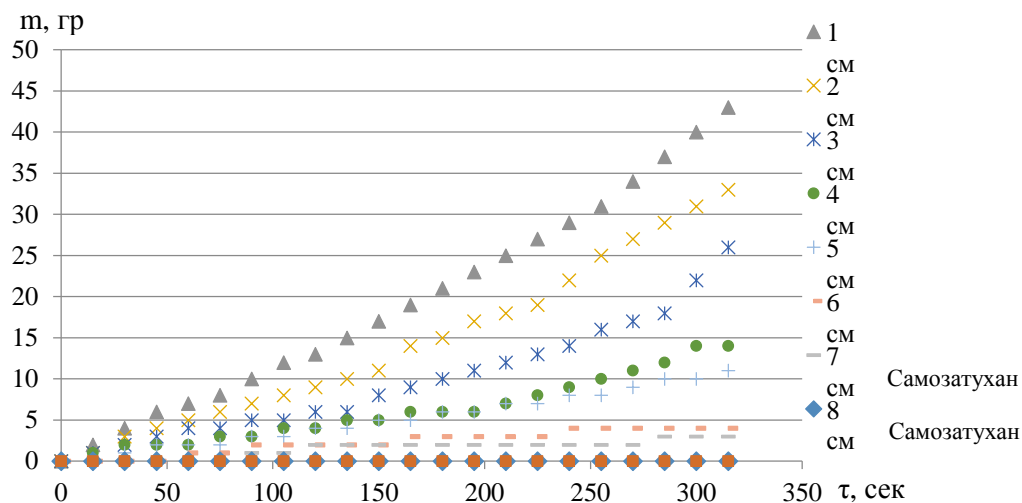


Рисунок 3 - Изменение расхода бензина АИ -92 при горении с различной высотой «сухого» слоя подложки из гранулированного пеностекла

Гашение пламени бензина АИ-92 происходило в емкостях с образцами подложек высотой 8 см и 9 см. Высота пламени после воспламенения не превышала 2 см.

При воспламенении паров бензина размеры вспышки паровоздушной смеси следующие: высота вспышки ( $Z_{всп}$ ) составляла от 8 см до 12 см, радиус вспышки ( $R_{всп}$ ) от 5 см до 7 см.

Таким образом, установлены зависимость снижения высоты пламени от толщины (высоты) слоя подложки из гранулированного пеностекла при горении различных классов ЛВЖ (нефтепродуктов, спирта и алкана), а также зависимость расхода бензина АИ -92 при горении от высоты слоя гранул пеностекла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Takeo K. and Hirano T.*, «Flame Spread over Porous Solid Soaked with a Combustible Liquid», *Twenty-first Symposium (International) on Combustion*, The Combustion Institute, pp. 75-81, 1986.

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

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

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

5. *Шацких Е.С., Левин С.Н., Писаревский В.М.* Применение гранулированного пеностекла в качестве покрытия зеркала испарения нефтяных резервуаров // *Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья*. 2018. Выпуск № 4. – С. 17-21.

6. *Ширяев Е.В.* «Снижение термических и геометрических параметров пламени при горении нефтепродуктов на основе применения гранулированных подложек» // *Сборник материалов I Межвузовской научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии»*. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2015. – с. 164-167.

**РАЗДЕЛ II «СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ  
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ  
СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ, СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ»**

УДК 699.812:666.972.16+691.6

*Н. Н. Акифьев, Н. С. Петров, Д. В. Плавский, Д. В. Тараканов*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ  
ОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ  
МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ПОЖАРА**

Предложена процедура идентификации темпа динамики пожара на основе результатов мониторинга для исследования показателей пожарной опасности зданий и сооружений. Разработаны информационные ресурсы для систематизации плановых и фактических показателей мониторинга.

**Ключевые слова:** показатели пожарной опасности, мониторинг, пожар.

*N. N. Akifiev, N. S. Petrov, D. V. Plavsky, D. V. Tarakanov*

**INFORMATION RESOURCES FOR RESEARCH OF FIRE DANGER OF  
BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS ON THE BASIS OF MONITORING OF  
DYNAMICS OF A FIRE**

A procedure for identifying the rate of fire dynamics on the basis of monitoring results for the study of fire hazard indicators of buildings and structures is proposed. Information resources for systematization of planned and actual monitoring indicators have been developed.

**Keywords:** fire hazard indicators, monitoring, fire.

Противопожарная защита зданий и сооружений, в общем случае основывается на показателях пожарной опасности веществ и материалов, в совокупности представляющих собой постоянную и временную горючую нагрузку. Однако, современные системы мониторинга динамики пожара в здании позволяют сохранять результаты мониторинга при реальном пожаре в базе данных, построенной по принципу «черного ящика» [1]. В свою очередь результаты мониторинга пожара позволяют определить фактический темп динамики пожара, который необходим на этапе сопоставления фактических и плановых значений показателей пожарной опасности веществ и материалов, для



чего перспективе необходима информационная система, построенная по модульному принципу.

В настоящее время существует объективная возможность разработки информационных ресурсов для плановых значений показателей пожарной опасности, объединенных в базу данных. Фактические значения показателей пожарной опасности в информационной системе будут формироваться посредством анализа результатов мониторинга при пожарах в зданиях сооружениях, оборудованных соответствующей системой мониторинга.

Развитие современных систем мониторинга в зданиях и сооружениях определяет необходимость расширения их функциональных возможностей при решении научно-практических задач исследования пожарной опасности веществ и материалов в совокупности, представляющих постоянную и временную горючую нагрузку. Создание и внедрение в практику предупреждения пожаров пожарной автоматики с функцией дистанционного мониторинга динамики пожара, позволило использовать результаты мониторинга, как объективную составляющую информации о развитии пожара в здании. Это формирует предположение, состоящее в том, что результаты мониторинга применимы при анализе фактического состояния развития пожара и сравнении его с плановыми, используемыми при проектировании систем противопожарной защиты. К плановым характеристикам развития пожара относится темп развития, который в настоящее время по динамике пожара подразделяется на четыре подвида [2]: МТРП – медленный темп пожара; СтРП – средний темп динамики пожара; БТРП – быстрый темп пожара; СБТРП – сверхбыстрый темп пожара. Отнесение фактического темпа динамики пожара к одному из плановых видов определяется на основе стандартной функции ошибок фактических нормально-распределённых результатов мониторинга  $\langle x_\phi; \sigma_\phi \rangle$  с плановыми характеристиками динамики пожара  $\langle x_n; \sigma_n \rangle$  по формуле [3,4]:

$$P(x) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{x_\phi - x_n}{\sqrt{\sigma_n^2 + \sigma_\phi^2}} \right) \right],$$

где  $x$  – среднее значение,  $\sigma$  – стандартное отклонение результатов мониторинга темпа динамики пожара

Графически идентификация результатов мониторинга пожара в рамках предлагаемого подхода представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Иллюстрация идентификации динамики пожара

На рисунке 1 представлена ситуация, соответствующая следующему утверждению: «фактический темп пожара, находится между средним (СтРП) и быстрым (БгРП) темпом, но наиболее близок к быстрому темпу» [3,4].

Для результатов мониторинга динамики пожара разработана база данных идентификации темпов пожара при решении задач оценки показателей пожарной опасности горючей нагрузки в здании [5].

Таким образом, в работе предложена процедура идентификации динамики пожара по данным мониторинга, необходимая при исследовании показателей пожарной опасности веществ и материалов, составляющих горючую нагрузку зданий и сооружений. Выбрана функция ошибок для оценки степени принадлежности фактических результатов мониторинга пожара его проектной динамике. Сформирована база данных плановых характеристик результатов мониторинга. Дальнейшие исследования необходимо направить на разработку информационной системы идентификации темпа динамики пожара в режиме реального времени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов А.О., Баканов М.О., Тараканов Д.В. Модели мониторинга и управления при ликвидации крупных пожаров [Текст] // Научное издание. Текстовое электронное издание / Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ. Иваново, 2018.

2. Рекомендации по проектированию систем обнаружения пожара и пожаротушения на основе модулей пожаротушения «Гарант – Р», реализующими кумулятивный способ обнаружения пожара с помощью расположенных в них тепловых сенсоров, связанных по радиоканалу в систему обнаружения. 2014 г. 37 с.

3. Исеноманов, А.А. Модели для идентификации динамики пожара на основе систем пожарной автоматики [Текст] // А.А. Исеноманов, Р.Ш. Хабибулин, Д.В. Тараканов // Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем

обеспечения пожарной безопасности объектов – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2019, С.132 – 135.

4. *Исеноманов А.А.* Идентификация динамики пожара по результатам мониторинга [Текст] // А.А. Исеноманов, Д.В. Тараканов // Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность» Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2019, С. 371 – 373.

5. *Акифьев Н.Н., Варламов Е.С., Исеноманов А.А., Тараканов Д.В.* Показатели типовых горючих веществ и материалов для идентификации темпа динамики пожара. Свидетельство об официальной регистрации базы данных №2019622065 от 13 ноября 2019 г. (Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам).

УДК 614.8.084

*М. В. Акулова, Р. В. Стекачев*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОПРОСОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

На примере комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения и АПК «Безопасный город» анализируются проблемы формирования для федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти и местного самоуправления субъектов РФ расходных обязательств на реализацию полномочий по созданию и дальнейшей эксплуатации информационных систем безопасности, а также прямого закрепления за ними обязанностей по их созданию.

**Ключевые слова:** Ключевые слова: комплексная система обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, аппаратно-программный комплекс «Безопасный город».

*M. V. Akulova, R. V. Stekachev*

## **SOME PROBLEMS OF LEGAL REGULATION OF INFORMATION PROCESSES ENSURE NATURAL-TECHNOGENIC SAFETY**

For example, an integrated system of safety of vital activity of the population and agrarian and industrial complex "Safe city" analyzes the problems of formation of Federal bodies of Executive power, bodies of state power and local authorities of RF constituent entities expenditure commitments for the implementation of a half-Nomachi for the creation and further exploitation of information systems security, as well as direct assigning them responsibilities for their creation.

**Keywords:** integrated system of life safety of the population, hardware and software complex "Safe city".

В вопросах обеспечения безопасности в различных сферах жизнедеятельности населения возникает множество проблем, вызванных неурегулированностью как мероприятий по превенции рисков, так и реагированию на их проявление, однако, целью настоящей статьи не является анализ всего спектра имеющихся противоречий в данной сфере. На примере только некоторых из них, ставших актуальными в последние несколько лет в связи с масштабной и лавинообразной информатизацией всех сфер жизнедеятельности человека, оказывающих, в том числе существенное влияние на вопросы природно-техногенной безопасности, постараюсь показать характерные проблемы в данной области.

В январе 2018 года Президент Российской Федерации указом от 11.01.2018 № 12 утвердил Основы государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года, который является основным документом стратегического планирования Российской Федерации в области реализации государственной политики по защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций как части системы государственного управления в сфере национальной безопасности Российской Федерации. Вышеуказанные Основы в числе задач государственной политики в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и ее приоритетными направлениями при их решении определяют «внедрение комплексных систем обеспечения безопасности жизнедеятельности населения» (п.13 «б»). С учетом того, что Основы являются руководящим и обязательным документом для органов государственной власти и местного самоуправления Российской Федерации в рамках их компетенций и предоставленных полномочий, приобретает особое значение четкое определение и разграничение этих самых компетенций и полномочий между различными субъектами отрасли, а также единообразное толкование и использование в практической деятельности легитимной, с точки зрения правового или нормативного закрепления, терминов, понятий и определений.

Применительно к указанному в Основах госполитики понятию «комплексная система обеспечения безопасности жизнедеятельности населения» следует отметить, что впервые оно было введено в широкий оборот в отрасли безопасности в 2010 году руководителями МЧС России, МВД России и ФСБ России в утвержденной ими межведомственной Концепции комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения.

Межведомственная Концепция комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности, как система взглядов на исследуемый вопрос, не урегулировала имеющиеся терминологические и понятийные противоречия и несогласованности, дополнительно объединив их понятием «комплексная», также имеющим различные толкования значения.

Кроме отсутствия в Концепции сформированного понятийного аппарата для единообразного понимания терминов и определений, хотя бы в рамках самой Концепции, данный документ не только не определил полномочия между различными предполагаемыми участниками создания Комплексной системы, но

даже сколь-нибудь конкретно не распределил изложенные в нем мероприятия по реализации даже между сторонами – разработчиками данной Концепции.

Следующая попытка централизовать различные информационные системы безопасности была предпринята в 2014 году, когда Межведомственная комиссия под руководством вице-преьера Правительства Российской Федерации Д.О. Рогозина, дала старт в Российской Федерации реализации другого проекта общенационального масштаба – созданию аппаратно-программного комплекса «Безопасный город», ранее, с 2007 года, достаточно успешно реализовываемого в качестве ведомственного проекта МВД России.

Следует отметить, что Межведомственная комиссия по АПК «Безопасный город» за 4 года выполнила существенно больший объем работы по сравнению с 8-ми летним жизненным циклом Концепции комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности: были разработаны и введены в действие Концепция, ряд Методических рекомендаций по реализации проекта, Единые требования к техническим параметрам сегментов АПК «Безопасный город». Однако, отсутствие надлежащих выводов из системных ошибок различных «комплексных проектов» прошлого, в попытках консолидировать все и вся без достаточной концептуальной проработки вопроса, межотраслевого профессионального консенсуса и нормативного правового закрепления единого понятийно – терминологического аппарата, основных принципов создания, разграничения и закрепления полномочий основных участников создания, в том числе ресурсного обеспечения, включая финансирование мероприятий по компетенциям, привело к тому, что вместо декларируемой реализации «единого системного подхода к обеспечению общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания» на сегодня в различных регионах происходит то же самое, что ранее происходило с реализацией Комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности и других, так называемых комплексных систем различного назначения.

Комплекс АПК «Безопасный город» изначально позиционировался не только как межведомственный, а скорее как надведомственный, возможно поэтому вполне обоснованно координатором его реализации было определено Министерство регионального развития Российской Федерации. Однако, с самого начала отсутствию согласованности при реализации различных мероприятий в рамках проекта «Безопасный город» в определенной мере способствовало то, что ни на одном из этапов до сего дня ни для кого из 18 федеральных органов исполнительной власти, обозначенных в Концепции АПК «Безопасный город» в качестве соисполнителей мероприятий на федеральном уровне, не были даже обозначены их границы участия в проекте, не говоря уже о федеральных полномочиях.

С учетом того, что большая часть предусмотренных Концепцией АПК «Безопасный город» функций прямо или косвенно относится к сфере обеспечения именно жизнедеятельности населения, переход к МЧС России статуса главного координатора реализации проекта после упразднения Минрегион России возможно было продиктовано его полномочиями, как федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по

выработке и реализации государственной политики, нормативно-правовому регулированию, а также по надзору и контролю в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах (п.1. р. I Положения о МЧС России, утвержденного Указом Президента РФ от 11.07.2004 № 868 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»).

Однако, с момента определения в 2014 году данного статуса МЧС России соответствующие полномочия не нашли отражения ни в Положении о МЧС России, ни в каком-либо ином нормативном правовом акте. Следует отметить, что аналогичная по значимости и масштабу реализации функция «координации проводимых федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления работ по созданию, развитию и организации эксплуатации системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» прямо прописана таковой для МЧС России согласно ст. 19 Положения о Системе-112, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 21.11. 2011 № 958, и включена в Положение о МЧС России.

Вероятно, что выработка и согласование окончательного решения, как о главном координаторе проекта, так и о роли иных участников, еще впереди и во многом будет зависеть от анализа достигнутых результатов по созданию АПК «Безопасный город» и опыте его первой эксплуатации в пилотных регионах России, что планом реализации Концепции АПК «Безопасный город» предусматривалось выполнить во втором этапе (апрель 2015 – декабрь 2015), но не сделано в полном объеме до сих пор.

Очевидно, что в данном направлении на сегодня ситуация не такая оптимистичная как предполагалось различными планами реализации проекта и как хотелось бы. Во многом это обусловлено той же недостаточностью правового урегулирования вопросов возложения и разделения полномочий различных участников, а также крайне актуальным на сегодня вопросом дефицитов бюджетов различных уровней.

Несмотря на то, что различные документы по «Безопасному городу» в различных вариантах и интерпретациях упоминают финансовое и ресурсное участие федеральных органов исполнительной власти и органов государственной власти субъектов, важный вопрос финансирования, прописанный в Концепции АПК «Безопасный город», как единственном документе, имеющим правовую легитимацию за счет утверждения его распоряжением Правительства Российской Федерации, требует, чтобы его процитировать дословно: «Финансирование и ресурсное обеспечение мероприятий по построению и развитию комплекса «Безопасный город» будет осуществляться за счет средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов, а также внебюджетных источников, выделяемых и привлекаемых для построения и развития комплекса

«Безопасный город». Финансирование указанных мероприятий осуществляется в порядке, предусмотренном законодательством Российской Федерации».

Здесь следует обратить внимание, что в данном положении прямо определяется, что финансирование обеспечения мероприятий осуществляется за счет средств федерального, регионального и муниципальных бюджетов, а разъяснений, стоит ли воспринимать это как консолидированный бюджет или с участием межбюджетных распределений – субсидий, дотаций, субвенций и т.п., долей из более высокого уровня, выделяемых более низкому уровню, не приводится. Видимо, авторы посчитали достаточным указание, что «Финансирование указанных мероприятий осуществляется в порядке, предусмотренном законодательством Российской Федерации», однако, специального правового регулирования данных вопросов применительно именно к АПК «Безопасный город» не существовало и не сформировано до сих пор, а общепринятый в России порядок определяет, что расходование бюджетных средств возможно только на осуществление законодательно закрепленных полномочий. С учетом того, что, как было указано выше, полномочия по созданию и эксплуатации именно аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» до сих пор конкретно не закреплены ни за каким-нибудь одним или несколькими федеральными ведомствами, ни за органами государственной власти субъектов ни за муниципалитетами Российской Федерации. Действующий на сегодня в России порядок расходования бюджетных средств в данном случае не применим без детального правового разъяснения.

Некоторое раскрытие механизма участия федерального бюджета содержит положение Концепции, в котором указано: «Инструментом финансирования мероприятий по построению и развитию комплекса «Безопасный город» ... является федеральная целевая программа. Финансирование этих мероприятий осуществляется путем ежегодного выделения ассигнований из федерального бюджета непосредственно главному координатору», что указывает на соответствие официально принятому в Российской Федерации порядку и практике при реализации важных инфраструктурных проектов на основе программно-целевого метода с регулирующей ролью главного координатора в лице основного исполнителя ФЦП.

В этом же разделе Концепции определяется, что «Главный координатор, субъекты Российской Федерации и муниципальные образования в части своих полномочий обеспечивают финансирование мероприятий по построению, развитию и эксплуатации комплекса «Безопасный город», что реализовать на практике крайне сложно по различным основаниям, основным из которых является отсутствие в законодательстве Российской Федерации норм императивного характера на осуществление данными субъектами указанных полномочий.

Об отсутствии нормативного правового закрепления обязанности создания информационных систем «Комплексной безопасности жизнедеятельности населения» или АПК «Безопасный город» в полномочиях МЧС России, или какого-либо иного федерального органа исполнительной власти или нескольких

федеральных ведомств и, следовательно, отсутствия расходных обязательств соответствующих бюджетов было сказано выше.

Аналогичная ситуация складывается и с полномочиями органов государственной власти и местного самоуправления субъектов Российской Федерации.

При этом, федеральные законы, законы субъектов Российской Федерации не могут содержать положений, определяющих объем расходов за счет средств местных бюджетов, как и не допускается возлагать на муниципальные образования обязанности финансирования расходов, возникших в связи с осуществлением органами государственной власти своих полномочий.

С другой стороны, диспозитивная норма о том, что указанные обязательства могут дополнительно финансироваться за счет средств федерального бюджета, федеральных государственных внебюджетных фондов и бюджетов субъектов Российской Федерации, расширяет возможности, как региональных властей, так и муниципалитетов по повышению эффективности реализации смежных полномочий в различных сферах безопасности. Одно условие для легитимности дополнительного финансирования муниципалитетов на эти цели – закрепление федеральными законами или законами субъектов Российской Федерации.

В ст. 11 Федерального закона РФ № 68-ФЗ прямо указывается на обязанность органов государственной власти субъектов Российской Федерации осуществлять:

«создание системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», обеспечивают ее эксплуатацию и развитие» (п/п. «о» п.1);

«сбор информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обмен такой информацией, обеспечивают, в том числе с использованием комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций, своевременное оповещение населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций межмуниципального и регионального характера» (п/п. «р» п. 1). То есть, законодатель четко определил, создание каких информационных систем относится к полномочиям субъектов Российской Федерации. В отношении органов местного самоуправления данная обязанность определяется в форме «участия», а не «осуществления» (п/п.п. «л» и «н» п. 2).

Создание информационных систем «Комплексной безопасности жизнедеятельности населения» или АПК «Безопасный город» к ним не относится и не формирует расходного обязательства ни органов государственной власти, ни органов местного самоуправления Российской Федерации.

Очевидно также и то, что финансовое и ресурсное обеспечение реализации мероприятий в данных направлениях должно предусматриваться из источников, предусмотренных законодательством на обеспечение соответствующих видов деятельности и в соответствии с их предметной областью.

Сформировать для федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти и местного самоуправления субъектов Российской Федерации расходные обязательства соответственно федерального,



региональных или местных бюджетов на реализацию полномочий по созданию и дальнейшей эксплуатации любой информационной системы безопасности (включая «Комплексную систему обеспечения безопасности жизнедеятельности» или АПК «Безопасный город») позволит внесение соответствующих дополнений в Положения о соответствующих федеральных органах исполнительной власти, изменений и (или) дополнений в отраслевые Федеральные законы, регулирующие соответствующие сферы деятельности, как минимум в 184-ФЗ и 131-ФЗ.

Также, прямое закрепление обязанности органам государственной власти и местного самоуправления субъектов Российской Федерации по созданию «Комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности» или АПК «Безопасный город» возможно путем издания отдельного Федерального закона, определяющего данные полномочия по аналогии, например, с Федеральным законом Российской Федерации от 28.12.2013 № 395-ФЗ «О государственной автоматизированной информационной системе «ЭРА-ГЛОНАСС» или от 21.07.2014 № 209-ФЗ «О государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства», или разработки и утверждения постановлением Правительства Российской Федерации Положений о Системах, как это было эффективно реализовано постановлениями Правительства Российской Федерации от 21.11.2011 № 958 «О системе обеспечения вызова экстренных служб по единому номеру «112» или от 25.12.2009 № 1088 (в ред. от 27.11.2015) «О государственной автоматизированной информационной системе «Управление»».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция Российской Федерации.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 06.10.1999 № 184-ФЗ «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).
3. Федеральный закон Российской Федерации от 06.12.2003 № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).
4. Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изменениями и дополнениями).
5. Федеральный закон Российской Федерации от 28.12.2013 № 395-ФЗ «О государственной автоматизированной информационной системе «ЭРА-ГЛОНАСС».
6. Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.2014 № 209-ФЗ «О государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства» (с изменениями и дополнениями).
7. Указ Президента Российской Федерации от 11.01.2018 № 12 «Об утверждении основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года».
8. Указ Президента Российской Федерации от 11.07.2004 № 868 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

9. Указ Президента Российской Федерации от 31.12.2015 № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации».

10. Концепция комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения (утверждена руководителями МВД России, МЧС России, ФСБ России в 2010 году).

11. Постановление Правительства Российской Федерации от 20.01.2014 № 39 «О Межведомственной комиссии по вопросам, связанным с внедрением и развитием систем аппаратно-программного комплекса технических средств «Безопасный город»»;

12. Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 03.12.2014 № 2446-р).

13. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.11.2011 № 958 «О системе обеспечения вызова экстренных служб по единому номеру «112»;

14. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.12.2009 № 1088 (ред. от 27.11.2015) «О государственной автоматизированной информационной системе «Управление».

15. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.09.2010 № 697 (ред. от 19.03.2014) «О единой системе межведомственного электронного взаимодействия».

16. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.08.2008 № 641 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS».

17. ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения».

18. ГОСТ Р 22.7.01-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Единая дежурно-диспетчерская служба. Общие положения».

УДК 614.84

*А. В. Алексеев, Н. А. Таратанов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОЖАРА**

В данной работе рассмотрена возможность применения программных комплексов, используемых при реконструкции пожара для достижения ответа на поставленные перед ним вопросы, т.к. в процессе расследования пожаров необходимо выяснение прямых причинно-следственных связей между действиями подозреваемых и возникновением и развитием горения, что, в свою очередь, невозможно без проведения пожарно-технической экспертизы.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, реконструкция пожара, пожарно-техническая экспертиза, программные комплексы.

*A. V. Alekseev, N. A. Taratanov*

## COMPUTER MODELING OF THE PROCESS OF OCCURRENCE AND DEVELOPMENT OF FIRE

In this paper the possibility of application of software systems used in the reconstruction of fire to reach the answer to the questions put to him, because in the process of investigation of fires is necessary to ascertain direct cause-and-effect relationships between the actions of the suspects and the emergence and development of combustion that, in turn, is impossible without carrying out of fire-technical examination.

**Keywords:** computer modeling, fire reconstruction, fire-technical expertise, software systems.

В настоящее время для реконструкции (моделирования) пожара в зданиях или помещениях все чаще применяются математическое моделирование пожара. Из нормативных данных [1, 2] следует, что математические модели принято подразделять на три вида (интегральные, зонные и полевые) в зависимости от степени детализации физико-химических процессов, происходящих при пожаре в помещении [3]. Степень детализации процессов является важным параметром, который позволяет эксперту принять решение о выборе вида математической модели для проведения исследований при производстве пожарно-технической экспертизы [4]. Следует отметить, что компьютерное моделирование пожара все чаще используются при производстве пожарно-технической экспертизы [5-7].

На стадии реконструкции могут быть отведены, как не вписывающиеся в общую картину возникновения и развития горения, уже сделанные предположения об очаге и причине пожара; могут возникать и ситуации, когда реконструкция позволяет выявить дополнительные очаги пожара, на основании того, что развитием из одного выявленного очага невозможно описать наблюдаемые последствия пожара. При реконструкции пожара любая информация о пожаре полезна - как объективная, полученная исследованием материальных объектов, присутствующих на месте пожара, так и субъективная (показания свидетелей и др.), но особенно важна первая, получаемая путем визуального осмотра и инструментальных исследований.

Актуальность проведения компьютерной реконструкции возникновения и развития пожара обусловлена комплексным подходом к подготовке технического заключения по выработке версий возникновения пожара.

Использование компьютерного моделирования при реконструкции процессов возникновения и распространения горения дает эксперту возможность создать 3D-модель, тем самым позволяя, реконструировать уже уничтоженное место пожара. В результате эксперт получает модель, на которой можно проводить различные эксперименты по распространению пожара. Рассматривая различные сценарии возникновения и развития пожара с возможностью увидеть конкретную картину пожара, и отталкиваясь от показаний свидетелей, видео-, фотоматериалу, зная время каждого такого

наблюдения (локализацию и площадь наблюдаемого горения) становится легко определить пути распространения и скорость распространения пожара.

Также программные комплексы, возможно, применять как количественную меру по оценке действий пожарных подразделений, в том числе в рамках отдельной (специальной) экспертной специализации, что повысит объективность и достоверность доказательств полученных на этапе предварительного расследования.

Для того чтобы осуществить качественную реконструкцию пожара программные комплексы, применяемые для реконструкции возникновения и развития пожара должны отвечать определенным требованиям, чтобы оказывать эксперту непосильную помощь в проведении пожарно-технической экспертизы, соответственно и в целях установления обстоятельств возникновения и развития горения, что является одной из главных задач при экспертизе пожара. Вопросы, которые ставятся на разрешение пожарно-технического эксперта, должны находиться в пределах его компетенции и имеющихся специальных знаний.

На данный момент наиболее известны и доступны для выполнения задач по реконструкции возникновения и развития пожара, следующие программные комплексы: Pygosim, FireGuide, FireSafety, СИГМА ПБ.

Примером реконструкции возникновения и развития пожара в программном комплексе, является реконструкция пожара произошедшего в г. Кохма, Ивановская область.

В результате пожара здание ресторана уничтожено огнем. Для реконструкции данного пожара была построена компьютерная модель ресторана в программе FireGuide, на которой впоследствии проводились виртуальные эксперименты по воссозданию процесса возникновения и развития пожара (рис. 1).

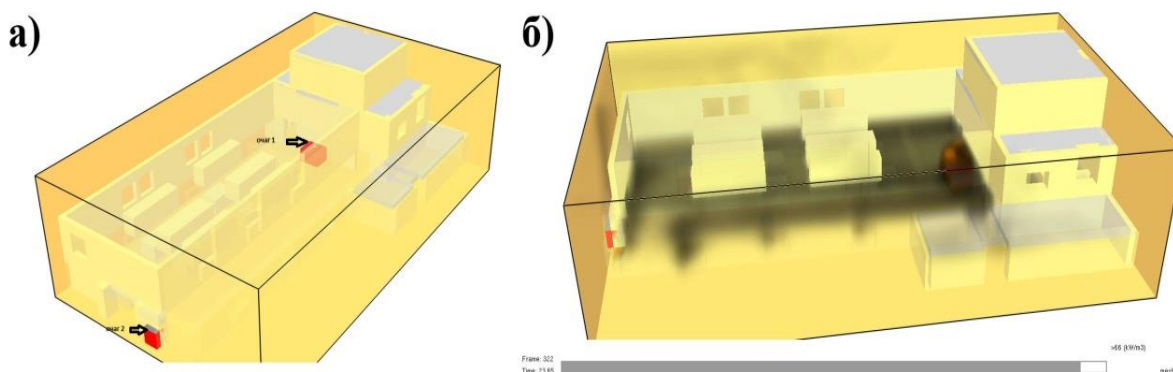


Рисунок 1 - Модель развития горения ресторана «Запрудка»

Из результатов моделирования следует, что на данном объекте выявлены две не взаимосвязанные между собой зоны горения, в которых усматриваются как признаки направленности горения, так и очага пожара.

Такой подход к реконструкции пожара позволяет получить полную и достоверную картину происшествия, тем самым позволяя ответить на ключевые вопросы, поставленные перед экспертом, а отдельные промежуточные выводы и факты не будут противоречить друг другу. Тем самым пожарно-технический

эксперт в большей степени способен ответить на поставленные перед ним вопросы, выполнив реконструкцию (математическое моделирование) возникновения и распространения пожара с помощью программных комплексов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 10.07.2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
2. Приказ МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
3. *Овсянников М.Ю., Мурзин Р.А.*, Прогнозирование опасных факторов пожара: лабораторный практикум. Учебное пособие по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара» для курсантов, слушателей и студентов, обучающихся по специальностям: 280104.65 - «Пожарная безопасность», 280700.62 - «Техносферная безопасность», 280103.65 - «Защита в чрезвычайных ситуациях» - Иваново: ИВИ ГПС МЧС России 2010. - 151 с.
4. *Зернов С.И.* Задачи пожарно-технической экспертизы методы их решения: Учебное пособие. – М.: ЭКЦ МВД РФ, 2001. – 200 с.
5. *Шавлюга А. А. и др.* Применение программных комплексов для установления обстоятельств пожара // Технологии техносферной безопасности. 2017. №. 3. с. 78-85.
6. *Таратанов Н.А., Карасев Е.В.* Моделирование первоначальных действий пожарно-спасательных подразделений при тушении пожара // Редакционная коллегия. 2019. с. 603.
7. *Серов В.В.* Применение расчетных методов при производстве судебных пожарно-технических экспертиз // Проблемы и перспективы пожарно-технической экспертизы и надзора в области. 2018. с. 50.

УДК 678.026

*А. Ю. Андрюшкин, Е. О. Афанасьев\*, Е. Н. Кадочникова\**

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России\*

### СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В работе рассмотрены факторы, влияющие на долговечность работы трубопровода. Проведен анализ причин возникновения дефектов теплогидроизоляции стыков. Предложена к внедрению новая конструкция теплогидроизоляции стыка повышенной герметичности и надежности, в которую введено лакокрасочное покрытие.

**Ключевые слова:** теплоизоляция, гидроизоляция, пенополиуретан, тепловая сеть, герметичность, трубопровод.

*A. Yu. Andryushkin, E. O. Afanasiev, E. N. Kadochnikova*

## **MODERN METHODS OF INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY SYSTEMS**

Factors affecting the durability of the pipeline operation are considered in the work. Analysis of causes of defects of thermal and hydraulic insulation of joints was carried out. New design of heat-hydraulic insulation of joint of increased tightness and reliability, in which paint coating is introduced, is proposed for implementation.

**Keywords:** coating, spraying, metal structure, hydrocarbons.

В настоящее время актуальна проблема низкой энергетической эффективности систем теплоснабжения, обусловленная износом тепловых сетей. Часто встречающимися отказами являются нарушение герметичности, увлажнение и разрушение пенополиуретана, коррозия и разрушение стенки стальной трубы. Поэтому многие тепловые сети требуют срочного капитального ремонта или полной замены, что требует значительных финансовых затрат.

Решение этой актуальной проблемы возможно с внедрением новых теплоизоляционных материалов и технологий изготовления труб и фасонных изделий, а также технологий монтажа при строительстве.

Высокую энергетическую эффективность имеют трубопроводы тепловых сетей, в которых стальная труба снабжена герметичной теплогидроизоляцией. В качестве теплоизоляции стальной трубы чаще всего применяют вспененный полимер, например, пенополиуретан. Тепловые потери при применении пенополиуретана в несколько раз меньше, чем при использовании минеральной ваты такой же толщины. От увлажнения и механических воздействий теплоизоляцию предохраняет наружная герметичная защитная оболочка. Отечественной промышленностью освоен выпуск труб и фасонных изделий в пенополиуретановой изоляции с защитной полиэтиленовой или оцинкованной оболочкой по ГОСТ 30732-2006. Жесткость и прочность теплогидроизолированной трубы обусловлена трехслойной конструкцией «труба в трубе». Средний слой пенополиуретана выполняет функцию теплоизоляции и одновременно обеспечивает жесткость трехслойной конструкции. При бесканальной прокладке герметизируют трубу полиэтиленовой защитной оболочкой, а при надземной прокладке или прокладке в каналах – оцинкованной защитной оболочкой. Пенополиуретановая теплоизоляция труб в защитной оболочке характеризуется повышенной долговечностью (до 30 лет) и минимальными тепловыми потерями. Пенополиуретановая теплоизоляция имеет следующие свойства:

- плотность 60-80кг/м<sup>3</sup>;
- коэффициент теплопроводности 0,025-0,033 Вт/(м·К);
- теплостойкость до 150°С.

Основным фактором, влияющим на долговечность трубопровода, является герметичность изоляции. При разгерметизации изоляции пенополиуретана увлажняется. Намокший пенополиуретан интенсивно разрушается, снижается

его прочность и теплостойкость. Процессы деградации пенополиуретана проходят быстро и через несколько лет происходит отказ теплоизоляции. Для предотвращения отказов из-за увлажнения теплоизоляции, конструкция трубопроводов снабжена системой операционного дистанционного контроля (СОДК), обеспечивающей безаварийную работу тепловой сети. Система операционного дистанционного контроля фиксирует электропроводимость пенополиуретана между неизолированными медными проводами и стальной трубой.

Необходимо отметить, значительную экономичность бесканальной прокладки трубопроводов в пенополиуретановой теплоизоляции, герметично защищенной полиэтиленовой наружной оболочкой. При использовании труб в такой теплогидроизоляции сроки строительства сокращаются в 3-4 раза, затраты на эксплуатационные издержки и текущий ремонт существенно меньше, чем при канальной прокладке трубопроводов, теплоизолированных минеральной ватой. Опыт эксплуатации показывает, что число отказов трубопроводов в пенополиуретановой изоляции меньше в 10-15 раз, чем при применении минеральной ваты [1-5].

При монтаже трубопроводов в трассовых условиях при теплогидроизоляции стыков возникают опасные дефекты, выявление которых затруднено. Появление дефектов обусловлено сложностью технологического процесса, характеризуемого большим числом операций, технологические параметры которых варьируются в широких пределах и трудно контролируются. При формировании пенополиуретана важна температура внутренней полости стыка, температура влияет на процесс вспенивания и отверждения реакционной смеси. Низкая температура (меньше 20°C) внутренней полости стыка негативно сказывается на прочности и теплостойкости пенополиуретана. При низкой температуре внутренней полости стыка вспенивающаяся реакционная смесь интенсивно охлаждается, часть компонентов смеси не вступает в химические реакции, формируются области пенополиуретана с низкой прочностью и теплостойкостью.

Также причиной низкого качества пенополиуретана являются отклонения от оптимальных технологических параметров на операциях перемешивания и заливки компонентов реакционной смеси. В применяемых конструкциях теплогидроизоляции стыков условия вспенивания реакционной смеси не благоприятны. Реакционную смесь заливают во внутреннюю полость стыка через отверстие на стальную трубу с низкой температурой поверхности. В результате реакционная смесь распределяется случайным образом, что снижает полноту химических реакций и обуславливает разницу свойств отвержденного ППУ по объему внутренней полости стыка. Возможно возникновение больших пустот в объеме теплоизоляции, что существенно снижает несущую способность конструкции.

Вспенивающаяся реакционная смесь создает во внутренней полости стыка избыточное давление, которое может нарушить герметичность нахлесточного соединения. Давление во внутренней полости стыка зависит от объема реакционной смеси. Для снижения риска разгерметизации при вспенивании

реакционной смеси края термоусаживаемой муфты или оцинкованного кожуха стягивают бандажными ремнями. Однако, давление вспенивающейся реакционной смеси и усилие затяжки бандажных ремней не контролируются, поэтому риск разгерметизации нахлесточного соединения остается высоким.

Низкая прочность пенополиуретана обуславливает незначительную жесткость трехслойной стенки трубопровода. При значительной внешней нагрузке это приводит к местной потере устойчивости стенки трубопровода и разгерметизации нахлесточного соединения. Нарушение герметичности обуславливает увлажнение пенополиуретана и его разрушение.

При высокой рабочей температуре трубопровода возникают дефекты, связанные с низкой теплостойкостью пенополиуретана. При низкой теплостойкости пенополиуретана происходит его деградация, изменяется структура материала, снижается прочность. В результате наблюдается разгерметизация нахлесточных соединений, намокание и разрушение пенополиуретана.

Нарушение сплошности теплогидроизоляции обуславливает интенсивную коррозию стальной трубы. Процессы деградации влажного пенополиуретана весьма быстротечны, долговечность трубопровода с увлажненной теплоизоляцией не превышает нескольких лет [6,7].

Можно выделить отказы теплогидроизоляции стыка, нарушающие частично или целиком работоспособность трубопровода. Разгерметизация гидроизоляции, увлажнение и разрушение теплоизоляции приводят к росту теплопотерь и коррозии стальной трубы, при этом работоспособность трубопровода нарушена частично и он продолжает функционировать. Коррозия стальной трубы может привести к потере работоспособности трубопровода целиком, и даже аварии. Такой опасный отказ заключается в разрушении стенки стальной трубы и разливу теплоносителя.

Анализ отказов теплогидроизоляции стыков труб показал, что причинами развития дефектов и повреждений является нарушение герметичности, приводящее к увлажнению и разрушению пенополиуретана. Для повышения надежности теплогидроизолированных трубопроводов необходимо повышение герметичности стыков труб.

Улучшение герметичности конструкции теплогидроизоляции стыка должно быть экономически приемлемым, при этом действующая технология не должна существенно усложняться. Перспективным решением, повышающим герметичность теплогидроизоляции стыков труб является применение антикоррозионных лакокрасочных покрытий. Целесообразно нанесение лакокрасочного покрытия на наружную поверхность стальной трубы и торцы теплоизоляции труб. Лакокрасочное покрытие является дополнительным барьером для влаги, которая может проникнуть через защитную оболочку трубопровода при нарушении ее герметичности. Лакокрасочное покрытие надежно защищает стальную трубу и торцы стыкуемых труб от контакта с влагой.

Лакокрасочные покрытия легко наносятся, возможна защита конструкций любых габаритов и сложной конфигурации. Нанесение лакокрасочного



покрытия является достаточно простой технологической операцией и хорошо встраивается в технологию теплогидроизоляции стыка труб.

Рационально применение системы лакокрасочного покрытия, состоящего из двух слоев:

- грунтовочного слоя, обеспечивающего высокую адгезию покрытия к стальной трубе;
- изоляционного слоя, обеспечивающего герметичность.

Высокими герметизирующими свойствами и хорошей адгезией к пенополиуретану обладают антикоррозионные покрытия на полиуретановой основе.

Таким образом, применение теплогидроизолированных труб в тепловых сетях эффективно и существенно повышает энергосбережение. Введение в конструкцию теплогидроизоляции стыка лакокрасочного покрытия улучшает герметичность и повышает долговечность конструкции. Лакокрасочное покрытие значительно повышает надежность гидроизоляции стыка труб, что снижает опасность возникновения аварийных отказов, связанных с полной потерей работоспособности трубопровода и разливом теплоносителя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлова, Д.В. Анализ и проблемы исследований труб централизованного теплоснабжения с предварительной изоляцией из ППУ и ППМ [Текст] / Д.В. Павлова // Современные научные исследования и инновации. 2016. №5. – С.70-76.
2. Гарбер, Ю.И. Эффективность изоляционных покрытий, нанесенных в трассовых условиях [Текст]/ Ю.И. Гарбер // Строительство трубопроводов. 1992. – №7. – С.21 – 24.
3. Слепченко, В.С. Повышение энергоэффективности теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей северных и северо-восточных регионов России [Текст] / В.С. Слепченко, Г.П. Петраков. // Инженерно-строительный журнал. 2011. №4(22). - С. 26–32.
4. Петраков, Г.П. Срок службы пластиковых труб в пенополиуретановой изоляции, применяемых для систем теплоснабжения [Текст] / Г.П. Петраков // Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 29. № 3. - С. 54-62.
5. Ковалевский, В.Б. Энергоэффективность тепловых сетей бесканальной прокладки [Текст] / В.Б. Ковалевский. // Новости теплоснабжения. 2010. №1.- С.40-43.
6. Шойхет, Б.М. Проектирование тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей [Текст] / Б.М. Шойхет // Энергосбережение. 2015. № 1. – С.50-55.
7. Мухаметрахимов, Р.Х. Особенности технологии изготовления, монтажа и контроля качества трубопроводов в ППУ ПЭ изоляции [Текст] / Р.Х. Мухаметрахимов, А.А. Панченко. // Известия КГАСУ. 2018. №2(44). – С.246-254.

УДК 614.843

*И. В. Багажков, А. А. Лаврентичева*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **БАЛЛОНЫ ДЫХАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В АППАРАТАХ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ**

В данной работе рассмотрены основные тенденции развития современных технологий производства дыхательных аппаратов. Проведен анализ применения стальных и композитных баллонов для хранения сжатого воздуха. Рассмотрены основные характеристики, положительные и негативные моменты использования двух видов баллонов для хранения сжатого воздуха.

**Ключевые слова:** дыхательный аппарат, сжатый воздух, сталь, полимер, композит, лейнер, углеволокно, безопасность, транспортировка, хранение.

*I. V. Bagazhkov, A. A. Lavrenticheva*

## **RESPIRATORY CYLINDERS IN RESPIRATORY PROTECTION DEVICES**

This paper discusses the main trends in the development of modern technologies for the production of breathing apparatus. The analysis of the use of steel and composite cylinders for storing compressed air. The main characteristics, positive and negative aspects of using two types of cylinders for storing compressed air are considered.

**Keywords:** breathing apparatus, compressed air, steel, polymer, composite, liner, carbon fiber, safety, transportation, storage.

Для возможности работы пожарного-спасателя в непригодной для дыхания среде необходимо устройство для защиты легких от неблагоприятного воздействия опасных факторов пожара, таких как ядовитые газы, сажа, пепел. Существующие воздушные дыхательные аппараты изолирующего действия в своем составе имеют металлический баллон для хранения сжатого воздуха, объемом до 12 литров и рассчитанного на рабочее давление не более 31 МПа. На сегодняшний день промышленность освоила производство не только стальных баллонов, но и композитных, как альтернативной замене металлу (рис.1). Попробуем рассмотреть основные характеристики стальных и композитных баллонов [1].

Производитель не ограничивает срок службы стальных баллонов, но требует обязательное освидетельствование раз в пять лет. Срок службы композитных баллонов составляет 15 лет и дата окончания срока службы указывается на корпусе баллона. Освидетельствование композитного баллона, в отличие от стального, проводится раз в три года. При сравнении масс пустых баллонов, можем наблюдать иную картину. Так при объеме баллона в 6 литров,

вес стального составит 8,2 кг против 4,3 кг композитного. Отсюда вывод - главное преимущество композита это легкость баллона.



Рисунок 1 - Баллоны для хранения сжатого воздуха.

Композитный баллон состоит из двух или более различных материалов, которые химически не взаимодействуя друг с другом, комбинируют для достижения лучших свойств продукта, чем у каждого материала в отдельности. Композитные баллоны состоят из алюминиевого или нержавеющей лейнера обернутого многослойным углеволокном. Они способны противостоять повышенному давлению при более низкой массе сосуда. Особой популярностью у пожарных-спасателей пользуется композитные баллоны вследствие малой массы.

Интересен по своим свойствам карбон (carbon) – полимерный композиционный материал состоящий из нитей углеродного волокна. Это искусственно созданный полимер по своим свойствам и структуре близкий к природному материалу, но отличающийся высокой прочностью, жёсткостью и малой массой. Модуль упругости углеволокна превышает 700 ГПа (это нагрузка 70 тонн на квадратный миллиметр) прочность на разрыв достигает 5 ГПа (в четыре раза выше, чем у лучших марок стали). Углепластик также превосходит сталь по удельным характеристикам и усталостным свойствам. В тех случаях когда низкий вес силовой детали имеет решающее значение, карбон легко превосходит металлы. В самых передовых отраслях где в расчёт берется только продуктивность, используют углепластиковые композиты.

Немаловажным преимуществом композитного баллона перед стальным - это безопасность. Скептицизм прочности металла уступает свойствам композитных материалов. При инициировании чрезвычайной ситуации в следствие пожара, стальной баллон нагреваясь разрушается со взрывом, образуя зону поражения от ударной волны и осколков металла. Иную картину можно наблюдать при разрушении композитного баллона, где произойдет расплавление материала, потеря герметичности баллона и выход содержимого наружу. Ударопрочности композитным баллонам придают специальные защитные кожухи, в которые помещаются полупрозрачные баллоны. Не последнюю роль

играет и теплоемкость применяемого материала. При сравнении металла с полимером видна колоссальная разница. Теплоемкость стали составит 500 Дж/кг·°С против карбона 0,139-2,1 Дж/кг·°С, следовательно нагрев стенки баллона от лучистого теплообмена у металла будет осуществим быстрее [2].

Просматривая статистику повреждений металлокомпозитных баллонов с последующей невозможностью эксплуатации можно констатировать, что наибольшее количество повреждений связано с появлением микротрещин в лакокрасочном покрытии. На втором месте идет истирание и царапины и далее, - случайные удары. Необходимо добавить, что микротрещины возникают и от ударов, и от вибрации в процессе эксплуатации и транспортировки.

Есть еще одно разрушительное воздействие – это главный недостаток всех композитов - они не переносят длительного напряжения. Любые микротрещины в композите пропускают и воздух, и воду, и как следствие – развитие потеков, пузырьков и пятен, которые является следствием окисления компонентов композита.

Основное назначение композитного материала баллона – это сохранность металлического лайнера – внутренней колбы баллона, визуальный осмотр которого при проверке и проведении испытаний не представляется возможным.

Подводя итог вышесказанному можно констатировать, что композитные материалы являются достойным аналогом стали, и по эксплуатационным параметрам являются достойной её заменой. Технология производства подобных материалов не стоит на месте и развиваясь создает уникальные комплектующие не только для аварийно-спасательной отрасли, но и для всей промышленности в целом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53258-2009. Техника пожарная. Баллоны малолитражные для аппаратов дыхательных и самоспасателей со сжатым воздухом. Общие технические требования. Методы испытаний. Москва. Стандартинформ. 2009.

2. Физические величины. Справочник. *А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова.* — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.

УДК 614.842

*И. В. Багажков, А. В. Сапожников*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академии ГПС МЧС России

## **ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ЧЕБОКСАРСКОМ ПОЖАРНО- СПАСАТЕЛЬНОМ ГАРНИЗОНЕ**

В рамках изучения боевых действий пожарно-спасательных гарнизонов проведен анализ оперативно-служебной деятельности Чебоксарского пожарно-спасательного гарнизона с соответствующим разбором пожаров, произошедших в регионе. Сделан вывод о положительном опыте в деле совершенствования профессионального мастерства личного состава. Проведен анализ времени прибытия первого пожарного подразделения на пожары в Чувашской Республике. Дана характеристика эффективности управления силами и средствами Чебоксарского пожарно-спасательного гарнизона.

**Ключевые слова:** пожар, пожарная охрана, гарнизон, дежурный караул, планирование действий, пожарно-тактические учения, время сообщения, время локализации, время прибытия, время оперативного реагирования, служба пожаротушения.

*I. V. Bagazhkov, A. V. Sapozhnikov*

## **FIREFIGHTING AND LIQUIDATION OF CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS IN CHEBOKSARY FIRE AND RESCUE GARRISON**

As part of the study of combat operations of fire and rescue garrisons, the analysis of operational and service activities of the Cheboksary fire and rescue garrison with the corresponding analysis of fires that occurred in the region was carried out. The conclusion is made about the positive experience in improving the professional skills of personnel. The analysis of arrival time of the first fire Department on fires in the Chuvash Republic is carried out. The characteristic of efficiency of management of forces and means of the Cheboksary fire and rescue garrison is given.

**Keywords:** fire, fire protection, garrison, guard on duty, action planning, fire-tactical exercises, message time, localization time, arrival time, rapid response time, fire extinguishing service.

За 2018 год на территории Чувашской Республики зарегистрировано 1384 пожара, в результате которых погибло 120 человек из них 6 детей. На пожарах 85 человек получили травмы различной степени тяжести, материальный ущерб причинен на сумму 52,59 миллионов рублей. Крупных пожаров за отчетный период в Республике не допущено (рисунок).

Руководителями пожарно-спасательных гарнизонов пожарной охраны республики в 2018 году проведена определенная работа по совершенствованию деятельности подразделений, повышению готовности дежурных караулов к тушению пожаров на объектах экономики и в жилых домах [3].

Этому способствовало изучение оперативно-тактических особенностей наиболее пожароопасных объектов, отработка документов предварительного планирования действий и проведение ПТУ на объекты с массовым пребыванием людей, здания повышенной этажности, объекты КВО и с наличием АХОВ.

В 2018 году проведены: 95 пожарно-тактических учений по тушению условных пожаров с привлечением подразделений по повышенному номеру вызова, 1371 занятие по решению ПТЗ, в т. ч. 189 в ночное время, 10 ПТУ с развертыванием опорных пунктов тушения крупных пожаров, 12 тактико-специальных учений совместно с агентством лесного хозяйства по Чувашской Республике.

Положительный результат в деле совершенствования профессионального мастерства личного состава достигнут путем проведения гарнизонных и республиканских соревнований по пожарно-спасательному спорту, пожарно-строевой подготовке и газодымозащитной службе, методические сборы, стажировка, разработка и корректировка планов и карточек тушения пожаров, изучение и разбор характерных пожаров [2].

Как показывают исследования специалистов МЧС России снижение среднего времени сообщения и среднего времени следования на пожар на 15 минут, от существующего в настоящее время, позволит значительно снизить гибель людей. Сокращение времени локализации и ликвидации пожара на 1 минуту позволяет снизить ущерб от пожаров в среднем на 300 рублей в расчете на 1 квадратный метр.

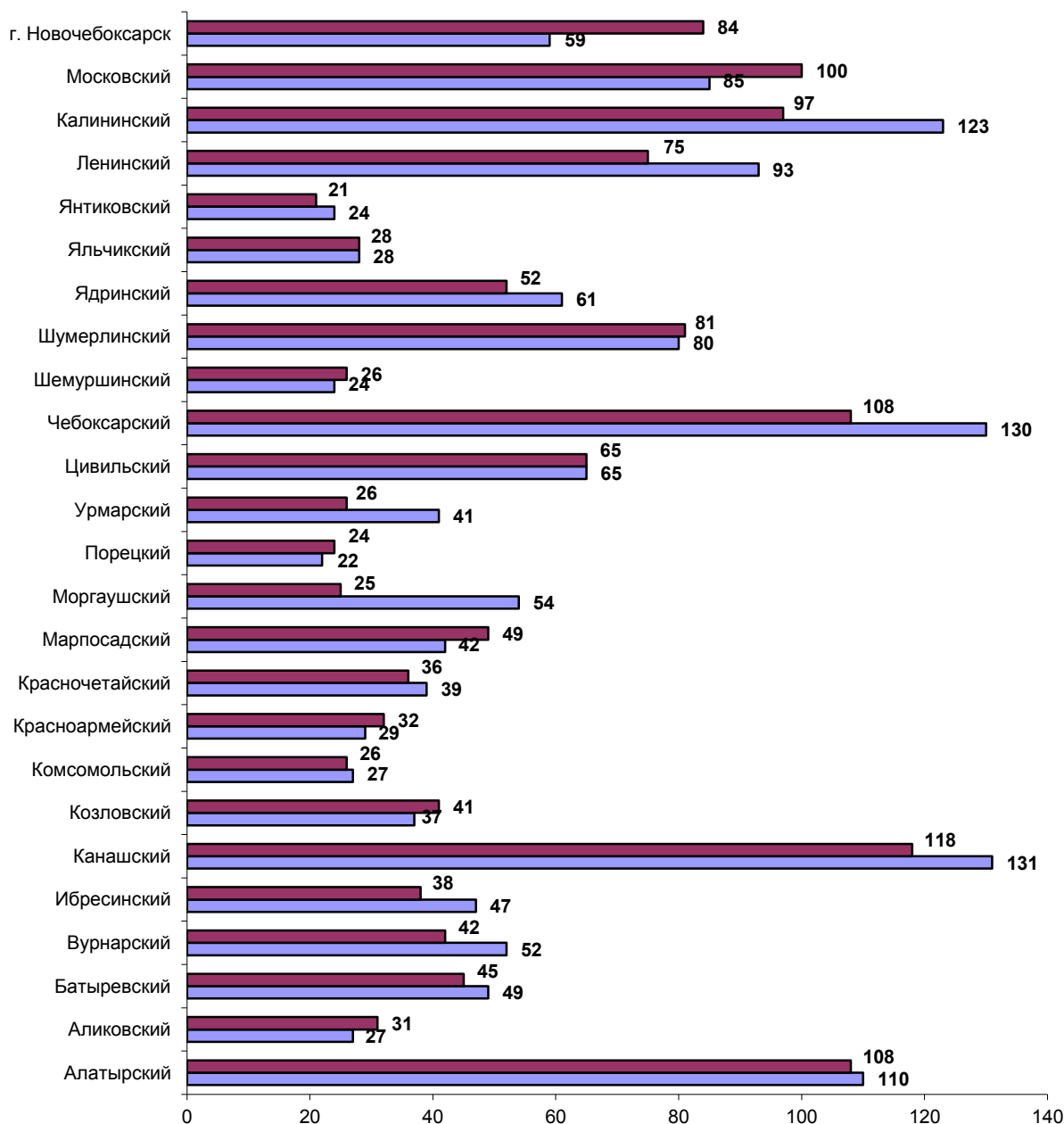


Рисунок 1 - Сравнительный анализ количества пожаров, потушенных подразделениями ГПС в 2017 и 2018 годы

Среднее время прибытия на пожар первых пожарных подразделений в Чувашской Республике составляет 13,78 мин. Для улучшения показателя прибытия на пожар и не требующие материальных затрат являются:

- повышение качества профессиональной подготовки личного состава и детального изучения охраняемого района выезда подразделения;

- привитие личному составу караулов навыков по использованию документов предварительного планирования при тушении пожаров;

- своевременная и качественная корректировка и отработка планов и карточек тушения пожара;

постоянная отработка нормативов по пожарно-строевой подготовке, изучение способов и приемов работы с пожарно-техническим вооружением и оборудованием [3].

Согласно статье 76 «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», дислокация подразделений пожарной охраны на территориях поселений и городских округов определяется исходя из условия, что время прибытия первого подразделения к месту вызова в городских поселениях и городских округах не должно превышать 10 минут, а в сельских поселениях - 20 минут.

Проведенный анализ времени прибытия первого пожарного подразделения на пожары в Чувашской Республике в 2018 году и анализ статистических данных оперативной обстановки в Чувашской Республике показывают, что уровень защищенности населения, проживающего в сельской местности от пожаров снижается, а в отдельных районах он приближается к критическому. В целях повышения уровня противопожарной защиты объектов и населения в сельской местности руководителям подразделений необходимо активизировать работу по созданию и развитию других видов пожарной охраны.

Таблица 1 - Основные среднестатистические показатели оперативного реагирования и тушения пожаров за полугодие 2018 года в сравнении с ЦРЦ и Россией (по статистическим данным ВНИИПО)

Показатель	Российская Федерация	ЦРЦ	Чувашская Республика
Среднее время сообщения о пожаре, мин. по пожарам в городах	1,55	1,22	0,98
по пожарам в сельской местности, мин.	2,23	1,65	1,32
Среднее время прибытия первого пожарного подразделения, мин. по пожарам в городах	6,12	5,49	5,71
по пожарам в сельской местности, мин.	11,2	9,26	9,21
Среднее время локализации пожара, мин. по пожарам в городах	6,14	3,87	3,01
по пожарам в сельской местности	7,12	4,99	5,67
Среднее время ликвидации открытого горения, мин по пожарам в городах	6,59	4,28	4,22
по пожарам в сельской местности	10,7	6,73	6,54
Среднее время тушения пожара, мин. по пожарам в городах	12,81	8,26	8,44
по пожарам в сельской местности, мин.	18,06	11,68	12,11

В состав сил и средств гарнизонов пожарной охраны в Чувашской Республике входят следующие виды пожарной охраны:



74 подразделений федеральной противопожарной службы, в том числе 73 территориальных пожарных частей и 1 договорная пожарная часть;  
12 подразделений Чувашской Республиканской противопожарной службы;  
1 подразделение специального управления ФПС № 17;  
4 подразделений муниципальной пожарной охраны;  
33 формирования ведомственной пожарной охраны;  
452 подразделения добровольной пожарной охраны с выездной или приспособленной для целей пожаротушения техникой;  
4 аварийно-спасательных формирований.

Подразделения всех видов пожарной охраны и аварийно-спасательные формирования включены в расписания выезда подразделений пожарной охраны в соответствующих муниципальных районах и план привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на территории Чувашской Республики [1].

На базе СПСЧ по ТКП организован опорный пункт по тушению крупных пожаров, укомплектованный согласно табеля положенности. На вооружении Чебоксарского пожарно-спасательного гарнизона находятся в расчёте 30 основных пожарных автомобилей на базе АЦ-40 (130), АЦ-40(131) АЦ-40(53213) с объемом вывозимого огнетушащего вещества (воды) от 2 до 5 тонн. В резерве 20 пожарных автоцистерн, 6 автолестниц и 1 автомобильный коленчатый подъёмник АКТ-30 (Bronto) Б-330, одна автолестница длиной 50 метров (АЛ-50), три АЛ-30 стоят в расчёте.

Для управления силами и средствами Чебоксарского пожарно-спасательного гарнизона организованы и функционируют дежурная служба пожаротушения (СПТ) и ЦППС. На ЦППС круглосуточно несут дежурство старший диспетчер, диспетчер и радиотелефонист. СПТ Чебоксарского пожарно-спасательного гарнизона – первого разряда, с постоянным круглосуточным дежурством.

Для обеспечения вышеуказанной пожарной техники ежедневно на дежурство заступает в городе Чебоксары и Новочебоксарск 180 человек личного состава, из них 83 газодымозащитника на вооружении которых стоят современные аппараты на сжатом воздухе. Для тушения крупных пожаров созданы запасы ГСМ и пенообразователя, на базе СПСЧ по ТКП организована круглосуточная заправка пожарных автомобилей ГСМ и ПО.

Количество ГСМ – 250 тонн, ПО – 35 тонн.

При крупных и затяжных пожарах и при объявлении номера пожара (ранг) №2 и выше производится оповещение и сбор личного состава ГУ МЧС РФ по ЧР и подразделений пожарно-спасательного гарнизона пожарной охраны, обслуживающих район выезда, свободного от несения службы, в первую очередь поднимается личный состав заступающего караула [2;3]. В расчет вводится резервная пожарная техника. Пожарно-спасательные части по охране объектов привлекаются на тушение пожаров согласно Расписанию выезда подразделений гарнизона пожарной охраны г. Чебоксары.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 05 мая 2008 года № 240 «Об утверждении порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

2. *Теребнев В.В., Богданов А.Е., Семенов А.О., Тараканов Д.В.* Принятие решений при управлении силами и средствами на пожаре. – Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2012. – 100 с.

3. *Теребнев В.В., Смирнов В.А., Семенов А.О.* Пожаротушение (Справочник). – Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2009.

УДК 614.8

*М. И. Барахоев, Е. А. Орлов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### ГОРЕНИЕ И ТУШЕНИЕ МЕТАЛЛОВ И ГИДРИДОВ МЕТАЛЛОВ

В статье рассмотрены производственные аспекты связанные с получением и переработкой металлов, их сплавов, гидридов металлов и металлоорганических соединений.

**Ключевые слова:** горение, тушение, металлы.

*М. I. Barakhoev, E. A. Orlov*

### BURNING AND QUENCHING OF METALS AND METAL HYDRIDES

The article discusses production aspects associated with the production and processing of metals, their alloys, metal hydrides and organometallic compounds.

**Keywords:** burning, quenching, metals.

Горение металлов, металлосодержащих веществ, в том числе металлоорганических веществ по ГОСТу 27331-87 подразделяются на 3 класса:

1. Класс Д1 – горение легких металлов (алюминий, магний и их сплавы, кальций, титан) и условно «тяжелых» металлов (цирконий, ниобий, уран и др.);
2. класс Д2 – горение щелочных металлов (литий, натрий, калий и др.);
3. класс Д3 – (металлоорганические соединения: алюмо-, литий-, цинк-органика, гидриды алюминия, лития и др.).

Перечисленные металлы и их гидриды в обычном состоянии представляют собой твердое вещество, за исключением металлоорганических соединений (МОС), представляющих собой жидкости.

Из особенностей металлов, имеющие отношение напрямую к их пожаро-, взрывоопасности и горению необходимо отметить следующие:

- способность самовозгораться при обычных условиях;
- склонность к взрыву в состоянии взвеси;

- взаимодействие горящих металлов с жидкостью, некоторыми огнетушащими составами: хладонами, азотом (например, магний) и др.

Склонностью к самовоспламенению обладают щелочные металлы, металлическая стружка, порошки, которые имеют неокисленную активную поверхность, гидриды металлов, МОС (классы пожаров Д2, Д3).

Наиболее пожаро-, взрывоопасными металлами, чье горение происходит по классу Д1, являются легкие металлы в виде продуктов их переработки: порошков различной дисперсности. Металлы в виде изделий различной конфигурации (профили, листы и так далее.) поджечь не представляется возможным, в том случае, если обеспечиваются условия преобладания теплоотвода над теплоприходом.

Гидриды металлов находятся между органическими соединениями и металлами. Это связано с тем, что при их разложении выделяется водород, что вполне можно рассматривать как аналогичный процесс выделения горючих газов при пиролизе органических материалов, которые сгорают в газовой фазе.

При всем при этом, гидриды металлов сильно различаются между собой по своим физико-химическим свойствам, по механизму воспламенения и горения. Поэтому гидриды титана, ниобия, тантала и так далее, являются растворами водорода в металле и имеют переменный состав с металлическим типом связи. В основном они горят в тлеющем режиме, пламенное горение водорода практически не наблюдается.

В то же время литий-алюминий гидрид (ЛАГ), гидриды алюминия (ГА) и лития (ГЛ) – очень ярко выраженные индивидуальные соединения с ионной связью, которые характеризуются наличием режимов пламенного и гетерогенного горения.

ГА и гидриды щелочных металлов проявляют пирофорные свойства, активно взаимодействуют с влагой воздуха, при небольшом нагреве активно выделяют водород и после этого в состоянии аэрозвеси образуют гибридные взрывоопасные смеси с воздухом.

При повышенной температуре и при горении возможно взаимодействие азота с наиболее активными гидридами, например, ГА.

Небольшое разбавление азота с воздухом может привести к очень объемному взрыву аэрозвеси ГА, так, не для всех гидридов металлов возможно использование азота в качестве защитной атмосферы. Не редко для этого приходится использовать аргон.

Именно поэтому, процесс горения металлов и металлосодержащих веществ не допускает применение воды, водопенных средств тушения и ряда газовых огнетушащих веществ, так как при контакте данных средств с горящими металлами наблюдается их взаимодействие, приводящее к разгоранию.

На территории Российской Федерации и мире в целом для тушения пожаров классов Д1, Д2, Д3 используются огнетушащие порошковые вещества специального назначения (ОПСН). При создании рецепта таких веществ учитываются следующие факторы:

- в главном веществе, определяющем этот состав (от 80 до 95% об.), атом кислорода, должен отсутствовать, (не поддерживать горение) и не вступать с металлом в химическую реакцию;
- ОПСН должны иметь определенный состав (как правило, в диапазоне 50-75 мкм);
- ОПСН не должны слеживаться в процессе долгого хранения, что достигается путем включения в их состав антислеживающих гидрофобизирующих добавок, а также обладать иметь ряд других эксплуатационных свойств в соответствии с техническими требованиями;

На данный момент наиболее распространены для тушения пожаров классов Д1, Д2, Д3 ОПСН на основе хлоридов щелочных металлов. В роли огнетушащих составов для металлов существует ряд жидких составов (к примеру, на основе борных эфиров), но они не нашли практического применения в пожаротушении.

Главным принципом достижения положительного результата при тушении металлосодержащих веществ (по классам Д1, Д2, Д3) является создание с помощью ОПСН защитного полного покрытия очага горения, который препятствует доступу кислорода воздуха в зону горения. Такое покрытие обязано быть достаточно плотным, должно иметь необходимую толщину слоя порошка по всей поверхности очага, что достигается при определенном расходе порошка (кг/м<sup>2</sup>).

Тушение металлов и металлосодержащих веществ имеет ряд особенностей, которые присущи каждой группе веществ по классам Д1, Д2, Д3 в т.ч.:

1. при тушении металлов по классу Д1 ОПСН обязан отвечать критериям, которые приведены выше, при этом основу порошкового вещества составляет, к примеру, хлорид калия с плотностью около 1 г/см<sup>3</sup>);
2. при тушении гидридов металлов (Д3) применяется ОПСН с характеристиками, которые аналогичны для ОПСН, применяемого при тушении по классу Д1;
3. для металлоганических веществ, которые являются жидкими при обычных условиях, ОПСН обязан иметь плотность, которая близка к плотности этих веществ (~ 0,7-0,8 г/см<sup>3</sup>), что обеспечивается введением в состав порошкового состава негорючей добавки с маленькой плотностью (перлит, вермикулит), который также способствует адсорбции МОС и повышает эффективность тушения.

При ведении работ по тушению натрия, возникает так называемый «капиллярный» или *фитильный эффект* горения за счет увеличения оксидных образований, которые прорастают сквозь слой порошка, по которым жидкий натрий проходит и горит в виде фитиля. Для предотвращения увеличения оксидов как правило используют спецдобавки.

Ведение работ по тушению металлов и металлосодержащих соединений ОПСН практически полностью отличается от тушения, к примеру, углеводородных ЛВЖ, ГЖ (классы пожаров А, В, С) порошковыми составами общего назначения. В случае тушения пожаров класса Д (Д1, Д2, Д3) главной

задачей при подаче ОПСН является создание на поверхности очага слоя порошкового покрытия, равной высоты, которая достигается при использовании так называемых успокоителей, присоединяемых к подающему устройству (на выходе подающего ствола) огнетушителей, порошковых автомобилей. Использование насадки-успокоителя при подаче ОПСН необходимо при ведении работ по тушению порошков металлов и их гидридов, при этом практически предотвращается образование взвеси огнетушащего порошкового состава. При тушении пожаров классов А, В, С используется распылительное устройство типа «пистолет», при этом создается порошковое облако над очагом горения, способствующее достижению тушения.

ОПСН допускается применять для ведения работ по тушению радиоактивных металлов. При использовании, к примеру, огнетушащего состава на основе хлорида калия, значительно понижается выделение радиоактивных аэрозолей.

Но использование порошкового пожаротушения также имеет свои минусы:

- огнетушащий порошковый состав в отличие от жидкости не обладает эффектом понижения температуры. Надежное тушение можно достичь при охлаждении металлов до температуры ниже температуры их самовоспламенения. А температура горящих металлов, на много больше температуры самовоспламенения, именно поэтому процесс ведения работ по тушению металлов и их гидридов носит длительный характер;

- почти все выпускаемые автомобили порошкового тушения имеют ограниченные технические возможности и не совсем могут обеспечить эффективное тушение в помещениях объемом превышающим более 300-600 м<sup>3</sup>. Максимальная высота подачи ОПСН в зависимости от типа автомобиля порошкового тушения и давления в емкости составляет 10-25 м, при этом максимальное расстояние подачи порошка по горизонтали составляет 40-60 м, что является в ряде случаев мало для того, чтобы обеспечить доставку порошкового состава к месту пожара.

Вывод:

1. Несмотря на недостатки порошкового пожаротушения, наиболее универсальным, надежным и эффективным огнетушащим составом для ведения работ по тушению металлов и металлосодержащих материалов являются порошковые вещества специального назначения.

2. Для ведения работ по тушению и предотвращению загораний металлов и гидридов металлов в технологическом оборудовании рекомендуется использовать аргон.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чибисов А.Л., Соина Е.А., Габриэлян С.Г., Смирнова Т.М., Габриэлян Г.С. Предельные условия и особенности воспламенения, горения и тушения различных металлов, 2001.-С.416.

2. Чибисов А.Л., Смирнова Т.М., Громов А.Д., Акинин Н. И. Определение безопасной удельной скорости выделения водорода в технологическом процессе, 2003. С.356-357.

3. Габриэлян С. Г., Габриэлян Г. С. Рекомендации по тушению жидкого натрия и пирофорных алюмоорганических катализаторов М.: Изд. ВНИИПО, 2000, 19 с.

УДК 614.7

*А. И. Безрук, Ю. Н. Коваль*

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЗОН ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ПОЖАРОВ**

В статье приводится анализ существующих методов оценки зон загрязнения окружающей среды от пожаров. Выявлены недостатки, такие как ограниченная область применения и невозможность применения на «кратковременных источниках». Предложен приемлемый метод при оценке загрязнения окружающей среды в результате пожаров в жилом секторе - экспериментальный.

**Ключевые слова:** мониторинг, прогнозирование, загрязнение окружающей среды, пожары в жилом массиве.

*A. I. Bezruk, J. N. Koval*

## **ANALYSIS OF METHODS FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL POLLUTION ZONES FROM FIRES**

The article presents the analysis of existing methods of assessment of environmental pollution zones from fires. Shortcomings such as limited scope and impossibility of application on "short-term sources" are revealed. An acceptable method for assessing environmental pollution as a result of fires in the residential sector - experimental - is proposed.

**Keywords:** monitoring, forecasting, environmental pollution, fires in a residential area

Ежегодно в РФ происходит порядка 150 тыс. пожаров с ущербом более 12 млрд. рублей. Страдает не только экономика, но и окружающая среда и здоровье людей проживающих в предполагаемой зоне загрязнения. По количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от пожаров город Омск занимает 24 место из 85 субъектов Российской Федерации (рис. 1).

Отсюда следует, что Омск значительно подвержен загрязнению токсичными продуктами горения от пожаров. В случае возникновения пожаров в жилых помещениях, за относительно короткий промежуток времени, в атмосферу выделяется большое количество токсичных веществ и загрязнителей. В связи с этим, возникает практический интерес разработки научных основ создания и совершенствования систем и средств прогнозирования и мониторинга чрезвычайных ситуаций [1].

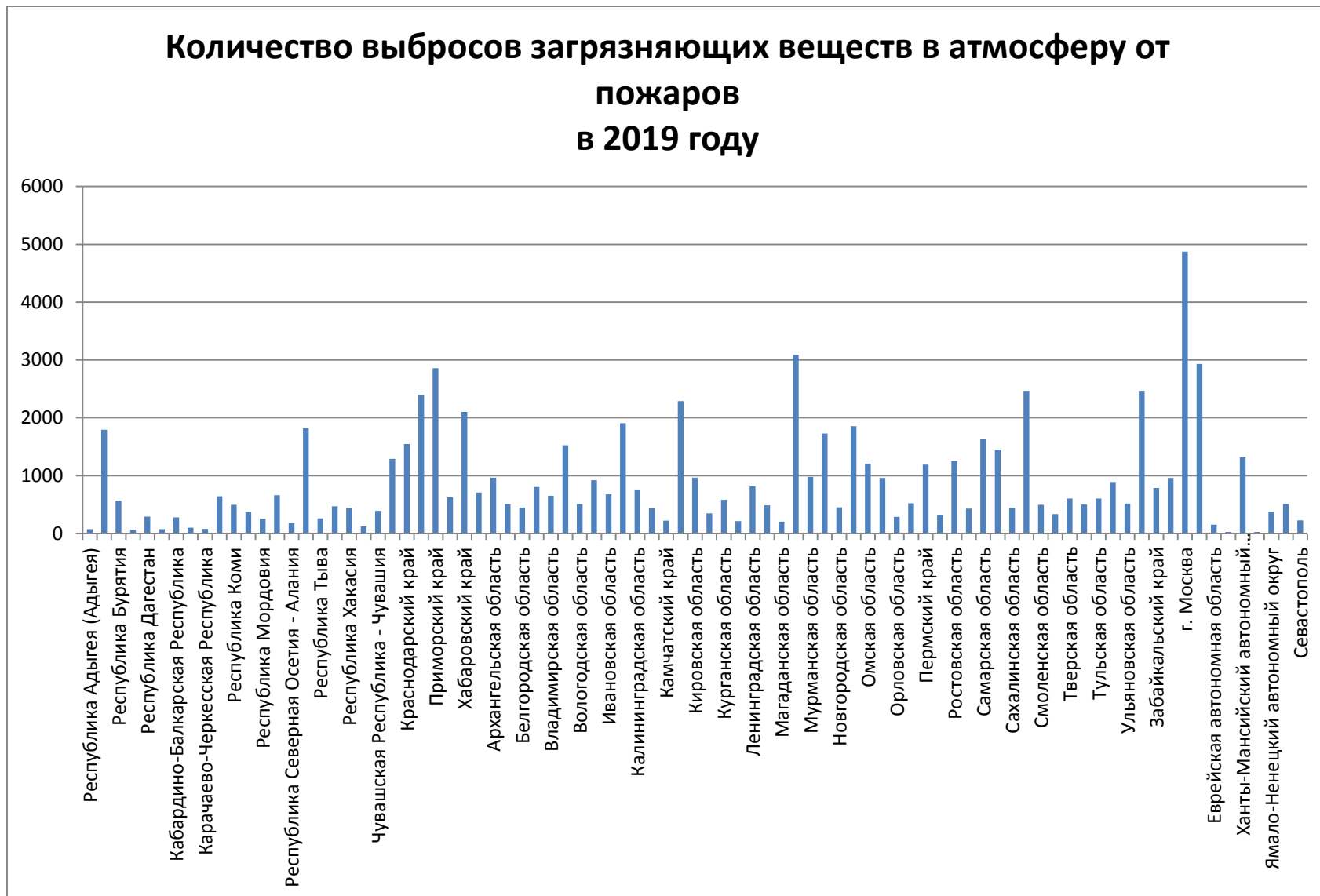


Рисунок 1 - Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от пожаров

На сегодняшний день существуют разнообразные методики прогнозирования степени загрязнения наружного приземистого слоя воздуха продуктами горения. Согласно литературным данным отмечено, что концентрация токсических веществ и загрязнителей в атмосфере обусловлено не только особенностями пожаров, но и условиями погоды [2,3,4,5,6].

Цель работы – анализ существующих методов оценки зон загрязнения окружающей среды от пожаров и выбор приемлемого для жилых зданий.

Методы прогнозирования или оценки загрязнения атмосферы основаны на результатах теоретических и экспериментальных исследований, закономерностей распределения загрязняющих веществ в поверхностном слое. Это исследование проводится в основном в двух направлениях. Одним из них является разработка теории диффузии в атмосфере, основанной на математическом описании распространения примесей путем решения уравнения турбулентной диффузии. Другое направление, в основном связано с эмпирическим и статистическим анализом распределения загрязняющих веществ в воздухе и использованием для этой цели интерполяционных моделей - гауссовского типа [2].

Развитие теории диффузии в атмосфере является более универсальным, поскольку позволяет изучать распространение примесей из источников разных типов, при разных характеристиках среды. Модель, основанная на уравнениях турбулентной диффузии, позволяет учитывать рельеф местности, здания, время усреднения выбросов и т. д., а также типы источников: точечные, линейные, площадные. Определение зон загрязнения по этой модели позволяет использовать параметры турбулентного обмена, используемые в метеорологических задачах тепло- и влагообмена в атмосфере. Основная проблема использования этой модели для распространения загрязняющих веществ в результате пожаров заключается в сложности определения коэффициентов диффузии. Кроме того, расчет на основе теории массообмена за счет турбулентной диффузии возможен для случая, когда процесс переноса вредных продуктов горения находится в стадии «зависания» конвективной колонки, но также необходимо уточнение коэффициентов диффузии.

Практическое использование результатов теории турбулентного обмена при прогнозировании загрязнения воздуха, с учетом ожидаемого изменения метеорологических условий оказалось эффективным при оценке последствий крупных пожаров (лесных, массовых в городах и т.д.).

Основное же применение теория турбулентного массопереноса нашла применение в решении практических задач по распространению загрязнителей от действующих источников выбросов, которыми являются промышленные предприятия, ТЭЦ, котельные и т.д. В этом случае теория рассматривает условия массопереноса, которые характерны для стационарного процесса (постоянно действующий источник) [3].

Действующим документом для расчета концентрации в воздухе



вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, в том числе из промышленных зданий, является приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 июля 2017 года № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».

При неблагоприятных метеорологических условиях в совокупности с опасной скоростью ветра степень опасности загрязнения атмосферного воздуха будет характеризоваться наибольшими рассчитанными значениями концентрации вредных веществ [4].

Рассчитать разовые концентрации при 20-30 минутном интервале осреднения можно используя формулу, приведенную в приказе Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Разовая концентрация загрязняющих веществ может быть достигнута с учетом опасной скорости ветра и определенного расстояния от источника выброса загрязнений. При ее определении необходимо учитывать следующие коэффициенты:

- горизонтального и вертикального рассеивания;
- скорости оседания загрязняющего вещества в атмосфере;
- выброса;
- рельефа местности.

Так же учитывается высота выброса, масса загрязняющего вещества и разность между температурой вещества и воздуха.

Коэффициента соответствующий неблагоприятным метеорологическим условиям, при максимальной концентрации загрязняющих веществ в атмосфере для города Омска – 160.

Мощности выброса и расхода газовой смеси на пожарах в промышленных зданиях и сооружениях определяются расчетом или экспериментально.

При определении разности температур температуру окружающего атмосферного воздуха для города Омска примем 18,3 (°C) т.к. данная температура является средней максимальной температуре воздуха наиболее теплого месяца года (июль), а температуру выбрасываемой в атмосферу газовой смеси принимаем по справочным данным или экспериментально определенную.

Пожары в зданиях можно классифицировать как мгновенные источники выбросов, так как происходит залповый выброс продуктов горения за относительно короткий промежуток времени. Разработка методов рассеивания залповых выбросов на основе имеющихся теоретических работ продолжает оставаться актуальной задачей. Теория диффузии примесей в атмосфере в условиях нестационарности самого выброса разработана, недостаточно, хотя и используется при оценке зоны загрязнения в случае аварийных выбросов.

Чтобы определить максимальные концентрации вредных веществ от кратковременных наземных источников необходимо использовать значения

мощности выброса, расстояние от источника, время пожара и постоянную равную 0,11, а в случае с линейным источником постоянная принимается 0,17.

Для определения концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе при пожарах в зданиях, хотя их можно считать «кратковременными источниками» нельзя применять нестационарный процесс. Имеющиеся методы расчета вредных примесей в атмосфере для точечных и линейных постоянно действующих источников выбросов загрязнителей, т.е. в условиях стационарного процесса, также неприемлемы для случаев пожаров в зданиях [2, 4].

Можно сделать вывод, что рассмотренные методы имеют ограниченную область применения, и их использование при оценке загрязнения окружающей среды в результате пожаров в жилом секторе не представляется возможным. Следовательно, для определения зон загрязнения подойдет экспериментальный метод.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исаева, Л.К.* Экология пожаров, техногенных и природных катастроф: учебное пособие [Текст] / Л.К. Исаева. - М.: Академия ГПС МВД России, 2001. - 301 с.
2. *Исаева Л.К., Власов А.Г.* Методические указания расчета показателей, характеризующих опасность загрязнения окружающей среды выбросами от пожаров и аварий [Текст] / Л.К. Исаева, А.Г. Власов. - М.: Академия ГПС МЧС, 2003. - 44с.
3. *Исаева, Л.К.* Пожары и окружающая среда [Текст] / Л.К. Исаева. - М.: Изд.Дом «Калан».2001. - 222 с.
4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 июля 2017 года № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».
5. *Коваль Ю.Н.* Проблемы противопожарного обустройства лесных массивов /Ю.Н. Коваль, С.П. Бояринова В сборнике: Экологические проблемы промышленных городов // Сборник научных трудов по материалам 9-й Международной научно-практической конференции. Под редакцией Е.И. Тихомировой. 2019. С. 45-47.
6. *Сергеев А.А.* Морфометрический анализ ели сибирской в г. Железногорске / А.А. Сергеев Г.А. Тамбовцев // В книге: Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 116-118.

УДК 662.61; 614.842

*О. И. Белобородова, Р. Р. Гисмятов, А. И. Ломоносов*  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

## **РАЗОГРЕВ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВООРУЖЕНИЯ ПРИ ЗАТЯЖНЫХ ПОЖАРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ЛЕНТЫ**

Исследована принципиальная возможность использования термохимической ленты на основе пиросоостава для разогрева обледеневшего пожарно-технического вооружения. Проанализировано влияние ряда факторов на эффективность использования ленты, проведены стендовые испытания.

**Ключевые слова:** Затяжной пожар, обледенение, пожарно-техническое вооружение, разогрев, термохимическая лента, пиротехнический состав

*O. I. Beloborodova, R. R. Gismyatov, A. I. Lomonosov*

## **HEATING OF FIRE-TECHNICAL WEAPONS IN PROTRACTED FIRES WITH THE USE OF THERMOCHEMICAL TAPE**

The principal possibility of using a thermochemical tape based on pyrolysis for heating iced fire-technical weapons is investigated. The influence of a number of factors on the efficiency of the tape was analyzed, bench tests were conducted

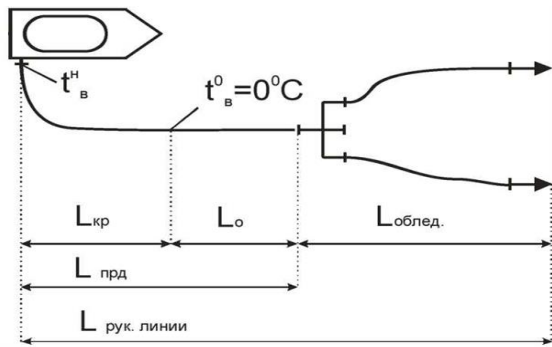
**Keywords:** Prolonged fire, icing, fire-technical weapons, heating, thermochemical tape, pyrotechnic composition

### **Введение**

Несмотря на достаточно обширную номенклатуру огнетушащих веществ, вода по сей день остается наиболее эффективным, дешевым и доступным средством пожаротушения. Однако применение ее в условиях отрицательных температур затрудняет тушение пожара, вследствие чего он нередко разрастается до крупных размеров. Учитывая, что холодные климатические зоны составляют более половины территории России и то, что основная часть пожаров происходит в зимнее время, проблема в стране является достаточно насущной и актуальной.

Согласно статистике [1], наиболее уязвимыми элементами при воздействии низких температур являются напорная рукавная линия и пожарный автомобиль. Существует критическая длина магистральной рукавной линии (рисунок 1), выше которой при определенном напоре воды происходит ее замерзание внутри рукавов и разветвлений. Так, при температуре окружающего воздуха минус 40°C через 3,5 ч за счет обледенения внутренний диаметр насосно-рукавной системы уменьшается

примерно в три раза (рисунок 2 [2]), при этом напор воды снижается на 50-60 %.



$L_{кр}$  – критическая длина рукавной линии;  
 $L_0$  – участок переохлаждения воды;  $L_{облед}$  –  
 участок обледенения;  $t_в^H$  – начальная  
 температура воды после прохождения  
 насоса;  $t_в^0$  – нулевая температура воды  
 Рисунок 1 - Схема рукавной линии,  
 функционирующей при экстремально  
 низких температурах воздуха

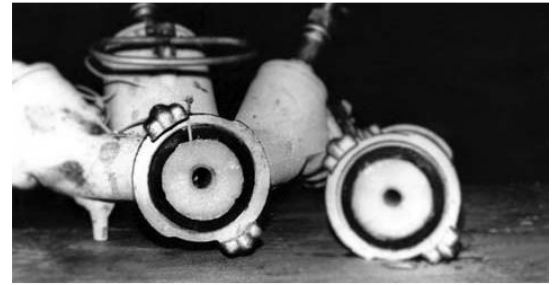


Рисунок 2 - Обледенение  
 рукавной арматуры и  
 разветвления в условиях низких  
 температур

Для отогревания пожарно-технического вооружения (ПТВ) в настоящее время используются выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, горячая вода, нагретый воздух, паяльная лампа, костер и другие способы. Каждый из представленных способов имеет свои преимущества и недостатки; причем большей эффективностью обладают способы разогрева с применением открытого пламени.

В качестве альтернативного источника энергии для данных целей могут быть использованы тепловые пиротехнические составы. Преимуществами теплогенераторов на основе пиротехнических составов являются отсутствие сложного оборудования, малые массово-габаритные размеры, постоянная готовность к использованию, достаточно высокая экономичность [3].

### Экспериментальная часть

В работе исследовали принципиальную возможность применения пиротехнических средств в качестве источников тепловой энергии для нагрева обледеневшей насосно-рукавной системы (НРС), включающей пожарный рукав, разветвитель и соединительную головку.

Максимальная температура эксплуатации пожарных рукавов (всасывающих, напорно-всасывающих, напорных) не должна превышать 450°C.

Трёхходовое разветвление рукавное РТ-70 изготавливается, как правило, из силумина (алюминиево-кремниевый сплав АК7 с температурой плавления 619-629 °С плотностью 2,7 г/см<sup>3</sup>).

Резиновые кольца для пожарной соединительной арматуры должны обеспечивать работу узла уплотнения в воде, слабых растворах кислот и щелочей (с массовой долей до 10%) в интервале температур от минус 60 до 55 °С. Данный элемент системы является наиболее уязвимым при высокотемпературном нагреве, поэтому его следует тщательно защищать от воздействия открытого пламени пиротехнических составов.

Анализируя свойства материалов, форму и размеры нагреваемых объектов, можно сформулировать следующие требования по режиму нагрева и характеристикам пироэлемента:

1) Температурный режим нагрева должен находиться в пределах 100 - 400°С. При более высокой температуре может нарушиться целостность прорезиненного / брезентового слоя рукавов. При температуре ниже 100 °С будет затруднительно в короткие сроки удалить влагу из пожарнотехнического вооружения в условиях отрицательных температур.

2) Время выдержки при температуре выше 100 °С с учетом инерционности процессов плавления льда и удаления влаги должно быть не менее 5 мин;

3) Состав должен позволять изготавливать длинномерные относительно гибкие пироэлементы с возможностью регулирования длины по месту.

4) При горении должны образовываться преимущественно рыхлые пористые продукты, которые можно легко счищать с нагреваемой поверхности.

5) Состав должен иметь низкую чувствительность к тепловым и механическим воздействиям, но обеспечивать надежное воспламенение от бытовых спичек или пламени зажигалки.

6) Состав должен иметь продолжительный гарантийный срок хранения в условно герметичной упаковке.

7) Применяемые компоненты должны быть недорогими, экологически безопасными, иметь широкую сырьевую базу.

Опыт разработки теплогенераторов пиротехнического типа для различных областей деятельности позволил выбрать в качестве объекта исследований термохимическую ленту, ранее разработанную на каф. ТИПиКМ для термообработки сварных металлических конструкций. Термохимическая лента ЛТХ из состава ТИ-5М представляет собой гибкий пироэлемент, который можно изготавливать методом свободного литья практически любых форм и размеров [3].

Рецептурно-конструкторская корректировка ленты в соответствии с изменением природы материала объекта и температурно-временных режимов нагрева должна быть в первую очередь направлена на:

- снижение максимальной плотности теплового потока от фронта горения;

- уменьшение размеров пламени с целью увеличения коэффициента полезного действия пиросостава.

В работе изменяли удельный тепловой поток на единицу поверхности нагреваемого объекта регулированием толщины образца от 5 до 9 мм. Как показали результаты экспериментов, с увеличением толщины термохимической ленты в исследуемом интервале значения высоты пламени, времени горения и температуры нагрева объекта возрастают. При этом образцы толщиной 9 мм нагревают объект выше допустимых значений (450-473 °С). Температура нагрева объекта образцами толщиной 5-7 мм находится в пределах допустимых временных значений в течение требуемых 300 с.

Наличие защитной экранирующей прослойки из асбестовой ткани позволяет снизить тепловой удар от раскаленных продуктов сгорания и сохранить целостность и чистоту поверхности нагреваемого объекта.

Для уменьшения размеров пламени, которое приводит к существенным теплотерям и снижению эксплуатационных характеристик вводили добавку хлорида натрия в количестве 2 % св. 100 %. Действие данной пламягасящей добавки основано на создании на поверхности горения расплавленного слоя хлорида натрия. При этом часть выделяемого в процессе горения тепла затрачивается на процесс плавления, сохраняя запас тепла в конденсированной фазе.

При проведении стендовых испытаний объектом нагрева служили отрезок напорно-всасывающего рукава длиной 0,3 м (рисунок 3 а) и два отрезка, соединенные соединительной головкой (рисунок 3 б). Внутри объектов замораживали лед. На поверхности рукава и соединительной головки крепили термохимическую ленту с прослойкой сверху и снизу из асбестовой ткани. Наружный слой ткани служил теплоизоляцией, внутренний - экранировал от теплового удара при горении пиросоостава.



Рисунок 3 – Внешний вид стендовых испытаний

Результаты стендовых испытаний на отрезке напорно-всасывающего рукава при нагреве лентой с размерами 100×5×130 мм массой 81,25 г показали, что соединительная головка не повреждена, высокая температура не оказала влияния на слои рукава и уплотнительное резиновое кольцо. Продукты сгорания термохимической ленты после сжигания сохранили первоначальную форму образца, и после очистки рукав был готов к проведению следующего эксперимента. Лед по всей длине образца оплавился на глубину 1 см.

В результате нагрева термохимической лентой размером 100×5×300 мм массой 187,5 г, установленной на место крепления соединительных головок двух отрезков напорно-всасывающих рукавов, лед полностью расплавился, образовавшаяся вода частично испарилась. Кроме того, воспламенилась резиновая прокладка, находящаяся внутри рукава непосредственно под местом крепления термохимической ленты. Соединительная головка при этом не пострадала.

По результатам эксперимента можно сформулировать следующие выводы и рекомендации для дальнейших исследований:

- реальный КПД изделия не превышает 50 %, повысить его можно поиском новых путей снижения размеров пламени; усилением теплоизоляции при проведении эксперимента; изменением расположения образца на рукаве (перемещение в нижнюю точку конструкции);

- при расположении термохимической ленты непосредственно на стыке соединительных головок необходимо защищать нагреваемое изделие дополнительным слоем асбестовой ткани;

- необходимо произвести испытания, приближенные к натурным условиям: при отрицательных температурах и при напоре воды в стволе;

- для более точного определения необходимых массово-габаритных типоразмеров пироэлементов с целью создания требуемых температурных полей в нагреваемых объектах необходимо моделировать процессы нагрева с использованием известных законов теплопереноса, применением справочных данных по теплофизическим характеристикам нагреваемых изделий, расчетно-экспериментальной оценкой неизвестных параметров.

### **Заключение**

1. Показана принципиальная возможность использования термохимической ленты для отогревания пожарно-технического вооружения.

2. Для повышения эффективности термохимической ленты для отогрева ПТВ необходимо уменьшить размеры пламени, повышающего опасность эксплуатации изделия и снижающего коэффициент полезного использования выделяемого в процессе горения тепла.

3. Даны рекомендации для корректировки рецептуры состава, массово-габаритных размеров теплогенератора и условий ведения процесса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *О.В. Двоенко* Автореф. дисс.канд. техн. наук, Академия ГПС МЧС России, Москва, 2014. 22 с.
2. *М.В. Алешков, М.Д. Безбородько, Н.П. Копылов, О.В. Двоенко*, Пожаровзрывобезопасность, 25, 12, 61-68 (2016).
3. *И.А. Абдуллин, О. И. Белобородова, В.Н. Ленин, Г. Г. Богатеев, Р.Р. Димухаметов*. Малогазовые тепловые составы: уч. пособие, изд-во КНИТУ. Казань., 2019. с. 6,19-24.

УДК 614.842.615

***О. Н. Белорожев***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОМ ПРОИСШЕСТВИИ НА ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛЯХ И АВТОМОБИЛЯХ С ГИБРИДНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

В статье рассмотрены особенности реагирования пожарно-спасательных подразделений на дорожно-транспортные происшествия. Особое внимание в статье уделяется вопросам проведения аварийно-спасательных работ на электроавтомобилях, представлен порядок действий при работе на дорожно-транспортном происшествии.

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, аварийно-спасательные работ, электроавтомобиль.

***O. N. Belorozhev***

### FEATURES OF CARRYING OUT RESCUE OPERATIONS AT ROAD TRAFFIC ACCIDENT ON ELECTRIC CARS AND CARS WITH THE HYBRID ENGINE

The article deals with the features of the response of fire and rescue units to traffic accidents. Special attention is paid to the issues of emergency rescue operations on electric vehicles, the procedure for working on a traffic accident is presented.

**Keywords:** traffic accident, rescue operations, electric vehicle.

Дорожно-транспортное происшествие (далее - ДТП) – событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы, либо причинен иной материальный ущерб.



Деблокирование – комплекс технологических операций, выполняемых с целью обеспечения доступа к находящимся в заблокированных транспортных средствах или иных конструкциях людям и оказания им помощи.

В 2018 году в Российской Федерации произошло 169432 (-2,5%) дорожно-транспортных происшествия, в результате которых погибло 19 088 (-6%) человек, а 215374 (-2,6%) человека получили ранения. Пожарно-спасательными подразделениями в 2018 году осуществлено 112266 (-5,3%) выездов на ДТП [1].

На сегодняшний день на территории Российской Федерации самым распространенным двигателем является бензиновый двигатель внутреннего сгорания, реже встречаются автомобили с дизельным двигателем внутреннего сгорания, но в последнее время все больше и больше на дорогах нашей страны встречаются автомобили с гибридной силовой установкой и электроавтомобили.

Гибридный автомобиль - автомобиль, использующий для привода ведущих колёс более одного источника энергии. Современные автопроизводители часто прибегают к совместному использованию двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и электродвигателя, что позволяет избежать работы ДВС в режиме малых нагрузок, а также реализовывать рекуперацию кинетической энергии, повышая топливную эффективность силовой установки.

Электромобиль - это автомобиль приводимый в движение только электродвигателем. Электроэнергия хранится в тяговой перезаряжаемой батарее. На электромобиле используется как система напряжением 400 В, так и бортовая система напряжением 12 В.

Данный факт заставляет нас задуматься над особенностями проведения аварийно-спасательных работ по деблокированию пострадавших из электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой при работе пожарно-спасательных подразделений на месте дорожно-транспортного происшествия [2].

Особенности проведения аварийно-спасательных работ на аварийном электромобиле [3]:

1) Средства индивидуальной защиты, необходимые для выполнения работ. Перед любыми работами на поврежденном электромобиле следует надеть средства индивидуальной защиты. Для производства всех работ на аварийном электромобиле необходимо надеть:

- защитную маску (забрало);
- диэлектрические перчатки подходящего размера.

2) Характер рисков и операции, производимые перед работами на аварийном автомобиле:

- поврежденный элемент или кабель цепи с напряжением 400 В может стать причиной ожогов или электротравм в результате электрического удара;

- ношение электрических перчаток и защитной маски (забрало) обязательно во время работ на цепи с напряжением 400 В;

- не прикасаться к поврежденным кабелям оранжевого цвета или элементам цепи с напряжением 400 В, если средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током не надеты;

- при повреждении тяговой батареи через некоторое время может возникнуть пожар. В этом случае необходимо организовать наблюдение за автомобилем или поврежденной батареей в отведенной безопасной зоне хранения для предупреждения возникновения пожара.

### 3) Обездвиживание электромобиля:

- стоящий электромобиль бесшумен. Электродвигатель может оказаться под напряжением и привести электромобиль в движение. Только выключение зажигания ключом гарантирует отключение тяги.

### 4) Размыкание цепи с напряжением 400 В, порядок действий:

- надеть диэлектрические перчатки и защитную маску;

- отыскать предохранитель тяговой батареи;

- снять кожух предохранителя тяговой батареи;

- вынуть предохранитель тяговой батареи.

### 5) Рекомендации по высвобождению людей из потерпевшего аварию электроавтомобиля. Прежде чем приступить к разрезанию электромобиля, необходимо:

- обездвижить электромобиль;

- разомкнуть цепь с напряжением 400 В, действуя в диэлектрических перчатках и защитной маске (забрало);

- отключить 12-вольтовую аккумуляторную батарею, действуя с диэлектрических перчатках и защитной маске (забрало);

- если предохранитель тяговой батареи недоступен, отключить 12-вольтовую аккумуляторную батарею. Ношение диэлектрических перчаток и защитной маски обязательно при работах на цепи с напряжением 400 В (кабели оранжевого цвета и элементы с напряжением 400 В);

- через пять минут после размыкания реле тяговой батареи (вследствие выключения зажигания или удара) напряжение на силовых элементах становится ниже 60 В.

Запрещенные зоны вырезки (рис. 1), где:

1- тяговая батарея.

2- кабели оранжевого цвета цепи с напряжением 400 В.

3- туннель для прокладки кабелей цепи с напряжением 400 В.

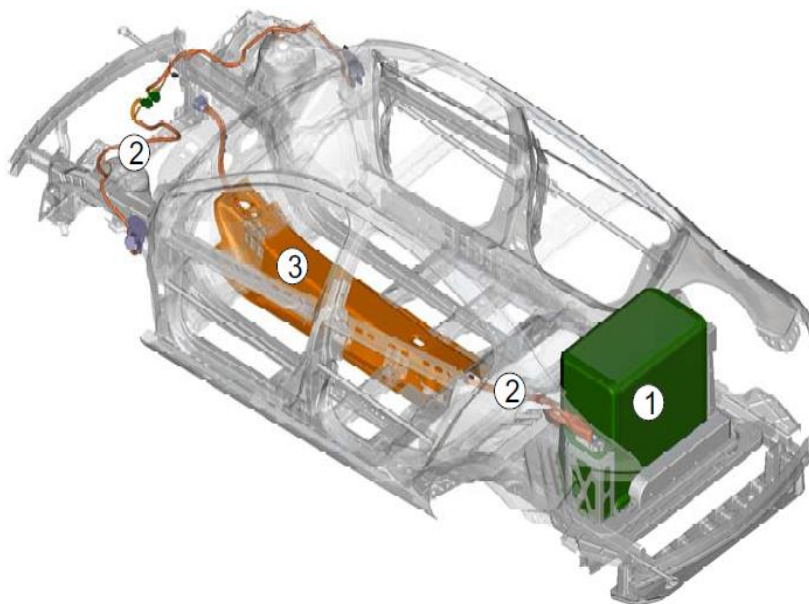


Рисунок 1 – Запрещенные зоны вырезки

Рекомендованные зоны вырезки (рис. 2).



Рисунок 2 – Рекомендованные зоны вырезки

Операции по регулировке сидений и рулевого колеса, вырезание стекол, дверей и крыши такие же, как на автомобиле с ДВС. Легче всего вырезаются зоны из стандартной стали, показанные серым цветом на рисунке.

Действия на горящем электромобиле, если электромобиль горит, а также, если от тяговой батареи идет дым. Электромобиль, от тяговой батареи которого идет дым, может быстро загореться.

Риски и средства защиты:

- при горении электромобиля, как и автомобиля с ДВС, образуются токсичные газы. Газы, выделяющиеся при горении тяговой батареи, не превышают законодательно допустимых порогов. Сотрудники служб оперативного реагирования должны работать в средствах защиты органов дыхания и зрения. После пожара опасность поражения электрическим током сохраняется из-за наличия оголенных элементов, находящихся под напряжением. При необходимости прикоснуться к поврежденным кабелям оранжевого цвета и элементам цепи с напряжением 400 В следует надеть диэлектрические перчатки и защитную маску.

Тушение пожара на электромобиле.

Если горит весь электромобиль:

- поливать электромобиль только очень большим количеством химического раствора, пока батарея полностью не погаснет (заземление приборов подачи обязательно);

- для тушения тяговой батареи необходимо залить большое количество химического раствора непосредственно в отверстия для охлаждения, находящиеся сзади спинки заднего сиденья;

- не вводить приборы подачи непосредственно в отсек тяговой батареи.

Если горит часть электромобиля, кроме тяговой батареи:

- для тушения пожара электрического происхождения, вызванного жгутами проводов, электрическими элементами и т.д., или пожара, возникшего из-за горючих жидкостей (тормозной жидкостью и т.д.), можно применять порошковые (АВС, ВС), и углекислотные огнетушители.

Данная статья издается для изучения личным составом пожарно-спасательных подразделений в целях недопущения травм и поражения электрическим током при проведении работ на электромобилях и автомобилях с гибридной силовой установкой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационно-аналитический бюллетень об организации деятельности территориальных органов МЧС России в области реагирования пожарно-спасательных подразделений на дорожно-транспортные происшествия в субъектах Российской Федерации в 2018 году. МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ).

2. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

3. Руководство для служб оперативного реагирования. Москва, 2011г.

УДК 614.841

***Г. В. Боков***

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

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВЕЩАНИЕ**

Приводится анализ технологических решений по пожарной безопасности реализованных в телевизионных передатчиках. Предложено определения вероятности возникновения пожара с учетом логической взаимосвязи пожароопасных событий и принятых решений по их исключению с учетом надежности элементов передатчика.

**Ключевые слова:** телевизионные передатчики, пожароопасные режимы, технология противопожарной защиты, вероятностная оценка возможности возникновения пожара,

***G. V. Bokov***

## **TECHNOLOGY OF FIRE SAFETY OF TELEVISION TRANSMITTERS IN THE TRANSITION TO DIGITAL TELEVISION**

The analysis of technological solutions for fire safety implemented in television transmitters is given. It is proposed to determine the probability of fire, taking into account the logical relationship of fire events and decisions taken to eliminate them, taking into account the reliability of the transmitter elements.

**Keywords:** television transmitters, fire-hazardous modes, fire protection technology, probabilistic assessment of the possibility of fire,

Переход в России на цифровое телевидение потребовал применения новых передатчиков. В связи с этим встал вопрос об их пожарной безопасности на уникальных объектах, таких как Останкинская телевизионная башня.

Телевизионный передатчик представляет собой сложное электрическое изделие с множеством всевозможных цепей. А электрическая цепь, находящаяся под напряжением, потенциально представляет пожарную опасность, которая может проявиться при определенных нежелательных условиях, возникающих в процессе эксплуатации электрического изделия. В электрических цепях могут быть различные значения тока, напряжения и мощности, которые при отказе одного из электрических элементов цепи могут привести к возникновению загорания. В процессе конструирования и производства радиоэлектронной аппаратуры, выполняются требования

пожарной безопасности, обеспечивается ее допустимый уровень, определяемый современным состоянием компонентной базы, электротехнических материалов и совершенством схемных решений. Подтверждение соответствия требованиям пожарной безопасности, установленным для электрических изделий, в настоящее время должно осуществляться в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ЕАЭС по безопасности низковольтного электрооборудования [1]. Но не все передатчики проходят данную процедуру.

Технические условия на разработку проекта реконструкции и модернизации Останкинской телебашни устанавливают, что при выборе оборудования необходимо применять пожаробезопасные электрические изделия и оборудование. Это должно быть подтверждено сертификатами, а в случае если оборудование не включено в перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации в области пожарной безопасности, то расчетами, протоколами испытаний на пожарную безопасность или другими документами, подтверждающими указанные свойства, и выданными в установленном порядке.

Поэтому после монтажа телевизионного передатчика на Останкинской телевизионной башне, с привлечением ВНИИПО, совместно со службой главного технолога, обслуживающей передатчики, проводятся обследования его в части обеспечения пожарной безопасности, с оценкой вероятности возникновения пожара  $Q_n$ , которая может быть представлена в общем виде как:

$$Q_n = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Q_{ni})$$

где  $Q_{ni}$  – вероятность возникновения пожара от  $i$ -ой составной части (блока или узла) передатчика;

$n$  – количество пожароопасных составных частей передатчика.

Для расчета вероятности необходимо проведение анализа электрической схемы конкретного передатчика, с целью выявления возможных аварийных пожароопасных режимов и наличия защит от пожароопасных значений электрических параметров в этих режимах, которые находятся под постоянным контролем автоматики и специалистов технологической службы. При этом анализируются особенности конструктивного исполнения в части возможного возникновения пожароопасных режимов и технологии обеспечения пожарной безопасности путем исключения появления источника зажигания в передатчике, с учетом положений, изложенных в нормативной и технической документации в области пожарной безопасности для радиоэлектронной аппаратуры и оборудования информационных технологий.

Анализ конструктивного исполнения, особенностей технической документации и нормативной базы по безопасности, проведенный для ряда передатчиков, работающих на Останкинской телевизионной башне,

позволил отметить их особенности в части пожарной безопасности с вероятностной оценкой возможности возникновения пожара.

Проведенные исследования показали, что телевизионные передатчики, применяемые для общественного телевидения, используются в основном импортного производства. В части безопасности они должны соответствовать IEC 60950-1 [2] и IEC 60215 [3]. В России требования пожарной безопасности для радиоэлектронной аппаратуры и оборудования информационных технологий представлены в таких стандартах как ГОСТ Р 50829-95 [4], ГОСТ Р МЭК 60065-2002 [5], ГОСТ IEC 60950-1-2014 [6]. В соответствии с этими стандартами применение электроизоляционных и конструкционных полимерных материалов должно осуществляться в зависимости от особенностей работы составной части электрического изделия. Кроме того, устанавливаются требования к элементам информационного оборудования с учетом возможности возникновения аварийных режимов в процессе эксплуатации. Критерии соответствия установленным требованиям пожарной безопасности приведены в этих стандартах.

В Евросоюзе требования по безопасности для такого рода аппаратуры устанавливают европейские нормы EN 60215 (раздел 3.1A) [7], EN 60950 [8], а в международной практике соответственно стандарты, IEC 60950 [2], IEC 60215 [3].

Для единично поставляемого передатчика и уже установленного на рабочем объекте проведение испытаний в аварийных режимах не возможно, так как это приведет к уничтожению отдельных элементов передатчика и потере его работоспособности. В этом случае может быть использован вероятностный метод оценки возможности возникновения пожара в передатчике.

В настоящее время по пожарной безопасности, кроме положений публикаций МЭК 60950, требуется оценка вероятности возникновения пожара от передатчика в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 [7]. Этому же, требует пункт 9.1 ГОСТ Р 50829-95 [4]. Он устанавливает, что аппаратура должна быть сконструирована таким образом, чтобы вероятность возникновения огня и его распространения была сведена до минимума. Численное значение этого минимума установлено ГОСТ 12.1.004-91. По п.1.7 этого стандарта вероятность возникновения пожара от электрического изделия не должна превышать  $1 \times 10^{-6}$  в год.

В процессе проведенных исследований, расчет вероятности возникновения пожара от передатчика, как сложного изделия, осуществлялся на основе анализа электрической схемы с учетом выявленных пожароопасных режимов, показателей надежности составных частей, используемых элементов электрической защиты, с учетом их логической взаимосвязи и технологии телевидения с исключением пожароопасных режимов.

Результаты обследования передатчика, предназначенного для цифрового телевидения, анализ его электрической схемы, технологии защиты от возникновения пожароопасных проявлений, позволили отметить незначительное применение полимерных материалов в конструктивных деталях и выделить его составные части и режимы, которые представляют пожарную опасность. К таким составным частям следует отнести сетевой коммутатор, возбудитель, блок управления, усилитель мощности, источник питания, электродвигатели системы охлаждения, делитель, сумматор, фильтр низких частот, фидер антенный.

Составные части передатчика расположены в металлическом шкафу. Электрическая защита от пожароопасных проявлений по цепям питания передатчика от сверхтока выполнена с помощью автоматических выключателей.

Блок управления позволяет контролировать работу передатчика и выявить возникновение пожароопасных параметров в функциональных блоках передатчика. Он контролирует выходную и отраженную мощности, отклонения которых могут привести к локальному перегреву, как антенного фидера, так и выходных элементов передатчика. С помощью блока управления осуществляется контроль температуры внутри шкафа, индицируются аварийные ситуации в передатчике. Блок управления отключает передатчик при превышении максимально допустимой мощности. Дисплей блока управления передатчика позволяет осуществлять контроль наиболее значимых параметров. Неисправности отражаются на дисплее для принятия решения обслуживающим персоналом технологической службы. Имеется индикация отдельных функций и состояний передатчика, включая мощности падающей и отраженной волны, температурного режима, электрических параметров и их отклонений, появление неисправностей, что позволяет кроме автоматики принять меры по исключению пожароопасной ситуации оперативным персоналом по обслуживанию передатчиков.

Фильтр подавляет внеполосные излучения в диапазоне гармоник. Он настраивается на предприятии изготовителе, пассивен и рассеивает энергию нежелательных гармоник, исключая превышения температуры до пожароопасных значений.

Осуществляется контроль падающей и отраженной мощности и мониторинг выходного сигнала передатчика.

С целью исключения превышения температуры радиатора балластной нагрузки, используется вентилятор с питанием от сети 220В через термоконтакт срабатывающий при 70<sup>0</sup>С. Цепь питания вентилятора от протекания сверхтока защищена предохранителями с плавкой вставкой. Кроме того, для исключения перегрева передатчика при пропадании охлаждающего воздушного потока имеется блокировка, срабатывание которой приводит к отключению передатчика. По блочно осуществляется контроль параметров передатчика. В случае выхода параметра за пределы



допуска система контроля оповещает об этом звуковым сигналом, индикацией на дисплей и светодиодными индикаторами на передних панелях блоков. При аварии появляется информация о причине отказа и времени, когда он произошел. Если температура в шкафу превышает  $65^{\circ}\text{C}$ , то могут отключиться функциональные блоки и на дисплее появится надпись « $T > 65^{\circ}\text{C}$ ». При этом загорается красный светодиод для информации обслуживающего персонала. Если происходит превышение выходной мощности свыше номинального значения, то могут отключаться усилительные блоки. Превышение отраженной мощностью максимально допустимого значения приводит к отключению передатчика по коэффициенту стоячей волны. Система контроля отраженной мощности, позволяет снизить возможность перегрева и загорания передатчика или антенного фидера из-за образования стоячей волны.

Таким образом, технология обеспечения пожарной безопасности цифровых телевизионных передатчиков реализована путем применения характерных конструктивных и схемных решений, учитывающих особенности работы передатчика в пожароопасных режимах и функционирующих в автоматическом режиме под наблюдением обслуживающего персонала. В совокупности это позволит обеспечить необходимый уровень пожарной безопасности передатчика путем исключения появления источника зажигания.

Технология обеспечения пожарной безопасности передатчика и результат ее применения связаны с показателями надежности составных частей и элементов электрической и тепловой защиты передатчика. Это отражается вероятностью возникновения пожара в передатчике.

Любому схемно-конструктивному исполнению передатчика соответствует определенная вероятность возникновения пожара. Допустимое значение этой вероятности устанавливает ГОСТ 12.1.004-91 [7]. Используемая в исследовании методика оценки позволяет определить вероятность возникновения пожароопасных режимов на основе данных о надежности составных частей передатчика, учесть влияние примененной электрической и тепловой защиты на возможность их существования в элементах электрической схемы и определить вероятность возникновения пожара в передатчике при возможных отказах составных частей.

На основе результатов проведенного анализа выполнялся расчет вероятности пожара для конкретного типа передатчика. По электрической схеме устанавливалась логическая взаимосвязь событий, способствующих возникновению пожара, с последующей математической обработкой. Путем сравнения полученного значения вероятности возникновения пожара с регламентируемым значением по ГОСТ 12.1.004 [7], делалось заключение о достаточности конструктивных и технологических мер обеспечения пожарной безопасности составных частей и в целом телевизионного передатчика.

### Вывод

Для работающего телевизионного передатчика, с целью подтверждения эффективности конструктивных и технологических решений по обеспечению его пожарной безопасности, необходимо проведение анализа электрической схемы, выявление пожароопасных аварийных режимов, построение логической взаимосвязи событий, способствующих возникновению пожара и на их основе, с учетом показателей надежности, проведение вероятностной оценки возможности возникновения пожара.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР ТС 004/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности низковольтного оборудования» (с изменениями на 9 декабря 2011 года).
2. IEC 60950-1 Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements.
3. IEC 60215 «Safety requirements for radio transmitting equipment».
4. ГОСТ Р 50829-95 Безопасность радиостанций, радиоэлектронной аппаратуры с использованием приемопередающей аппаратуры и их составных частей. Общие требования и методы испытаний.
5. ГОСТ Р МЭК 60065-2002 Аудио-, видео- и аналогичная электронная аппаратура. Требования безопасности
6. ГОСТ IEC 60950-1-2014 Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования.
7. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

УДК 614.84

*А. Ю. Быданцев, А. Н. Мальцев*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОБЗОР И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОЖАРУТУШЕНИЯ ДЛЯ ТОРГОВО – РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ**

В данной статье рассматривается проблема осуществления требований пожарной безопасности, предъявляемые к зданиям торгово – развлекательных центров.

**Ключевые слова:** торгово-развлекательный центр, пожарная безопасность, тромбон.

*A. N. Maltsev, A.Yu. Bydantsev*

## **OVERVIEW AND SELECTION OF AUTOMATIC FIRE FIGHTING EQUIPMENT FOR SHOPPING AND ENTERTAINMENT CENTERS**

This article discusses the problem of implementing fire safety requirements for buildings of shopping and entertainment centers.

**Keywords:** shopping and entertainment center, fire safety, trombone.

Согласно справке, подготовленной Департаментом надзорной деятельности и профилактической работы по анализу обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации за последние несколько лет, можно отметить, что количество пожаров и различного рода чрезвычайных ситуаций в торгово - развлекательных центрах остается все еще довольно значительным (порядка 5-7%). Практически ежемесячно на территории Российской Федерации в таких зданиях происходят серьезные пожары, причинами которых чаще всего служат неосторожное обращение с огнем и неисправности электрооборудования и проводки.

В настоящее время в нашей стране происходит активное развитие малого и среднего предпринимательства, рыночных отношений, торговли товарами и услугами. В связи с громадными по нынешним меркам темпами роста рынка, возникает вопрос со строительством новых площадок (зданий) для реализации того или иного продукта, либо менять функциональное назначение уже построенных в советский период.

Торгово-развлекательные комплексы имеют свои тактические особенности:

- занимают большие площади, в них одновременно может находиться до нескольких тысяч человек;
- в здании имеется большое количество помещений различного назначения с различной степенью пожарной загрузки;
- в этих зданиях люди находятся в различном эмоциональном состоянии.

Например, в городе Ярославль с населением в 600 тысяч человек, количество торговых центров составляет свыше 60 единиц. Ежедневно через них проходит порядка двух – трех тысяч человек. Поэтому обеспечению пожарной безопасности на таких объектах должно осуществляться на высшем уровне. Исходя из указанных выше особенностей торгово-развлекательных комплексов, обеспечение пожарной безопасности носит актуальный характер.

В настоящее время крупные торговые центры оборудуются, как правило, дренчерными и спринклерными установками пожаротушения. Данное оборудование производится как отечественными, так и зарубежными производителями. Ведущую роль на Российском рынке

систем автоматического пожаротушения играют такие компании, как «Спецприбор», «Трамбон», «Болид», «Спецавтоматика» и др. Эти фирмы предлагают следующие виды оборудования:

- сигнализаторы;
- приемно-контрольные и управляющие приборы;
- автоматические водопитатели и многое другое.

На наш взгляд, достаточно перспективным является оборудование фирмы «Трамбон», поскольку с экономической точки зрения стоимость оборудования относительно невелика, а технические характеристики на уровне ведущих конкурентно способных производителей такого рода товара. Ниже продемонстрирована сравнительная таблица характеристик прибора управления «Трамбон – ПУ – М – 16» и зарубежного аналога INTER-M.

Таблица 1 - Технические характеристики приборов управления системы автоматического пожаротушения

Технические характеристики	«Трамбон-ПУ-М-16»	INTER-M
Количество блоков резервного питания, шт.	1	1
Количество генераторов сигнала сирены, шт.	1	2
Количество записей сообщений	6	7
Зоны оповещения	16	5
Напряжение питания, В	220	220
Габаритные размеры, мм	483 x 430 x 190	420 x 132 x 360
Масса, кг	12,50	15,50
Стоимость, руб.	97 000	102 000
Звуковая мощность, Вт	–	360
Страна-производитель	Россия	Южная Корея

В данной работе мы приводим расчет и выбор необходимого оборудования для обеспечения пожарной безопасности и средств оповещения при возникновении пожарной опасности на торговых площадках среднего размера (500 м<sup>2</sup>).

Торговые помещения должны быть оборудованы следующими системами противопожарной защиты:

- а) внутренним противопожарным водопроводом;
- б) автоматической системой спринклерного пожаротушения с интенсивностью орошения  $I = 0,12 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$  и суммарным расходом не менее 10 л/с.

Насосную станцию системы автоматического пожаротушения следует проектировать согласно СП 10.13130.2009 [1] в помещении первого этажа с самостоятельным выходом наружу. Помещение должно быть

отапливаемым и должно отделяться от других помещений противопожарным перекрытием 1-го типа, противопожарными перегородками 1-го типа.

Для определения диаметров трубопроводов, типа и параметров основного водопитателя для спринклерной установки водяного пожаротушения проводился гидравлический расчет.

На основании СП 5.13130.2009 [2] выбирались исходные данные для проектирования:

- 1) группа помещений – 1;
- 2) интенсивность орошения водой – 0,08 л/(с · м<sup>2</sup>);
- 3) расход воды, не менее – 10 л/с;
- 4) площадь для расчета расхода воды – 60 м<sup>2</sup>;
- 5) продолжительность работы установок водяного пожаротушения – 30 мин;
- б) максимальное расстояние между спринклерными оросителями – 4 м<sup>2</sup>.

Указанные исходные данные соответствуют большинству типов торговых площадок.

На основании проведенных расчетов предлагается следующая схема размещения оросителей спринклерного типа в торговом помещении (рис. 1).

В соответствии с СП 5.13130.2009 [2], п. 5.2.23 – в спринклерных автоматических установках пожаротушения на питающих и распределительных трубопроводах диаметром DN 65 и более допускается установка пожарных кранов по СП 10.13130.2009, ГОСТ Р 51049, ГОСТ Р 51115, ГОСТ Р 51844, ГОСТ Р 53278, ГОСТ Р 53279 и ГОСТ Р 53331.

На основании СП 10.13130.2009 [1] и проведенных вычислений требуется обеспечить следующие технические характеристики:

- 1) количество струй – 2;
- 2) минимальный расход воды на внутреннее пожаротушение – 2,5 л/с на одну струю;
- 3) расчетные параметры пожарных кранов должны быть следующими: пожарный кран диаметром 50 мм; напор 10 м у пожарного крана с рукавом 20 м; диаметр spryska наконечника пожарного ствола 16 мм.

Системы автоматического пожаротушения должны дополняться автоматическими установками пожарной сигнализации. Проектируемый объект защиты должен оборудоваться системой оповещения и управления эвакуацией не ниже 4-го типа, которая включает в себя: речевое оповещение (передачу специальных текстов), световые оповещатели «Выход», статические указатели направления движения, разделение здания на зоны пожарного оповещения, обратную связь зон оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской, допускается звуковой способ оповещения (сирена, тонированный сигнал и др.), световые мигающие указатели,

динамические указатели направления движения, допускается возможность реализации нескольких вариантов организации эвакуации из каждой зоны оповещения. В качестве прибора управления техническими средствами оповещения и эвакуацией предлагается «Тромбон ПУ-М» (рис. 1). Прибор обеспечивает сбор сигналов тревоги пожарной сигнализации, анализирует их и выдает управляющие сигналы на основе результатов анализа, являясь, таким образом, многофункциональным блоком. Также он осуществляет управление усилителем мощности, световым и речевым оповещением, способен генерировать звуковые сигналы в рамках необходимости, а также распределять их по зонам оповещения. Многофункциональность дополняется генератором тревожных сигналов, встроенным цифровым магнитофоном и микрофоном.



Рисунок 1 - Прибор управления «Тромбон ПУ-М»

На основании вышеизложенного можем сделать следующие выводы и предложения:

На основании вышеизложенного можем сделать следующие выводы и предложения:

- 1) для систем автоматического пожаротушения рационально выбрать оросители марки СВН-10, клапан GreenellF-200 модели AV-1;
- 2) для подачи воды наилучшим образом зарекомендовал себя насос марки Д200-90б с электродвигателями мощностью 55,0 кВт;
- 3) для поддержания рабочего давления в сети рекомендуется установка жокей-насоса марки КМ80-50-200/2-5, включающегося при падении давления в сети на 1 атм;
- 4) для управления техническими средствами оповещения и эвакуацией рекомендуется установка прибора «Тромбон ПУ-М».

Рассматриваемые в данной статье объекты являются довольно сложными, требующими исключительно комплексного и ответственного подхода. Работы по проектированию противопожарных систем должны начинаться с формирования технического задания на разработку систем противопожарной защиты и проводиться на этапе проектирования самого объекта защиты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности.

2. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

3. *А. Н. Мальцев*. Выбор и расчет автоматических систем пожаротушения в торгово – развлекательных комплексах. Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. 2017. С. 146-149.

УДК 614. 844

*Д. В. Василевич, В. В. Лахвич, Д. С. Миканович*  
Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТАНОВОК ПОДАЧИ ОГNETУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Проведен сравнительный анализ устройства и технических характеристик установок подачи воды под высоким давлением. Рассмотрен вопрос о доработке конструкции установок для подачи воды под высоким давлением, стоящих на вооружении в МЧС Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** установка для подачи воды под высоким давлением, абразивный материал, резка водой строительных конструкций.

*D. V. Vasilevich, V. V. Lakhvich, D. S. Mikanovich*

## **PROMISING MEANS OF EXTINGUISHING FIRES WITH THE USE OF HIGH-PRESSURE FIRE EXTINGUISHING MEDIA SUPPLY UNITS**

The issue of supplying fire extinguishing substances and reducing the temperature in a burning room as soon as possible with ensuring maximum safety of firefighters is considered. The question of finalizing the design of high-pressure water supply systems in service with the Ministry of Emergency Situations was considered.

**Keywords:** Installation for water supply under high pressure, abrasive material, water cutting of building structures.

Одной из главных задач МЧС является спасение людей и материальных ценностей в случае возникновения пожара. Поэтому вопрос разработки и применения перспективных средств и методов тушения пожаров остается актуальным. Ущерб от пожара напрямую зависит от времени его свободного развития и оперативности тушения, что в значительной мере определяется временем ввода первого ствола и эффективностью применения огнетушащих средств.

Из приведенных статистических данных (рисунок 1) [1] следует, что основным огнетушащим средством по-прежнему остается вода, по причине ее доступности и дешевизны. При этом необходимо подчеркнуть, что тушение водой достигается при весьма существенных ее расходах, а для успешной ликвидации пожара необходимо, во-первых, иметь ее достаточное количество, и, во-вторых, обеспечить минимальное время подачи первого ствола. Стоит отметить, что обычные системы непрерывного тушения используют подачу большого количества воды в течение продолжительного времени, при этом подавляющая ее часть (до 90%) расходуется не эффективно. Немаловажно и то, что при тушении пожара вред от излишне пролитой воды может быть сопоставим с материальным ущербом от самого пожара.

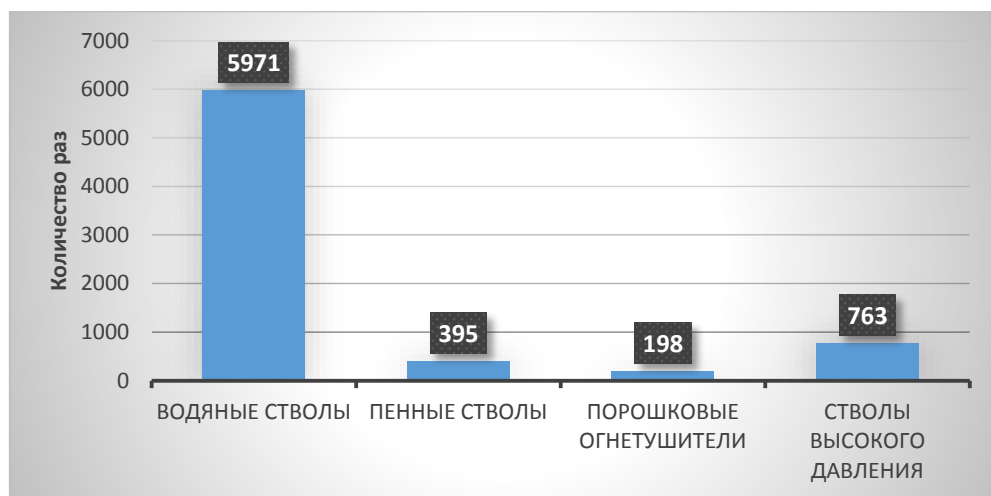


Рисунок 1 – Огнетушащие средства, применяемые для тушения пожаров за 2018 год в Республике Беларусь

Известно, что эффективность применения воды возрастает при ее подаче на очаг в тонкораспыленном виде, за счет более высокого охлаждающего эффекта мелких капель жидкости [2-3]. Установки высокого давления позволяют подавать мелкодисперсную воду и использовать огнетушащее вещество максимально эффективно (до 75%) при тушении пожаров, а возможность подачи воды с внешней стороны здания в очаг пожара существенно увеличивает оперативность подачи первого ствола на тушение пожара.

Также стоит отметить, что согласно статистических данных 78 % всех пожаров происходит в жилом фонде. Стремясь сохранить свое имущество, люди устанавливают металлические входные двери, которые представляют существенную преграду, для пожарных. Основные способы вскрытия таких дверей связаны с использованием аварийно-спасательного инструмента, при этом для проведения данного вида работ необходимо затратить значительное количество времени.



На основании вышеизложенного, вопрос подачи огнетушащих веществ для снижения температуры в максимально короткие сроки и обеспечения высокого уровня безопасности пожарных является весьма актуальным.

В настоящее время в области пожаротушения широкое применение получили установки подачи воды высокого давления. Как правило, такими установками комплектуются пожарные автомобили быстрого реагирования. Установки можно использовать в различных чрезвычайных ситуациях, таких как тушение автомобильного транспорта, тушение пожаров в многоэтажных зданиях, тушение промышленных и жилых помещений.

Сегодня, особый интерес представляет установка подачи воды высокого давления «Собра», разработанная шведской компанией Cold Cut Systems, которая предназначена для тушения пожаров. Данная установка имеет преимущество за ее способность подавать огнетушащее вещество снаружи горящего помещения. Это достигается путем проделывания отверстия диаметром около 3 мм в любой строительной конструкции с помощью потока огнетушащего вещества под высоким давлением, смешанного с абразивом [4].

После того, как в строительной конструкции образовалось отверстие, подается огнетушащее вещество, которым является мелкодисперсная вода, в течение несколько секунд, чего достаточно, чтобы температура в помещении начала существенно снижаться. Это позволяет пожарным зайти внутрь помещения и произвести дотушивание очагов пожара, максимально обезопасив себя от воздействия высоких температур и возможных последствий от развившегося пожара. При этом следует отметить, что быстрое снижение температуры положительным образом будет влиять на людей, которые могут находиться в помещении. Немаловажно и то, что быстрое снижение температуры происходит без введения большого количества кислорода, что снижает вероятность возникновения вспышки или обратной тяги, или взрыва пиролизованного материала.

«Кобра» состоит из насоса высокого давления, привода насоса, емкости для воды и пенообразователя, емкости для абразивного материала, шланга и ствола высокого давления.

Основными преимуществами системы пожаротушения «Кобра» по словам производителей являются:

- снижение влияния опасных факторов на участников тушения пожаров, поскольку тушение ведется с безопасной позиции;
- экономия времени, которое достигается за счет быстрого развертывания системы пожаротушения «Кобра» (1-2 минуты) и ее действия на ранней стадии распространения огня - охлаждение и снижение активности горючих газов;
- система пожаротушения «Кобра» обеспечивает скорость подачи воды 60 литров в минуту под высоким давлением, и при этом большая часть

использованной воды испаряется при контакте с горючими газами или горячими поверхностями;

- улучшение доступа к пожару в закрытых помещениях с ограниченным доступом, таких как двойные полы, стены и кровельные конструкции, чердаки, вентиляционные каналы и др.;

- с системой может работать один человек, но обычно расчет должен состоять из двух человек: оператора, работающего с копьем, и помощника, который следит за горящим помещением и ситуацией с помощью тепловизора;

- система проста в использовании и имеет небольшой вес. Может быть установлена на небольшую автомашину. Тонкая рукавная линия может достигать до 300 метров в длину.

Существует значительная разница в тактическом использовании метода пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра» и традиционных методов пожаротушения, особенно когда необходимо потушить возгорание в закрытом помещении. Чем меньше отверстие через которое подается вода, и выше степень распыленности, тем более эффективно уменьшается температура внутри помещения. Вода, преобразуясь в водяной пар и имея большую степень соприкосновения, эффективно охлаждает и нейтрализует горючие газы, снижая общую температуру пожара, концентрацию дыма и соответственно увеличивает видимость. Опыт применения метода пожаротушения «Кобра» показывает, что это также эффективный инструмент борьбы с хорошо вентилируемыми пожарами.

В органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь для пожарных аварийно-спасательных автомобилей широкое применение получили установки высокого давления «Limens». Данная установка состоит из двигателя внутреннего сгорания, насоса высокого давления, бака для воды, бака для пенообразователя, шланга высокого давления, ствола для подачи огнетушащих веществ. Основные технические характеристики «Limens» представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики установки «Limens»

№	Наименование	Технические характеристики
1	Длина шланга (стандартная комплектация)	60 метров
2	Рабочее давление системы	150 Бар
3	Расход воды	30 л/мин.

По своему общему устройству, и техническим характеристикам «Limens» схож с установкой «Pyrolance». Кардинальное отличие «Limens» заключается в отсутствии возможности добавки абразивного материала в поток воды, и как следствие, в отсутствии возможности производить резку строительных материалов, для подачи огнетушащих веществ снаружи горящего помещения.

Достаточно большое количество компаний, в том числе «KARCHER», «BOSCH», «STIHL» производят установки для подачи воды под высоким

давлением. В комплект к данным установкам входит и система для проведения абразивной обработки поверхности материалов. Основная часть этой системы представляет собой насадок, выполненный в виде струйного насоса. Данный насадок крепится на конец корпуса ствола высокого давления (рисунок 2).



а

б

Рисунок 2 – Применение мойки высокого давления для обработки поверхности материала:

а – абразивная обработка поверхности; б – общий вид пескоструйного насадка

При прохождении воды через ствол и соответственно насадок, в последнем создается разрежение из-за чего происходит забор абразивного материала. Однако струя, формируемая на выходе, является не точечной, поскольку она предназначена для обработки поверхности, а не для ее прорезания (пирсинга).

**Заключение.** На основании вышеизложенного, целесообразно доработать конструкцию установки высокого давления «Limens», которые стоят на вооружении МЧС, а именно проанализировав технические характеристики системы «Кобра» представляет интерес провести исследования по возможности применения «Лименс» абразивных насадок, что позволит разработать систему, позволяющую производить добавку абразивного материала в поток воды, способный прорезать строительные конструкции в минимально короткое время, близкое к значениям в таблице 3, что обеспечит эффективную ликвидацию пожаров и безопасность самих пожарных при подаче огнетушащих веществ с внешней стороны здания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сведения о чрезвычайных ситуациях, происшедших в Республике Беларусь за 12 месяцев 2018 года / - Минск: Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций, 2019. – 12 с. – (Обзорная информация / Министерство по чрезвычайным ситуациям НИИПБиЧС).

2. Богданова, В.В. Эффективность применения установок импульсного пожаротушения в зависимости от природы огнетушащего средства / В.В.

Богданова, В.В. Лахвич, А.В. Врублевский // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь - № 2. – 2008. – С. 61-64

3. *Лахвич В.В.* Исследование факторов, оказывающих влияние на эффективность тушения синтетическими жидкостными составами в установках с ограниченным запасом огнетушащих средств // Чрезвычайн. ситуации: предупреждение и ликвидация. - № 1 (27). – 2010. – С. 89-98.

4. Установка тушения пожаров «Cobra» [Электронный ресурс] / Способ пожаротушения с использованием «Cobra». – ColdCut Cobra, 2013. – Режим доступа: <http://www.coldcutsystems.com/products>. – Дата доступа: 23.11.2018.

УДК 64.066.8

*А. В. Викман, Ю. Е. Актерский*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

## **ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

В статье обоснована и показана важная роль применения автоматизированных систем управления комплексной безопасностью в составе опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли.

**Ключевые слова:** безопасность, опасные производственные объекты, нефтегазовая отрасль, автоматизированные системы управления, пожар, чрезвычайная ситуация.

*A. V. Vikman, Y. E. Akterskiy*

## **ON INCREASING EFFICIENCY OF THE SYSTEM OF INTEGRATED SAFETY OF DANGEROUS PRODUCTION FACILITIES OF THE OIL AND GAS INDUSTRY**

The article substantiates and shows the important role of using automated safety management systems as part of hazardous production facilities in the oil and gas industry.

**Keywords:** safety, hazardous production facilities, oil and gas industry, automated control systems, fire, emergency.

Повышение эффективности защиты опасных производственных государственных, промышленных и коммерческих объектов нефтегазовой отрасли, где в настоящее время наблюдается существенный рост масштабов добычи и переработки углеводородных продуктов, внедрение новых интенсивных технологических процессов, связанных с использованием более высоких температур и давлений, укрупнение единичных мощностей перерабатывающих установок и аппаратов, наличие в них больших запасов взрывоопасных, пожароопасных, взрывопожароопасных и токсикоопасных

веществ, в условиях имеющихся и прогнозируемых угроз, включая природные, техногенные и антропогенные угрозы, является актуальной задачей, направленной на обеспечение комплексной безопасности [3] таких объектов и минимизацию потенциального ущерба. Комплексная безопасность объектов – это безопасность при наличии нескольких видов и/или источников опасности [2].

Проанализировав возможный спектр угроз, можно выделить важнейшие составляющие комплексной безопасности опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли: антитеррористическая и противодиверсионная безопасность; пожарная безопасность, информационная и технологическая безопасность (инженерных систем и конструкций); взрывобезопасность; радиоэлектронная, радиационная, химическая и бактериологическая безопасность; навигационная и воздушная безопасность; безопасность связи и передачи данных; медицинская безопасность.

Согласно исследованиям, реализация указанных составляющих становится возможной в рамках создания системы комплексной безопасности опасных производственных объектов как интегрированного решения, обеспечивающего противодействие всем прогнозируемым угрозам на новом информационно-технологическом уровне.

Система комплексной безопасности опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли является организационно-технической системой, предназначенной для предотвращения угроз и обеспечения безопасности опасных производственных объектов путем снижения рисков, обусловленных несколькими видами и/или источниками опасности, и включающей в себя совокупность объектовых средств и комплексов безопасности, а также средств и систем оснащения подразделений безопасности, объединенных системой сетевого компьютерного управления. Безопасность опасных производственных объектов - это не только прямое соблюдение всех обязательных правил, это, прежде всего, стабильная работа основного производства с применением исправного оборудования, проведение своевременных и качественных ремонтов, а в случае необходимости его модернизация или замена [1]. В зависимости от типа объекта различаются стационарные и мобильные системы комплексной безопасности опасных производственных объектов.

Основными факторами, определяющими эффективность таких систем, являются: полнота учета источников опасности, уровень резервирования мер по упреждению угроз безопасности, уровень совершенства применяемых технических средств безопасности, полнота и достоверность оценки оперативной ситуации, уровень информационной осведомленности лиц, принимающих решение, способность систем адаптироваться к текущим условиям применения, удобство и технологичность способов объединения средств безопасности в единую систему.

С целью обеспечения взаимодействия всех участников процесса управления комплексной безопасностью, систем и подсистем, необходимо предусмотреть: единую концепцию оценки безопасности предприятия и совокупность критериев такой оценки, сформировать общие требования и задачи к системе комплексной безопасности опасного производственного объекта нефтегазовой отрасли, разработать принципы построения и функционирования системы комплексной безопасности, механизм обмена информацией между экспертами, возможность согласования решений и поиска компромиссов при планировании и реализации мероприятий по управлению безопасностью. Исходя из прогнозируемых угроз, сформировать состав и структуру, построения системы комплексной безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса.

Из выше изложенного следует, что система комплексной безопасности опасных производственных объектов является сложной системой, создание и развитие которой рационально осуществлять согласно организационно-техническим принципам, к которым относятся: безусловность повышения эффективности комплексной безопасности опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли при вводе в состав системы комплексной безопасности вновь разрабатываемых систем и средств; программно-целевое планирование; поэтапность развития; принцип ресурсосбережения, позволяющий обеспечить безопасность опасным производственным объектам и снижение потерь от источников опасности в условиях ограниченности ресурсов; принцип межведомственной концентрации бюджетных средств, при создании новых видов средств безопасности, характеризующихся универсальностью применения и наиболее высоким уровнем сложности.

Представленные организационно-технические принципы направлены на обеспечение эффективности и целенаправленности процесса создания и развития системы комплексной безопасности. Основу целенаправленности здесь должно составлять программно-целевое планирование, а сложности финансовых и временных ограничений – разрешаться за счет поэтапности развития, применения ресурсосберегающих технических решений и технологий.

С учетом вышесказанного этапы развития системы комплексной безопасности будут отражать постепенность наращивания технико-технологических возможностей системы, начиная с ее построения на основе существующих серийно выпускаемых комплектующих средств безопасности с последующим переоснащением на вновь разработанные образцы. Общая направленность совершенствования при этом будет заключаться в переходе от современных серийных изделий к роботизированным составным частям системы комплексной безопасности с интеллектуальной сетевидной системой управления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утв. приказом Ростехнадзором от 25 марта 2014 г. № 116. Сер. 20. Вып. 16. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016.
2. ГОСТ Р 53195.1-2008: Безопасность функциональная связанных с безопасностью зданий и сооружений систем.
3. *Ю.Е. Актерский, А.С. Смирнов* Управление эффективностью деятельности органов Государственного пожарного надзора в условиях динамического изменения параметров среды функционирования объектов нефтегазового комплекса // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. - 2011. - №3.
4. *Актерский Ю.Е., Хомоненко А.Д.* Моделирование и расчет потребности специалистов для сложных социо-технических систем. - СПб.: Известия ПГУПС, 2008, Вып. 3.
5. Промышленная безопасность опасных производственных объектов: Уч. пособие/*Храмцов Б.А.* - Белгород: Изд-во БГТУ им. Шухова В.Г., 2007- 187с.

УДК 614.82

***Т. В. Гулева, И. М. Чистяков, А. А. Степанова***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТЕХНИКИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧС НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Статья посвящена вопросу применения робототехнических комплексов при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций на взрывопожароопасных объектах.

**Ключевые слова:** робототехнические комплексы, взрывопожароопасные вещества и материалы, взрывопожароопасные объекты, авария, ликвидация ЧС.

***T. V. Guleva, I. M. Chistyakov, A. A. Stepanova***

### THE USE OF ROBOTICS TO COPE WITH EMERGENCY SITUATIONS ON POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS

The article is devoted to the application of robotic systems in fire extinguishing and emergency response at explosive and fire-hazardous facilities.

**Keywords:** robotic systems, explosive substances and materials, fire and explosion hazardous facilities, accident and elimination of emergencies.

На всех этапах своего развития человек тесно связан с окружающей природной средой и средой обитания. В современном мире население Земли всё больше и больше ощущает проблемы, которые возникают в высокоиндустриальном обществе. Значительную угрозу представляют крупные аварии, инциденты на промышленных объектах и транспорте, в том числе природные, биологические и экологические бедствия. Практически в каждой стране эксплуатируются тысячи потенциально опасных объектов с большим количеством радиоактивных, взрывчатых и отравляющих веществ. Аварии на таких объектах могут привести к гибели людей, животных растений и нанести невосполнимый урон окружающей среде.

Аварии на взрывопожароопасных объектах представляют особую опасность для личного состава подразделений, принимающих участие в действиях по ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ. При выполнении работ по поиску и спасанию людей, личный состав подразделений может быть подвергнут таким опасным воздействиям как:

- 1) взаимодействие с аварийными химически опасными веществами (АХОВ) и отравляющими веществами;
- 2) радиоактивное облучение личного состава при работе в зоне чрезвычайной ситуации, а также при образовании первичного и вторичного облака АХОВ;
- 3) взрывы взрывопожароопасных веществ, газовых и пылевых смесей.

С ростом научно-технического прогресса область ликвидации чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах не могла остаться в стороне. Ученными прошлого столетия были разработаны робототехнические комплексы для проведения работ в очагах радиоактивного и химического заражения. Большим толчком для развития экспериментальной робототехники послужила авария на Чернобыльской АЭС (1986). Тогда в короткие сроки были разработаны и введены в эксплуатацию отечественные роботы различных типов.

Применение пожарных роботов и роботов-спасателей может значительно снизить риск для жизни и здоровья сотрудников и работников, принимающих участие в тушении пожаров и поиску пострадавших на пожаровзрывоопасных объектах.

Как и другая специальная техника, роботы могут быть оснащены: пенными или водными пожарными стволами, системами дымоудаления, орошения, осадения продуктов горения, колесной или гусеничной базой, фото- и видеосвязью и другими системами.

Таким образом робототехники, предназначенного для проведения специальных работ, является многофункциональный мобильный робот НОВО (рисунок 1) фирмы Kentree (Ирландия). В первую очередь он предназначен для применения в составе аварийно-спасательных формирований при выполнении взрывотехнических работ, а так же при



проведении антитеррористических операций силовыми структурами. Целесообразно использовать робота при борьбе с огнем, а также на предприятиях энергетической промышленности для работ с радиоактивными, химическими, взрывопожароопасными веществами.

Робот построен по модульному принципу, что облегчает ее обслуживание. Транспортный модуль НОВО имеет 6 колес. Получает он энергию от аккумуляторов (не менее двух часов работы без перерыва); допустима работа от сети переменного тока напряжением 110 или 220 В. Модуль манипулятора НОВО имеет гидравлический привод, максимальная грузоподъемность которого равна 75 кг.



Рисунок 1 - Многофункциональный мобильный робот НОВО

Ярким представителем робототехнических комплексов стал и Magirus AirCore, производимый в Германии (рисунок 2). Данный агрегат необходим в целях тушения пожаров большой протяженности, особенно эффективно тушение разливов горючих и легковоспламеняющихся жидкостей. Кроме того, достаточно прост и безопасен в использовании. Magirus AirCore оборудован цветной камерой, что позволяет записывать и передавать информацию оператору.

Главными преимуществами является:

1. маневренность;
2. дистанционное управление, позволяющее роботу проникнуть в труднодоступные места при тушении пожаров;
3. имеет в передней части щит, который при необходимости расчистит путь;
4. легкий и безопасный в использовании;
5. может подавать на тушение пожаров воду, пену и химические добавки.



Рисунок 2 - Magirus AirCore

Робот-пожарный, разработанный японской компанией Secom, может быть дистанционно управляемым либо выполнять работу в определенной последовательности, заложенной в него заблаговременно. Робот предполагается использовать для пожарной охраны аэропортов, а также промышленных территорий с пожароопасным производством, где он может патрулировать по заранее определенным маршрутам, заложенным в «память» системы.



Рисунок 3 - Робот-пожарный Secom

Таким образом, в качестве средств, которые могут сократить риск гибели и повреждения людей, робототехнические средства играют важную роль. Мобильные роботы хорошо оборудованы для работы в чрезвычайных условиях при повышенных температурах и при воздействии опасных веществ, выделяющихся в процессе горения. Кроме того, они оснащены необходимыми средствами, чтобы позволить им исследовать оперативную обстановку, снижая при этом риск поражения людей опасными факторами пожара. Но применение робототехнических комплексов для ликвидации ЧС не такое частое явление, так как роботы действуют по заложенной

программе, а обстановку при тушении пожаров и ликвидации аварий не всегда можно подвергнуть мониторингу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Источники загрязнения среды обитания. В.И. Коротков, 2001. – 114 с.
2. Пожарная безопасность: научно-технический журнал. М: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. № 1.
3. *Хайруллин А.М.* Моделирование и программное обеспечение задач управления в робототехнике / А.М. Хайруллин, Р.С. Зарипова // Современные научные исследования и разработки. – №2(19). – 2018. – С. 326-327.

УДК 699.812:666.972.16+691.6

*В. В. Ермолаев, М. В. Пуганов, А. Н. Песикин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## К ВОПРОСУ О ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗДАНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

Рассмотрена пожарная опасность и пожарная безопасность в зданиях повышенной этажности. Представлены задачи, связанные с обеспечением пожарной безопасности в зданиях повышенной этажности.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, пожарная опасность здания повышенной этажности, проблемы эвакуации людей при пожаре.

*V. V.Ermolaev, M. V.Puganov, A. N. Pesikin*

## TO THE CODE ON FIRE SAFETY IN HIGH-RISE BUILDINGS

Fire danger and fire safety in high-rise buildings are considered. The tasks related to fire safety in high-rise buildings are presented.

**Keywords:** fire safety, fire danger of high-rise buildings, problems of evacuation of people in case of fire.

В современном мире одной из неотъемлемых деталей любого мегаполиса являются высотные дома. В числе преимуществ высотного строительства обычно называют эффективное и экономное использование дорогостоящей городской территории, особую комфортабельность и массу различных технических новшеств. Мировой опыт высотного строительства действительно доказал эффективность и экономическую целесообразность использования ценной городской территории в этих целях. По сравнению с мировой практикой, в России высотная застройка началась относительно недавно. Но учитывая динамичное развитие инфраструктуры крупных

городов и их активное стремление к смене внешнего облика, высотное строительство однозначно будет продолжать развиваться, приумножая количество «высоток». Но насколько высотные дома пожаробезопасны?

На всех этапах проектирования, строительства и эксплуатация зданий повышенной этажности, данные жизненные этапы объекта представляют собой комплекс сложных архитектурных и технических мероприятий. Для решения которых необходим учет различных многосторонних вопросов, влияющих на безопасное нахождение в здании людей, зависящее от объемно-планировочных решений здания (объекта), его инженерных систем, оборудования несущих конструкций и других элементов.

Пожарная опасность для людей, находящихся в высотных зданиях, усиливается тем, что в отличие от малоэтажных домов сильно затрудняется эвакуация, а также возрастает сложность борьбы с пожарами.

Основные причины трагических последствий при пожарах в высотных зданиях - блокирование путей эвакуации продуктами горения и огнем.

Для высотных зданий характерны быстрое развитие пожара по вертикали и большая сложность обеспечения эвакуации и спасательных работ. Продукты горения заполняют эвакуационные выходы, лифтовые шахты, лестничные клетки. Скорость распространения дыма и ядовитых газов по вертикали может достигать нескольких десятков метров в минуту. За считанные минуты здание оказывается полностью задымлено, а нахождение людей в помещениях без средств защиты органов дыхания невозможно. Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей, где разведка пожара, спасение людей и подача средств тушения весьма затруднены. Помимо того, при пожаре часто выходит из строя лифтовое оборудование и системы противопожарной защиты.

Важнейшей задачей в обеспечении безопасности людей является выбор степени огнестойкости несущих конструкций, обеспечивающих устойчивость объекта при пожаре. Данные качества, также зависят от правильности выбора конструктивной схемы, учета всех возможных нагрузок, действующих на элементы, и принятых запасов прочности. Кроме этого, пожарная безопасность зданий зависит от надежности систем противопожарной защиты. Поэтому начиная с периода возведения здания, проводится постоянный контроль, и не только за «поведением» конструктивных, но и инженерно-технических систем и оборудования противопожарной защиты.

Требования к противопожарной защите зданий повышенной этажности могут изменяться в зависимости от средств и оборудования, применяемых при пожаре, класса функциональной пожарной опасности, назначения помещений, общей высоты, используемых конструкций, пожаро и взрывоопасности используемых веществ, материалов.

Обеспечение безопасности людей являются приоритетными в комплексе мероприятий пожарной безопасности высотных зданий. Уровень пожарной безопасности людей должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.004-91[1] и подтверждаться расчетным путем для согласованных сценариев возможного пожара. Для обеспечения эвакуации людей предусмотрен комплекс требований к объемно-планировочным, эргономическим, конструктивным, инженерно-техническим и организационным решениям.

Требования к путям эвакуации в высотных зданиях следует предъявлять более жесткие, чем в обычных зданиях. Поскольку эвакуация при пожаре на больших высотах через оконные проемы невозможна в силу отсутствия соответствующей спасательной техники, необходимо предусматривать быстрый доступ к эвакуационным путям внутри здания. В высотных зданиях основными путями эвакуации являются лестницы, которые позволяют людям выйти наружу. Лестницы в сочетании с пожарными лифтами представляют собой безопасные пути доступа пожарных и спасателей к месту возгорания. Объемно-планировочными решениями высотных зданий предусмотрено, что:

- эвакуационные выходы с этажей различных пожарных отсеков следует предусматривать в незадымляемые лестничные клетки. Выходы из всех лестничных клеток должен быть непосредственно наружу вне зон риска.
- все незадымляемые лестничные клетки должны иметь выходы на покрытие. Двери выходов на покрытие следует предусматривать противопожарными 1-го типа;
- эвакуационным следует считать выход на плоскую эксплуатируемую кровлю, по которой возможен проход к другой лестничной клетке. При этом ширина прохода должна составлять не менее двух метров;

В настоящее время практически не существует безусловно надежной системы, обеспечивающей быструю и безопасную эвакуацию большого количества людей в случае пожара.

Поскольку самостоятельная эвакуация людей в зданиях через окна практически невозможна, предусматривается возможность быстрого доступа к эвакуационным путям внутри здания, что решается при принятии архитектурно-планировочной структуры. На основе анализа проектных решений и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности отечественных и зарубежных норм, лестницы предлагается проектировать с подпором воздуха в лестничную клетку и в тамбур-шлюз, как это принято в международной практике.

Поскольку эвакуация через окна невозможна, необходимо предусмотреть возможность быстрого доступа к эвакуационным путям внутри здания или противопожарным зонам (площадкам), располагаемым на технических этажах. Количество, расположение и устройство лестниц, групп лифтов, эвакуационных коридоров, противопожарных зон (площадок) – архитектурная задача, регулируемая Федеральным законом от

22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и иными требованиями пожарной безопасности[4].

Испытания, проведенные в Германии, показали, что шлюз, расположенный перед лестничными клетками, эффективен только в случаях, когда открывается только одна из дверей тамбура, при открывании обеих дверей эффект незадымляемости пропадает. Вместе с тем, те же испытания показали, что во время эвакуации люди открывают обе двери сразу, в результате чего дым все равно проникает на лестничную клетку. В результате испытаний выяснилось, что для обеспечения незадымляемости лестничных клеток необходимы приток и вытяжка, равные  $1 \text{ м}^2/\text{с}$ .

В архитектурно-планировочном отношении лестнично-лифтовые узлы формируются из лестничных клеток лифтовых шахт и поэтажных лифтовых холлов, которые могут быть скомпонованы в одном или нескольких лестнично-лифтовых узлах. Их расположение в планировочной схеме этажей здания определяется его конструктивными решениями и требованиями к путям эвакуации. Часто лестнично-лифтовые узлы совмещаются с ядром здания.

Следует отметить следующие варианты размещения лестнично-лифтовых узлов в планировочной схеме здания. Устройство одного лестнично-лифтового узла: центральное, периферийное (смещенное от центра к внешней стене или к углу) и внешнее (за пределами основного объема). При устройстве нескольких лестнично-лифтовых узлов: внутреннее (внутри основного объема здания), внешнее (снаружи основного объема здания) и комбинированное (внутри и снаружи основного объема здания). В зарубежной практике проектирования довольно часто применяют прием размещения лестниц параллельно друг другу, что позволяет обеспечить подпор воздуха в них без протяженных вентканалов.

Другим путем эвакуации в высотных зданиях могут стать пожарные лифты, которые должны оставаться незадымляемыми в случае пожара. Это обеспечивается системой вентиляции, которая создает избыточное давление в шахтах лифтов и не позволяет дыму и огню распространяться через шахты лифтов на этажи.

Определенные возможности для спасения людей представляют плоские крыши высотных зданий, на которые должен быть обеспечен доступ с лестничных клеток. При оборудовании крыш под вертолетные площадки есть возможность организации эвакуации людей с крыш во время пожара. Однако применение таких площадок затруднено или невозможно при сильном ветре или большом задымлении. Вместе с тем наличие таких площадок помогло спасти жизни людей при пожарах высотных зданий в Сеуле (Южная Корея, 1971 г.) и в Сан-Паулу (Бразилия, 1972 г.). Так, в комплексе высотных зданий Москва-Сити на крыше зданий возведены вертолётные площадки. При пожаре высотного здания во Франкфурте-на-

Майне (Германия) люди, находящиеся на крыше, были в безопасности и дождались прибытия пожарных.

При проектировании и эксплуатации путей эвакуации необходимо учитывать следующие требования ст.53 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [4].

1. Каждое здание или сооружение должно иметь объемно-планировочное решение и конструктивное исполнение эвакуационных путей, обеспечивающие безопасную эвакуацию людей при пожаре. При невозможности безопасной эвакуации людей должна быть обеспечена их защита посредством применения систем коллективной защиты.

2. Для обеспечения безопасной эвакуации людей должны быть:

- установлены необходимое количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и эвакуационных выходов;

- обеспечено беспрепятственное движение людей по эвакуационным путям и через эвакуационные выходы;

- организованы оповещение и управление движением людей по эвакуационным путям (в том числе с использованием световых указателей, звукового и речевого оповещения).

3. Безопасная эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре считается обеспеченной, если интервал времени от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону не превышает необходимого времени эвакуации людей при пожаре.

4. Методы определения необходимого и расчетного времени, а также условий беспрепятственной и своевременной эвакуации людей определяются нормативными документами по пожарной безопасности.

Увеличение размеров лестничных маршей в зданиях повышенной этажности обусловлено большим числом людей, находящихся в высотном здании, а увеличение расстояния между маршами – требованиями безопасности. Лестницы и коридоры представляют собой безопасные пути передвижения пожарных и дают возможность выхода из здания.

Еще одним средством обеспечения пожарной безопасности являются пожарные отсеки. Пожарные отсеки создаются для ограничения распространения огня. Большие по площади помещения обычно отгораживаются стенами, обладающими высокой огнестойкостью. Национальные стандарты в отношении размеров этих пожарных отсеков разнятся. В Германии, например, стандартным считается 40-метровое расстояние между пожарными отсеками, что определяет их максимальную площадь в 1600 м<sup>2</sup>. Пожарные отсеки больших размеров допустимы, и требования в отношении ненесущих конструкций в этих помещениях могут быть снижены там, где разработана соответствующая концепция пожарной безопасности, предусматривающая установку системы спринклеров и подачи сигнала тревоги, а также детекторов дыма на всех этажах здания.

Обеспечение максимальных мероприятий по безопасности эксплуатации зданий повышенной этажности архитектурно-планировочными решениями, принятие разных защитных средств на ранней стадии проектирования во многом позволят избежать тяжелых последствий в результате пожара, обеспечат минимальное воздействие на окружающую среду, снизят потребление природных и финансовых ресурсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда
2. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. N 390).
3. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с изменениями).
4. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

УДК 699.812:666.972.16+691.6

*Е. Ю. Захаров, Г. П. Соколов, А. В. Кулагин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## АНАЛИЗ НЕОБХОДИМОСТИ УСТАНОВКИ МОЛНИЕОТВОДА

Рассмотрены вопросы связанные с необходимостью установки молниезащиты для зданий и сооружений различного вида, также рассмотрены виды молниезащиты и документы регламентирующие ее установку.

**Ключевые слова:** молниеотвод, электроустановки, молниезащита.

*E. Y. Zakharov, G. P. Sokolov, A. V. Kulagin*

## ANALYSIS OF THE NEED TO INSTALL A LIGHTENING ROD

Issues related to the need to install lightning protection for buildings and structures of various types are considered, types of lightning protection and documents regulating its installation are also considered.

**Key words:** lightning conductor, electrical installations, lightning protection.

Жизнь в Советском Союзе привела старшее поколение к чрезмерно уважительному отношению к стандартам. Это не значит, что это очень плохая привычка. Хорошо продуманный стандарт, безусловно, защищает от бессмыслиц при условии, что они не соответствуют его собственным правилам. Социалистическая система не признавала частную собственность, и это привело к множеству нелепостей в отношении



требований молниезащиты. До сих пор действующий национальный норматив «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87» жестко регламентирует защиту от прямых ударов молнии производственных помещений, наружных промышленных установок, общественных зданий, даже коровников, но по остаточному принципу относится к жилым домам.

Любое здание и сооружение, независимо от назначения, местоположения, высоты, строительных материалов, подвержены ударам молнии во время грозы. Дорогое оборудование, которое ломается и часто не может быть отремонтировано после молнии, вся энергосистема, которая подвержена большим перегрузкам во время грозы, безопасность жизни и здоровья людей в здании - все это требует тщательных мер профессионально спроектирован и предназначен для молниезащиты зданий и сооружений [4].

Статистические данные о причинах возникновения пожаров от поражения молнией  $\approx 0,1\%$ . Возможные причины: не соответствие молниеотвода требованиям нормативных документов; отсутствие молниеотвода.

Виды молниезащиты:

Весь комплекс мер по защите сооружений можно разделить на две категории:

1. Внутренняя молниезащита;
2. Внешняя защита от разряда.

Внутренняя защита необходима для обеспечения безопасности электрических устройств и всей сети от разницы [3]. Он состоит из сетевых фильтров или просто УЗИП. Они бывают двух типов:

1. Служат для защиты от прямого попадания в здание;
2. Служат для защиты от непрямого попадания в здание, то есть в линии электропередач или прилегающие конструкции.

Каждый из элементов выполняет свою функцию, поэтому для предотвращения возможных инцидентов и неприятных последствий необходимо установить несколько типов УЗИП.

Внешняя молниезащита, в свою очередь, является средством защиты самого здания. Он установлен на открытом воздухе, в отличие от интерьера. Он имеет некоторые постоянные детали, такие как [3]:

1. Молниеотвод;
2. Токоотвод;
3. Заземлитель.

Кроме того, молниеотводы, которые являются неотъемлемой частью системы, доступны в четырех различных типах:

1. Металлический штифт. Он установлен на здании и выстрелил в себя.
2. Герметичный кабель. Он расположен в горах, на высоте до 0,5 метра над гребнем здания.

3. Сеть, которая охватывает все здание. Каждая из камер имеет размер около 6х6 метров.

4. Защита от активной молнии, которая представляет собой штырь, ионизирующий окружающий воздух, тем самым увеличивая радиус защиты.

Определение типа зоны защиты и категории молниезащиты и общий расчет зон молниезащиты установлен в РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Утв. Глав тех управлением. Минэнерго СССР 12.10.1987: Ввод в действ. с 01.04.1988: М.: Энергоатомиздат, 1989. - 56 с. [3].

Необходимость оснащения высококачественными системами молниезащиты для жилых и промышленных зданий возникла особенно в начале прошлого века, во времена индустриализации и электрификации в целом, и до сих пор сохраняется. Сегодня на планете Земля наблюдается от 44 000 до 45 000 гроз, что может привести к выходу из строя электрических устройств, повреждению целостности зданий и сооружений, а также к пожарам и гибели людей. Для создания функциональных, эффективных и оптимальных систем для каждого объекта были разработаны общепризнанные стандарты проектирования и организации молниезащиты. Существуют национальные и международные стандарты и правила [5]. Кроме того, в России проводится различие между отраслевыми стандартами и стандартами ведения бизнеса (например, Газпром, МОЭК и т. Д.). В основу всех правил, регулирующих проектирование молниезащиты, положен многолетний человеческий опыт организации электробезопасности жилых зданий и промышленных предприятий, а также характеристики зданий.

В России специалисты и сейчас ряд мер молниезащиты основаны на требованиях и стандартах, указанных в советской инструкции РД 34.21.122-87 [3]. Этот стандарт является наиболее важным документом, на который полагаются профессионалы при выборе дизайна молниеотводов на этапе проектирования зданий и сооружений. Дается толкование всех важных терминов и понятий, описываются требования к организации молниезащиты и конструкции молниеотводов и их расчет. Именно она классифицирует здания и устанавливает необходимый уровень защиты. К недостаткам РД 34.21.122-87 [3] относится отсутствие описаний стандартов, касающихся организации молниезащиты для склада взрывчатых веществ и пороха, а также отсутствие рекомендаций относительно выбора материалов для заземления и т. Д. Попытки дополнить и обновить положения советского документа в «Инструкции по молниезащитным устройствам зданий, сооружений» и производственные коммуникации» СО-153-34.21.122-2003 [4]. Включает стандарты молниезащиты в коммуникациях.

Поэтому перед работниками пожарной охраны ставятся задачи качественного улучшения надзорных профилактических функций в области контроля за устройством молниезащиты зданий и сооружений.

Своевременно и в полной мере осуществленный комплекс мер по молниезащите — это сохранность оборудования, безопасность людей и экономия времени и средств.

Для защиты зданий и сооружений от прямых попаданий молний необходимо устанавливать молниеотвод в соответствии с требованиями нормативной документации. Надзорным органам необходимо контролировать как выполнена молниезащита и соответствует ли она требованиям. Все это поможет исключить возникновение ЧС, гибель людей и материальный ущерб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. с изм. и доп. на 2010 г.- М.: Эксмо, 2010. - 496с.
3. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Утв. Глав тех управлением. Минэнерго СССР 12.10.1987: Ввод в действ. с 01.04.1988: М.: Энергоатомиздат, 1989. - 56 с.
4. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003.
5. ГОСТ Р 50571-4-44-2011 «Электроустановки низковольтные. Требования по обеспечению безопасности. Защита от скачков напряжения и электромагнитных помех»
6. ГОСТ Р 51992-2011 (МЭК 61643-1-2005) «Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Технические требования и методы испытаний»
7. ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и использования»
8. ГОСТ Р 54986-2012 (МЭК 61643-21: 2009) «Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 21. УЗИП для систем телекоммуникации и сигнализации (информационных систем). Требования к работоспособности и методы испытаний»

УДК 699.812:666.972.16+691.6

*Е. Ю. Захаров, С. Н. Ульева, А. Л. Никифоров*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ПОИСК ХИМИЧЕСКИХ АГЕНТОВ ДЛЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ**

Рассмотрены достоинства и недостатки современных фильтрующих самоспасателей, связанные с условием их применения. Предложен путь устранения недостатков.

**Ключевые слова:** углекислый газ, кислород, самоспасатель.

*E. Y. Zakharov, S. N. Uleva, A. L. Nikiforov*

## **IMPROVEMENT OF FILTERING SELF-RESCUERS**

The advantages and disadvantages of modern filtering self-rescuers associated with the condition of their application are considered. The way of elimination of shortcomings is offered.

**Keywords:** carbondioxide, oxygen, self-rescuer.

С ростом научно-технического прогресса усложнились технологические процессы, выросло количество ассортимента различных материалов и веществ. При возникновении пожаров и аварий на производственных объектах увеличилась вероятность выброса токсичных соединений. Пожары в жилом секторе так же сопровождаются выделением токсичных продуктов горения выделяющихся при сгорании строительных, отделочных материалов, изоляции электротехнических изделий и прочих элементов составляющих обстановку жилых объектов.

Для защиты органов дыхания в условиях аварий и пожаров используют современные фильтрующие средства, которые способны снизить или исключить воздействие на организм человека токсичных продуктов выделяемых при горении или аварийном выбросе.

Существует большое количество самоспасателей у которых фильтрующие коробки очищают вдыхаемый воздух практически от всех вредных веществ, но, к сожалению, не учитывается тот факт, что нехватка кислорода во вдыхаемом воздухе может нанести вред жизни и здоровью. Так как одним из опасных факторов пожара является пониженная концентрация кислорода, то при спасении пострадавших на состояние человека будет отрицательно воздействовать нехватка кислорода, усугубляя ситуацию.

Целью исследования является поиск веществ, способных выделять кислород при воздействии различных физических или химических

факторов, которые можно использовать в самоспасателях в качестве дополнительной меры, обеспечивающей безопасность человека.

Одним из опасных факторов пожара является повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения[1]. Эти продукты, а также аварийные химически опасные вещества, отравляющие вещества и др. задерживаются благодаря сорбентам входящими в состав фильтрующей коробки.

Соответственно, если фильтр помечен «СО», то аппарат способен защитить организм от окиси углерода и, в принципе, подходит для использования в условиях пожара.

Несмотря на то, что изолирующие устройства способны защитить организм от опасных веществ любой концентрации, не каждый может использовать такие средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). Во-первых, они достаточно дорогостоящие, что осложняет возможность экипировать большое количество сотрудников такими аппаратами на случай чрезвычайной ситуации (ЧС). Во-вторых, такие дыхательные аппараты имеют достаточно сложное техническое устройство, что требует при их использовании специальной подготовки. В-третьих, такие устройства имеют значительный вес. В случае пожара дополнительная нагрузка, в том числе физическая, только усугубит ситуацию. Таким образом, такое оборудование целесообразно использовать специализированным подразделениям, участвующим в ликвидации и локализации ЧС. На опасных производственных объектах сотрудники снабжаются противогазами на случай чрезвычайной ситуации. Противогазы довольно просты в использовании, а их фильтры могут защитить от многих опасных веществ, но фильтр угарного газа не входит в его стандартную комплектацию.

Еще одним средством индивидуальной защиты при проведении эвакуации как в случае ЧС, так и в случае пожара являются самоспасатели. Это одноразовое устройство, которое надевается за несколько секунд, имеет небольшой вес и не препятствует дыханию. И, самое главное, он обеспечивает защиту от угарного газа и других вредных выбросов.

Фильтрующие самоспасатели, как правило, состоят из: огнестойкого капюшона, смотрового окна, подмасочника, узла клапана выдоха, ремня оголовья, шейного обтюлятора и комбинированного фильтра.

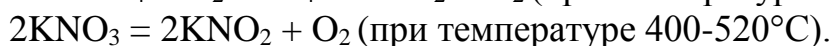
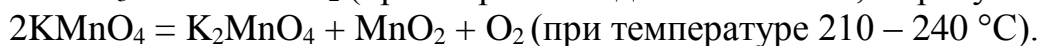
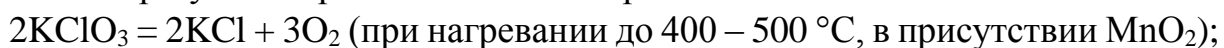
Недостатком устройств такого типа является возможность их использования только при наличии в зараженном воздухе не менее 17% чистого кислорода. Однако актуальные требования нормативных документов и нормативно-правовых актов накладывают некоторые ограничения, запрещая применение фильтрующих самоспасателей при наличии дефицита кислорода в воздухе менее 17% [2,3,5,6]. Пребывание человека в помещениях с воздухом, содержащим 17-18 % кислорода, сопровождается быстрой утомляемостью, сонливостью, снижением умственной активности, головными болями. Длительное пребывание в

помещениях с такой атмосферой опасно для здоровья. При содержании кислорода 16% появляется головокружение, учащенное дыхание, при 13% происходит потеря сознания, при 12% происходят необратимые изменения в организме, при 7% наступает смерть.

Таким образом, для совершенствования таких устройств может быть предложено использование дополнительных средств позволяющих обогащать вдыхаемый воздух кислородом. Для этого необходима разработка технического устройства позволяющего содержать в своем составе химические вещества способные разлагаться с выделением кислорода.

Для реализации данной задачи был рассмотрен ряд химических соединений, которые при воздействии на них тех или иных факторов способны выделяют кислород. К данным соединениям относятся:  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Для выбора наиболее подходящих для предлагаемых условий веществ был проведен детальный анализ процессов, условий и сопутствующих факторов образования кислорода:

1. В результате разложения некоторых солей:



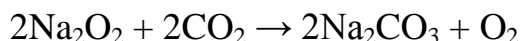
При получении кислорода из данных веществ реакции протекают под воздействием высоких температур. Недостатками протекания данных реакций, является их экзотермический характер. Если такое вещество поместить в фильтр дыхательного аппарата, воздействие высоких температур при вдохе может нанести вред здоровью человека, вызвав ожог дыхательных путей.

2. В результате каталитического разложения пероксида водорода (катализатор  $\text{MnO}_2$ , протекает при нормальных условиях):



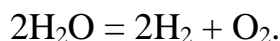
Реакция разложения пероксида водорода протекает очень бурно, с высокой скоростью выделения кислорода, что, при внесении данного соединения в фильтр в качестве источника кислорода, может привести к чрезвычайно быстрому потреблению выделившегося кислорода человеком.

3. Реакция взаимодействия пероксида натрия и оксида углерода(IV) с образованием карбоната натрия и кислорода. Реакция протекает при комнатной температуре:



Данная реакция проходит, равномерно расходуя исходное вещество при каждом вдохе человека. При наличии в фильтре пероксида натрия, углекислый газ из воздушной среды на пожаре будет взаимодействовать с ним с образованием кислорода.

4. Электролизом воды:



Данная реакция протекает под действием электрического тока, что создает трудности для инициации такой реакции при реализации процесса применительно к фильтру аппарата для защиты органов дыхания.

Анализируя выше изложенное по условиям протекания реакции образования кислорода для использования в фильтре аппарата для защиты органов дыхания наиболее подходящим веществом представляется пероксид натрия. Использование пероксида натрия обуславливается тем, что эта реакция не требует воздействия извне и протекает она в достаточно мягких условиях. Следует отметить, что при реализации такого процесса на практике выделяется большое количество кислорода по отношению к массе исходного вещества. Это подтверждается проведенными расчетами, которые позволили определить массу исходного вещества достаточную для поддержания необходимой концентрации кислорода. Методика расчета приведена в работе[9].

Следует также отметить тот факт, что данный способ регенерации кислорода ранее использовался на подводных лодках, а также используется в дыхательных аппаратах, работающих на сжатом кислороде[10].

Вывод: существует большое количество самоспасателей, у которых фильтрующие устройства очищают вдыхаемый воздух практически от всех вредных веществ, но без учета низкой концентрации кислорода, опасной для здоровья. В ходе проведенного исследования был рассмотрен вариант изменения состава веществ входящих в фильтрующее устройство, посредством добавления в его состав соединений, которые способны выделять кислород для поддержания необходимой для нормального дыхания концентрации. По нашему мнению, наиболее подходящим, соединением является пероксид натрия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ.
2. Решение Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. N 878 О принятии технического регламента Таможенного союза "О безопасности средств индивидуальной защиты.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.4.041-2001 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования (введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 19 сентября 2001 г. N 386-ст)
4. ГОСТ Р 12.4.233-2012 (ЕН 132:1998) Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Термины, определения и обозначения (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. N 1824-ст).
5. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.4.299-2015 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации по выбору, применению и техническому обслуживанию

(введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 июня 2015 г. N 792-ст).

6. ГОСТ 12.4.235-2012 (EN 14387:2008) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Фильтры противогазовые и комбинированные. Общие технические требования. Методы испытаний. Маркировка.

7. Батырев В.В., Живулин Г.А., Сосунов И.В., Сладовский И.Л. Оценка эффективности и качества фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания населения в чрезвычайных ситуациях: Монография / Под общ. ред. В.В. Батырева / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2017. 424 с.

8. В.А. Грачев, С.В. Собурь, И.В. Кориунов, И.А. Маликов Средства индивидуальной защиты органов дыхания пожарных (СИЗОД): Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. – М.: ПожКнига 2012 – 190с., ил. – Серия «Пожарная техника».

9. Г.П. Хомченко, И.Г. Хомченко сборник задач по химии для поступающих в вузы. – 4-е изд., испр. и доп. – М.: «Издательство Новая Волна»: Издатель Умеренков, 2002. – 278 с.

10. <https://www.ngpedia.ru/pg4576987n04RPw50033388177/>

УДК 614.849

*Д. Ю. Захаров А. А. Веснин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ТАКТИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

В данной статье изложен вопрос увеличения эффективности пожарно-спасательных подразделений при выполнении работ по спасению пострадавших и тушению пожара. Для борьбы с опасными факторами пожара необходимо использование тактической вентиляции. А для обучения личного состава предлагается использовать лабораторную установку.

**Ключевые слова:** тактическая вентиляция, дымоудаление, обучение, подготовка, эффективность, лабораторная установка.

*D. Y. Zaharov A. A. Vesnin*

## **RELEVANCE OF CREATION OF LABORATORY INSTALLATION OF TACTICAL VENTILATION**

This article describes the issue of increasing the efficiency of fire and rescue units in the performance of work to rescue victims and extinguish the fire. The use of tactical ventilation is necessary to combat fire hazards. And for training of personnel it is offered to use laboratory installation.

**Keywords:** tactical ventilation, smoke removal, training, efficiency, laboratory installation.



В пожарах, на сегодняшний день, гибнет большое количество людей. Причиной этого является токсичные продукты горения, выделяемые при горении различных веществ и материалов. По статистике только 7.2 % людей теряет жизнь от воздействия открытого огня и высоких температур, а 73 % погибают от вдыхания продуктов горения. В 2018 году при пожарах погибли почти 8 тыс. россиян, а травмы получили 9650 человек. Оба показателя выросли по сравнению с 2017 годом, на тот момент было 7824 погибших и 9361 пострадавший.

При развитии пожара создается неблагоприятная среда, воздействия опасных факторов пожара на пострадавших и участников тушения пожара увеличивается с каждой минутой прогрессирования горения. Наибольший ущерб причиняет воздействие на людей остаточных продуктов горения (дыма). Он создает условия недостаточной видимости, не возможности пребывания в нем без средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, а так же при увеличении концентрации и температуры его в помещении создается взрывоопасная среда [1].

Исходя из этого, актуальность применения тактической вентиляции растет с каждым днем. Для ее правильного использования требуются технические средства дымоудаления, обученное и подготовленное звено вентиляции. Звеном вентиляции является звено ГДЗС, имеющее задачу проведения тактической вентиляции здания (создание вытяжного проема, вентиляционного канала), а так же участники тушения пожара, назначенные для работы с вентиляционными устройствами – операторы [2]. Пример дымоудаления представлен ниже (рис.1).



Рисунок 1 - Процесс удаления дыма звеном вентиляции

Кроме пагубного воздействия на людей опасных факторов пожара, всегда существует вероятность возникновения обратной тяги в местах

скопления дыма, например когда пожар переходит в последнюю стадию открытие двери в помещение с опасной концентрацией нагретого дыма увеличение количества кислорода приводит к моментальному воспламенению с дальнейшим взрывом, что в большинстве случаев приводит к гибели пожарных. Чтобы исключить это необходимо правильное понимание личным составом процесса развития пожара и газообмена, а так же умение правильно применять дымососы и штатную вентиляцию зданий. При этом нельзя забывать, что при не правильном применении тактической вентиляции, например создания вытяжных проемов когда в этом нет необходимости, открытие окон, может произойти увеличение интенсивности горения. А это приведет к ухудшению ситуации на пожаре и увеличению ущерба [3]. Делая вывод из сказанного выше, появляется необходимость в обучении пожарных правилам применения тактической вентиляции, а так же оснащения каждого подразделения дымососами.

Для более наглядного учебного процесса, нужно использовать комплекс тренировок максимально приближенных к реальным действиям на пожаре. Можно проводят их в специально построенных для этого сооружениях, либо в зданиях утративших свой функционал. Но для этого необходимы большие материальные затраты, организация данного процесса. А можно создать установку, которая будет эмитировать процесс газообмена, только в уменьшенном масштабе, обеспечить работу маленьких вентиляторов и обозреть изменения газовой среды в классе. И на занятиях с личным составом переходить от теоретического изучения к простому и наглядному показу на установке (рис.2).



Рисунок 2 - Пример лабораторной установки тактической вентиляции

Она представляет собой макет здания, в котором есть изменяемая планировка, путем переноса перегородок. Масштаб объекта 1:50. Размерность установки составляет 40x40x12 см, натуральная величина же здания составляет 20x20x6 м. Установка имеет два полноценных этажа,

каждый из которого отделяется от другого, что дает возможность сделать здание одноэтажным. Несущие конструкции и перегородки изготавливаются из фанеры, имитирующие железобетонные стены монолитного здания. Они пропитаны противопожарным составом, а так же покрыты термостойким лакокрасочным покрытием. Горизонтальные перекрытия выполняются из оргстекла, также моделирует железобетонную конструкцию. Прозрачное оргстекло обеспечивает наглядность движения газовых масс в объеме здания.

Для воссоздания процесса дымоудаления используются вентиляторы охлаждения для персональных компьютеров. Кулеры имитируют переносные вентиляторы, которые имеются в пожарно-спасательных подразделениях МЧС России. Скорость вращения лопастей изменяется при помощи регулятора. Источником питания выступает электрическая сеть с напряжением 220 V. Направление движения потоков газа также можно изменить. Предусматривается различная установка вентиляторов и способы закрепления что приводит к большой вариативности расстановки вентиляторов.

При создании определенных условий можно будет наблюдать как распространяется дым в помещении, как необходимо установить дымососы для эффективного газового обмена, снижение опасных концентраций продуктов горения и уменьшения температуры пожара. Создания условий для эвакуации людей и так далее. Есть возможность моделирования большого количества ситуаций, а главное не выходя из класса. По сути установка является, просто уменьшенной копией здания.

**Вывод:** Таким образом для получения необходимых знаний пожарным требуется обучение правильному использованию дымососов, а также оснащение последними. Это позволит создать безопасные и комфортные условия для выполнения основной задачи на пожаре. Уменьшению жертв на пожарах. Тем самым данная установка даст полное и наглядное понимание обучающимся о движении газовых масс при горении, распространению дыма, его скоплению, удалению его дымососами, создания необходимого подпора воздуха и снижения количества кислорода необходимого для горения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ от 22.07.2008. (в редакции ФЗ-117 от 10.07.2012).
2. Методические рекомендации по организации и проведению тактической вентиляции зданий и сооружений при тушении пожаров и ликвидации последствий ЧС на территории города Москвы. -М.: ГУ МЧС России по г. Москве, 2014
3. Эмрих, Симолино, Свенссон Tactical ventilation

УДК 614.81

***В. В. Кайдалов***

ЗАО «ИСТОЧНИК ПЛЮС»

## **НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

С учетом основных причин возгорания и требований автоматизации процесса пожаротушения на объектах подвижного транспорта, была поставлена и решена задача по разработке и внедрению в серийное производство модулей порошкового пожаротушения «ТУНГУС» транспортного исполнения.

**Ключевые слова:** Модули порошкового пожаротушения «ТУНГУС» транспортного исполнения.

***V. V. Kaidalov***

## **NEW TECHNICAL SOLUTIONS IN THE FIELD OF VEHICLES FIRE PROTECTION.**

Taking into account the main causes of the fire origin and the requirements of fire extinguishing process automating at the objects of mobile transport, the task was set and solved to develop and introduce into serial production of powder fire extinguishing modules “TUNGUS” of transport modification.

**Keywords:** powder fire extinguishing modules “TUNGUS” of transport modification.

Согласно Распоряжению Правительства РФ от 30.07.2010 N 1285-р (ред. от 27.12.2012) «Об утверждении Комплексной программы обеспечения безопасности населения на транспорте» одной из приоритетных задач на сегодняшний день является разработка и внедрение комплексной системы мер, направленных на обеспечение безопасности населения на транспорте. Создание данной комплексной системы осуществляется путем реализации взаимосвязанных мероприятий в сфере транспортного комплекса, адекватных угрозам совершения актов незаконного вмешательства, в том числе террористической направленности, а также путем решения задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на транспорте в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Одним из самых распространенных видов чрезвычайной ситуации, способным нанести чрезвычайный ущерб транспортным средствам, не совместимым с возможностью их дальнейшей эксплуатации, а также стать причиной травмирования и гибели людей, являются возгорания и пожары на транспортных средствах. В рамках

реализации программы предусмотрено финансирование разработки новых технических средств для обеспечения защищенности объектов транспортной инфраструктуры.

Статистика пожаров в России показывает, что ежегодно сгорает около 30 тысяч только автомобилей. Статистика по железнодорожной отрасли показывает, что 80% пожаров, происходящих на железнодорожном транспорте – это пожары на подвижном составе. Так, например, на подвижном составе ОАО «РЖД» ежегодно случается не менее 100 случаев пожаров и возгораний, и некоторые из них не обходятся без человеческих жертв.

Анализ показывает, что основными причинами возгорания на транспортных средствах являются: неисправности высоковольтных и низковольтных цепей, короткие замыкания, неисправности тяговых двигателей, неисправности выхлопных трактов, неисправность топливопровода, генератора, турбокомпрессора, нарушение норм пожарной безопасности.

Очевидно, что для ликвидации таких очагов возгорания применение первичных средств пожаротушения не просто неэффективно в связи с их функциональной малопригодностью для этого, человеческим фактором, критичным фактором времени на осуществление тушения, сложностью физического доступа к очагу возгорания, но и опасно для лица, осуществляющего тушение, по причине опасности поражения током, получения термических и химических ожогов, удушья и т.п.

Таким образом, для вышеуказанных целей наиболее применимы автоматические установки пожаротушения, сочетающие в себе функции обнаружения очага возгорания в контролируемой зоне путем контроля одного или нескольких факторов пожара, передачи оповещения о превышении контролируемого фактора и пожарной ситуации оператору и осуществлении запуска исполнительного устройства пожаротушения в работу в автоматическом и ручном режиме.

С учетом основных причин возгорания и требований автоматизации процесса пожаротушения на объектах подвижного транспорта, была поставлена и решена задача по разработке и внедрению в серийное производство модулей порошкового пожаротушения «ТУНГУС» транспортного исполнения.

Модули предназначены для применения в пожароопасных отсеках транспортных средств – передвижных комплектных изделий групп механического исполнения М26 и М31 по ГОСТ 30631-99 (моторные, гидравлические, насосные и багажные отсеки автомобилей, большегрузной и дорожно-транспортной автотехники, железнодорожные дизель-генераторы, мотор-вагоны, локомотивы и другие самоходные транспортные средства, прицепы и т.п.). Они обеспечивают тушение твердых, жидких, газообразных веществ и электрооборудования, находящегося под напряжением, в автоматическом, ручном режимах на ранней стадии

возникновения очагов пожара. Могут тушить как локальные очаги пожара, так и пожары в помещениях (отсеках) как по площади, так и по объему.

Модули могут быть снабжены трубной разводкой с насадками-распылителями, наличие которых позволяет направить порошковые струи в наиболее пожароопасные места в отсеках с плотной компоновкой оборудования или произвести монтаж МПП вне защищаемого отсека в незагруженной оборудованной технической камере.

Испытаниями, проведенными в соответствии с ГОСТ 30620.1.2 и ГОСТ 51371, подтверждена устойчивость модулей к воздействию транспортных нагрузок, в том числе к воздействию следующих факторов:

- ударная прочность при пиковых ударных ускорениях 10g и длительности их действия – 2...20 мс;
- вибропрочность в диапазоне частот 10...200 Гц при амплитуде ускорения 2g;
- работа в условиях плотной компоновки оборудования, содержащей топливопроводы, провода под напряжением и др.;
- воздействие повышенных температур (до плюс 125°C);
- резкие перепады температуры в диапазоне от минус 60 до плюс 125°C;
- воздействие агрессивных сред (пары бензина, дизтоплива и т. п.).

Преимущества разработок и новизна изделия.

В настоящее время для противопожарной защиты подвижного транспорта в горнорудной и угольной промышленности широко используются системы пожаротушения из зарубежных стран, в частности, американской фирмы “ANSUL”. В качестве исполнительных устройств в указанных системах используются баллоны высокого давления с газом-вытеснителем, и баллоны с огнетушащим веществом.

Принципиальным отличием устройств, использующих пиротехнические ГУ, является повышенная надежность и безопасность применения, так как избыточное давление создается в системе только в момент срабатывания пожаротушающего устройства. Тем самым исключаются утечки газа и необходимость постоянного контроля избыточного давления, неизбежные для устройств, составные части или корпуса которых постоянно находятся под избыточным давлением.

Благодаря тому, что избыточное давление в системе для выброса порошка создается только в момент срабатывания устройства, его уровень можно поднять до максимальных значений, допускаемых ограничениями действующих Правил по работе с сосудами под повышенным давлением. Это положительно сказывается на энергии и дальнбойности активной газопорошковой струи и открывает новые возможности разработки модулей порошкового пожаротушения с повышенной эффективностью.

Кроме того, создание необходимого избыточного давления только в момент срабатывания модуля позволяет исключить из конструкции МПП запорно-пусковые устройства, традиционные для систем с постоянным

наличием избыточного давления, заменив их одноразовым разрушаемым элементом (например, мембраной). Это, что очень важно, позволяет значительно увеличить площадь сечения отверстия для выброса огнетушащего порошка (до 60 мм) и тем самым превратить МПП в пожаротушащее устройство импульсного типа с неразрушающимся корпусом, способное формировать направленную высоконапорную струю огнетушащего порошка длиной до 15...20м, в результате чего пожаротушащая концентрация порошкообразного огнетушащего вещества (ОТВ) во всем защищаемом объеме создается за доли секунды. Поэтому, в отличие от других средств объемного пожаротушения, эффективность МПП с ГУ практически не зависит от степени негерметичности защищаемого объекта. Кроме того, направленная высоконапорная газопорошковая струя позволяет создать зону с пожаротушащей концентрацией ОТВ в части объема, непосредственно прилегающей к участку поверхности, на которой возник очаг загорания. Этого может быть вполне достаточным для подавления пожара без создания пожаротушащей концентрации по всему защищаемому объему. Указанное обстоятельство также является одним из существенных достоинств и причиной высокой эффективности МПП «Тунгус» с высоконапорными газопорошковыми струями.

На основании результатов огневых испытаний опытных образцов МПП:

- выбраны профили и конструкции насадков-распылителей, обеспечивающие наибольшую огнетушащую способность МПП;
- показана зависимость огнетушащей способности от давления вскрытия мембраны и выбрано его значение, обеспечивающее высокий уровень огнетушащей способности, с одной стороны, и исключающие необходимость контроля изготовления и использования МПП со стороны надзорных организаций, с другой.

На основании результатов измерения давления в корпусах МПП при их срабатывании:

- показано надежное обеспечение давления вскрытия мембраны на нижней границе диапазона температур эксплуатации и соответствия времени спада давления в объеме МПП значениям времени действия МПП, полученным по обработке видеосъемок;

На основании результатов видеорегистрации:

- определены значения показателя быстродействия МПП как промежутка времени от момента подачи пускового импульса до начала выброса порошка; показано, что все изделия соответствуют группе Б-2 показатель быстродействия которой не превышает 10с.;
- определено время действия струи для каждой базовой модификации;
- определены значения скорости газопорошковой струи для каждой базовой модификации;
- показана высокая эффективность.

Основой для создания конструкций и освоения промышленной технологии изготовления модулей порошкового пожаротушения в транспортном исполнении явились результаты численных исследований в совокупности с результатами экспериментальной отработки рецептуры, элементов конструкции и промышленной технологии изготовления газогенерирующих устройств, а также рецептуры и технологии изготовления огнетушащего порошка на собственном производстве.

Разработки были направлены на создание МПП импульсного действия, предназначенных для подавления очагов пожара классов А(горение твердых горючих материалов), В(горение жидкостей), С(горение газов) и Е(горение электроустановок) без ограничений по величине пробивного напряжения огнетушащего порошка.

В целях обеспечения необходимого уровня технических и потребительских характеристик МПП «Тунгус» проведена экспериментальная отработка каждой базовой модификации, включающая:

- огневые испытания опытных образцов с определением огнетушащей способности согласно действующей нормативно-технической документации;

- регистрацию давления в корпусах МПП «Тунгус» при их задействовании в процессе наддува и выброса порошка, а также максимально достижимых значений давления без вскрытия мембраны в диапазоне температур от - 50°С до + 50°С;

- видеорегистрацию газопорошковой струи и процесса ее воздействия на очаг открытого пламени с частотой до 30 кадр/с;

- измерение максимальной температуры корпуса МПП при срабатывании.

Модули безопасны и имеют высокую надежность работы в течение всего времени их эксплуатации и хранения, равного 5 годам. Не требуют технического обслуживания. Являются изделиями многократного использования.

В отличие от аэрозольных средств пожаротушения, которые предназначены для тушения очагов пожара в герметичных условиях, для МПП такие условия применения не требуются.

В соответствии с большим количеством обращений заказчиков о создании альтернативных изделий, нашим предприятием разработаны и освоены в серийном производстве модули порошкового пожаротушения «ТУНГУС» в транспортном исполнении:

- МПП(Н-А-Т1)-24-И-ГЭ-У2 (22 кг огнетушащего порошка);
- МПП(Н-А-Т1)-10-И-ГЭ-У2 (9,5 кг огнетушащего порошка);
- МПП(Н-А-Т1)-2,7-И-ГЭ-У2 (2,6 кг огнетушащего порошка).

Новизна модуля порошкового пожаротушения МПП «ТУНГУС-24» (первый из списка разработанных модулей) заключается в том, что это единственный в России модуль пожаротушения такого объема и производительности для защиты крупногабаритного транспорта и



спецтехники, способный осуществить надежную противопожарную защиту крупногабаритных моторных отсеков и машинных отделений. Проблема установки модуля в условиях плотной компоновки технологического оборудования внутри защищаемого отсека решается возможностью установки модуля вне защищаемого объема и использования сети трубной разводки для подачи огнетушащего порошка в наиболее уязвимые части автотехники за короткие сроки.

Таким образом, благодаря высоким эксплуатационным характеристикам МПП «ТУНГУС-24» становится возможным обеспечение противопожарной защиты таких объектов, как карьерные самосвалы, экскаваторы, краны, карьерные погрузчики, тягачи и другой крупногабаритной спецтехники, обеспечение безотказного функционирования которой порой является критичным фактором для деятельности целых предприятий.

Разработанные МПП сертифицированы в РФ. Соответствуют требованиям ГОСТ Р 53286.

Ведущим в нашей стране предприятием - ФГБУ «Всероссийский НИИ противопожарной обороны» МЧС РФ выпущены «Технические рекомендации по защите автотранспортных средств установками порошкового пожаротушения на базе МПП «ТУНГУС».

МПП и элементы их переснаряжения освоены в серийном производстве. Выпускаются в соответствии с требованиями международной системы менеджмента качества ISO 9001-2015.

Разработанные модули пожаротушения в транспортном исполнении успешно интегрированы в ряд систем пожаротушения для различного типа объектов подвижного транспорта: ООО «Горно-Транспортная Компания» разрез «Черниговский», ООО «Белаз-Сервис» разрез «Нерюнгринский», ООО «Амур Машинери» «Березитовый рудник», ПАО АК «АЛРОСА» «Нюрбинский ГОК». Созданные на их основе системы пожаротушения установлены на автомобилях госкорпорации «Росатом», на аэродромной спецтехнике различного функционального назначения (антиобледенительные машины, универсальные моторные подогреватели), на гусеничных машинах типа ГМ-569. В настоящее время системы пожаротушения на основе МПП «ТУНГУС» проходят опытно-промышленную эксплуатацию на транспортных средствах Министерства Обороны.

По результатам III Всероссийской конференции «Транспортная безопасность и технологии противодействия терроризму 2014» в решение конференции включены следующие рекомендации ЗАО «Источник Плюс»: обеспечить импортозамещение систем пожаротушения зарубежного производства отечественными.

По мнению разработчиков, а также системных интеграторов и представителей ЗАО «Источник Плюс», использование МПП «ТУНГУС» в составе автоматической системы пожаротушения позволит повысить

эффективность и надежность системы противопожарной защиты и сэкономить значительные финансовые средства как на оснащении системой пожаротушения, так и на последующее обслуживание.

УДК 681.5

*М. В. Квасов, И. А. Легкова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НА СЛУЖБЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Приведены данные о роботизированных пожарных комплексах, обеспечивающих автоматическое тушение пожаров, имеющихся на вооружении специалистов пожарной охраны. Рассмотрены их характеристики и область применения.

**Ключевые слова:** пожарная охрана, пожарный робот, робототехнический комплекс, роботизированная установка.

*М. В. Квасов, И. А. Легкова*

## **ROBOTIC COMPLEXES IN THE FIRE SAFETY SERVICE**

The data on robotic fire complexes providing automatic fire extinguishing, armed with fire experts, are given. Their characteristics and scope are considered.

**Keywords:** fire protection, fire robot, robotic complex, robotic installation.

Пожарная охрана на протяжении нескольких столетий спасала жизни людей, полагаясь лишь на собственную подготовку и знания, полученные во время обучения. Где находятся самые опасные места в горящем здании? На сколько минут хватит кислорода в баллоне? Куда нужно направлять ствол, чтобы быстро и качественно ликвидировать возгорание? На эти и многие другие вопросы опытный пожарный сможет ответить не колеблясь, ведь от этого зависит жизнь сотен людей, попавших в чрезвычайную ситуацию. Однако даже высокая квалификация сотрудников ГПС МЧС России не может дать 100 % гарантию того, что будет ликвидирована каждая чрезвычайная ситуация, с которой столкнется человечество. А все из-за того, что с развитием промышленности и научно технического прогресса, в современном мире могут возникнуть аварии и выбросы, поражающий фактор которых физически не позволит человеку даже приблизиться к очагу. Впервые с такой проблемой столкнулись 26 апреля 1986 года. На четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС произошла авария, ставшая крупнейшей катастрофой в истории атомной энергетики. Уровень радиации зашкаливал. Первые пожарные, прибывшие на атомную

станцию, получили запредельные дозы радиации. Они приняли на себя первый удар. Некоторые из них поняли ужасную вещь в первые часы: реактор разрушен, в воздухе выбросы радиоактивных веществ. Но не отступили. Весь дежурный караул погиб в первые же дни после ликвидации.

Авария в Чернобыле заставила задуматься руководство СССР о дальнейшем противопожарном состоянии страны. Разработка в области пожарной робототехники уже велась с 1984 года, тогда на постоянное дежурство по защите памятников деревянного зодчества в Кижях заступил первый пожарный робот в нашей стране. Однако ЧС в Чернобыле заставила пересмотреть темпы и уровень финансирования проектов, связанных с робототехникой.

На сегодняшний день сотрудники МЧС активно используют различные роботизированные машины, тем самым в разы увеличивая зону своей деятельности. Все это было бы невозможно без должной организации и составления соответствующего плана по развитию робототехники и технологий ее применения в органах ГПС МЧС России. Таким образом, было утверждено три этапа дальнейшего развития этой сферы вплоть до 2030 года [1].

I-й этап с 2015-2017 г.г.:

1. Проведение мероприятий по повышению эффективности использования уже имеющихся на оснащении подразделений МЧС России робототехническими комплексами (РТК) и беспилотными летательными аппаратами (БЛА).

2. Развитие нормативной и правовой базы по созданию и применению РТК и БЛА.

3. Организация и проведение подготовки эксплуатирующего и обслуживающего персонала РТК и БЛА.

4. Разработка временной программы по обучению операторов комплексов с БЛА в системе МЧС России.

5. Внедрение систем управления обеспечивающих групповое управление РТК и БЛА.

6. Внесение изменений в организационно-штатную структуру подразделений эксплуатирующих РТК и БЛА.

II-й этап 2018-2020 г.г.:

1. Дооснащение подразделений МЧС России РТК и БЛА и дальнейшая их модернизация.

2. Совершенствование:

- нормативной и правовой базы по применению этих комплексов;
- подготовки эксплуатирующего и обслуживающего персонала;
- функциональных возможностей РТК и БЛА применительно к задачам, стоящим перед пожарно-спасательными подразделениями и спасательными воинскими формированиями;
- системы управления обеспечивающей групповое управление РТК и БЛА;

- определения порядка списания и утилизации робототехнических комплексов и беспилотных летательных аппаратов выслуживших свой технический ресурс или утративших функции в ходе ликвидации чрезвычайных ситуаций.

III-й этап 2021-2030 г.г.:

1. Оснащение подразделений МЧС перспективными образцами РТК и БЛА.

2. Выработка и совершенствование тактических приемов и способов их применения.

3. Совершенствование организационно-штатной структуры органов управления и подразделений эксплуатирующих РТК и БЛА.

4. Несение необходимых дополнений и изменений в нормативную и правовую базу по применению этих комплексов.

Пожарные роботы начали активно применяться в 2000-х годах. В нашей стране разработкой, созданием и внедрением пожарных роботов занимаются:

- ФГУ ВНИИПО МЧС России;

- НПО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЖР» (куда входит завод пожарных роботов);

- Московский государственный технический университет (МГТУ) им. Баумана;

- Университет комплексных систем безопасности.

Основой всех роботизированных противопожарных комплексов являются пожарные роботы, в свою очередь среди всего их многообразия наиболее широкое практическое применение нашли стационарные пожарные роботы на базе лафетных стволов (рис. 1).



Рисунок 1 - Пожарный робот

Пожарный робот на базе лафетного ствола включает в себя устройство обнаружения загорания и устройство программного управления [3]. Он предназначен для тушения и локализации пожара или охлаждения технологического оборудования и строительных конструкций. Выполняя

эту работу, пожарный робот замещает пожарного ствольщика в местах, опасных для жизни.

Одно из ценных качеств пожарных роботов – способность защитить достаточно большую площадь – 5-15 тыс. м<sup>2</sup> при расходе 20-60 л/с соответственно. Водоснабжение осуществляется только по магистральной сети. Важно, что адресная доставка воды и пены осуществляется по воздуху по всей защищаемой зоне непосредственно на очаг загорания.

Изогнутая конструкция ПР с вращающимся в разных плоскостях корпусом позволяет свободно манипулировать направлением потока воды. Ствол имеет три степени подвижности в сферической системе координат, что позволяет достать любую точку пространства в радиусе действия струи. На выходе ствола устанавливается многофункциональная головка-насадок, формирующая все виды подачи воды и пены в одном стволе. Привод насадка обеспечивает управление углом распыления струи от прямой кумулятивной до защитного экрана, равным 90°, а также формирование импульсной струи от одиночных до серии зарядов. Лафетные стволы могут быть стационарными, переносными, возимыми, с дистанционным управлением до 1 км, радиоуправлением до 0,6 км. По сравнению с дистанционно управляемыми лафетными стволами пожарный робот дополнительно оснащен «техническим зрением», состоящим из ИК-датчика, сканера и ТВ-камеры, и наделен интеллектом, соответствующим уровню решаемых задач, в число которых входят: распознавание образов, определение координат цели площадью 0,1 м<sup>2</sup> в пределах защищаемой зоны и наведение на очаг загорания, общение с себе подобными и др. Пожарные роботы связаны между собой и с центральным пультом информационной сетью, интегрированы в комплексную систему безопасности и образуют в целом роботизированный пожарный комплекс (РПК).

В данный момент на вооружение специалистов пожарной безопасности имеются различные машины и пожарные роботы [2]. Все они имеют свои характеристики и свою область применения.

Робототехнический комплекс пожаротушения среднего класса РТС ЕЛЬ-4 (рис. 2) представляет собой мобильное устройство, предназначенное для проведения аварийно-спасательных и специальных работ, для быстрого доступа к очагу возгорания. Снабжен специальным бульдозерным ножом для расчистки местности и дистанционным управлением с возможностью мониторинга дальностью до 2000 м.



Рисунок 2 - Робототехнический комплекс пожаротушения РТС ЕЛЬ-4

Мобильная роботизированная установка пожаротушения МРУП-СП-Г-ТВ-У-40-17КС создана для эффективного выполнения оперативных задач по тушению пожара в местах, где невозможно применить обычные устройства и методы (рис. 3). Роботизированная установка маневренная, обладает высокой прочностью, способна работать в условиях экстремально высоких температур. При этом способна бесперебойно работать 8 часов. Есть возможность создавать водяной туман на расстояние до 60 м.



Рисунок 3 - Роботизированная установка пожаротушения МРУП-СП-Г-ТВ-У-40-17КС

Гусеничный беспилотный пожарный робот LUF 60 – это гусеничный небольшой автомобиль с радиоуправлением, он предназначен для работы в экстремальных условиях в ограниченном пространстве (туннели, вокзалы,



склады) (рис. 4), способен перемещаться по лестницам и проникать в узкие проходы. Оснащен мощным вентилятором и водяной пушкой.



Рисунок 4 - Беспилотный пожарный робот LUF 60

Мобильный радиоуправляемый робототехнический комплекс Teodor служит для обеспечения визуальной разведки труднодоступных территорий (рис. 5). Способен преодолевать неровные поверхности с уклоном 45°, а так же брод с глубиной до 300 мм. Имеет 4 обзорные камеры.



Рисунок 5 - Робототехнический комплекс Teodor

За последние 25 лет робототехника сделала огромный шаг вперед. Машины, созданные для ликвидации различных ЧС, поражают своими характеристиками и возможностями, а область их применения не знает границ. Из всего этого можно сделать вывод, что цель, поставленная после

страшной аварии в Чернобыле, достигнута и теперь специалисты ГПС МЧС России вышли на новый уровень в области пожарной безопасности страны.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://fireman.club/normative-documents/reshenie-kollegii-mchs-rossii-14-i-ot-12-11-2014-ob-ispolzovanii-rtk-i-bla/>
2. <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototehnicheskie-kompleksyi-mchs-osnovnyie-modeli-opisanie-i-tth/>
3. [http://www.firerobots.ru/ru/press-center/info/item\\_5094.html](http://www.firerobots.ru/ru/press-center/info/item_5094.html)

УДК 656

***В. В. Киселев***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ТРАНСПОРТЕ

В статье проведен анализ основных причин возникновения пожаров на автомобильном транспорте, в том числе ошибки человека и техническое состояние транспортного средства. Сделан акцент на необходимости предотвращения аварий на транспорте для минимизации возможных потерь.

**Ключевые слова:** транспорт, безопасность, авария, потери, ущерб, угроза.

***V. V. Kiselev***

### ANALYSIS OF THE MAIN CAUSES OF FIRES IN TRANSPOR

The article analyzes the main causes of fires in motor vehicles, including human errors and the technical condition of the vehicle. Emphasis is placed on the need to prevent accidents in transport to minimize possible losses.

**Keywords:** transport, safety, accident, loss, damage, threat.

Рассматривая статистику пожаров на транспорте, можем заметить, что ежегодно происходит увеличение числа пожаров, в том числе на автомобильном транспорте, причем темпы роста количества пожаров превосходят рост мирового автомобильного парка [1-3].

Как известно, пожары на транспорте можно отнести к двум основным группам по причине их возникновения, это:

- пожары, произошедшие вследствие технических проблем с транспортным средством или вследствие различных аварий;
- поджоги.



В большей части пожары первой группы на транспорте происходят в результате замыканий электропроводки автомобиля или его сервисных устройств. Другой причиной пожаров являются утечки различных горючих жидкостей – топлива, жидких смазочных материалов, других горючих жидкостей, которые загораются при контакте с нагретыми поверхностями автомобиля.

Что касается поджогов, то согласно статистике, в промышленно развитых странах этот фактор является основным. Убытки от поджогов автомобильного транспорта значительны и составляют миллиарды долларов [4-6].

Кроме поджогов, когда горючая жидкость разливается злоумышленниками преднамеренно, пожар на автомобильном транспорте может возникать при утечке, произошедшей в результате какой-либо технической неисправности.

Проведя анализ пожаров по данной проблематике, были выявлены три основных места в автомобиле, где располагался источник зажигания:

- моторный отсек;
- салон;
- багажник.

Все это можно сказать преимущественно пожары, возникающие в результате причин технического характера, особенно это относится к моторному отсеку. Но необходимо помнить, что есть еще такая причина возникновения пожара, как планомерно обдуманная деятельность человека или, проще говоря, поджог. В данном же случае, развитие пожара может начинаться с любого места конструкции легкового автомобиля, которое выберет поджигатель. Здесь уже возможны иные места возникновения пожара:

- бензобак автомобиля;
- корпус автомобиля.

Попытаемся разобраться, что же является необходимым условием возникновения пожара. Для этого необходимо три условия: горючее, окислитель и источник зажигания. Для удобства воспользуемся общеизвестным определением «треугольник горения». В роли горючего материала может выступить в зависимости от места возникновения топливо, салон автомобиля, проводка и большое количество синтетических материалов. Здесь необходимо упомянуть, что в последние годы складывается тенденция к увеличению в применении синтетических материалов в конструкции автомобилей.

Здесь уже возникают свои специфические особенности. В зависимости от вида используемого топлива и условий окружающей среды с учетом геометрических и пространственных характеристик автомобиля, возможны различные последствия. Более подробно это можно сказать так, что в результате аварии, в возникшем дорожно-транспортном происшествии автомобиль может оказаться в перевернутом состоянии. Он

может находиться не обязательно на колесах и даже совсем не на дороге. Именно характер этого месторасположения автомобиля относительно нормального будет задавать свои решающие значения на характер возникновения и распространения пламени по конструкции автомобиля.

В роли окислителя выступает кислород воздуха, здесь не может быть нечего нового или специфического, так как все легковые автомобили эксплуатируются в условиях атмосферы. Да и сама их конструкция не приспособлена к изменениям концентрации кислорода. Только конструкция автомобиля специально созданного или приспособленного для эксплуатации в условиях отличающихся от обычных может иметь свои характерные черты [7, 8].

Источник зажигания автомобиля имеет свои специфические особенности. В первую очередь это связано со спецификой системой зажигания, электроснабжения автомобиля. Конечно, не все электрооборудование автомобиля можно отнести к пожароопасным. Также возможно возникновение пожара из-за неисправности электропроводки.

Нельзя забывать о еще одной причине, которая может повлиять на возникновение пожара - это водитель. По статистике именно водитель является в большинстве случаев виновным в возникновении дорожно-транспортного происшествия.

Происходит это потому, что как бы ни были надежны транспортные средства, совершенны автомобильные дороги, правила движения и его организация, исход аварийной ситуации в подавляющем большинстве случаев зависит от действий водителя. Если привести статистику по степени виновности водителей в возникновении дорожно-транспортного происшествия выраженную в процентном отношении к общему количеству, то получится что 75% автомобилей разбиваются в результате неправильных действий водителей.

К пожару на легковом автомобиле могут привести неисправности штатного электрооборудования, установленного заводом – изготовителем, а также нарушения, допущенные при монтаже и эксплуатации электрических цепей подключения нештатных устройств (сигнализации, центрального замка, магнитолы и др.).

Нахождение аварийного узла в ходе расследования пожара может иметь принципиальное значение для определения физического или юридического лица, которое должно компенсировать причиненный ущерб. Поэтому отработка электротехнических версий предусматривает тщательное исследование всех участков электросети. В частности, необходимо осмотреть блок предохранителей и выявить, в каких цепях произошло их срабатывание. Особое внимание следует обращать на места прохождения жгутов проводов через технологические отверстия в корпусе.

Вероятность пожара легкового автомобиля при дорожно-транспортном происшествии и обычном режиме его эксплуатации резко

возрастает, если нарушается целостность топливной или другой системы и происходит утечка горючей жидкости. Чаще всего такой жидкостью является бензин.

Что касается технических жидкостей (тормозной и смазочной систем, системы охлаждения двигателя), то, в отличие от бензина, они не обладают столь значительной скоростью испарения. Но их возгорание при попадании на нагретые поверхности возможно, так как они также являются горючими веществами (ЛВЖ, ГЖ) с относительно низкими значениями температуры воспламенения.

Как уже отмечалось, ситуация с поджогами автомобильного транспорта в промышленно развитых странах, включая и Россию, весьма напряженная. Она связана с противоправными действиями граждан и отдельных группировок, мотивированными корыстными соображениями (желанием, в частности, получить страховку за автомашину), а также такими изъянами общественной жизни, как месть, рэкет, пиромания, вандализм, хулиганские побуждения. Социальная подоплека этой наиболее распространенной причины пожаров на автотранспорте рассматривалась на специальном семинаре, который проходил в Лондоне в 1996 году. На нем было заявлено, что решение проблемы борьбы с поджогами должно проводиться на правительственном уровне, а формирование политики по их предупреждению должно осуществляться на научной основе [9].

Таким образом, существуют инструментальные методы, позволяющие обнаружить и диагностировать обнаруженную жидкость. Основные же возникающие при этом проблемы заключаются в необходимости решения вопроса, где отбирать пробы на анализ; в течение, какого промежутка времени это нужно сделать. Кроме этого, если при пожарах в зданиях само наличие остатков горючей жидкости в помещениях объекта, как правило, уже является признаком поджога, то на автотранспорте это далеко не так.

В качестве вывода хотелось бы отметить, что в настоящее время необходимо более внимательно относиться к проблеме пожаров на транспорте, решать вопрос с пожарами на легковых автомобилях: совершенствовать и обновлять нормативно-правовую базу, проводить профилактическую и экспериментально-лабораторную работу, стимулировать граждан на переход к более эколого- и пожаробезопасным видам транспорта – транспорта, работающего на электричестве.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брушлинский Н.Н., Соколов С.В.* Мировая пожарная статистика в начале XXI века. // *Пожарная безопасность.* – 2005. – № 5. – С. 78-88.
2. *Reports of Center of Fire Statistics of CTIF.* – Moscow. – 2004. – № 10.
3. *Чешико И.Д.* Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие. – М.: ВНИИПО, 2002. – 330 с.

4. Пожары и пожарная безопасность в 2004 году: Статистический сборник. / Под общей редакцией Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2005. – 139 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2001 году: Статистический сборник. / Под общей редакцией Е.А. Серебренникова, А.М. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2002. – 270 с.
6. Пожары и пожарная безопасность в 1997 году: Статистический сборник. / Под общей редакцией Е.А. Серебренникова, Е.А. Мешалкина. – М.: ВНИИПО, 1998. – 236 с.
7. *Армель Мюллер*. Методология расследования случаев пожара. // Пожарная безопасность в строительстве. – 2005. – С. 24-26.
8. *Исхаков Х.И., Пахомов А.В., Каминский Я.Н.* Пожарная безопасность автомобиля. – М.: Транспорт, 1987. – 87 с.
9. Managing – to Prevent arson. // Fire Prev. – 1996.– № 228. – P. 6.

УДК 614.895.5

*Д. А. Кокурин, В. А. Смирнов, О. Г. Волков*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ТЕОРЕТИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПРОСУШИВАНИЯ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО

В статье представлен обзор существующих методов просушивания боевой одежды пожарного, рассмотрение инновационного способа, а также их сравнение по различным критериям.

**Ключевые слова:** боевая одежда пожарного, сушильная комната, тепловая пушка, пожарный, радиатор

*D. A. Kokurin, V. A. Smirnov, O. G. Volkov*

## THEORETICAL AND TECHNOLOGICAL METHOD OF PROBLEM SOLVING DRYING FIRE FIGHTING CLOTHES

The article presents an overview of the existing methods of drying fire fighting clothing, examining the innovative methods, as well as comparing them according to various criteria.

**Keywords:** firefighting clothing, drying room, heat gun, fire fighter, heater.

Профессия пожарного считается одной самых рискованных и опасных во всем мирное. Однако, несмотря на это мало кто задумывается о том, что большинство пожарных погибают не из-за опасных факторов пожара (далее -ОФП) и даже не при тушении пожаров, а от скрытых причин. К таким причинам относятся профессиональные заболевания, которые развиваются в процессе повседневной деятельности пожарного, где наиболее

распространенное и часто встречающееся заболевание, как за рубежом, так и на территории Российской Федерации относят, прежде всего, онкологические, заболевания дыхательной и нервно-сосудистых систем, кожных покровов.

В статье сделана попытка определить пути предотвращения развития у пожарных кожных заболеваний, связанных с профессиональной деятельностью. Прежде всего, необходимо проанализировать возможные причины появления заболеваний, затем рассмотреть способы их минимизации.

Боевую одежду пожарного по рекомендациям производителей и врачей необходимо очищать различными способами от вредных веществ, оседающих на поверхности и проникающих вглубь материала. Естественно предположить самый простой способ: обычную стирку. Однако, это не выход из складывающейся ситуации. Во-первых, процесс стирки уничтожает огнезащитные свойства материала, во-вторых многие производители на бирке по правилам эксплуатации поместили факт запрета стирки, по-видимому, ввиду неудовлетворительного качества продукции, что является попросту неприемлемым.

Боевую одежду пожарного в гарнизонах выдают раз в 4-6 лет, абсолютное большинство пожарных не прибегают к стирке после пожара, чем подвергают себя огромному риску развития онкологических и кожных заболеваний от едкого дыма, газов, огнетушащих веществ, раздражающих кожные покровы. На эту тему написано немало статей, затрагивающих актуальность этой проблемы, однако, в них не упоминается о проблеме, вытекающей из первой.

После каждого серьёзного пожара, по причине того, что по сей день вода является основным огнетушащим веществом, а также после стирки необходимо сушить боевую одежду пожарного. Процесс сушки производится в специально отведённых для этого помещениях – сушильных комнатах, но реалии таковы, что в период с середины весны до середины осени отопление в пожарно-спасательных частях отсутствует и сотрудники своими силами пытаются решить эту проблему путём покупки обогревателей, которые справляются со своей задачей с трудом.

Логичным выводом вышесказанного является внедрение новаций в сфере сушки по причине устаревания действующих методов, которые отжили себя и объективно неэффективны.

Одним из вариантов решения данных проблем стало создание экспериментального сушильного комплекса на базе ПСЧ-18 ФГКУ «3 ОФПС по Владимирской области», в основу которого вошли: тепловая пушка, плотная ткань (брезент), пластиковые трубы, металлические трубы для каркаса. Комплекс представляет собой систему соединённых труб, формой представляющих очертания скелета человека с отверстиями в необходимых местах для дальнейшего выхода воздуха, подключённых к тепловой пушке. Суть данного метода заключается в прогоне нагретых масс

воздуха по трубам с целью дальнейшего отвода потоков воздуха в направлении отверстий. На этот комплекс в буквальном смысле надевают элемент боевой одежды и она, посредством обдувания горячим воздушным потоком, сохнет достаточно быстро. Скорость просушивания зависит от мощности тепловой пушки, удачности компоновки комплекса и того, насколько сырой материал необходимо сушить.

Для наглядности преимущества инновационного метода, мы решили произвести расчёты следующих параметров: электропотребление, стоимость оборудования, пожарная безопасность.

Исходя из данных на 2018 год, 1 кВт/ч, в Ивановской области стоит порядка 4,28 рубля.

Для расчётов возьмём электрическую тепловую пушку КОМПАКТ, ЗУБР ЗТП-М1-5000 мощностью 4500 Вт и стоимостью 3500 рублей. Рассчитаем материальные затраты за 1 час эксплуатации устройства.

$$\Delta Y = q_{эл} \cdot P_{ст}, \quad (1)$$

где:  $\Delta Y$  – материальные затраты за 1 час эксплуатации устройства (тепловой пушки)

$q_{эл}$  – мощность используемого электрооборудования (кВт)

$P_{ст}$  – цена 1 кВт/ч, в Ивановской области

$$\Delta Y = 4,5 \cdot 4,28 = 19,26 \text{ (руб/час)}$$

Путём несложных математических вычислений мы пришли к выводу, что стоимость эксплуатации устройства составила 19,26 рубля в час.

В качестве оппонента выступит Радиатор безмаслянный EWT NОC есо 20 LCD с мощностью 2000 Вт. Путём аналогичного расчёта мы находим значение затрат на эксплуатацию радиатора

Рассчитаем материальные затраты за 1 час эксплуатации устройства.

$$Y_{yc} = 4,28 \cdot 2 = 8,56 \text{ (руб/час)}$$

На первый взгляд создаётся впечатление, что использование обогревателя выгоднее с материальной точки зрения, однако это не так.

Для объективности сравнения обоих устройств примем количество боевых одежд пожарного равным двум.

Обогревателю для начала процесса высушивания необходимо нагреть целиком все помещение, не делая акцента на том, что он сушит; кроме того, пассивные массы воздуха не имеют проникающей способности, поэтому многослойный толстый материал будет сушиться очень долго. Обогревателю EWT NОC есо 20 LCD с мощностью 2000 Вт потребуется 6-7 часов. Возьмём среднее значение равное 6,5 часов для полной просушки двух комплектов боевой одежды пожарного.

Исходя из этих данных, мы можем рассчитать удельную стоимость просушивания комплекта обогревателем:

$$Y_{уд} = q_{эл} \cdot P_{ст} \cdot T, \quad (2)$$

где:  $Y_{yd}$  – материальные затраты, необходимые для просушивания комплекта БОП (радиатора)

$q_{эл}$  – мощность используемого электрооборудования (кВт)

$P_{см}$  – цена 1 кВт/ч, в Ивановской области

$T$  – время до полного просушивания БОП (часы)

$$Y_{yd} = 4,28 \cdot 2 \cdot 6,5 = 111,28 \text{ (руб)}$$

В отличие от обогревателя, тепловая пушка с системой труб акцентирована не просто на нагрев помещения, в котором она находится, а на боевую одежду пожарного; мощные горячие потоки воздуха в буквальном смысле выдувают излишнюю влагу, что позволяет просушить два комплекта боевой одежды пожарного за 20-30 минут.

Удельная стоимость просушивания комплекта тепловой пушкой составляет:

$$Y_{yd} = 4,28 \cdot 4,5 \cdot 0,5 = 9,63 \text{ (руб)}$$

111 рублей и 28 копеек будет потрачено ПСЧ для полного просушивания двух комплектов боевой одежды пожарного обогревателем, в то время как для просушивания того же количества с помощью инновационного метода будет затрачено лишь 9 рублей и 63 копейки; разница составила целых 101 рубля и 65 копеек. При длительной эксплуатации выгода в материальном плане налицо при использовании второго способа.

Но не стоит забывать, что самым важным критерием при выборе того или иного метода, является скорость просушивания, в чём инновационный способ значительно превосходит своего оппонента. Этот факт говорит о необходимости внедрения нового комплекса для просушивания специального снаряжения в пожарно-спасательные части нашей страны. Таким образом, это решение может положительно сказаться на сохранении здоровья пожарных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курочкин В.Ю., Беликов Р.Р. Разработка сушильной камеры для сушки боевой одежды пожарного // Пожарная и аварийная безопасность, 2017, №1(4)
2. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы. Приказ Минтруда России от 23.12.2014 № 1100н.
3. ГОСТ Р 53264-2009 Боевая одежда пожарного
4. Логинов В.И. Общие принципы и особенности разработки различных видов специальной одежды // Пожарная безопасность. 2002.

УДК 519.688+519.62+614.841

*А. В. Красильникова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА**

Проведено исследование динамики температуры газовой среды при пожаре в помещении. Результаты математического моделирования пожара удовлетворительно согласуются с данными, полученными при осмотре места пожара.

**Ключевые слова:** модель, экспертиза, пожар.

*A. V. Krasilnikova*

## **ANALYSIS OF THE RESULTS OF COMPUTER MODELING OF FIRE IN THE ROOM AT RECONSTRUCTION OF FIRE DEVELOPMENT**

The study of the dynamics of the temperature of the gas medium in case of fire in the room. The results of mathematical modeling of the fire are in satisfactory agreement with the data obtained during the inspection of the fire.

**Keywords:** model, examination, fire.

В результате пожара, как правило, возникает большое количество вопросов, ответы на которые без использования специальных знаний получить довольно сложно, а зачастую и невозможно. Поэтому эксперт играет ключевую роль в процессе расследования пожара. В данной статье под экспертом понимается лицо, обладающее специальными знаниями и назначенное в порядке, определенном уголовно-процессуальным кодексом, для производства судебной экспертизы и дачи заключения [1 ст. 57]. В настоящее время при производстве судебной экспертизы, а также в криминалистических научных исследованиях, все чаще используются модели, в том числе модели пожара.

Под моделью в данном случае понимается 1) устройство, воспроизводящее, имитирующее строение и действие какого-либо другого (моделируемого) устройства в научных, производственных и иных целях либо 2) любая совокупность абстрактных объектов, свойства и отношения которых удовлетворяют какой-либо системе аксиом [2].

Моделирование является одним из общенаучных методов криминалистики и заключается в построении, а также изучении моделей каких-либо явлений, процессов или систем объектов для их детального исследования [2].



При проведении пожарно-технической экспертизы, эксперту потребуется восстановить во времени и пространстве события, имевшие место при пожаре. Учитывается промежуток времени от начала горения до его ликвидации. Данные, полученные об этом промежутке времени, необходимы эксперту для ответа на вопросы: где возник, по какой причине и как развивался процесс горения [3].

Таким образом, необходимая информация для реконструкции пожара содержится в объективном и субъективном источнике. К субъективным можно отнести показания свидетелей, а к объективным - визуальный осмотр и исследование материальных объектов места пожара.

Следует отметить, что обстановка до возникновения пожара также важна. Для восстановления событий потребуется знать, что составляло горючую нагрузку и в каком направлении могло развиваться горение. Поэтому необходимыми данными являются:

- план здания;
- строительные конструкции и материалы здания;
- горючая нагрузка на объекте и ее расположение.

Чтобы повысить доказательность экспертных заключений, в практику проведения судебных пожарно-технических экспертиз необходимо внедрение компьютерной техники, которая взяла бы на себя часть интеллектуальной и рутинной работы. Одной из моделей, которые могут использоваться при реконструкции пожара, является полевая модель пожара, основу которой составляют дифференциальные уравнения в частных производных, описывающие пространственно-временное распределение температур, давлений и скоростей газовой среды в любой выбранной области (конкретной точке пространства), концентраций компонентов газовой среды, тепловых потоков [4].

Компьютерные модели позволяют проводить эксперименты в том числе на объектах, физический эксперимент на которых невозможен. Если ключевые свойства модели будут соответствовать свойствам оригинала, то:

- появляется возможность выяснить, что произойдет с объектом при пожаре;
- сокращаются расходы, по сравнению с тем, если бы создавалась физическая модель;
- упрощается задача, связанная с соблюдением требований пожарной безопасности;
- устанавливается время реакции пожарных извещателей;
- появляется возможность определить фактический предел огнестойкости строительных конструкций;
- появляется возможность установить направление распространения пожара.

Для исследования был выбран объект, представляющий собой квартиру из четырех помещений, соединенных открытыми дверными проемами [5]. Один из возможных сценариев пожара сформулирован

следующим образом: горение начинается в коридоре, в месте, где располагается полка для обуви. Свойства горючей нагрузки (характеристика материала полки): низшая расчетная теплота сгорания  $18 \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ , линейная скорость пламени  $0,0405 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , удельная скорость выгорания  $0,0143 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ , дымообразующая способность  $130 \text{ Нп}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{кг}^{-1}$ . Масса горючей нагрузки  $10 \text{ кг}$ . Время моделирования  $334 \text{ с}$ .

Для проведения компьютерного эксперимента были использованы программы Fire Dynamics Simulator и FireGuide (графический редактор). FDS позволяет прогнозировать распространение дыма и рассчитывать теплопередачу при пожаре. Результатами расчета программы FDS являются: поля температур, скоростей, давлений, концентраций дыма и продуктов горения и других величин [6]. Визуализация результатов расчета была выполнена с помощью программы SmokeView, которая позволяет отобразить, в том числе, двумерные срезы полей физических величин, характеризующих факторы (параметры) пожара. На рис. 1-5 представлены температурные срезы на расстоянии  $0,1 \text{ м}$  от стен.

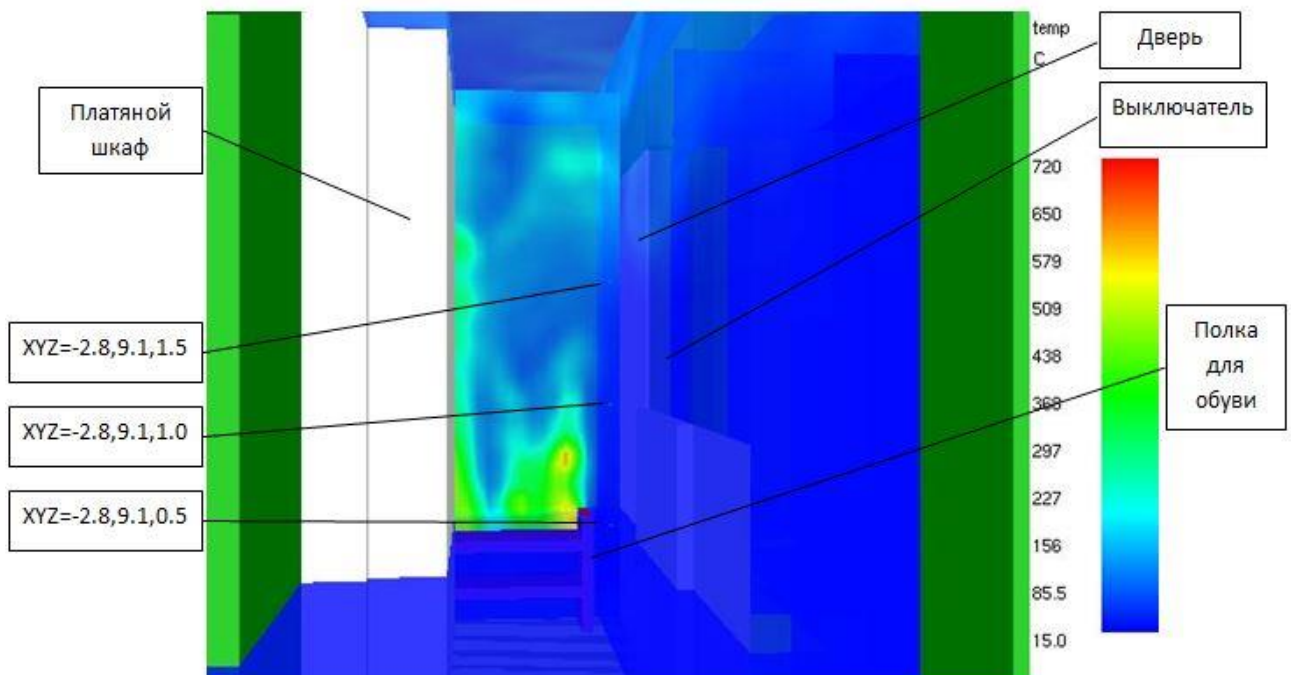


Рисунок 1 - Температурный срез на 60 с

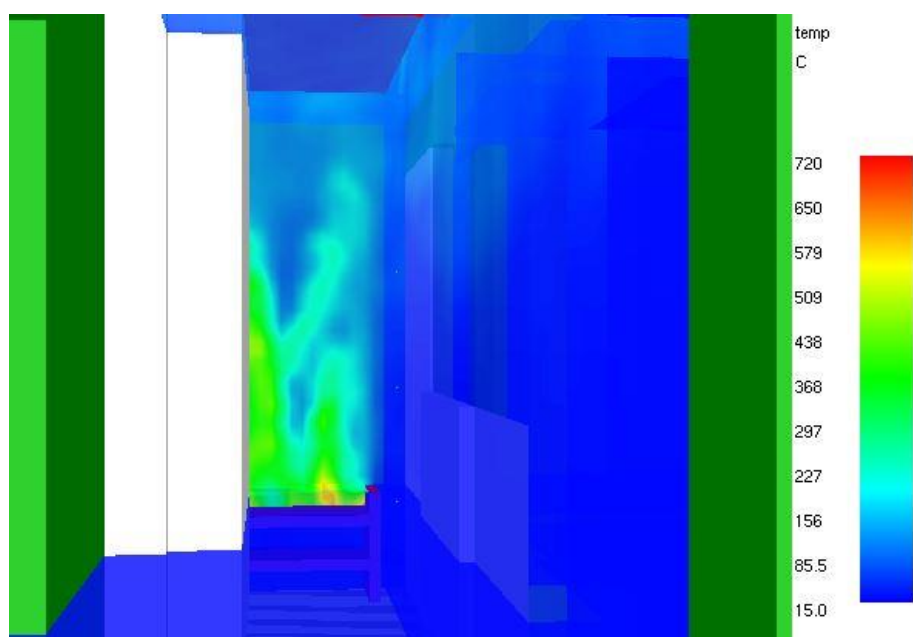


Рисунок 2 - Температурный срез на 120 с

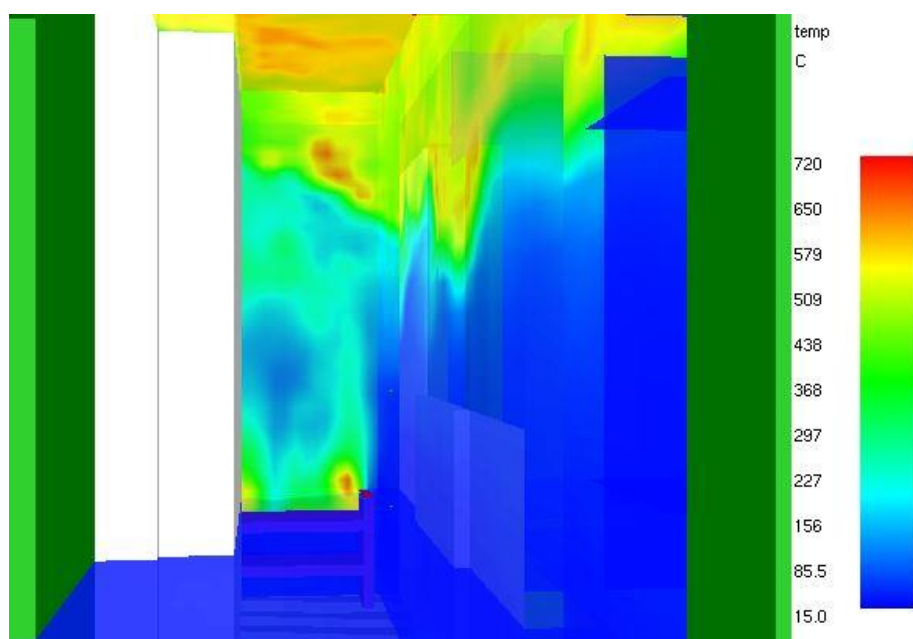


Рисунок 3 - Температурный срез на 180 с

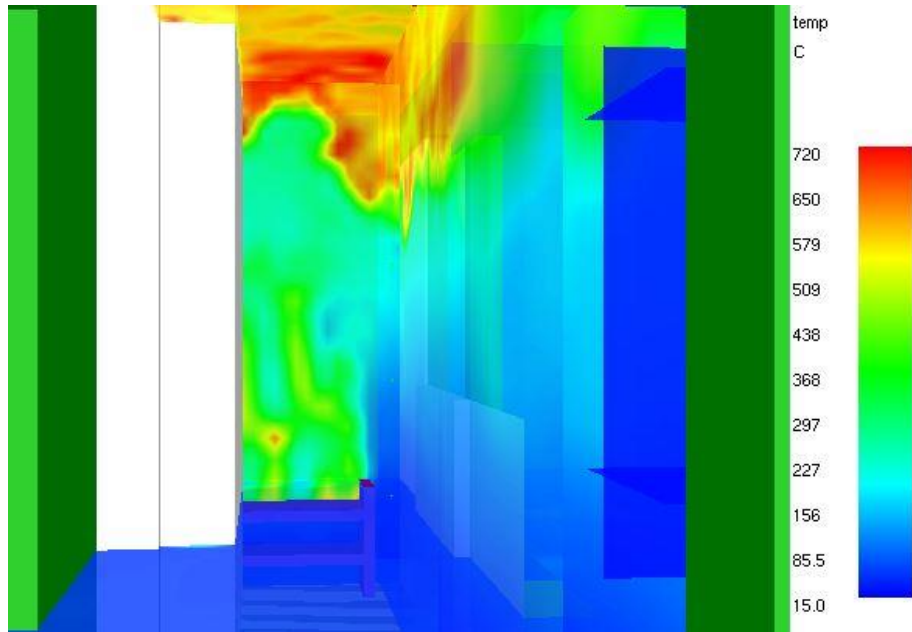


Рисунок 4 - Температурный срез на 240 с

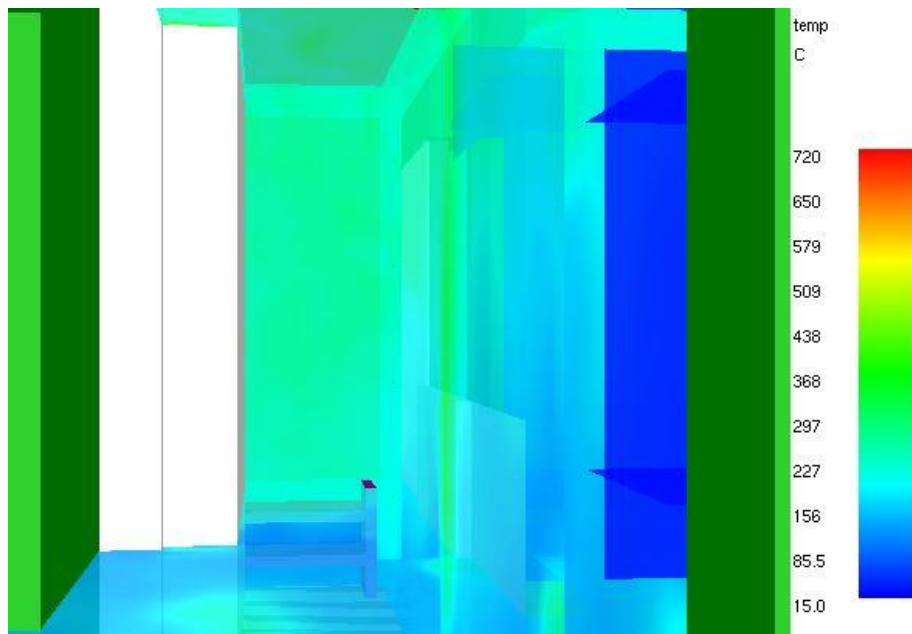


Рисунок 5 - Температурный срез на 300 с

Параметры компьютерной модели. Размер ячейки вычислительной сетки 0,05 м. Датчики температуры устанавливались на расстоянии 0,1 м от внутренней двери. Динамика температуры газовой среды в точках  $XYZ=-2.8,9.1,0.5$ ;  $XYZ=-2.8,9.1,1.0$ ;  $XYZ=-2.8,9.1,1.5$  представлена на рис. 6.

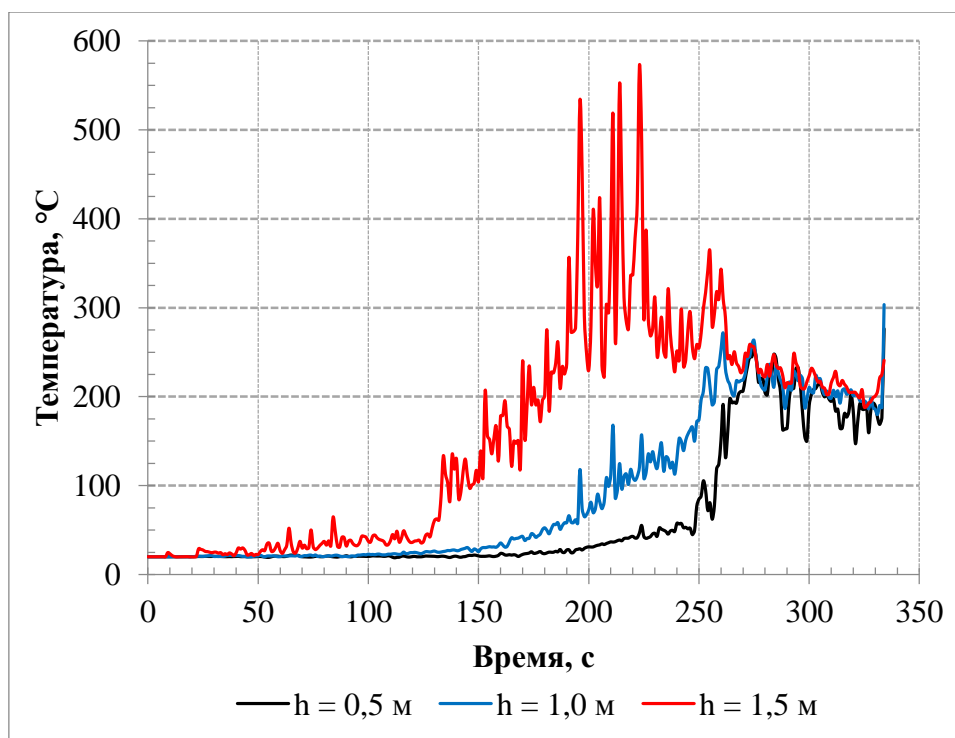


Рисунок 6 - Динамика температуры газовой среды

Величины температур, полученные с помощью математического моделирования пожара, удовлетворительно согласуются с результатами температурного воздействия на элементы интерьера помещения, установленные при осмотре места пожара. В частности, пластиковый выключатель на стене в коридоре не обнаружен (рис. 1).

Для получения достаточного количества информации об условиях протекания процесса горения необходимо при построении компьютерной модели у всех предметов размещать датчики физических величин, а для получения общей картины пожара использовать срезы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 18.12.2001 г. № 174-ФЗ «Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации».
2. Белкин Р.С. Криминалистическая энциклопедия / Р.С. Белкин. – Москва: Мегатрон XXI, 2000. – 334 с.
3. Применение программных комплексов для установления обстоятельств пожара / А.А. Шавлюга [и др.]. – 2017. – Т. 73. – Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – № 3. – С. 8.
4. Расчетные методы в судебной пожарно-технической экспертизе: методическое пособие / П.М. Агеев [и др.]; ред. А.А. Тумановский, И.Д. Чешко. – СПб: СПбФ ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2011. – 110 с.
5. Лапшин С.С. Сравнительный анализ результатов моделирования пожара интегральным, зонным и полевым методами для целей пожарно-

технической экспертизы / С.С. Лапшин, А.М. Мочалов. – 2018. – Т. 11. – № 4. – С. 17-26.

6. Руководство пользователя программы FireGuide [Электронный ресурс]. – URL: <http://fireguide.ru/HelpDocNew> (дата обращения: 12.11.2019).

УДК 614.841.33

*Р. А. Кузнецов, Е. А. Орлов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

## **ОГНЕСТОЙКОСТЬ, ОГНЕЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ**

В статье обозначена необходимость проведения огнезащиты и повышения огнестойкости в производстве и сфере обитания людей.

**Ключевые слова:** огнестойкость, значение огнезащиты в современном мире, повышение огнестойкости.

*R .A.Kuznetsov, E. A. Orlov*

## **FIRE RESISTANCE, FIRE PROTECTION OF BUILDING CONSTRUCTIONS AND MATERIALS.**

The article identifies the need for fire protection and increase fire resistance in production and human habitation.

**Keywords:** fire resistance, the importance of fire protection in the modern world, increasing fire resistance.

Развитие научно-технического прогресса, его все более широкие сферы распространения всецело способствуют созданию новых технических систем, совокупное действие которых приводит к непрерывному снижению уровня безопасности людей, как на производстве, так и в среде их обитания. Это обусловлено все большим насыщением техносферы потенциально опасными производствами, технологическими процессами, веществами и материалами. Отсюда возникает постоянная опасность возникновения пожаров и аварий в самых что ни на есть различных местах. Это обуславливает в свою очередь необходимость снижения риска возможности возникновения пожара, одним из таких способов является огнезащита. Огнезащита в свою очередь повышает предел огнестойкости строительных конструкций и материалов, с которыми мы так или иначе взаимодействуем в нашей повседневной деятельности.

Для того что бы каждый из нас понимал значение огнезащиты и повышение огнестойкости подчеркнем важные функции которые она выполняет:

1. Защита оборудования на производстве от различных возможных негативных последствий пожара.
2. Предотвращение полного или частичного разрушения зданий.
3. Непосредственно уменьшение очага горения.
4. Увеличение устойчивости конструкций к воздействию огня.
5. Уменьшение концентрации дыма помещений при горении материалов.

Крайне важна огнезащита для конструкций из материалов, которые способны к легкому возгоранию – древесины, материалов из пластика и др. Это все нам необходимо для достижения повышения огнестойкости, потому что это один из самых важных параметров параметров пожаробезопасности зданий, сооружений и различных инженерных коммуникаций. Этот показатель выражается промежутком времени, во время которого конструкция приобретает признаки нормируемых предельных состояний в условиях высоких температур, а именно:

Потеря в промежутке времени несущей способности (обозначается как R и указывается в минутах);

нарушение целостности конструкций (E, мин.);

ухудшение характеристик теплоизоляции (I, мин.).

Рассмотрим огнестойкость нескольких материалов. Ключевыми материалами, из которых изготавливаются различные конструкции для строительства и и далее применяемые в строительстве, являются металл, бетон и дерево. Всякий из данных материалов в изначальном своем виде имеет индивидуальные пределы огнестойкости. Рассмотрим каждый из этих материалов по отдельности, что бы понять, на сколько, необходимо увеличивать предел огнестойкости. Ведь разница обработанных материалов и материалов, не подвергавшихся обработке, имеют большую разницу.

Металлоконструкции, в необработанном виде характеризуются наименьшими показателями огнестойкости. Этот показатель напрямую зависит от показателя представленной толщины металла: при толщине 5 мм предел огнестойкости составляет 9 минут, при толщине 15 мм - 18 минут. Нормативная документация разрешает использование конструкций из незащищенного металла, но предел огнестойкости R, E, I не должен превышать 15 минут. В иных случаях для повышения предела огнестойкости должна проводиться обработка.

Деревянные конструкции, применяющиеся в современном строительстве, в наши дни, как правило, имеют производственные пропитки, не существенно уменьшают их горючие свойства. При всем том, пределы их огнестойкости, которые определяются с учетом скорости обугливания при пожаре, трактуются небольшими значениями. Современные эксплуатируемые конструкции из клееного дерева имеют предел огнестойкости 30-45 мин.

Бетонные (железобетонные) конструкции, имеют высокий предел огнестойкости, показатель которого зависит на прямую от толщины

защитного слоя бетона, который используется при строительстве и конструктивных особенностей зданий и различных его элементов. По большей части, дополнительной огнезащиты требуют пустотные плиты, панели с тонким слоем, различные элементы, способом внешнего армирования, а так же конструкции, исполненные из полимербетона.

Все выше представленные материалы разным способом ведут себя в условиях высоких температур, исходя из своих физико – химических свойств. В пример приведем древесину, в этом материале наблюдаются процессы термического разложения, по результатам которых образуется пористый кокс. Так, понижается жесткость и прочность конструкции. А металл, как нам всем известно, под воздействием высоких температур переходит в пластичное состояние, что является весьма опасным материалов при строительстве, так как он может привести к обрушению конструкций под воздействием повышенных температур. Бетон в свою очередь снижает свои характеристики в процессе появления в нем большого количества влаги. Бетон, который подвергшийся воздействию влаги в условиях пожара подвергается взрывообразному разрушению, что представляет собой очень великий риск угрозы жизни и здоровью граждан.

Для того, чтобы увеличить предел огнестойкости конструкций и довести его до заданных параметров, который будет наиболее безопасным вариантом для людей, в строительстве, как правило, применяют различные огнезащитные составы. На современном рынке их большое количество, можно найти как дорогие материалы и составы, так и дешевые. Но не в коем случае не стоит забывать, что дешевые материалы не всегда могут оказывать такой же эффект как качественные и сертифицированные материалы по понятным всем нам причинам. Они обеспечивают возможность блокировать поверхность конструкции от воздействия высоких температур и сохраняют ее в рабочем состоянии в течение необходимого времени. Именно этот промежуток времени необходим, для того, чтобы выиграть драгоценное время при возникновении пожара.

Увеличить предел огнестойкости разных конструкций можно, либо используя различные конструктивные способы, или с помощью окраски конструкций и материалов, которые используются при возведении или эксплуатации зданий и сооружений.

В состав огнезащитных веществ, как правило, входят: стойкие к высоким температурам разные заполнители (вермикулит, керамзит, базальт и другие), неорганические вяжущие (гипс, цемент и так далее.), некоторые полимерные вяжущие и добавки, которые увеличивают общую сопротивляемость системы воздействию огня, а так же длительность ее службы, прочность и другие характеристики. Данные материалы могут быть использованы отдельно (к примеру, гипс, базальтовые волокна) а так же вместе друг с другом, что в свою очередь окажет только положительное влияние и увеличит необходимый нам предел огнестойкости.



Действие покрытий вспучивающегося типа на базе органических вяжущих, основано на образовании защитного слоя пенококса. Под воздействием огня покрытие постепенно выгорает, что в свою очередь продлевает время работоспособности конструкций, являясь как бы щитом для конструкции. Покрытия, в которые входят минеральные связующие, обеспечивает блокировку теплового потока за счет высвобождения массы пара из содержащейся в их составе связанной жидкости. Этот процесс делает медленнее увеличение температуры защищаемой конструкции это, в свою очередь обеспечивает конструкции выполнять свои функции дольше и не терять свою представленную прочность.

Огнезащитные составы вспучивающегося типа на минеральном вяжущем компоненте одновременно выделяют при нагреве пар и увеличивают свою толщину, что в свою очередь обеспечивает противостояние воздействию огня и высоких температур более эффективно. Пористые и волокнистые огнезащитные материалы, которые обладают малой теплопроводностью, устанавливаются конструкционным методом и способны поглотить в себя теплоту при воздействии высоких температур, при этом, не меняя своей изначальной формы. Огнезащитные материалы композиционного типа считаются конструктивными элементами, которые обладают, при этом, эффектом термо расширения, что в свою очередь обеспечивает достижения эффекта повышения огнестойкости конструкций и материалов.

Официальная статистика утверждает: ежегодно в России происходит 240-260 тыс. пожаров. В результате огнем уничтожается до 70 тыс. строений. На пожарах погибают до 20 тыс. человек.

В процессе развития пожара в производственных зданиях сгорают технологическое оборудование и перерабатываемые материалы, в жилых зданиях - мебель и бытовая техника, в складах - хранящиеся материальные ценности, в торговых центрах - реализуемые товары.

Ущерб от пожара не ограничивается на стоимости выгоревших материалов. Воздействию огня и высокой температуры подвергаются также строительные конструкции, из которых выполнено здание. Температура внутри горящих сооружений и зданий может достигать 1100-1200°C. При этой температуре, горят конструкции из дерева и пластмасс, теряют прочность металлические конструкции, разрушаются конструкции из монолитного или сборного железобетона. При обрушении несущих конструкций ущерб от пожара достигает максимального значения. Исходя из этого, следует сделать вывод, что огнезащита и повышение огнестойкости строительных материалов и конструкций играют огромную роль в жизни людей как по их безопасности, так и по снижению ущерба от пожаров и их последствий. Так как с развитием промышленности и технологии это стало просто жизненно необходимым.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 2.13130.2012 системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
2. СНиП 21-01-97\* пожарная безопасность зданий и сооружений.
3. *И.Г. Романенков, Ф.А. Левитес.* "Огнезащита строительных конструкций" 1991г.

УДК 629.373

***В. Ф. Кушляев, М. В. Гомонай, А. А. Аграновский, А. Ю. Асламов, О. В. Кушляева\****

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», \*АО «Машлес»

### **ПРЕДЛОЖЕНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИКИ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ЗАГОТОВКИ И УТИЛИЗАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ С РАДИОАКТИВНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ**

В статье рассматриваются условия безопасного лесопользования на загрязненных радионуклидами территориях, предлагаются модели и прототипы машин и оборудования, производимые отечественными заводами, или находящимися в стадии разработки (после модернизации) для формирования комплекса машин и оборудования для заготовки и утилизации древесины в лесонасаждениях с радиоактивным загрязнением.

**Ключевые слова:** прототипы машин и оборудования, комплекс машин и оборудования, радиоактивное загрязнение древесины, дезактивация и утилизация древесины.

***V. F. Kuslaev, M. V. Gomonay, A. A. Agranovsky, A. Yu Islamov, O. V. Kuslaeva***

### **PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF EQUIPMENT FOR SAFE HARVESTING AND DISPOSAL OF WOOD WITH RADIOACTIVE CONTAMINATION**

The article considers the conditions of safe forest management in the territories contaminated with radionuclides, offers models and prototypes of machines and equipment produced by domestic plants, or under development (after modernization) for the formation of a complex of machines and equipment for harvesting and utilization of wood in forest plantations with radioactive contamination.

**Keywords:** prototypes of machines and equipment, complex of machines and equipment, radioactive contamination of wood, decontamination and utilization of wood.

Леса, подвергшиеся радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС, общей площадью около 2,7 млн. га, представляют экологическую опасность особенно в пожароопасный сезон. Лес в данном случае может быть источником загрязнения. Однако на 10% этой площади имеется возможность лесопользования без ограничения по радиационному фактору.

В федеральной целевой программе «Преодоление последствий радиационных аварий» одной из основных задач является «создание условий безопасного лесопользования на загрязненных территориях; реализация проекта по приведению в безопасное состояние лесов с высокими и опасными уровнями радиоактивного загрязнения».

Реализация проекта предусматривает работы по оснащению необходимой техникой и оборудованием специализированных организаций и подразделений для защиты населенных пунктов, а также рабочих и материально-технических средств, необходимых для тушения лесных пожаров в радиоактивно загрязненных лесах. Другими словами, эти мероприятия направлены на охрану загрязненных лесонасаждений и не достаточно включают такую важную проблему как утилизация загрязненной древесины с получением чистой продукции (брус, доска).

В новую концепцию Программы на период до 2020 г. включен такой показатель как увеличение площади лесов, возвращенных в хозяйственный оборот в целях заготовки древесины (по отношению к общей площади лесов на загрязненных территориях).

Наиболее пострадавшей, в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. оказалась Брянская область. Площадь загрязнения составила 11818 км<sup>2</sup> (33,8 %). Постановлением Правительства РФ от 18.12.1997 г. № 1582 были определены зоны радиоактивного загрязнения, а также районы и населенные пункты, относящиеся к ним. Можно с уверенностью сказать, что степень экологических проблем Брянской области несоизмерима с ее территорией. Леса приняли основную нагрузку при распространении радионуклидов от взрыва на Чернобыльской АЭС. Есть массивы, где радиация выше 40 кюри на квадратный километр [1,5].

Территория брянских лесов, подвергшихся радиоактивному загрязнению, составила более 310 тысяч гектаров, в то время как весь лесной фонд области составляет 1,2 миллиона гектаров, это около 25 % от всех лесных угодий региона. Особенно в свое время пострадали от радиации юго-западные районы. При этом объем опасного сухостоя, по оценкам брянских специалистов, составляет более 930 тысяч кубических метров и он продолжает ежегодно увеличиваться на десятки тысяч кубометров. Сухостойный лес подвержен воздействию короедов, является распространителем болезней, и представляет повышенную опасность в пожарном отношении [1,2,3].

Проблема с радиационным лесом тянется с момента чернобыльской трагедии уже на протяжении более 30 лет. В зонах наибольшего

радиоактивного загрязнения скопилось около 2,8 млн. м<sup>3</sup> древесины, объем которой ежегодно увеличивается на десятки тысяч кубометров. Экологи выражают опасения в том, что из-за пожаров может появиться вероятность поднятия радиоактивного облака на территории области [1].

При этом почти 30 % брянских лесов находятся в радиационной зоне, приходящейся на леса, подвергшиеся радиоактивному загрязнению свыше 5 Ки/км<sup>2</sup>.

В этот же период скопилось более полумиллиона кубометров спелой и перестойной древесины. Еще 800 тысяч кубометров составил погибший молодняк. Он не выдержал болезней и, возможно, последствий аварии в Чернобыле.

По данным ФГУ ВНИЛМ в зоне радиоактивного загрязнения лесов (1-5 Ки/км<sup>2</sup>) ежегодно проводятся рубки главного пользования на площади до 100 га (Брянская обл.).

Наименьшее загрязнение в лесных экосистемах наблюдается в верхнем древесном ярусе, наибольшее – в живом напочвенном покрове, промежуточное в подлеске и подросте. В настоящее время имеются лишь признаки стабилизации радиоактивного загрязнения древесины. Радиоактивное заражение окружающей среды характеризуется превышением уровня доз облучения населения и природной среды, создаваемого естественным радиационным фоном.

Воздействие радиации изменило природные свойства лесных экосистем и социально-экономическое значение леса, нарушило сложившийся режим ведения лесного хозяйства, создало ряд ограничений в процессе лесохозяйственной деятельности и многоцелевого лесопользования.

Ограничение хозяйственной деятельности, сокращение заготовки древесины и второстепенных лесных ресурсов вызывают значительные социально-экономические трудности для населения, проживающего на территориях, загрязненных радионуклидами. Понятие «радиационная обстановка в лесу» включает информацию о мощности эквивалентной дозы (мкВ/ч), плотности радиоактивного загрязнения почвы (Ки/км<sup>2</sup>) и уровне содержания радионуклидов в лесных ресурсах (Бк/кг). [1,2,5,6]

Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в древесине согласно СП26.1759-99 приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Допустимые уровни содержания цезия и стронция в древесине.

Лесоматериал	Допустимые уровни загрязнения, кБк/кг, (Ки/кг)	
	Цезий-137	Стронций -90
Древесина на корню для промышленного назначения (лесоматериалы круглые неокоренные)	11,1 (3·10 <sup>-7</sup> )	5,2 (1,4·10 <sup>-7</sup> )
Лесоматериалы круглые окоренные	3,1 (8,5·10 <sup>-8</sup> )	2,3 (6,2·10 <sup>-8</sup> )
Древесина для топлива	1,4 (4,0·10 <sup>-8</sup> )	0,37 (1·10 <sup>-7</sup> )

Мощность излучения со временем снижается, так с 1994 г. по 2007 г. она снизилась на 20-25% (наблюдается распад цезия и его уход в почву). В Беларуси загрязнение цезием-137 с плотностью свыше 37 кБк/м<sup>2</sup> (1Ки/кг) составляет более 1 млн. га. Допустимый уровень содержания цезия -137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов регламентируется РДУ/ЛХ -2001 (ГН 2.6.1.10-1-01-2001).

Общим требованием к проведению лесозаготовок в указанных условиях является получение чистой от радионуклидов продукции и обеспечение безопасных условий работы обслуживающего персонала. Особую опасность представляют пожары, т.к. при пожаре возможен повторный перенос радионуклидов с дымом и газами на населенные пункты, расположенные вне отселенных территорий. Поэтому в лесах необходимо вести правильное лесопользование с проведением противопожарных рубок и рубок ухода. Кроме этого необходим постоянный мониторинг территории.

В дереве поражены радионуклидами только крона, наружная часть ствола и корни.

Внутренняя часть ствола дерева - это чистая древесина, которую можно использовать в промышленности. На рис. 1 приведена объемная структура дерева (10-15% это объем кроны, 60-65% -объем стволовой части дерева, 5-10% - объем пней, 10-15% -корни дерева).

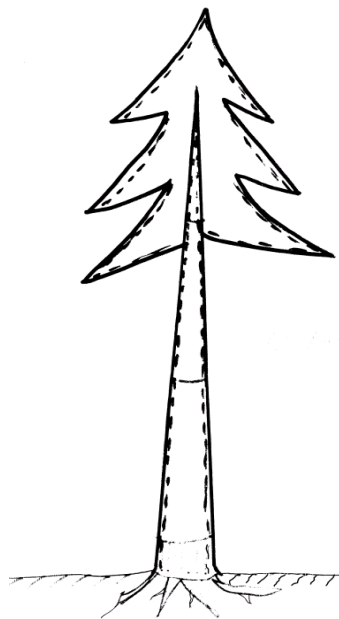


Рисунок 1 - Объемная структура дерева.

Наиболее безопасным и эффективным способом получения продукции из зараженной древесины является заготовка и её переработка на лесосеке с вывозкой чистой продукции.

В данном случае могут быть предложены два решения проблемы. Первое – создание новых многооперационных машин и оборудования.

Второе - модернизация существующих. Безусловно, в обоих подходах необходимо максимально решить задачу с защитой операторов машин и остальных рабочих от воздействия радиации и периодической дезактивацией самих машин и оборудования.



Рисунок 2 - Валочно-трелевочная машина ЛП-17А  
Трелевка деревьев в полупогруженном положении.



Рисунок 3 - Валочно-транспортная машина ЛП-17А  
Транспортирование деревьев в погруженном положении.

Для выполнения операций валка, пакетирование, трелевка, транспортирование, обрезка сучьев и раскряжевка могут быть использованы машины (их аналоги и прототипы): валочно-трелевочная ЛП-



17А (рис.2, рис.3), основные технические характеристики (табл.2), сучкорезно-раскряжевочная СМ – 35 (рис.4), основные технические характеристики (табл.3), гусеничная погрузочно-транспортная машина повышенной проходимости (рис. 5, рис.6), основные технические характеристики (табл.4). Для дальнейшей модернизации предлагаемых машин могут быть использованы шасси повышенной проходимости заводов: АО «Брянский автомобильный завод», ООО ЕЗСМ «Континент», АО «МК «Витязь».

Таблица 2 - Основные технические характеристики ЛП–17А

База	ЛХТ – 100
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	73,0 (100)
Скорость движения, км/ч	2,89-12,8
Удельный расход топлива, г/л.с.	155
Производительность по чистому времени работы при среднем объеме хлыста 0,45 м <sup>3</sup> - м <sup>3</sup> /ч, не менее	35
Грузоподъемный момент манипулятора, кНм	110
Диаметр обрабатываемых деревьев в месте реза, мм, не более	650
Удельное давление на грунт с гусеницей шириной 600 мм, кПа (кгс/см <sup>2</sup> )	35,0 (0,35)
Конструкционная масса, кг	13 400
Габаритные размеры (дл. шир. выс.) машины в транспортном положении, мм	7050, 2 370, 3 500



Рисунок 4 - Сучкорезно-раскряжевочная машина СМ-35

Таблица 3 - Основные технические характеристики СМ-35

База	ТТ – 4М
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	95,5 (130)
Скорость движения, км/ч	2,28-10,23
Удельный расход топлива, г/л.с.	167
Производительность по чистому времени работы при среднем объеме хлыста 0,45 м <sup>3</sup> - м <sup>3</sup> /ч, не менее	27
Грузоподъемный момент манипулятора, кНм	110
Диаметр обрабатываемых деревьев в месте реза, мм, не	650
Удельное давление на грунт с гусеницей шириной 550 мм, кПа (кгс/см <sup>2</sup> )	44,7 (0,45)
Конструкционная масса, кг	16 890
Габаритные размеры (дл. шир. выс.) машины в транспортном положении, мм	6 850, 2 700, 3 840

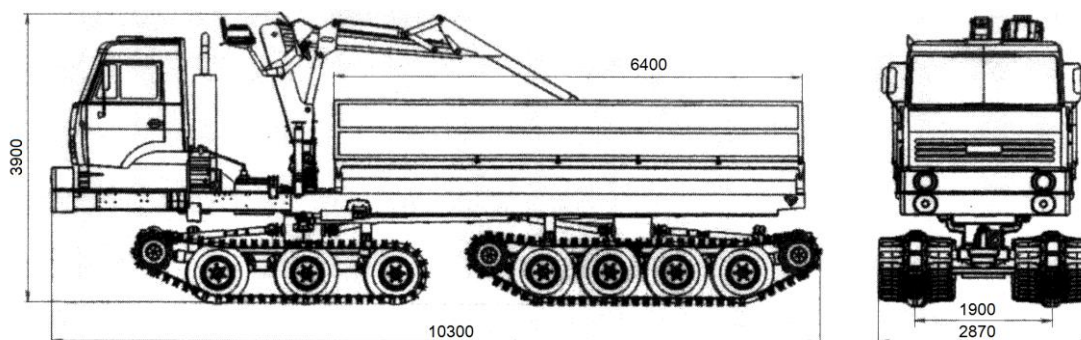


Рисунок 5 - Гусеничная погрузочно-транспортная машина повышенной проходимости завода ООО «ЕЗСМ «Континент» для перевозки древесины в полностью погруженном положении.

Таблица 4 - Основные технические характеристики ТС

Мощность двигателя ЯМЗ-238М2/диз. кВт (л.с.)	176 (240)
Масса перевозимого груза, до, т	12
Масса транспортера в снаряженном состоянии, кг	14 160
Полная масса транспортера, кг	24 510
Габаритные размеры, не более, мм	10 000 x 2 900 x 3 400
Среднее удельное давление на грунт, кПа(кгс/см <sup>2</sup> )	21,4 (0,22)
Максимальная скорость, км/ч	30
Контрольный расход топлива, л/100 км	180
Максимальный преодолеваемый подъем, %,(°)	580 (30)
Глубина преодолеваемого брода, м	1,8
Максимальный косогор, %, (°)	180 (10)
Номинальная мощность двигателя, брутто, кВт (л. с.)	176 (240)

Указанные машины будут производить валку, обрезку сучьев, раскряжевку хлыстов, пакетирование и трелевку деревьев на верхний склад.



На складе будет выполняться сжигание и захоронение отходов в отведенных местах.



Рисунок 6 - Транспортно-технологическая машина повышенной проходимости с полуприцепом на шасси завода ООО «ЕЗСМ «Континент» при транспортировании пачки деревьев в полностью погруженном положении в сложных природно-климатических условиях.

Для снятия с бревен зараженного слоя требуемой толщины можно использовать:

- а) мобильный мини завод КАНТ-2М (для толстомерного сырья);
- б) установку передвижную фрезернопильную УПФП -1М (для тонкомерного сырья).

Лесосечные зараженные отходы можно измельчать на дроблѐнку в передвижной рубильной машине типа УРП-1.

В агрегатах КАНТ-2М и УПФП-1М снимаемая зараженная часть древесины также превращается в измельченную древесную массу.

Зараженную измельченную древесную массу можно:

- а) сжигать в специальных котлах;
- б) проводить её захоронение;
- в) собирать в специальные контейнеры и вывозить на заводы по утилизации таких отходов.

Чистая пилопродукция вывозится лесовозным автомобильным тягачом, оборудованным гидроманипулятором. В качестве силовой базы тягача используется КАМАЗ, МАЗ -509А или Урал-43204 с прицепом и тягачи АО «Брянский автомобильный завод».

Конструкции перечисленных машин защищены патентами на изобретение.

В настоящее время указанные выше агрегаты прошли испытания в промышленности и используются на многих предприятиях. Однако для их внедрения на загрязненные радионуклидами территории требуется специальная доработка агрегатов с учетом обеспечения безопасных условий работы обслуживающего персонала.

Для обоснования технических параметров и эксплуатационных показателей лесозаготовительной машины на стадии разработки заявки и технического задания предлагается детерминированный метод. В качестве целевых функций могут быть использованы уравнения сменной производительности машины, удельных приведенных затрат заготовки 1 м<sup>3</sup> леса, тягового баланса. Для решения каждого уравнения были разработаны программы для ЭВМ. Сущностью метода является то, что при анализе зависимостей выходных значений показателей от факторов, входящих в формулу, варьируются один или одновременно несколько факторов с заданными интервалами, а остальные сохраняются в виде математических ожиданий.

Перечисленные выше параметры и показатели являются основными факторами, определяющими производительность ВТРМ и удельные приведенные затраты. Критерием оценки и оптимизации могут быть удельные приведенные затраты.

Для разработки инструкции по эксплуатации машины был выполнен анализ зависимости сменной производительности валочно-транспортной машины от основных факторов.

Формула сменной производительности валочно-транспортной машины и исходные данные для расчета.

Для определения сменной производительности ВТРМ предлагается следующая формула:

$$P_{см} = \frac{420 K_{вп} \frac{K_{гр} G_{м}}{0,8}}{\frac{K_{гр} G_{м}}{0,8 V} t_{цвп} + \frac{600}{q. a. v_1} + \frac{120 l_{ср}}{V_{ср}} + t_{пп}}$$

где:  $P_{см}$  – эксплуатационная сменная производительности машины, м<sup>3</sup>;

420– время смены, мин;

$K_{в.п.}$  – коэффициент полезного использования времени смены;

$t_{цвп}$  – время цикла валки-пакетирования одного дерева, мин;

$t_{цвп} = 0,75 + 0,2V$ , мин;

$V$  – средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;

$K_{гр}$  – коэффициент грузоподъемности машины.

$$K_{гр} = \frac{G_{п}}{G_{м}}$$

$G_{п}$  – масса пачки деревьев, т;

$G_{м}$  – эксплуатационная масса машины, т;

$\frac{K_{гр} G_m}{0,8}$  – объем пачки деревьев, м<sup>3</sup>;

0,8 – объемная масса пачки деревьев, т/ м<sup>3</sup>;

q – средний запас леса на 1 га, м<sup>3</sup>.

Для всего объема заготовок леса по Брянской области аппроксимировано следующее выражение:

$$q = 585,7 V$$

a – ширина ленты набора пачки деревьев, м;

V<sub>1</sub> – средняя скорость переездов машины при формировании пачки деревьев, км/ч ;

V<sub>ср</sub> – средняя скорость движения машины при транспортировании пачки, км/ч;

l<sub>ср</sub> – среднее расстояние транспортировки пачки деревьев, км ;

t<sub>пп</sub> – время, затрачиваемое машиной на погрузочном пункте, мин.

Исходные данные для оценки производительности ВТМ были рассмотрены в табличном виде.

Для обработки заготовленной древесины предлагается станок для окорки и снятия верхнего слоя ствола типа VK - 16 и передвижная пилорама ЛРВ-1 для продольной распиловки лесоматериала на доски и брусья (производства шпал и пиломатериалов).

Для повышения качества эксплуатации машин, снижения времени цикла, снижения нагрузки на оператора и повышения производительности, а в перспективе создания и промышленного робота была разработана и совместно с немецкой фирмой в Германии изготовлена автоматизированная система управления ВТМ ЛП-17А (базовая ЛП-17А была изготовлена в России и отправлена в Германию для оборудования автоматизированной системой управления) [14,15,16].

Автоматизированная система была создана с условием, что оператор в любое время может вмешиваться в управление машиной ручным способом. Необходимость в ручном управлении возникает при выполнении таких элементов цикла как окончательная наводка рабочего органа (РО) на дерево и при укладке дерева в коник машины, а также при непредвиденных ситуациях.

Частичная автоматизация производства (роботизация), а в дальнейшем и максимально возможная или полная, являются одним из эффективных методов заготовки леса в насаждениях загрязненных радионуклидами. Промышленные роботы на базе машин ЛП-17А и СМ-35 значительно повышают производительность процесса заготовки, существенно сокращают влияние человеческого фактора на производственный процесс, обеспечивают снижение нагрузки на оператора и его защиту от воздействия опасной среды. [14].

Безусловно, такие машины будут востребованы при освоении обычных плановых лесосек, отводимых ежегодно в рубку.

Автоматизация производства на базе опыта создания машин ЛП-17А, СМ-35, шасси, и разработок заводов АО «Брянский автомобильный завод»,

ООО «ЕЗСМ «Континент», АО «МК «Витязь», ООО «ВЕЛМАШ-С» является перспективной инновационной технологией. Используя комплектующие ведущих производителей электрики, гидравлики и элементов автоматики можно быть уверенными в качестве и надежности автоматизированных машин и оборудования для заготовки и переработки древесины.

#### **Выводы и предложения.**

С использованием выбранных аналогов необходимо выполнить обоснование тактико-технических требований на комплекс машин и оборудования для заготовки и утилизации древесины в лесонасаждениях с радиоактивным загрязнением.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Коростелёв А.И.* Радиоактивное загрязнение территории брянских лесов и пути хозяйственного использования заготавливаемой древесины // А.И. Коростелёв, О.Н. Коростелёва, А.А. Рыбикова. Фундаментальные исследования. – 2011. – № 4 – С. 104-106.
2. *Платонов Е.И.* Технология заготовки лесопродукции в зоне радиационного загрязнения. – Брянск, БГИТА, 2009, С.131-133.
3. *Абдурагимов И.М.* Чернобыльское эхо лесных пожаров //И.М. Абдурагимов, А.Н. Однолько. Лесное хозяйство.-1994.-№2.-С.30-32.
4. *Азаров С. И.* Оценка пожароопасности территорий загрязненных радионуклеидами // С.И. Азаров, А.А. Однолько. Лесное хозяйство.-1999.-№3.-С. 15-17.
5. *Алексахин Р.М.* Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах// Р.М. Алексахин, М.А. Нарышкин.- М.:Наука,1977.-142 с.
6. *Богачев А.В. и др.* Закономерности радиоактивного загрязнения элементов лесных биогеоценозов. Лесохозяйственная информация. - 1994.-№7.-С.12-16.
7. *Богинский Н.И.* Обнаружение и тушение лесных пожаров на территориях с радиоактивным загрязнением. Лесное хозяйство.-1996.-№2.-С.27-28.
8. ГОСТ 20286-96. Радиоактивное загрязнение и дезактивация. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1996.
9. Руководство по ведению лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения от аварии на Чернобыльской АЭС (на период 1997-2000 г.) Федеральная служба лесного хозяйства России. Москва.-1997.
10. *Воронов С.И.* Основные направления развития радиационно-загрязненных территорий, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской атомной станции //С.И. Воронов, В.А. Седнев, В.Г. Миронов и др. Пожары и чрезвычайные ситуации.2010. № 3. С.4 – 13.
11. *Гомонай М.В.* Проблемы обеспечения безопасных условий эксплуатации ЛЭП на участках, проходящих через лесонасаждения.// М.В. Гомонай, В.Ф. Кушляев. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. Химки: ФГБОУ ВПО «АГЗ МЧС России». – 2011. – №4. – С. 52 - 56.
12. *Кушляев В.Ф.* Выбор и обоснование параметров базовых машин с учетом экстремальных условий их работы. Международная научно-практическая

конференция «Комплексная безопасность. Новые горизонты». 25 ноября 2011 года/Химки: ФГБОУ ВПО «АГЗ МЧС России». – 2011 – С. 63 - 65.

13. *Кушляев В.Ф.* Выбор и обоснование параметров базовых машин с учетом экстремальных условий их работы. Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность. Новые горизонты». 25 ноября 2011 года./Химки: ФГБОУ ВПО «АГЗ МЧС России». – 2011 – С. 63 - 65.

14. *Кушляев В.Ф.* К вопросу создания и использования роботизированной техники для заготовки леса в радиационных зонах. XXII Международная научно-практическая конференция. «Предупреждение. Спасение. Помощь». 4 апреля 2012 года/Химки: ФГБОУ ВПО «АГЗ МЧС России». – 2012 – С. 52 - 54.

15. *Гомонай М.В.* О возможностях безопасной заготовки и переработки древесины, загрязненной радионуклидами. Сборник материалов МНПК Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Воронеж. - ВГЛТА.2014.с.302-306.

УДК 614.84

*В. Ф. Кушляев, Ч. У. Иргит, В. А. Леонов<sup>80\*</sup>*

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

\*ООО «Екатеринбургский завод специализированных машин «Континент»

## **СОЗДАНИЕ ЧЕТЫРЕХ-ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

В статье даны пожарные машины повышенной проходимости завода ООО «ЕЗСМ «Континент». Рассмотрен перечень основных характеристик машин повышенной проходимости для тушения лесных и торфяных пожаров. Даны рекомендации для дальнейшего применения пожарных машин в условиях Крайнего Севера.

**Ключевые слова:** гусеничные пожарные машины повышенной проходимости, двухзвенные четырех - гусеничные машины, проходимость гусеничных машин, прицепное шасси с активным приводом, гусеничный прицеп с активным приводом.

*V. F. Kushljaev, Ch. U. Irgit*

## **CREATION OF FOUR-TRACKED VEHICLES TO EXTINGUISH FOREST FIRES IN THE FAR NORTH**

The article presents the fire engines of the increased cross-country capacity of the plant LLC "ESSM "Continent". The list of the main characteristics of high-terrain vehicles for extinguishing forest and peat fires is considered. Recommendations for further application of fire engines in the Far North are given.

**Keywords:** crawler fire engines of increased cross-country, two-link four-tracked vehicles, cross-country crawler vehicles, trailer chassis with active drive, crawler trailer with active drive.

Одной из актуальной и наболевшей проблем районов Крайнего Севера, являются лесные пожары.

29 июля 2019 года Сибирский окружной информационный центр сообщил, что площадь лесных пожаров в Сибири в настоящий момент составляет 1 млн 603 тыс. га, при этом было зафиксировано 232 очага пожаров.

Наиболее сложная обстановка отмечается в Иркутской области (137 пожаров) и Красноярском крае (94). Всего, по данным Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоза), в России на летний период 2019 года горело около 2,3 млн га леса. Редакция ТАСС-ДОСЬЕ подготовила материал о статистике лесных пожаров в РФ и наиболее крупных из них по последствиям. [2]

Лесом покрыто почти две трети территории России. Общая площадь земель лесного фонда, по данным Рослесхоза, составляет 1 млрд 146 млн га. Ежегодно в России регистрируется от 9 до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 500 тыс. до 3,5 млн га. Согласно данным МЧС России и Рослесхоза, всего с начала 1992 года по конец 2018 года в России зарегистрировано порядка 635 тыс. лесных пожаров.

В среднем размер ущерба от лесных пожаров в год составляет порядка 20 млрд рублей, из них от 3 до 7 млрд - ущерб лесному хозяйству (потери древесины). Остальные потери - расходы на тушение и последующую расчистку горелых площадей, ущерб от гибели животных, загрязнения продуктами горения, затраты на восстановление леса и т. д. Обычно возгорания лесов в России начинаются в апреле и длятся до октября [2]

Известно, что лесные пожары подразделяются на низовые, верховые и торфяные. Низовые составляют примерно 90% от общего количества лесных пожаров. При этом горят нижние части деревьев, трава, валежник, подлесок, выступающие корни. Скорость распространения низового пожара составляет 2,5-3,0 м/мин. Верховые пожары характеризуются быстрым продвижением огня по кронам деревьев при сильном ветре. Скорость верхового пожара иногда достигает 400-500 м/мин. Почвенные пожары возникают в местах нахождения торфа. Скорость распространения такого

пожара - несколько метров в сутки. При этом выделяется большое количество дыма.

По данным МЧС, подавляющее большинство лесных пожаров возникает по вине человека: например, из-за непотушенных сигарет, неправильно разведенных костров, перехода на лесные угодья весеннего пала травы или искр от автомобильного или железнодорожного транспорта. В редких случаях пожары вызваны попаданиями молний.[2]

Как правило, большинство лесных пожаров регистрируется в тайге, вдали от населенных пунктов. Большой общественный резонанс подобные природные бедствия получают, когда огонь подбирается к населенным пунктам или когда смог от пожаров распространяется на широкие площади, охватывая крупные агломерации.

В отдаленных районах Крайнего Севера, где приходится преодолевать бездорожье и сезонные дороги с временным покрытием, для того чтобы добраться до очага пожара, применяются в основном пожарно-спасательные машины на колесной базе (Рис.1). Указанные машины имеют недостаточную проходимость и не обеспечивают требуемую оперативность, а в целом эффективность тушения пожара, в условиях Крайнего Севера.



Рисунок 1 - Пожарная машина на колесной базе.

Для обеспечения пожарной безопасности сельских поселений и лесных насаждений в районах Крайнего Севера, удаленных от развитых транспортных сетей необходимы современные гусеничные и колесно-гусеничные машины повышенной проходимости.

Отечественные и зарубежные заводы производят широкий типоразмерный ряд специализированных транспортных средств повышенной проходимости различного назначения, параметров и конструкции. Значительная их часть предназначена для выполнения



транспортных задач при недостаточном коэффициенте грузоподъемности, другие плохо адаптированы для выполнения технологических задач в экстремальных условиях, при этом они не всегда соответствуют условиям и задачам, характерным при чрезвычайных ситуациях. [1,3,4,5,6]

Для тушения лесных пожаров известны, гусеничные двух-звенные машины на базе шасси ЛХТ-100А-12 (Рис. 2), машина лесопожарная МСН-10 ПМ на шасси ТТ-4М (Рис. 3), гусеничная пожарная машина ГПМ-10 на шасси МТ-Лбу (Рис. 4). Однако известные двух-гусеничные машины имеют повышенное удельное давление на грунт ( $0,4 \text{ кг/см}^2$  и более) и не всегда соответствуют требованиям чрезвычайной ситуации при тушении лесного пожара.



Рисунок 2 - Пожарная машина на гусеничном шасси ЛХТ-100А-12



Рисунок 3 - Машина лесопожарная МСН-10 ПМ





Рисунок 4 - Гусеничная пожарная машина ГПМ-10

С применением модульного принципа компоновки шасси и технологического оборудования, а также использования унифицированных узлов и систем отечественных машин заводом ООО «Екатеринбургский завод специализированных машин «Континент» с участием ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России» разработаны, изготовлены и проходят опытную эксплуатацию в условиях Крайнего Севера и Арктики четырех-гусеничные машины повышенной проходимости (пожарная машина, погрузочно-транспортная машина, контейнеровоз, автотопливозаправщик, автогидроподъемник и др.) [3,4,5,6]

Пожарная машина ПЦ-10-40/70(ТС-15) модели ТС-15 (цистерна пожарная) была изготовлена в 2015 г. и поступила в опытную эксплуатацию на полуостров Ямал (рис.5).

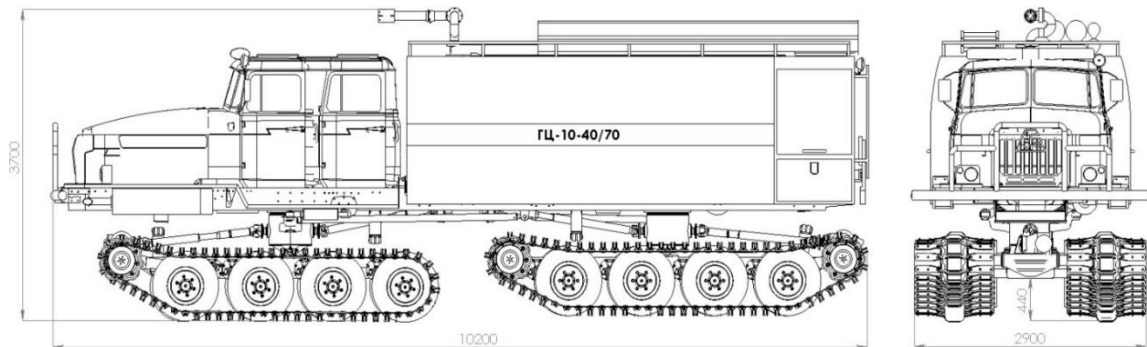




Рисунок 5 - Пожарная машина ПЦ-10-40/70

Пожарная машина ПЦ-10-40/70 (цистерна пожарная) разработана и изготовлена на базе четырех-гусеничного шасси повышенной проходимости и предназначена для выполнения следующих работ:

- доставки к месту пожара боевого расчета, пожарно-технического вооружения и запаса огнетушащих веществ с последующим тушением пожаров в сельской местности, в отдаленно отстоящих от основных дорог поселках, не имеющих постоянных дорог, в период распутицы, глубокого снега, когда использование колесной пожарной техники сложно или невозможно;

- тушения пожаров огнетушащими средствами в лесопарковой зоне, национальных заповедниках;

- тушения торфяных пожаров в модификации с манипулятором и торфяным стволом (Рис. 6);

- тушения пожаров техногенного характера на объектах нефтегазовой отрасли;

- подачи воды и воздушно- механической пены низкой и средней кратности через напорные рукава, ручные стволы и пеногенераторы на большие расстояния при тушении очагов пожара вдали от водоемов. [3,4,6]

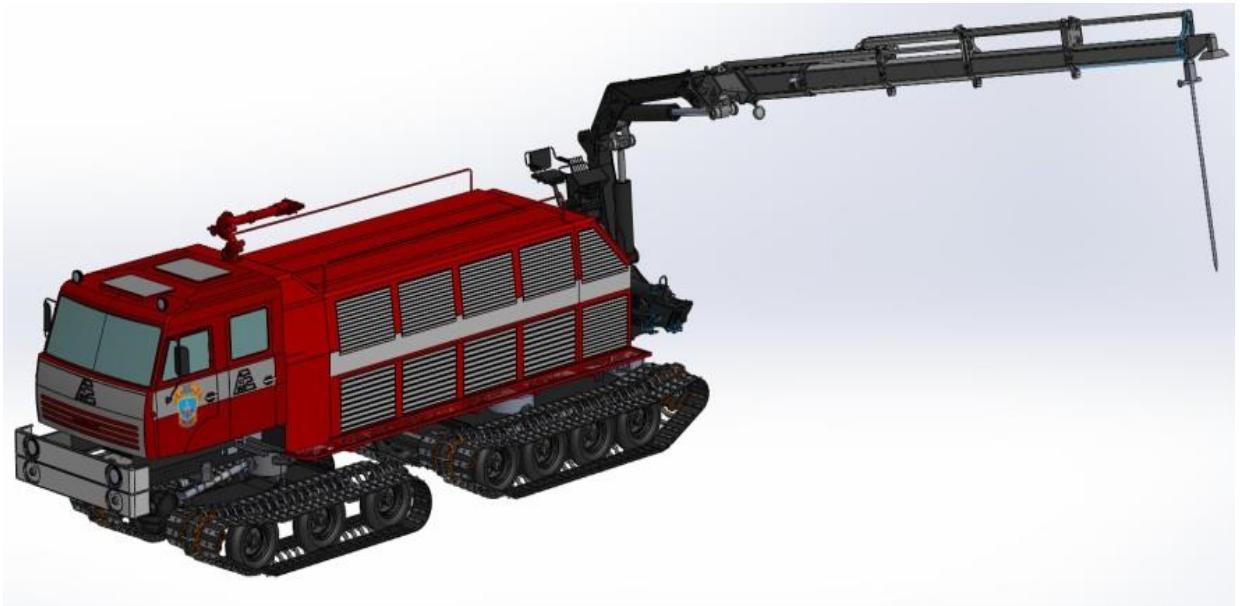


Рисунок 6 - Пожарная машина ТСК АЦ-6-40 КМУ

Цистерна может использоваться как самостоятельная боевая единица с применением пенообразования из встроенного пенобака и подачи воды из встроенной емкости или постороннего резервуара и забором воды из водоема или из водопроводной сети. Автоцистерна рассчитана на эксплуатацию в районах с температурой окружающего воздуха от минус 60 до плюс 40°С.

Машина включает следующие основные узлы, агрегаты и системы:

- шасси двухзвенное, четырех- гусеничное с продольной рамой, соединяющей звенья;
- насосную установку (насос ПН-40УВ или НЦПН-70/100М);
- цистерны для воды с возможностью эксплуатации до -60°С с термозащитным экраном и устройством подогрева воды;
- пенобак;
- водопенные коммуникации;
- электрооборудование.

На шасси установлены: привод насоса, насос, цистерна для воды и часть электрооборудования.

В отсеках кузова размещены пожарно-техническое вооружение и элементы электрооборудования.

Цистерна оборудована сигнально-акустической системой "Корвет" или другой аналогичной системой.

Основная работа цистерны заключается в том, чтобы с помощью имеющегося оборудования и принадлежностей подавать в очаг пожара воду или воздушно-механическую пену до полной ликвидации возгорания.

Привод пожарного насоса осуществляется от двигателя шасси через карданную передачу. Цистерна и пожарно-техническое оборудование могут выполнять следующие операции:

- подавать воду из цистерны, водоема или гидранта водопроводной сети;

- подавать раствор пенообразователя для получения воздушно-механической пены, при этом пенообразователь может поступать из встроенного пенобака или из постороннего резервуара;

- работать на перекачку воды с другими цистернами при значительном удалении водоема от места пожара.

Электрооборудование машины состоит из электрооборудования шасси и дополнительного электрооборудования технологической оснастки.

Питание энергопотребителей автоцистерны осуществляется постоянным током напряжением 24В от бортовой сети шасси.

Электрооборудование включает следующие основные элементы:

- в кабине водителя: щиток контроля, тумблеры включения передних и задних противотуманных фонарей, блок управления сигнально-акустической установкой "Корвет", блок предохранителей;

- на крыше кабины водителя: синие маяки и сирена сигнально-акустической установки, фары-прожекторы;

- в цистерне установлен датчик измерения уровня воды;

- в насосном отсеке: плафон освещения, отопитель, вакуумный насос с пультом управления.

Пожарно-техническое вооружение (ПТВ) размещается на цистерне, на крышке кузова и в отсеках и надежно закрепляется специальными механизмами и зажимами. [1,5,6]

Для увеличения объема воды поставляемой к очагу пожара планируется применение гусеничных, прицепных шасси с цистерной и активным приводом.

Таблица 1 - Технические характеристики

Шасси	Двухзвенное четырехгусеничное
Двигатель, тип	Дизельный, ЯМЗ-238М2-6, 240 л.с.
Максимальная скорость движения с полной нагрузкой, до, км/ч	30
Среднее удельное давление на грунт, кг/см <sup>2</sup>	0,2
Число мест для боевого расчета (включая место водителя), чел.	6
Вместимость цистерны для воды, м <sup>3</sup>	10
Вместимость бака для пенообразователя, л	400
Обогрев цистерны	форсуночный
Насос пожарный	ПН-40/УВ (НЦПН-70/100М)
Расположение насоса	заднее
Производительность насоса в номинальном режиме, л./с.	40(70)
Напор, создаваемый пожарным насосом в номинальном режиме, м	100
Масса полная, кг	28500
Габаритные размеры, мм	10200x2900x3700



С 2016 г. завод ООО «ЕЗСМ «Континент» приступил к выпуску транспортного гусеничного шасси ТСГ. Данное шасси разработано по классической двух гусеничной компоновке, с отдельной для каждой гусеницы гидравлической системой управления, обеспечивающей проходимость, плавный поворот и разворот на месте.



На базе шасси ТСГ разработана пожарная машина ГЦ-6-40, рис.7 (снаряженная масса 16,5 т, мощность двигателя 240 л. с). Машина предназначена для доставки к месту пожара боевого расчета, пожарно-технического оборудования, запаса огнетушащих веществ и тушения пожара. Может использоваться в сельской местности, в расположенных вдали от основных дорог поселках, в период распутицы, глубоко снега, при ликвидации лесных пожаров [3,4,5].

Рисунок 7 -Пожарная машина ГЦ-6-40.

### **Выводы, предложения**

1. Учитывая информацию, полученную при эксплуатации опытного образца пожарной машины, предлагаем с применением модульного принципа компоновки шасси и технологического оборудования, а также использования унифицированных узлов и систем отечественных машин, изготовить установочную партию пожарных машин на четырех-гусеничном шасси завода «Континент» и провести их эксплуатационную оценку в различных районах Крайнего Севера.

2. Одним из перспективных направлений повышения эффективности применения машин, для тушения лесных пожаров является, повышение их проходимости за счет применения двух-звенных четырех-гусеничных шасси и использования дополнительных прицепных шасси, с цистерной и активным приводом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Степанов А.П.* Сочлененные гусеничные и колесные машины высокой проходимости. Журнал «Техника и вооружение» №5, 8 - 12, 2003 г.
2. ТАСС- Российское Государственное информационное агентство Федерального уровня [www.google.com/amp/s/tass.ru/info/6712527/amp](http://www.google.com/amp/s/tass.ru/info/6712527/amp)
3. ООО «Екатеринбургский завод специализированных машин «Континент». [www.ezsm66.ru](http://www.ezsm66.ru)
4. Обоснование облика гусеничных машин повышенной проходимости, предназначенных для решения задач МЧС. Отчет НИР. Договор №13 от 25.02.2014 г. Заказчик ООО «ЕЗСМ «Континент». Науч. рук. Кушляев В. Ф. Ответственные исп. Аграновский А.А., Гомонай М. В., Малышев В.А., Леонов В.А. и др. Химки: ФГБВОУ ВО «АГЗ МЧС России». -2014-127с. УДК 629.3.032.26.
5. Разработка предложений для повышения работоспособности и надежности АСМ для условий Арктики. Бакалаврская работа. Студент: ИФ *Буровенцева О. А.* Науч. рук. Кушляев В. Ф. Химки: ФГБВОУ ВО «АГЗ МЧС России». -2017-117с. УДК 629.3.03.032.26.
6. *Кушляев В.Ф.* «Транспортно-технологические машины повышенной проходимости и применение их в условиях Арктики» Кушляев В.Ф., Леонов В.А., Аграновский А.А., Малышев В.А., Гомонай М.В. Научно-технический журнал «Строительные и дорожные машины», 2014, № 12. С.12-15.

УДК 614.84

*С. М. Кюлян, А. Х. Салихова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### РАЗРАБОТКА ОБЩИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ТЕКСТОВ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ ГОСТИНИЧНОЙ СФЕРЫ Г. СОЧИ

Рассмотрены проблемные вопросы обеспечения пожарной безопасности на объектах гостиничной сферы. Предложены рекомендации по организации новых подходов осуществления профилактической работы и работе систем оповещения и управления эвакуацией.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, гостиницы и отели, эвакуация, системы оповещения и управления эвакуацией.

*S. M. Kylan, A. H. Salikhova*

## **DEVELOPMENT OF GENERAL RECOMMENDATIONS FOR DRAFTING TEXTS FOR WIRELESS WARNING SYSTEM AND EVACUATION MANAGEMENT IN THE EXAMPLE OF HOTEL FACILITIES IN SOCH**

The problematic issues of fire safety at the facilities of the hotel industry are considered. Recommendations on the organization of new approaches to preventive work and the operation of warning systems and evacuation management are proposed.

**Keywords:** fire safety, hotels and hotels, evacuation, warning and evacuation management systems.

Исследование функций системы обеспечения пожарной безопасности показало, что одной из основных является функция по осуществлению федерального государственного пожарного надзора, реализуемая системой органов ГПН МЧС России. Отмечено, что деятельность по осуществлению ФГПН за обеспечением пожарной безопасности населенных пунктов фрагментарно урегулирована нормативными правовыми актами, государственные инспекторы по пожарному надзору районного и регионального уровней не наделены правом проверок органов публичной власти соответствующего уровня по рассматриваемым вопросам, в связи с чем в практической деятельности органов ГПН данному виду надзора не уделяется должного внимания, основной акцент в настоящее время сделан на надзор за соблюдением требований пожарной безопасности на объектах защиты (здания, строения, сооружения).

Это расходится с основными задачами реформы надзорных органов, влияет на смежные вопросы благоустройства, формирования культуры безопасного поведения, вместе с тем международный опыт свидетельствует о наличии различных способов влияния на риск возникновения пожаров в жилом секторе. Проведенный анализ содержания форм профилактической направленности способствовал формированию вывода о необходимости разработки адресных видов профилактики для рассматриваемого вида надзора.

Исследование проводилось на примере объектов гостиничной сферы, что актуально для данного региона. В соответствии с риск-ориентированным подходом [1] в г. Сочи имеется 184 объекта высокого риска (по итогам 2018 г. до введения [2]). К группе значительного риска наибольшее количество объектов защиты относятся объекты класса функциональной пожарной опасности Ф1.2 - гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов (228), Ф3.1 - здания организаций торговли (32). Ф2.1 - театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие учреждения с расчетным числом посадочных мест для посетителей в закрытых помещениях (93).

Наибольшее количество проверок проведено на объектах класса функциональной пожарной опасности Ф1.2 - гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов (32).

Изучение предписаний по результатам проверок на объектах категории значительного риска класса Ф 1.2 показало наличие большого количества нарушений в функционировании систем оповещения и управления эвакуацией.

На пожаре на человека воздействуют опасные факторы, вызывающие у него сильное нервно-эмоциональное напряжение. Вследствие этого некоторые люди, оказавшиеся в условиях угрозы воздействия опасных факторов пожара, психологически не готовы к принятию правильного решения по эвакуации в безопасную зону. Они теряют способность адекватно ориентироваться, оценивать обстановку, видеть и слышать необходимые сигналы. Особенное влияние стрессовые факторы оказывают на восприятие речевых сообщений. Субъект не понимает текста, появляются пропуски, возникает эффект «эхолии» (простого повторения услышанного). Однако решающее влияние на поведение человека оказывает его собственное субъективное отношение к опасности, зависящее также от обстановки, в которой человек находится (квартира, номер гостиницы и т. д.).

Анализ исследований деятельности и поведения человека в аварийных ситуациях показывает, что стрессовые факторы (неожиданность, ограниченность времени для принятия решения) влияют как положительно, так и отрицательно. Во многом это обусловлено индивидуально-психологическими особенностями людей. Так, люди с сильным типом нервной системы в условиях опасности мобилизуются, сосредотачиваются и могут контролировать свои действия. На людей со слабой нервной системой сигналы опасности действуют отрицательно. Чрезвычайно важным является связь восприятия человека с ранее полученными им знаниями и опытом. Экстремальные ситуации предъявляют повышенные требования к психофизиологическому состоянию человека и вызывают особую перестройку его поведения. Дезорганизация деятельности в аварийной ситуации характеризуется как «блокада» психических функций. Мышление носит разорванный характер, ослабляются процессы понимания получаемой информации, выдвигаются случайные причины аварий, обращается внимание на несущественные детали, что расценивается как ситуация эмоциональной защиты при появлении страха или тревоги. В связи с этим в решении вопросов профилактики панических действий людей при пожарах особое значение приобретает проблема организации руководства их действиями в процессе эвакуации.

Любое сообщение, адресуемое группе людей, оказавшихся в аварийной ситуации, всегда направлено на организацию их поведения и преследует цель полного исключения элементов стихийности и паники.



Дезорганизирующее влияние опасных факторов пожара может быть снижено следующими мерами:

- изменением субъективной оценки угрозы жизни путем указания на ограниченность очага пожара, уточнения причины его возникновения;
- содержанием и формой текстового материала, направленного на максимальное снижение элементов неожиданности и внезапности, которая создает высокий эмоциональный фон и, действуя на встревоженных людей, может привести к возникновению паники;
- указанием на последовательность действий людей и способы обращения за помощью при максимальной сжатости текста.

В рамках рассматриваемой работы задачей № 1 системы оповещения является эвакуация людей из помещений за время  $A_{гш} = t_{кз} \pm 3 < j$ , т. е. за время 0,1-1,9 мин для офисной части (где посетители находятся в бодрствующем состоянии и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов). Обеспечение эвакуации людей за указанное время должно обеспечиваться передачей информации о времени, оставшегося для окончания эвакуации. В тексте сообщения следует подчеркнуть необходимость постепенно эвакуироваться в рамках отведенного для эвакуации времени.

Задачей №2 является составление текстов СОУЭ таким образом, чтобы убедить людей не покидать этаж до подачи команды к началу эвакуации и снизить эмоциональную напряженность людей, ожидающих эвакуации. При этом следует иметь в виду, что время ожидания может достигать 20-35 мин. Одним из направлений решения указанной задачи является передача информации о времени, через которое начнется эвакуация рассматриваемого этажа, а также информации о возможности использовать лифты (с выведением информации на табло в лифтовом холле о времени прибытия кабины на рассматриваемый этаж). Таким образом, у людей на этажах здания будет возможность принять решение - либо эвакуация с помощью лифтов, либо пешеходная эвакуация и, как следствие, определенное снижение нагрузок на нервную систему человека.

Существует еще несколько рекомендаций для составления текстов СОУЭ. Психологи отмечают, что количество единиц информации (основных положений, передаваемых СОУЭ) не должно превышать четырех, а лучше трех единиц.

Специальные исследования показали, что передача правдивой информации, изложенной спокойным голосом и предлагающей действенные решения по обеспечению безопасности людей, также способствует снижению эмоциональной напряженности у людей.

Особо следует выделить рекомендации по составлению текста и обращений дежурного персонала к лицам, которые оказались блокированными пожаром в здании. Учитывая особенность г. Сочи, его международный статус, то важным аспектом является применение текстов оповещения на нескольких международных языках. Это важно еще потому,

что в состоянии стресса и страха человек не сможет перевести на понятный ему язык передаваемую информацию. В таблице 1 приведены данные сайта Ethnologue, поддерживаемого институтом SIL International (21-е издание «*Ethnologue: Languages of the World*», 21 февраля 2018; данные по каждому из языков могут относиться к значительно более раннему времени).

Таблица 1 - Список языков, упорядоченный по приблизительному количеству жителей мира, имеющих данный язык в качестве родного

№	Язык	Родной язык по версии Ethnologue	Основная страна	Количество стран
1	Китайский	1 296 461 000 <sup>[2]</sup> — 1 299 000 000	Китай	38
2	Испанский	442 000 000	Испания	31
3	Английский	378 000 000	Великобритания	118
4	Арабский	313 177 600 <sup>[3]</sup> — 315 000 000	Саудовская Аравия	58
5	Хинди	260 000 000	Индия	4
6	Бенгальский	243 000 000	Бангладеш	4
7	Португальский	223 000 000	Португалия	15
8	Русский	154 000 000	Россия	18
9	Японский	128 000 000	Япония	2
10	Лахнда (Западный панджаби)	119 000 000	Пакистан	6
11	Яванский	84 400 000	Индонезия	3
12	Турецкий	78 500 000	Турция	8
13	Корейский	77 200 000	Корея	6
14	Французский	76 800 000	Франция	53
15	Немецкий	76 000 000	Германия	28
16	Телугу	74 800 000	Индия	2

№	Язык	Родной язык по версии Ethnologue	Основная страна	Количество стран
17	Маратхи	71 800 000	Индия	1
18	Урду	69 200 000	Пакистан	7
19	Вьетнамский	68 000 000	Вьетнам	3
20	Тамильский	66 700 000	Индия	7
21	Итальянский	64 800 000	Италия	14
22	Персидский	61 500 000	Иран	29
23	Малайский	60 700 000	Малайзия	18

Т.о. цветом мы в таблице выделили языки, получившие наибольшее распространение в мире, и соответственно на этих языках должны быть записаны тексты информационных сообщений и указателей.

Рассматривая основные принципы психологического воздействия речевых текстов на человека в условиях сильного эмоционального стресса, можно сформулировать ряд требований к текстам ответов и инструкций, используемых при разговоре с потерпевшими. В ответе на призыв о помощи свой текст необходимо построить так, чтобы:

- создать у пострадавшего уверенность в том, что помощь уже оказывается и что она действенна и оперативна;
- выяснить обстановку пожара, условия, в которых оказались пострадавшие, очаг и место загорания, основные опасные факторы пожара;
- блокировать неадекватные и ошибочные действия пострадавших;
- указать на конкретные действия пострадавших по обеспечению пожарной безопасности и оказанию помощи окружающим. Очевидно, что конкретное содержание текста инструкций будет различным в зависимости от условий и особенностей здания, развития пожара, контингента потерпевших, их состояния и возможностей эвакуации.

Более подробно представим реализацию каждого из перечисленных требований. При получении первой информации с места пожара следует оценить, от кого поступает сообщение. В случае если информацию о пожаре дает непосредственно терпящий бедствие, то сразу же необходимо поставить его в известность о том, что помощь выслана и пожарные подразделения скоро будут на месте. Затем рекомендуется попросить абонента сообщить об этом всем окружающим и по возможности успокоить их. Такое обращение к человеку с просьбой успокоить других позволяет

переключить его внимание с собственного бедственного состояния на других и в конечном счете успокоить его самого.

Такая косвенная форма успокоения оказывается часто наиболее психологически эффективной. После общеуспокаивающего обращения в коротких и точных вопросах выясняется обстановка и местопребывание потерпевших. При этом необходимо уточнить: находятся ли потерпевшие в группах или по одиночке; есть ли возможность эвакуации и что ей непосредственно мешает; какие есть возможности использования подручных средств борьбы с пожаром. Например: «...Где Вы находитесь?... Что мешает Вам выйти из зоны пожара?... Как ведут себя окружающие?... Сколько человек находится в зоне опасности?».

В случае пребывания потерпевшего в отдельном помещении (номер гостиницы, квартира и т. п.) и блокирования путей эвакуации главное — указать на правильные действия и предотвратить то, что может привести к осложнению условий его длительного пребывания. Если обращение за помощью поступает из мест с массовым пребыванием людей, то в тексте подчеркивается ответственность человека за безопасность окружающих с целью предотвращения возможности возникновения паники. Следует избегать употребления фраз с частицей «не». Обращения должны быть прямыми и утвердительными. Лучше употреблять выражения типа «запрещается...», «необходимо, чтобы Вы...», «надо...» и другие утверждения.

Следует отметить, что оказание помощи наиболее нуждающимся уменьшает угрозу жизни и создает условия спасения всех потерпевших. Например: «...Успокойте окружающих вас людей! Организуйте наиболее спокойных людей для оказания помощи детям и престарелым! Помогите слабым! Передайте всем наши инструкции!...».

Если потерпевшие находятся в условиях, где есть специально обученный персонал и ответственные подготовленные люди, то прежде всего следует указать на возможность обращения к ним за помощью и их инструкциями. Например: «...Всем окажут помощь служащие гостиницы! Следуйте их инструкциям! Действуйте точно по указанию ответственных за эвакуацию!...».

Конкретный текст ответов на обращение за помощью должен строиться непосредственно по конкретной ситуации, исходя из обстановки. Следует обратить внимание на то, что в условиях приема сообщений о пожаре текст ответов не может быть стандартным и алгоритмически установленным. Для составления конкретных текстов требуется подготовка дежурного персонала под руководством специалистов. При этом главным является соблюдение психологических требований к содержанию и форме ответов.

Таким образом, сотрудники дежурных службы по обеспечению безопасности здания, ответственные за эвакуацию при пожаре, сотрудники пожарной охраны или руководителей предприятий и учреждений с помощью текстов,

построенных по изложенным выше принципам, могут оказать существенную помощь людям, оказавшимся в горящем здании[3].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (вместе с "Правилами отнесения деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей и (или) используемых ими производственных объектов к определенной категории риска или определенному классу (категории) опасности");

2. Постановление Правительства РФ от 09.10.2019 N 1303 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»

3. *Хоанг Тхо Дык*. Снижение пожарного риска зданий с массовым пребыванием людей. Диссертация кандидата технических наук. Академия ГПС МЧС России, Москва, 2014.

УДК 614.841.2

*П. Е. Лебедеико, О. Г. Циркина*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ХРАНЕНИЯ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье проведен анализ причин возникновения аварий на объектах хранения горюче-смазочных материалов. Показаны наиболее частые причины возникновения аварий и пожаров на объектах хранения горюче-смазочных материалов. В работе приводятся способы обеспечения пожарной безопасности на таких объектах.

**Ключевые слова:** объекты хранения, горюче-смазочные материалы, пожары, анализ пожаров.

*P. E. Lebedenko, O. G. Tsirkina*

## ANALYSIS OF THE REASONS FOR FIRE AT THE STORAGE OF FUEL AND LUBRICANTS

The article analyzes the causes of accidents at the storage facilities of fuels and lubricants. The most common causes of accidents and fires at storage facilities for fuels and lubricants are shown. The work provides ways to ensure fire safety at such facilities.

**Keywords:** storage facilities, fuels and lubricants, fires, fire analysis

Горюче-смазочные материалы обладают высокими пожаро- и взрывоопасными свойствами. Объекты, на которых осуществляется хранение данных веществ, относятся к опасным производственным объектам [8]. Согласно данным [9] на пожары на объектах хранения ГСМ (склады ЛВЖ, ГЖ и сжиженных газов, нефтебазы и нефтехранилища) приходится 15,5% от общего числа пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов. Учитывая данный факт, для разработки мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности на таких объектах, необходимо провести анализ причин возникновения аварий.

Если рассматривать виды резервуаров, то за 20 лет только на наземных резервуарах произошло 93,3% пожаров и аварий. В зависимости от вида хранимого нефтепродукта статистика следующая: 53,8% - пожаров и аварий на резервуарах с бензином, 32,4% - на резервуарах с сырой нефтью и 13,8% - на резервуарах с другими нефтепродуктами, это объясняется более низкими значениями показателей пожарной опасности светлых нефтепродуктов. Чаще всего пожары на резервуарах происходили на распределительных нефтебазах – 48,3%, резервуары на НПЗ – 27,7%, на нефтепромыслах – 14%, на резервуарах нефтепроводов – 10% [3].

Согласно статье [4] на объектах хранения нефти и нефтепродуктов около 45 % пожаров происходят во время проведения ремонтных работ. Основные причины аварий на резервуарах с 2002 по 2010 гг. указаны в таблице 1 [7].

Таблица 1 – Основные причины аварий на резервуарах с 2002 по 2010 гг.

Причина аварии, пожара	Процент
Нарушение правил промышленной безопасности (ППБ) при проведении подготовительных работ по зачистке резервуара	24
Нарушение ППБ при эксплуатации резервуара	26
Выполнение огневых работ на работающем резервуаре, повлекшие пожар	8
Хрупкое разрушение стенки резервуара	8
Неравномерная осадка днища резервуара, повлекшая образование свищей или разрыв по сварным соединениям	6
Пожар при попадании молнии в резервуар	8
Разрушение элементов резервуара от снеговой нагрузки (ошибки проекта)	4
Нарушение условий гидро/ пневмоиспытаний, повлекшие недопустимые деформации резервуара	4
Аварии или пожар от неуказанных причин	12

Внесение информации в статистику затруднено ввиду нежелательности разглашения факта о произошедшем на объекте пожаре. Такая информация также присутствует в источнике [5]. К возможным дополнительным причинам пожара относятся также [2, 5]:

- нарушение герметичности элементов конструкции: фланцев, задвижек;
- перелив нефтепродукта при несрабатывании системы контроля уровня;
- пропитка теплоизоляции на трубопроводах горючей и легковоспламеняющейся жидкостью;

- статическое или атмосферное электричество (молния, искра статического разряда);
- возгорание разлившихся вследствие переполнения емкостей светлых нефтепродуктов;
- короткое замыкание в электрических цепях систем контроля и сигнализации;
- перегрев резервуаров под воздействием внешней температуры;
- нарушение правил техники безопасности;
- нарушение правил эксплуатации и ремонта резервуаров и его систем;
- техногенные и природные катастрофы;
- умышленный поджог.

Наличие значительного количества выявленных причин, делает задачу по обеспечению безопасности объектов хранения горюче-смазочных материалов достаточно сложной. Для обеспечения пожарной безопасности на резервуаре предусматривается система противопожарной защиты – ряд устройств, направленных на обеспечение пожарной безопасности: автоматическая пожарная сигнализация, устройства контроля и сигнализации дозрывных концентраций паров нефтепродуктов, предотвращения предожарных и взрывоопасных режимов процесса, система пенного пожаротушения.

Также перспективно использование приема заполнения внутреннего паровоздушного пространства резервуара инертной средой (углекислый газ, азот). В данной области выполнен ряд работ, направленных на обеспечение безопасности как резервуаров в процессе их эксплуатации, так и при проведении ремонтных и регламентных работ [1, 6].

Проведенный анализ литературных источников позволил выявить как причины пожаров и аварий на объектах хранения горюче-смазочных материалов, так и способы обеспечения пожарной безопасности на таких объектах.

Анализ причины пожаров и аварий на объектах хранения горюче-смазочных материалов показал, что наибольшее внимание необходимо обращать на нарушение правил промышленной безопасности при проведении подготовительных работ по зачистке резервуара. Одним из наиболее перспективных способов защиты является заполнение резервуара инертным газом для снижения пожаровзрывоопасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Булгаков В.В.* Обеспечение пожаровзрывобезопасности огневых аварийно-ремонтных работ на резервуарах способом флегматизации: дисс. ... к-та техн. наук: 05.26.03 / Булгаков Владислав Васильевич. – Москва, 2001. – 236 с.
2. *Дубровин И., Дубровин Е.* Предотвращение пожаров в топливных резервуарах [Электронный ресурс] // Сайт ООО «Издательский дом Энергетика и промышленность». Режим доступа: URL: <https://www.eprussia.ru/teploenergetika/19/1620906.htm>.

3. *Калагина Ю.М.* Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». Режим доступа: URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017030219>.

4. *Петрова Н.В., Чешко И.Д., Галишев М.А.* Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс] // Журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» Выпуск №3, 2016. URL: <http://vestnik.igps.ru>.

5. Почему горят резервуары? Причины пожара в резервуарном парке [Электронный ресурс] // Сайт ООО «Пожнефтехим». Режим доступа: URL: [https://www.pnx-spb.ru/media\\_centr/mneniya-i-publikacii/pochemu-goryat-rezervuary-prichiny-pozhara-v-rezervuarnom-parke/](https://www.pnx-spb.ru/media_centr/mneniya-i-publikacii/pochemu-goryat-rezervuary-prichiny-pozhara-v-rezervuarnom-parke/).

6. *Сорокоумов В.П.* Обеспечение пожарной безопасности резервуаров с локальными остатками нефтепродуктов при проведении аварийно-ремонтных работ: дисс. ... к-та техн. наук: 05.26.03 / Сорокоумов Владимир Петрович. – Москва, 2002. – 160 с.

7. *Тарасенко А.А.* Разработка научных основ методов ремонта вертикальных стальных резервуаров: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.15.13 / Тарасенко Александр Алексеевич. – Тюмень, 1999. – 299 с.

8. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

9. *Ширяев Е.В.* Статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов [Электронный ресурс] / *В.П. Назаров, А.В. Майзлиш, А.А. Гогин* // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» Выпуск № 3 (55), 2014 г. URL: <https://elibrary.ru/>.

УДК 614.849

*Д. В. Лепский, Л. В. Щербакова*<sup>83</sup>

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»

## **ОБОСНОВАННОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ НЕОБХОДИМОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ В ТЕАТРАЛЬНО-ЗРЕЛИЩНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ**

Рассмотрены объекты культуры (театры) в разрезе пожарной безопасности. Рассчитано фактическое время эвакуации людей из объекта. Предложены пути решения.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, культура, театры, расчет эвакуации, безопасность, эксперимент, обоснование.



*D. V. Lepsky, L. V. Shcherbakova*

## **VALIDITY OF THE VALUE OF THE REQUIRED TIME OF EVACUATION OF PEOPLE IN CASE OF FIRE IN THEATRICAL AND ENTERTAINMENT INSTITUTIONS**

Fire-prevention and preventive measures in cultural objects (theaters) are considered. The actual time of evacuation of people from the object is calculated. Solutions are proposed.

**Keywords:** fire safety, culture, theaters, the calculation of the evacuation, safety, experiment, justification.

Основной деятельностью учреждений культуры является сохранение культурного наследия и традиций, создание условий для доступа к достижениям культуры и искусства различных слоев населения, реализация их творческих способностей и дарований, организация культурного обслуживания и досуга населения. [1]

С увеличением масштаба строительства зрелищных предприятий и возрастанием их роли в подъеме культурного уровня жизни, возникает ряд трудностей и проблем, связанных с обеспечением необходимой безопасности людей, посещающих эти заведения. Здесь имеется в виду безопасность людей, связанная с возникновением пожаров.

В России в последнее десятилетие ежегодно на объектах различного назначения происходит примерно четверть миллиона пожаров. Каждый год на пожарах гибнет 17 - 18 тыс. человек и почти столько же травмируется. Особую опасность представляют объекты с массовым пребыванием людей, к числу которых относятся культурно-зрелищные заведения. Пожары в таких зданиях нередко сопровождаются человеческими жертвами. Количество жертв на некоторых пожарах достигало нескольких сотен человек.

Актуальность обеспечения безопасной эвакуации людей из учреждений очевидна из вышеизложенного.

В Алтайском крае из многочисленных учреждений культуры функционируют 7 театров. 4 театра находятся в столице региона (г. Барнаул).

«Алтайский краевой театр драмы им. В.М. Шукшина», «Алтайский государственный музыкальный театр», «Алтайский государственный театр для детей и молодежи им. В.С. Золотухина» - имеют свои здания, а Алтайский государственный театр кукол «Сказка» - находится на завершающем этапе строительства.

Вместимость краевых театров различная: от 300 до 800 человек – указана вместимость основных залов. Вместе с тем, каждый театр имеет малый или камерный зал.

Пожарная опасность таких зданий характеризуется наличием большого количества горючих материалов в виде конструкций планшета сцены, трюма колосников, горючей декорации и бутафории. Пожарная нагрузка с сильно развитой поверхностью в сценическом комплексе может

достигать

200-350 кг/м<sup>2</sup>. В случае возникновения огонь быстро распространяется по подвешенным декорациям на колосники и покрытие сцены, может распространиться в чердак зрительного зала, уйти в трюм, а через открытые проемы - в смежные помещения и затем в зрительный зал.[2]

В своей работе, мы экспериментально, путем определения времени эвакуации людей из зрительного зала рассматривали 3 сценария передвижения людей по эвакуационным путям. В рассмотренных сценариях люди эвакуировались обычным шагом, бегом «трусцой» и быстрым бегом. Полученное время имеет зависимость от плотности зрителей, расстояния от места до эвакуационного выхода, ширины проходов и дверей.

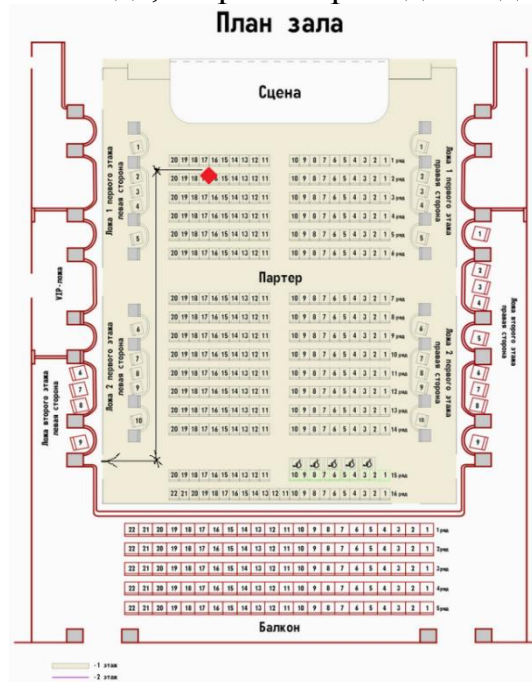


Рисунок 1 – План зрительного зала Алтайского государственного театра для детей и молодежи им. В.С. Золотухина

В Алтайском государственном театре для детей и молодежи им. В.С. Золотухина время варьируется от 1,3 до 1,5 мин, в зависимости от способа эвакуации. Далее провели сравнение экспериментально полученного времени и расчетного времени эвакуации людей из зрительного зала. На рис. 1 представлена схема движения потока. Зная длину и ширину каждого участка, плотность потока, число людей на участках, мы определили затрачиваемое время на каждом участке, также включили время задержки движения по коридору (проходу) и в дверях.

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91\*. «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие Требования». При расчете весь путь движения людского потока разделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной  $l_i$  и шириной  $d_i$ . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами

кресел и т. п. При определении расчетного времени длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимаются в соответствии архитектурно-строительными решениями. Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а так же тамбур следует считать самостоятельным участком горизонтального пути, имеющим конечную длину  $l_i$ . [3]

Формула для определения времени эвакуации людей [4]:

$$t_{ит} = t_1 + t_2 + t_{зкор} + t_{кор} + t_{здв}, \text{ где}$$

$t_{ит}$  – итоговое время, мин.;

$t_1$  – время, затраченное на преодоление 1 участка, мин.;

$t_2$  – время, затраченное на преодоление 2 участка, мин.;

$t_{зкор}$  – время задержки в коридоре, мин.;

$t_{кор}$  – время движения по коридору (проходу), мин.;

$t_{здв}$  – время, затраченное на задержку в дверях, мин.

Произведя расчеты каждого компонента, на примере театра им. В.С. Золотухина, мы получили итоговое время эвакуации равное 1,16 минут. Следовательно, можно утверждать, что пребывание людей на массовых мероприятиях (спектакли, концерты и т.д.) в данном театре можно считать безопасным. [5]

Для обеспечения пожарной безопасности людей необходимо разрабатывать и обосновывать конструктивные и объёмно-планировочные решения в строительстве с учётом динамики ОФП и вероятности воздействия этих факторов на человека. Эти решения должны предусматривать возможность своевременной и безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара. Эвакуация является успешной, если расчётное время эвакуации меньше необходимого времени эвакуации. Это условие безопасности лежит в основе нормирования процесса эвакуации. [6]

Таким образом, наши исследования времени эвакуации людей в государственных театрах, показали что, они в целом соответствуют нормам пожарной безопасности. В учреждениях используется новейшее оборудование (сигнализация, средства тушения и т.д.). Все они оснащены поэтажными планами эвакуации. Но, для повышения огнестойкости зданий и конструкций, театрам стоит больше использовать в своей деятельности пожароустойчивых материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клуб пожарных и спасателей: [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/conspects/taktika>. (Дата обращения: 05.11.2019).
2. В.В. Тербнёв, Н.С. Артемьев, А.И. Думилин. Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга 1: Жилые и общественные здания и сооружения. – М.: Пожнаука, 2006. – 314 с.
3. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. №382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и

строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (с изменениями и дополнениями)// Приложение. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности// Приложение №5. Данные для определения расчетного времени эвакуации.

4. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с изменением №1).

5. Федеральный закон от 22 июля 2008 N 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

6. Журнал практической логистики. 2018. №12: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kakprosto.ru/kak-115149>. (Дата обращения: 06.11.2019).

УДК 614.844.5:614.844.2

*А. О. Лихоманов, А. Н. Камлюк, А. В. Грачулин*  
Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

## **СОВРЕМЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕННЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

В работе рассмотрен вопрос о повышении эффективности автоматических установок пенного пожаротушения, применяемых для противопожарной защиты объектов широкого спектра назначения. С целью изучения пенных оросителей для таких установок предложен способ изготовления их элементов при помощи 3D-печати.

**Ключевые слова:** автоматическая установка пожаротушения, ороситель, огнетушащая пена, кратность пены, 3D-печать.

*A. O. Likhomanov, A. N. Kamluk, A. V. Grachulin*

## **MODERN DEVELOPMENT OF FOAM SPRINKLER ELEMENTS FOR AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS**

In the paper the issue of increasing the efficiency of automatic foam fire extinguishing systems used for fire protection of objects of a wide range of purposes is discussed. In order to study foam sprinklers for such systems a method for manufacturing their elements using 3D printing is proposed.

**Keywords:** automatic fire extinguishing system, sprinkler, fire extinguishing foam, foam expansion rate, 3D printing.

Автоматические установки пенного пожаротушения применяются для тушения пожара в производственных зданиях, на складах горюче-смазочных материалов, базах хранения нефтепродуктов, в многоуровневых гаражах-стоянках, на автозаправочных станциях и др. Практика показывает,

что применение таких систем позволяет снизить материальный ущерб от пожара в 3–4 раза [1].

Одной из главных характеристик пены является ее кратность – отношение объема пены, к объему раствора пенообразователя, из которого она получена. Для получения пены низкой кратности (от 0 до 20 [2]) в большинстве случаев применяют розеточные оросители. В настоящее время представленные на рынке розеточные оросители позволяют получать пену кратностью 5–7. Однако это достаточно низкий показатель, который безусловно необходимо повышать. Практика показывает, что увеличение кратности пены в диапазоне от 7 до 10 позволяет сократить время тушения в два раза при одинаковом расходе раствора пенообразователя [3].

Согласно последним исследованиям механизма распыления жидкости в оросителях [4, 5] такие элементы их конструкции, как дужки и розетка (рис. 1), оказывают наибольшее влияние на процесс дезинтеграции струи жидкости после ее выхода из выходного отверстия оросителя, а значит, предположительно, и на кратность генерируемой пены. По этой причине установление зависимостей кратности пены от основных геометрических параметров дужек и розетки оросителя (указаны на рис. 1) является достаточно актуальной задачей.

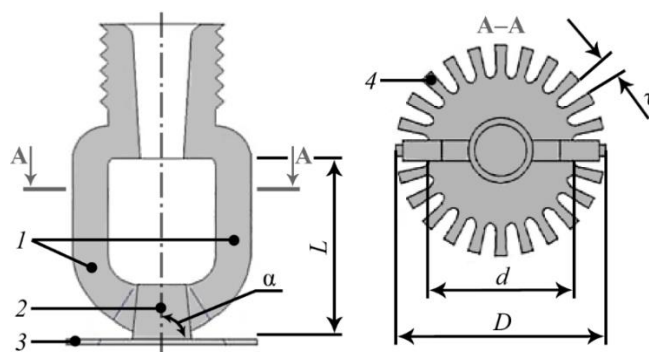


Рисунок 1 – Стандартная конструкция розеточного оросителя: 1 – дужки; 2 – винт; 3 – розетка; 4 – лопасть;  $L$  – длина дужек;  $D$ ,  $d$  – внешний и внутренний диаметры розетки;  $\alpha$  – угол конусности лопастей;  $\tau$  – угловой шаг лопастей

Для создания элементов оросителя с различной геометрией можно применять 3D-печать. Данная технология позволяет осуществлять быстрое прототипирование элементов оросителя, что облегчает их повторное тестирование с последовательной пошаговой оптимизацией. Наиболее доступной и эффективной по технико-экономическим показателям является прототипирование методом послойного наплавления (англ. Fused deposition modeling (FDM)). Технология FDM подразумевает создание трехмерных объектов за счет нанесения последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Однако FDM-печать имеет ряд недостатков: 1) наличие усадочных явлений в материале, что обеспечивает снижение эксплуатационных свойств за счет возникновения исходного преднапряженного состояния в материале; 2) послойный синтез приводит к

возникновению существенной анизотропии свойств материалов в конечном продукте; 3) неровность поверхности готового изделия. С целью минимизации влияния указанных недостатков на печать элементов оросителя проведен тщательный выбор материала и установлены оптимальные параметры технологии печати с учетом особенностей эксплуатации.

Учитывая условия применения оросителей для их 3D-печати по физико-химическим свойствам подходят следующие материалы: АБС-пластик, полилактид, RELAX. При выборе материала основывались на наивысших значениях прочностных и упругих характеристик изготовленных при помощи 3D-печати образцов. При этом учитывалась величина объемной усадки конечного изделия по сравнению с цифровой моделью и коэффициент анизотропии свойств. По данным показателям наиболее предпочтительным материалом для печати элементов оросителя является полилактид (PLA-пластик) [6].

Определение оптимальных параметров печати (толщина слоя, температура экструдера, скорость перемещения экструдера и температура рабочего стола) производилось путем практической отработки процесса синтеза образцов из полилактида в рекомендуемых изготовителем оборудования для 3D-печати диапазонах значений. Полученные при различных параметрах печати образцы снова испытывались на прочность. Анализ зависимостей предела прочности при растяжении образцов из полилактида от параметров печати показал, что наиболее оптимальными являются: толщина слоя – 0,1 мм, температура экструдера – 210 °С, скорость печати – 80 мм/с, температура рабочего стола – 70 °С [6].

Возможность применения прототипов оросителя из полилактида подтверждена экспериментальным путем. Для этого сравнивались значения кратности пены, полученной при использовании оригинального металлического оросителя ТУСО 3251 и его точного аналога, изготовленного из полилактида на 3D-принтере. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что при использовании различных пенообразователей разница между значениями кратности пены не превышает 2,1 % [6]. При этом оросители обладают необходимой прочностью и упругостью и не разрушаются при давлении на них жидкости до 0,4 МПа.

Таким образом 3D-печать с учетом требований к технологическим параметрам данного процесса можно применять для изготовления элементов пенных оросителей. Далее такие оросители могут использоваться для исследования влияния геометрии их элементов на кратность генерируемой пены.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Т19М-090).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ahrens, M. U.S. Experience with sprinklers: report / M. Ahrens. – Quincy : NFPA Research, 2017. – 35 p.

2. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний : СТБ ГОСТ Р 50588-99. – Введ. 30.12.99. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 1999. – 18 с.

3. Компрессионная пена для нужд пожарных подразделений : монография / А. Н. Камлюк, А. В. Грачулин. – Минск : УГЗ, 2019. – 224 с.

4. *Myers, T. Predicting sprinkler spray dispersion in FireFOAM / T. Myers, A. Trouvé, A. Marshall // Fire Safety Journal. – 2018. – Vol. 100. – P. 93–102.*

5. *Myers, T. A Free-Surface Model of a Jet Impinging On a Sprinkler Head / T. Myers, A. Marshall, H. Baum // Fire Safety Science. – 2014. – Vol. 11. – P. 1184–1195.*

6. *Лихоманов, А.О. Обоснование применения розеточных оросителей, изготавливаемых при помощи аддитивных технологий, в экспериментальных исследованиях качественных характеристик воздушно-механической пены низкой кратности / А.О. Лихоманов, Э.Г. Говор, А.Н. Камлюк // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 25–39.*

УДК 667.6

***М. В. Лосева, В. А. Каштанов, И. А. Желин***

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

## **КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НАНЕСЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Развитие промышленности и, как следствие, растущее загрязнение атмосферного воздуха вызывает интенсивную коррозию металлоконструкций. Эта проблема заставляет специалистов задуматься о вопросе антикоррозионной защиты поверхности, правильном выборе и контроле качества антикоррозионных лакокрасочных материалов.

**Ключевые слова:** защитные покрытия, контроль качества, толщина, сплошность, адгезия.

***M. V. Loseva, V. A. Rachtanov, I. A. Gelin***

## **QUALITY CONTROL AND ASSESSMENT OF APPLIED PROTECTIVE COATINGS**

The development of industry and, as a result, the growing pollution of atmospheric air causes intense corrosion of metal structures. This problem leads experts to think about the issue of corrosion protection of the surface, correct selection and quality control of corrosion-resistant paint materials.

**Keywords:** protective coatings, quality control, thickness, continuity, adhesion.

Основным достоинством защитных покрытий, полученных из органических и неорганических лакокрасочных материалов, является их способность создавать защитный барьер на поверхности металла без

изменения его объемных размеров. В результате, металлическая поверхность, ранее коррозионно-нестойкая, в рассматриваемых условиях приобретает длительную стойкость без необходимости значительных затрат, присущих применению других методов противокоррозионной защиты.

Безопасность обращения лакокрасочных материалов должна обеспечиваться посредством:

1) соблюдения изготовителями (уполномоченными изготовителем лицами, импортерами) и приобретателями (потребителями) лакокрасочных материалов технических требований;

2) осуществления контроля (надзора) за соблюдением изготовителями (уполномоченными изготовителем лицами, импортерами) и приобретателями лакокрасочных материалов требований технического регламента;

3) оценки соответствия лакокрасочных материалов требованиям технического регламента[1].

К защитным покрытиям, используемым для противокоррозионной защиты, предъявляются очень жесткие требования. Они должны эксплуатироваться длительное время без возобновления (от 5 до 15 лет) в различных по коррозионной агрессивности водных, углеводородных и газо-паро - воздушных средах, сохранять во времени свои первоначально заданные защитные свойства, высушиваться или отверждаться при обычных и даже пониженных температурах, быть деформационностойкими во время эксплуатации (не образовывать трещин), технологичными, при их нанесении на металлическую поверхность и т. д.

Контроль качества применяемых лакокрасочных материалов и полученных на их основе защитных покрытий при противокоррозионных работах по защите внутренних и внешних стенок стальных поверхностей включает:

- входной контроль качества лакокрасочных материалов;
- операционный и пооперационный контроль;
- приемочный контроль.

В состав этих работ входит оценка защитной способности лакокрасочных покрытий в агрессивных средах.

Входной контроль качества лакокрасочных материалов обеспечивает соответствие поступающих на объект коррозионно-химически стойких материалов действующим требованиям нормативных документов.

При входном контроле качества лакокрасочных материалов определяют ряд показателей. К наиболее важным показателям относятся вязкость, адгезия, ударная прочность, твердость, эластичность пленки, а также ряд других.

Условную вязкость лакокрасочных материалов определяют сейчас по вискозиметру ВЗ-246П со сменными соплами.



Адгезия определяется методом отслаивания (количественный метод), а также путем решетчатых и параллельных надразов (качественный метод).

С учетом требований, предъявляемых к лакокрасочным покрытиям по прочности и деформативности, определяют:

- прочность пленки на удар;
- твердость по маятниковому прибору МЭ-3;
- эластичность пленки при изгибе - по шкале гибкости ШГ-1 .

Одним из важных технологических показателей при нанесении защитных покрытий является продолжительность высыхания или отверждения лакокрасочного покрытия: высыхание «от пыли» - момент, когда на окрашенной поверхности образуется тончайшая поверхностная пленка; практическое высыхание, когда пленка утрачивает липкость и поверхность с лакокрасочным покрытием может подвергаться дальнейшим операциям, и полное высыхание. Последняя стадия характеризует окончание процесса формирования пленки на поверхности. Показателем высыхания служит отсутствие прилипших волокон ваты к лакокрасочному покрытию. Предварительно время полного высыхания покрытия может быть определено на образцах с помощью маятникового прибора (по показателю твердости пленки)[2].

Значительную роль играет показатель жизнеспособности подготовленного к окраске лакокрасочного материала, особенно на основе эпоксидных, полиэфирных и уретановых смол. Этот показатель характеризует время, в течение которого подготовленный к нанесению материал удваивает свою вязкость.

Одним из основных параметров, закладываемых в конструкцию покрытия, является его толщина. Определение толщины нанесенного покрытия производится с помощью толщиномеров.

Пооперационный контроль должен начинаться с проверки качества подготовки поверхности. Проверяются все последующие стадии процессов окраски и сушки (отверждения). Особенно важно проводить контроль в случае использования многослойных покрытий.

Внешний вид покрытия проверяют визуальным осмотром. При этом окрашенная поверхность должна быть сплошной, однотонной, гладкой, без подтеков, пузырей и «оспин», не иметь на поверхности соринок и прочих механических включений.

При определении противокоррозионных свойств покрытий используют прямые и косвенные методы оценки. При прямых методах оценивают непосредственно коррозионные потери металла под покрытием, т.е. удельную потерю массы металла под покрытием. При косвенных-определяют комплекс свойств покрытия, характеризующих его способность тормозить коррозионный процесс. К указанным свойствам относятся: проницаемость по отношению к агрессивной среде, адгезия к металлу. Показателем проницаемости покрытий по отношению к эксплуатационной среде является величина омического сопротивления покрытия. Показателем

адгезии является адгезионная прочность, определяемая различными методами (отслаивания, решетчатого надреза и т.д.).

Для каждого из перечисленных показателей существует предельное значение, выход на которое характеризует низкие противокоррозионные свойства покрытия.

Соответствие состояния покрытий после испытаний этим требованиям обеспечивает гарантированный срок их службы не менее 5 лет при соблюдении требований стандартов и технических условий на окрашивание изделий.

Оценку защитных свойств после проведения испытаний ведут, сравнивая их с установленными требованиями к показателям защитных нетокопроводящих покрытий.

Там же используется методика определения стойкости покрытий к смене температуры воздуха в сочетании с воздействием воды.

Поскольку для защиты от коррозии ряда агрессивных зон, а также его внешней поверхности рекомендуются модификаторы продуктов коррозии, необходимо дать предварительную оценку их защитной способности в лабораторных условиях[3].

Методика оценки эффективности модификаторов продуктов коррозии (ржавчины) основывается на проведении сравнительных испытаний рекомендуемых систем защитных покрытий для соответствующих зон.

При отсутствии визуальных различий в состоянии покрытий дополнительно проводятся испытания с использованием емкостно-омического метода. Все испытания защитной стойкости покрытий в различных агрессивных средах являются сравнительными. Они позволяют из рекомендованных лакокрасочных систем выбрать наиболее стойкие для конкретной среды.

Однако следует иметь в виду, что такие испытания характеризуют лишь агрессивное воздействие жидкой или газообразной среды. Они не по всем показателям отвечают реальному коррозионному поведению покрытий на внутренней или внешней стенок защищаемой поверхности, подвергающихся воздействию температуры.

Приемочный контроль представляет собой проверку готового покрытия, по результатам проведения которого принимаются решения о пригодности его к эксплуатации. Нанесенное лакокрасочное покрытие при пооперационном и приемочном контроле проверяют на внешний вид, степень высыхания, толщину, сплошность и адгезию.

Приемочный контроль должен осуществляться на всех этапах нанесения покрытий: подготовки поверхности металла под покрытие, окраске поверхности грунтовками, преобразователями ржавчины, окраске первым, вторым, третьим и т.д. слоями покрытия. Окончательно контролю подвергается полученная фактическая сплошность покрытия, особенно на коррозионно-опасных зонах.

В первую очередь оценивается степень подготовки (очистки) поверхности под окраску. При этом обязательной операцией является обдувка пескоструенной (или дробеструенной) поверхности от частичек песка или дроби. Иначе под покрытием будут зоны с дефектами, слабой адгезией с металлом. При необходимости очищенная поверхность должна быть дополнительно обезжирена.

Перед нанесением покрытия необходимо замерить относительную влажность воздуха. Окрасочные работы следует вести при влажности не более 70%, что относится к выпускаемым в настоящее время лакокрасочным материалам. Правда, в настоящее время появляются современные лакокрасочные материалы, способные наноситься в условиях повышенной влажности [4].

После нанесения грунтовки или первого слоя покрытия надо составить второй промежуточный акт. Они могут быть частично недосушенными (неотвержденными), что не ухудшает адгезию последующих слоев покрытия. Далее, наносятся последующие слои и окончательно отверждаются согласно рекомендуемого в инструкции времени.

Качество нанесенного покрытия оценивается, в первую очередь, визуально. Оценивается равномерность покрытия, отсутствие натеков, морщин, трещин, а также других дефектов.

Затем проводится испытание на полное высыхание (отверждение).

Толщина нанесенного покрытия определяется выборочно по нескольким зонам с помощью толщиномеров.

Оценка сплошности покрытия является окончательной и суммарной оценкой качества проведенных работ.

После проведения указанных испытаний составляется акт приемки выполненной работы по нанесению защитных лакокрасочных покрытий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент таможенного союза «О безопасности лакокрасочных материалов» (ТР 201\_/00\_/ТС), проект от 08.12.2011\*
2. Руководство по защите металлоконструкций от коррозии и ремонту лакокрасочных покрытий металлических пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов», Росавтодор, М., 2003
3. СТО 001-2006 «Защита металлических конструкций мостов от коррозии методом окрашивания», Корпорация «Трансстрой», М., 2006
4. ISO 12944 «Лаки и краски. Антикоррозионная защита стальных конструкций от коррозии с помощью защитных лакокрасочных систем. Часть 5. Защитные лакокрасочные системы».
5. *Gnot W.* Антикоррозионные лакокрасочные материалы нового поколения // Лакокрасочные материалы и их применение. 2005. № 6.

УДК 614.8.084

*К. Р. Ляхова*

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНУТРИСКВАЖИННОГО КЛАПАНА-ОТСЕКАТЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ**

В работе описано влияние внутрискважинного клапана-отсекателя на работу скважины в случае аварийной ситуации, также смоделированы сценарии развития аварийной ситуации, выявлены и оценены риски возможных последствий аварии на скважине путем экономической оценки на территории Ямало-Ненецкого Автономного Округа.

**Ключевые слова:** скважина, внутрискважинное оборудование, клапан-отсекатель, пожарная безопасность.

*К. R. Lyahova*

## **USE OF DOWNHOLE SHUT-OFF VALVE TO IMPROVE FIRE SAFETY AT THE FIELD**

This article describes the impact of the downhole shut-off valve on the operation of the well in the event of an emergency, also modeled scenarios of emergency, identified and assessed the risks of possible consequences of an accident at the well by economic assessment in the Yamal-Nenets Autonomous District.

**Keywords:** well, downhole equipment, shut-off valve, fire safety

В настоящее время к числу наиболее значимых проблем функционирования нефтяных и газовых промыслов/месторождений относится разработка технологии, оборудования, либо технических средств позволяющих с наивысшей вероятностью обезопасить окружающую флору и фауну Ямало-Ненецкого Автономного округа, где на данный момент добыто газа – 433,5 млрд. м., нефти – 23,9 млн. т., конденсата – 15,5 млн. т.

Наибольшую промышленную и пожарную опасность составляют аварии, связанные с открытым фонтанированием, особенно на стадии первичной эксплуатации, когда пластовое давление находится на очень высоком уровне.

Добычу нефти, газа и газового конденсата осуществляют порядка 39 предприятий на 98 месторождениях. Основными нефтедобывающими предприятиями в округе являются дочерние предприятия ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Роснефть» и ПАО «НОВАТЭК». Несмотря на применение высоких технологий в добыче сырья, компании активно

внедряют на разрабатываемых месторождениях внутрискважинные клапаны-отсекатели, позволяющие снизить риски возникновения аварий и тем самым повысить авторитет компании, а также сэкономить деньги.

*«Побеждай трудности умом, а опасности – опытом»*

На рисунке 1 представлена схема внутрискважинного клапана-отсекателя в исходном (открытом) положении. Скважинный клапан-отсекатель содержит корпус, состоящий из верхнего, среднего, нижнего корпусов, ступенчатую втулку.

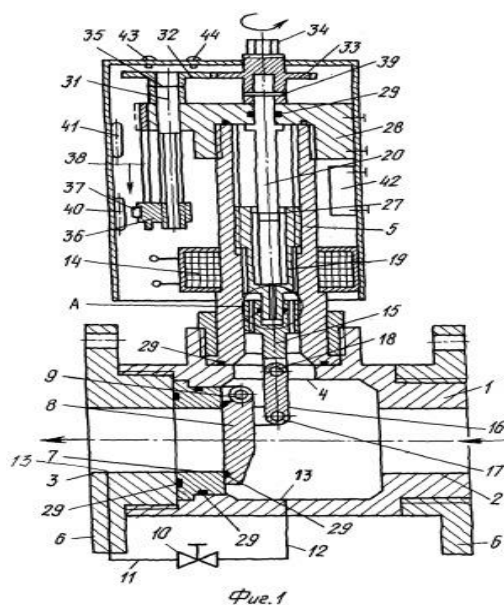


Рисунок 1 – Схема устройства клапана-отсекателя

Эффективность применения внутрискважинных клапанов-отсекателей обусловлена следующими опытными подтверждениями:

1. Уменьшение ущерба, вызванного аварией, за счет недопущения затопления близлежащей территории;
2. Предотвращение загрязнений водоемов, рек, гибели животного мира;
3. Экономия времени и средств на ликвидацию последствий аварий.

Также в соответствии с межгосударственным стандартом «ГОСТ 32503-2013 (ISO 28781:2010) Нефтяная и газовая промышленность. Оборудование буровое и эксплуатационное. Клапаны предохранительные скважинные и сопутствующее оборудование. Общие технические требования» и требованиями техники безопасности - скважины должны быть оборудованы предохранительными устройствами.

Смоделируем сценарий развития аварийной ситуации без использования внутрискважинного клапана-отсекателя. Произведем расчет экономического ущерба от загрязнений окружающей среды вследствие разлива нефти/ выхода газа.

В связи с тем, что загрязнение ОПС при аварийных разливах нефти не подлежит нормированию, вся масса происходящих при этом выбросов

углеводородов в атмосферу, растворенной в воде нефти и нефти, загрязнившей земли, должна учитываться как сверхлимитная.

Площадь, глубина загрязнения земель и концентрация нефти (нефтепродуктов) определяются на основании данных по обследованию земель и лабораторных анализов, проведенных на основании соответствующих нормативных и методических документов, утвержденных или разрешенных для применения Минприроды России и Роскомземом.

Оценка ущерба от загрязнения земель нефтепродуктами производится по формуле

$$P_3 = H_{63} * S_3 * K_{B3} * K_{Э3} * K_3 * K_T * K_{И} * 10^{-4} \quad (1)$$

где  $H_{63}$  – норматив стоимости земель ЯНАО,  $H_{63} = 142$  млн.руб./га;

$K_{B3}$  – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных земель,  $K_{B3} = 10$ ;

$S_3$  – площадь загрязненных земель, предположим, что  $S_3 = 2500$  м<sup>2</sup>;

$K_{Э3}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории рассматриваемого экономического района,  $K_{Э3} = 1,2$ ;

$K_3$  – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель,  $K_3 = 2$ ;

$K_T$  – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель,  $K_T = 1$ .

Тогда,

$$P_3 = 142 * 2500 * 10 * 1,2 * 2 * 1 * 94 * 10^{-4} \quad (2)$$

$$P_3 = 80\ 088 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, плата за загрязнение земель составит более 80 млн.руб. При аварийной ситуации продолжительное время, практически до полного выгорания нефти, происходит неконтролируемое горение и, следовательно, загрязнение воздуха продуктами сгорания, за что предприятие также будет нести экономический ущерб.

Предлагаемый в работе внутрискважинный клапан – отсекаТЕЛЬ позволяет удержать весь объем нефти/ газа и тем самым предотвратить аварию. Данное инженерно-техническое решение позволит существенно снизить экономический ущерб от загрязнения окружающей среды при возможном разливе и нефтепродуктов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 56267-2014/ISO/TR14069:2013. Газы парниковые. Определение количества выбросов парниковых газов в организациях и отчетность. Руководство по применению стандарта ISO 14064-1:2006;

2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30.06.2015 № 300 «Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации»;

3. Руководство по отчетности в области устойчивого развития Global Reporting Initiative (версия G4) и Отраслевое приложение GRI для компаний нефтегазового сектора.

УДК 534.29

*И. И. Манило<sup>1</sup>, В. И. Зыков<sup>2</sup>, В. П. Воинков<sup>1</sup>, А. Г. Шарипов<sup>1</sup>,  
В. А. Волосников<sup>1</sup>, И. И. Патысьев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Академия государственной противопожарной службы МЧС России

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ОТКРЫТОГО ПЛАМЕНИ**

Показаны результаты экспериментальных исследований метода бесконтактного способа тушения возгорания, в частности тушение низкочастотными колебаниями звуковой частоты.

**Ключевые слова:** возгорание легко-воспламеняющихся жидкостей и электротехнических изделий, генератор низкочастотных колебаний, сабвуфер, резонатор, движение воздуха.

*I. I. Manilo<sup>1</sup>, V. I. Zykov<sup>2</sup>, V. P. Voinkov<sup>1</sup>, A. G. Sharipov<sup>1</sup>, V. A. Volosnikov<sup>1</sup>,  
I. I. Patysyev<sup>1</sup>*

## **SOUND VIBRATION EXPERIENCE FOR EXTINGUISHING OPEN FLAME SOURCES**

The results of experimental studies of the non-contact method of extinguishing a fire, in particular, quenching by low-frequency vibrations of sound frequency, are shown.

**Keywords:** ignition of flammable liquids and electrical products, low-frequency oscillation generator, subwoofer, resonator, air movement.

Миллионы пожаров, ежегодно возникающих на земном шаре, приносят человечеству огромные материальные, экологические и социальные ущербы. Для тушения пожаров, в зависимости от их масштабов

и вида, применяется большое количество способов и технических средств, веществ и материалов. В частности, в зависимости от горючей загрузки для эффективного пожаротушения выбирается определенное огнетушащее вещество – вода, пена, газ, порошок и способы их подачи. Применение таких огнетушащих средств не всегда дает ожидаемый эффект, приводит к порче материальных ценностей, большому объему работ по ликвидации последствий пожаров.

Наиболее эффективными огнетушащими веществами являются газовые составы, особенно хладоны и тонкораспыленная вода, если только пожар не относится к классу «D» [1]. При этом применение вышеуказанных огнетушащих веществ в ряде отраслей агропромышленного комплекса (АПК), прежде всего, перерабатывающих отраслей АПК, приводит к порче продукции (продуктов питания и т.д.).

Анализ существующих способов и технических средств тушения пожаров, применяемых при этом веществ, показывает, что, рассматривая систему предотвращения пожара, как продуманный и законченный безаварийный технологический процесс, в котором по максимуму учтены возможные внутренние и внешние воздействия, способные привести к нарушению данного процесса, необходимо исключить важный элемент в процессе возможного горения – это окислитель, чаще всего, обычный кислород.

В физико-химических основах различных применяемых способов и технических средств пожаротушения имеет место принцип исключения доступа кислорода к очагу возгорания (к зоне горения того или иного материала). Известно [1], что при понижении концентрации кислорода в воздухе до 15% горение обычных горючих материалов из натуральных компонентов прекращается. Это обстоятельство является основой заданий и целью на разработку способов и средств пожаротушения.

Несмотря на принимаемые меры, на использование всеми руководителями и частными лицами одних и тех же основополагающих документов в области пожарной безопасности [2], задача обеспечения пожарной безопасности объектов экономики, учреждений и организаций в стране решается недостаточно эффективно. Поэтому дальнейшее совершенствование известных и разработка новых способов и средств пожаротушения была и остается актуальной народнохозяйственной проблемой.

Следует отметить, что приятным поводом для написания данной статьи в сборник очередной ежегодной конференции Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России послужили не столько полученные нами положительные результаты экспериментальных исследований возможности эффективного применения подавления огня звуком, сколько статья ученых упомянутой академии, опубликованная в одном из сборников ( Н.А. Кропотова, А.В. Топоров, Т.А. Злобин «Аналитический обзор бесконтактных способов тушения и управления



процессами горения». – Иваново, Ивановская ПСА ГПС МЧС России) с обращением: «Хотелось бы надеяться, что внимание инженеров-исследователей будет обращено на создание систем пожаротушения, которые были бы эффективны в небольших помещениях, таких как кабины экипажа самолетов и трюмы кораблей, где борьба с огнем крайне сложна, а последствия возгорания могут быть катастрофичны». Авторы справедливо акцентируют внимание в своем обзоре, чтобы потушить пожар надо «...научиться управлять энергетикой разрушения». Поддерживаем этот тезис, так как потушить пожар – значит иметь возможность (способ, устройство) управлять процессом таким образом, чтобы прекратить его протекание во времени и в пространстве. Проведенный Н.А. Кропотовой, А.В. Топоровым и Т.А. Злобиным аналитический обзор бесконтактных способов тушения и управления процессами горения показывает, что «несмотря на достаточно активную исследовательскую деятельность в этом направлении, за последние полвека не было создано ни одного нового метода управления огнем или его распространением, ни одной новой технологии пожаротушения».

Одним из перспективных методов бесконтактного тушения очагов возгорания горючих материалов (веществ) является применение звуковых колебаний низкой частоты, направляемых на вышеупомянутый очаг. Результаты исследований, проведенных учеными-изобретателями Китая и ряда американских институтов, а также американским военным агентством по исследованию и проектированию современных систем обороны DARPA (2012 г.) [4, 5], показали, что звуковые волны могут сдерживать распространение огня. Вопросы эффективности применения данного метода вызвали широкую дискуссию в различных средствах массовой информации, включая социальные сети [3, 4, 5]. Наибольший интерес в этой связи вызвала разработка американских специалистов из университета Джорджа Мейсона (г. Ферфакс, штат Вирджиния) под руководством профессора Брайана Марка [4, 5].

Применение звуковых волн низкой частоты для тушения пламени нашло место как инициативный исследовательский проект в научно-исследовательской работе преподавателей и членов студенческого научного интегрированного кружка «Студенческие инновации – пожарному делу» кафедры пожарной и производственной безопасности Курганской государственной сельскохозяйственной академии им. Т.С. Мальцева в содружестве с учеными ВНИИПО МЧС России и кафедры специальной электротехники, систем управления и связи АГПС МЧС России [6...10]. Для проведения исследования эффективности применения колебаний звуковой частоты для тушения пламени создан стенд (рисунок 1), структурная схема электрической части которого приведена на рисунке 2.

В составе стенда использовались: генератор низкочастотных колебаний ( $20-200 \times 10^4$  Гц) (мод. ГЗ-111), сигналы НЧ из сети Интернет, ламповый усилитель низкой частоты 100 Вт (ТУ-100М) и

полупроводниковый усилитель НЧ «PROLOGY «Club SA 200»» 200 Вт, низкочастотные электродинамические громкоговорители (сабвуферные динамики) мощностью 50 и 200 ватт, способные поддерживать работу на частоте в диапазоне 30-60 Гц, резонаторы трёх типов. Резонаторы выполнялись в виде цилиндров и усеченных конусов, каждый из которых одной стороной был жестко прикреплен к корпусу сабвуферного динамика, а с другой – имел крышку с выходным отверстием, диаметр которого равен около 1/3 диаметра цилиндра.

При тушении возникшего источника открытого пламени включают устройство (стенд) и резонатор выходным отверстием направляют на пламя. При этом звуковая низкочастотная волна, исходящая от диффузора низкочастотного сабвуферного динамика, направляется на пламя. При колебаниях диффузора динамика происходят колебания воздуха во внутреннем объеме резонатора (коллиматора) аналогично волнам гидроудара.

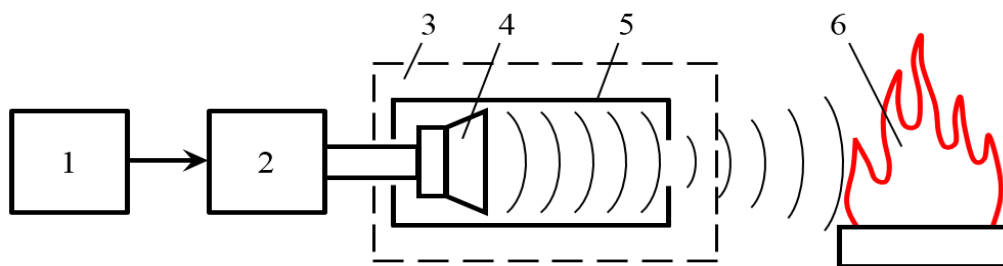


а) общий вид стенда с огнетушителями (в вертикальном положении) трёх типов;



б) общий вид стенда с огнетушителями (с показом выходных отверстий двух огнетушителей, направляемых на источник пламени);

Рисунок 1 – Стенд для исследования процесса тушения источников открытого пламени звуковыми колебаниями низкой частоты



1 – генератор сигналов низкой частоты; 2 – усилитель мощности сигналов низкой частоты; 3 – резонатор звуковых колебаний; 4 – электродинамический громкоговоритель (сабвуфер); 5 – корпус резонатора;  
6 – источник открытого пламени

Рисунок 2 – Структурная схема электрической части устройства для тушения источников открытого пламени звуковыми колебаниями низкой частоты

Колебания воздуха в резонаторе осуществляют возвратно-поступательные движения и двигаясь целенаправленно (через выходное отверстие резонатора) поступают на пламя и блокируют приток кислорода к горящему объекту, что, в конечном итоге, приводит к погасанию пламени (по данным из источника [11] колебания звуковой (низкой) частоты способны отталкивать молекулы кислорода).

В течение 2019 года было изготовлено и испытано три типа резонаторов. В частности, огнетушитель, приведенный на рисунке 1 (левый крайний), явился практически повторением конструкции американских специалистов [4, 5]. Второй огнетушитель по конструкции резонатора (средний на рисунке 1) близок к разработке китайских специалистов [12]. Конструкция огнетушителя, показанная на рисунке 1 справа (красного цвета), лишена ряда недостатков, присущих американским [4, 5] и китайским [12...14] разработкам. В частности: резонатор выполнен в виде двух концентрично расположенных цилиндров (внутреннего и внешнего), при этом на наружной образующей внутреннего цилиндра имеются продольные ребра, на которых закрепляется наружный цилиндр большего диаметра, основание которого, обращенное в сторону сабвуфера, конструктивно соединено с полусферой, диаметр которой равен диаметру наружного цилиндра резонатора.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований показывают, что способ тушения источников открытого пламени звуковыми колебаниями низкой частоты имеет ряд преимуществ по сравнению с известными способами и недостатки.

К числу достоинств следует отнести:

– исключение применения воды и токсических химических огнетушащих веществ;

– возможность применения в помещениях с большим количеством аппаратуры (расположение устройства в местах наиболее вероятного возникновения возгораний);

– создание мобильного устройства тушения источников открытого пламени звуковыми колебаниями низкой частоты для транспортных средств, преимущественно, автомобилей, в которых их владельцами широко применяется установка в багажных отделениях усилителей низкой частоты и сабвуферных динамиков для прослушивания музыки.

К числу недостатков следует отнести:

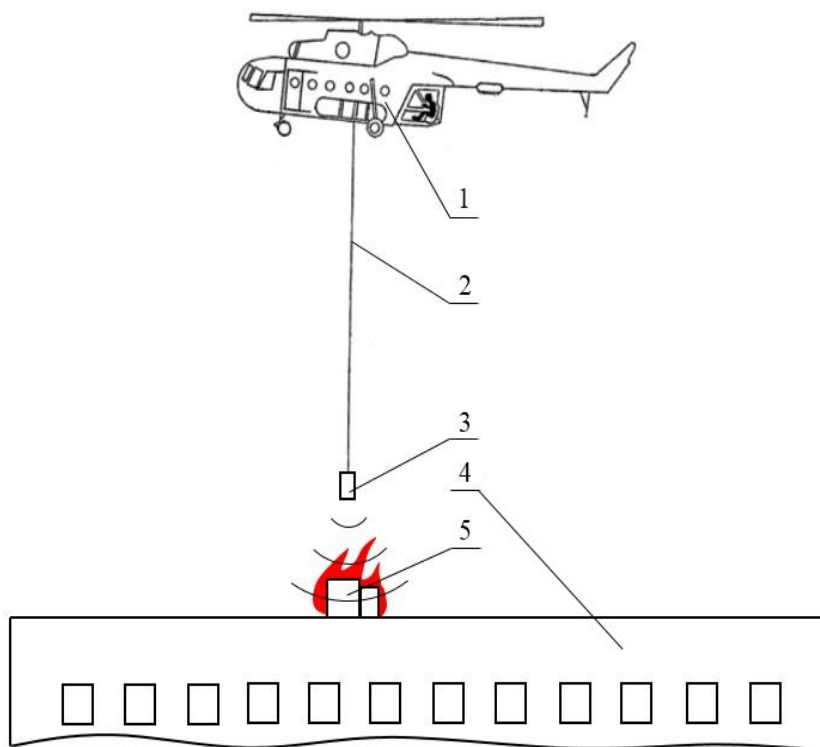
– для тушения больших пожаров потребуется огромное количество энергии, которую необходимо преобразовать в колебания воздушной среды с частотой звуковых колебаний;

– так как звуковые колебания, практически не охлаждают горящие предметы, то нужен тщательный контроль за зоной горения при остывании для предотвращения повторного возгорания.

В настоящее время нами разрабатывается конструкторская документация на устройство, содержащее на тросовой подвеске несколько звуковых огнетушителей, которое будет подвешено на вышке для имитации процесса тушения возгораний электрооборудования на крышах высотных зданий с применением вертолета (рисунок 3). В настоящее время во всех странах остро стоит проблема защиты высотных зданий от пожара, в том числе вызванных возгоранием электрооборудования (электрорадиоэлементов, монтажных проводов, контактных групп и др.), которое в свою очередь приводит к воспламенению других горючих материалов, имеющихся на крыше. Для решения этой проблемы чаще всего используются вертолеты, оснащенные соответствующими пожарными системами [15]. Априори вертолет способен быстрее других технических средств пожаротушения прибыть к месту пожара и сразу же приступить к тушению пламени огня. При тушении возгораний, пламени огня на высотных зданиях, в зависимости от вида (типа) объекта действуют, преимущественно, традиционными способами – порошком или сбросом воды на крышу здания. При этом, в ряде случаев причиняется материальный ущерб больший, чем нанесет, собственно, сам пожар. Ликвидация последствий тушения порошковыми огнетушителями предопределяет большой (трудоемкий) объем работ. Кроме того, тушение возгорания объектов, в которых размещено электрооборудование (в случае неполной информации и по другим причинам), водой может вывести из строя дорогостоящее оборудование на миллионы рублей.

Тушение возгораний электрооборудования, размещенного на крыше высотного здания (сооружения), в том числе находящегося под напряжением, возможно с помощью устройства, создающего низкочастотные колебания звуковой частоты, находящейся в диапазоне 25...67 Гц, закрепленного на внешней подвеске вертолета. Реализация этой идеи привлекает, как возможностью отказаться от таких огнетушащих

веществ как вода и порошок, а также экономным расходом средств, применяемых для тушения пожара и имеющимися наработками в данной области. Кроме того, вертолет при тушении открытого пламени электрооборудования может зависнуть над источником открытого огня (что намного безопаснее, чем в случае заливания такого пламени навесной водяной струей).



1 – вертолет; 2 – тросовая подвеска; 3 – звуковой огнетушитель;  
4 – высотное здание; 5 – загоревшееся электрооборудование

Рисунок 3 – Тушение возгорания электрооборудования на крыше здания с помощью вертолета

### Выводы

1 Проведенные в лабораторных и полевых условиях экспериментальные исследования показали эффективность применения колебаний звуковой частоты (25...60 Гц) для тушения источников открытого пламени.

2 Использование колебаний звуковой частоты для тушения источников открытого пламени позволит создавать системы пожаротушения без применения воды и тушащих токсических химических веществ.

3 Для выявления других недостатков и преимуществ предложенного устройства, разработки резонаторов других типов необходимо проведение дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Колодяжный, А.И.* Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов военной инфраструктуры в условиях военных конфликтов и чрезвычайных ситуаций / А.И. Колодяжный. Сборник статей и докладов межвузовской научно-практической конференции. Санкт-Петербург (17 ноября 2017 г.) / Сост. Кондратьев С.А., Потапенко В.В. – Санкт-Петербург, Военный институт (инженерно-технический), 2017. – С. 7-10.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент отребованиях пожарной безопасности» (с последующими редакциями).
3. <https://newsdozor.ru/index.php?topic=1177/02>. Дата обращения: 6.01.2019.
4. <https://fort-i-ko.livejournal.com/240026.html>. Дата обращения: 9.01.2019.
5. <https://humanstorj.ru/science/oqnetushitel-212>. Дата обращения: 11.01.2019.
6. Инициативный исследовательский проект студенческого научного интегрированного кружка «Студенческие инновации – пожарному делу»: «Экспериментальные исследования процесса тушения огня при помощи звуковых колебаний низкой частоты» / Разработчик: студент гр. 4ПБ Волосников В.А.; научн. рук. д-р техн. наук, засл. изобретатель РФ И.И. Манило. – Курган: Курганская ГСХА, 2019. – 22 с.
7. *Волосников, В.А.* Экспериментальные исследования процесса тушения огня при помощи звуковых колебаний низкой частоты: материалы II этапа Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в Уральском Федеральном округе. – Челябинск: ЮУрГАУ, 2019. – 5 с.
8. *Манило И.И.* Устройство для тушения источников открытого пламени звуковыми колебаниями низкой частоты / И.И. Манило, В.И. Зыков, Д.М. Гордиенко и др. // Безопасность жизнедеятельности: проблемы и решения: сборник статей по материалам III международной научно-практической конференции (23-24 мая 2019 г., Курган, КГСХА). – Курган: Изд-во КГСХА, 2019. – С. 112 – 118.
9. *Манило И.И.* Тушение источников открытого пламени звуковыми колебаниями низкой частоты / И.И. Манило, В.П. Воинков, В.И. Зыков и др. // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: сборник материалов VII междунар. научн.-практ. конф./ под ред. А.И. Сидорова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. - С. 336-341.
10. *Манило И.И., Воинков В.П., Зыков В. И.* и др. Особенности и перспективы применения тушения источников открытого пламени звуковыми колебаниями низкой частоты // Актуальные вопросы систем качества и экологизации технологий: материалы Всероссийской научно-практической конференции (22 ноября 2019 г.). – Курган: Издательство Курганского государственного университета. – С. 253-261.
11. *Беляев С.В.* Низкотемпературная плазма (пламя): возникновение, развитие и исчезновение (ликвидация). / С.В. Беляев, Н.А. Кротова, О.Е. Сторонкина, А.А. Разумов // Матер. VI Междунар. научн.-практ. конф. «Пожарная и аварийная безопасность объектов», Иваново: ИВИГПС МЧС России, 2011. – С. 241-244.
- 12 Патент CN204932657U , Китайская народная республика, МПК А62G 3/00 (2006.01), А62G 37/00 (2006.01); заявл. 06.01.2016., заявка 201520680110.7.
- 13 Патент CN 105903137A , Китайская народная республика, МПК А62G 2/04 (2006.01), А62G 3/16 (2006.01); заявл. 31.08.2016., заявка 201610284059.7.

14 Патент CN107007961A, Китайская народная республика, МПК А62G 37/00 (2006.01); заявл. 04.08.2017, заявка 201710272165.8.

15 Патент №2347596, RU/ Противопожарный вертолет/ Паяссис Роджер (СУ).

УДК 614.841.3

*А. С. Модина*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРА В ЗДАНИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА НА ОБЪЕКТЕ ЗАЩИТЫ**

В статье приводится сравнительная характеристика математических моделей расчета динамики опасных факторов пожара. Показано, что выбор вида математической модели пожара влияет на время блокирования эвакуационных выходов и, как следствие, на величину индивидуального пожарного риска.

**Ключевые слова:** индивидуальный пожарный риск; опасные факторы пожара; математическая модель пожара.

*A. S. Modina*

## **ANALYSIS OF THE RESULTS OF COMPUTER MODELING OF FIRE IN THE BUILDING DURING THE EXAMINATION OF THE CALCULATION OF THE INDIVIDUAL FIRE RISK AT THE OBJECT OF PROTECTION**

The article provides a comparative description of mathematical models for calculating the dynamics of dangerous fire factors. It is shown that the choice of the type of the mathematical model of fire affects the blocking time of emergency exits and, as a result, the value of an individual fire risk.

**Keywords:** individual fire risk; hazards of fire; mathematical model of fire.

Основным документом, регламентирующим выполнение требований пожарной безопасности, является Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ [4]. Этим Федеральным законом определено нормативное значение индивидуального пожарного риска: «Индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значение одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания, сооружения и строения точке».

На данный момент, в Российской Федерации, при расчете величины индивидуального пожарного риска применяют три математические модели расчета динамики опасных факторов пожара: интегральная, зонная,

дифференциальная (полевая). Расчет пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности производится по методике, утвержденная приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382 [2]. Расчет пожарного риска на производственных объектах производится по методике, утвержденной приказом МЧС России от 30.06.2009 № 404 [3].

Расчеты пожарного риска включают три основных этапа:

1. определение расчетного времени эвакуации людей в безопасную зону;
2. расчет времени блокирования путей эвакуации (динамики распространения опасных факторов пожара);
3. определение пожарного риска.

При проведении расчета пожарного риска к исходным данным следует относить информацию, необходимую:

1. для определения численных значений коэффициентов, входящих в формулу для расчета пожарного риска;
2. для выбора и формулировки рассматриваемых сценариев развития пожара и эвакуации людей;
3. для определения времени начала эвакуации.

Указанные данные включают в себя не только характеристики объекта, но и справочную информацию из нормативной и научной литературы, которая используется при проведении расчета риска, и других источников при необходимости обоснования применения их при проведении расчета риска [5].

Сценарий пожара включает в себя определение границ исследуемого объекта, определение распределения пожарной нагрузки по объекту и последовательность событий при пожаре, о которых имеются соответствующие данные (расположение очага пожара, срабатывание систем пожаротушения, дымоудаления, открытие (закрытие) окон, дверей и т.д.). Другими словами, эксперт определяет, что будет гореть, где будет гореть и что при этом будет происходить.

Область применения интегрального метода, в которой предсказанные моделью параметры пожара можно интерпретировать как реальные, практически ограничивается объемными пожарами, когда из-за интенсивного перемешивания газовой среды локальные значения параметров в любой точке близки к среднеобъемным. За пределами возможностей интегрального метода оказывается моделирование пожаров, не достигших стадии объемного горения и, особенно, моделирование процессов, определяющих пожарную опасность при локальном пожаре. Наконец, в ряде случаев даже при объемном пожаре распределением локальных значений параметров пренебрегать нельзя.

Более детально развитие пожара можно описать с помощью зонных моделей. Но так же, при применении зонной модели делается большое количество упрощений и допущений. Так, например, часто требуется более



подробная информация о пожаре, чем осредненные по зонам значения параметров. Более применима данная модель при начальных стадиях развития пожара и при локальных пожарах, когда в помещении возникают явно выраженные границы зон.

Подробную детализацию о процессах, происходящих при пожаре и описывающее само развитие пожара, представляет полевое моделирование. Для проведения расчетов, с использованием полевой модели пожара, требуется значительно больше вычислительных ресурсов. С помощью полевого моделирования возможен расчет полей температур, концентраций кислорода и продуктов горения в исследуемой области при возникновении пожаров.

При проведении расчета величины индивидуального пожарного риска на объекте защиты, в первую очередь, определяется риск гибели работника объекта. Риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара на объекте характеризуется числовыми значениями индивидуального и социального пожарных рисков. Статьей 93 ФЗ № 123-ФЗ установлены следующие нормативные значения пожарного риска для производственных объектов [4]:

1. величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях, строениях и на территориях производственных объектов не должна превышать одну миллионную в год, т. е.  $10^{-6}$  на человека в год;

2. для производственных объектов, на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска  $10^{-6}$  в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной десятитысячной в год ( $10^{-4}$  1/год). При этом должны быть предусмотрены меры по обучению персонала действиям при пожаре и по социальной защите работников, компенсирующие их работу в условиях повышенного риска;

3. величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать  $10^{-8}$  1/год;

4. величина социального пожарного риска воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать  $10^{-7}$  1/год.

Статьей 79 ФЗ № 123-ФЗ установлены следующие нормативные значения пожарного риска для зданий и сооружений:

1. Индивидуальный пожарный риск в зданиях и сооружениях не должен превышать значение одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания и сооружения точке.

2. Риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара должен определяться с учетом функционирования систем обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений.

Численным выражением при моделировании пожара в здании при проведении экспертизы расчета величины индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара на человека, находящегося в здании. А так же расчет времени достижения опасными факторами пожара своих предельно допустимых значений на эвакуационных путях в различные моменты времени.

Результатами моделирования будут являться:

- при использовании интегральных и зонных моделей – среднеобъемные (и среднезонные соответственно) значения опасных факторов пожара;

- при использовании полевых моделей – поля опасных факторов пожара.

Полевая модель, в отличие от интегральной, позволяет получить поля температур, плотность теплового потока, т.е. распределение опасных факторов пожара в пространстве. Интегральная модель, показывает лишь среднеобъемные значения параметров пожара.

На основе проведенных расчетов определяется время блокирования эвакуационных путей и выходов. На количественное значение данной величины и будет влиять выбор вида математической модели пожара, и, как следствие, на величину индивидуального пожарного риска.

Расчеты величины пожарного риска проверяются в соответствии с положениями методик [2, 3]. На основе анализа результатов расчетов разрабатывается и корректируется комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объекта защиты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчетные методы в судебной пожарно-технической экспертизе: Методическое пособие / П.М. Агеев [и др.]. Под ред. А.А. Тумановского и И.Д. Чешко. СПб: СПбФ ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2011. 110 с.

2. Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

3. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

4. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

5. *Панов А.А.* Независимая оценка риска и исходные данные пожарного риска в общественных зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных

классов функциональной пожарной опасности / А.А. Панов, С.Ю. Журавлев, Ю.Ю. Журавлев // Пожаровзрывобезопасность, 2019. Вып. 5. С. 9-18.

УДК 614.843.4

*А. А. Морозов*

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ РУЧНЫХ ПОЖАРНЫХ СТВОЛОВ**

Проанализированы принцип работы и результаты экспериментальных исследований современных ручных пожарных стволов (на примере СПРУК 50/0,7 «Викинг») при подаче воды. Разработаны рекомендации по их применению.

**Ключевые слова:** ручные пожарные стволы, тактика тушения пожаров, работа со стволом, ствольщик, входной крепеж.

*А. А. Morozov*

## **FIRE EXTINGUISHING WITH MODERN MANUAL FIRE BARRELS**

The principle of work and the results of experimental studies of modern hand-held fire trunks (on the example of SPRUK 50/0.7 "Viking") with the supply of water analyzed. Recommendations on their use are developed.

**Keywords:** Manual fire barrels, fire extinguishing tactics, work with the barrel, shovel, input fixture.

Рекомендации по технологии тушения пожаров в зданиях и сооружениях, а также резервуарных парков, с помощью современных многофункциональных ручных и лафетных пожарных стволов были подготовлены в рамках выполнения научно-исследовательской работы по заданию «Разработать технологию применения современных многофункциональных ручных стволов» (№ госрегистрации 20163550) ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций-2020».

Для определения наиболее успешных позиций спасателей-пожарных в момент ликвидации пожара был использован отечественный и зарубежный опыт, полученный в ходе учений, в том числе проводимых за рубежом. Основные позиции, которые рассмотрены в данной работе проверены опытным путем при проведении исследований на территории Университета гражданской защиты МЧС Беларуси на практических занятиях. Их можно разделить на три категории: работа ствольщика с подствольщиком и без него; работа ствольщика при совместном использовании ствола и входного крепежа; работа в зданиях и сооружениях. При проведении экспериментальных исследований использовались СПРУК

50/0,7 «Викинг»; напорные пожарные рукава; пожарная автоцистерна; входной крепеж пожарного ствола.

Методы по работе со ствольным оборудованием сформулированы в виде рекомендаций, выполнение которых повысит эффективность работы спасателей-пожарных и обеспечит их безопасность.

При необходимости подачи больших расходов воды и быстрого маневрирования работу со стволом осуществляет два человека (ствольщик и подствольщик). Ствольщик управляет стволом: регулирует расход огнетушащего вещества, выбирает необходимую геометрию струи, позицию ствола и расстояние до горящего объекта. В обязанности подствольщика входит: помощь ствольщику в прокладке рукавных линий, в достижении позиции ствола; закрепление рукавной линии при подъеме ее на высоту; обеспечение позиции ствола необходимым запасом рукавов; наблюдение за конструкциями в пределах позиции ствола и проведение работы по вскрытию и разборке конструкций на позиции; подмена ствольщика в случаях его продолжительной работы со стволом или работы в тяжелых условиях. От слаженности совместных действий ствольщика с подствольщиком зависит успех ликвидации горения на пожаре. Основной задачей подствольщика при непосредственной работе со стволом является помощь ствольщику в противодействии реакции струи и помощь при передвижении с рукавной линией.

Для работы со стволом из положения стоя ствольщик принимает требуемую стойку. Подствольщик становится позади ствольщика в непосредственной близости и создает упор плечом в спину ствольщика, удерживая, в это же время, рукавную линию (рис. 1, а). Для этого подствольщик становится левым боком к спине ствольщика, сгибает левую ногу в колене, правую ногу отводит в сторону, максимально выпрямляет и, для большей устойчивости, левым плечом упирается в спину ствольщика. В таком положении рекомендуется работать при значительном расходе огнетушащего вещества (6 л/с и более) для охлаждения вертикальных конструкций, тушении пожара на различных высотах, а также при необходимости перемещения ствольщика.

Для работы со стволом из положения с колена ствольщик принимает требуемую стойку: приседает на одно колено, обеспечивая второй полусогнутой ногой устойчивое положение. Подствольщик располагается позади ствольщика в непосредственной близости и создает упор плечом в спину ствольщика, удерживая, в это же время, рукавную линию (рис. 1, б). Для этого подствольщик располагается левым боком к спине ствольщика, опускается на левое колено. Правую ногу отводит в сторону, максимально выпрямляет и, для большей устойчивости, левым плечом упирается в спину ствольщика. В таком положении рекомендуется работать при возможности резких перепадов давления в линии, воздействия высокой тепловой

радиации, необходимости длительной работы со стволом, а также необходимости перемещения ствольщика.



Рисунок 1 – Работа со стволом с подствольщиком:  
*а* – из положения стоя; *б* – из положения с колена

Зарубежными пожарными используется способ, при котором удержание ствола происходит благодаря тому, что конец рукава с подключенным стволом прокладывается под кольцом, образованным оставшейся частью рукавной линии. При этом фиксация ствола происходит благодаря весу рукавной линии и ствольщика. Данный способ наиболее актуален при затяжных пожарах, а также при ограниченном количестве личного состава (возможна работа без подствольщика) (рис. 2).



Рисунок 2 – Фиксация ствола при помощи рукавной линии и ствольщика:  
*а* – фиксация ствола рукавной линией; *б* – работа ствольщика с зафиксированным стволом

Интерес представляют переносные угловые устройства для крепления ручных пожарных стволов (рис. 3). Данные устройства позволяют организовать подачу огнетушащего вещества без участия человека. Это наиболее актуально при наличии угрозы взрыва, обрушения, а также при недостаточном количестве личного состава.





Рисунок 3 – Устройства для крепления стволов

На рисунке 4, *а* приведен пример охлаждения баллона с газом. При этом регулятор расхода огнетушащего вещества необходимо перевести в минимальное положение и слегка закрыть перекрывной механизм. На рисунке 4, *б* приведен пример подачи ручного пожарного ствола на защиту кровли.



Рисунок 4 – Крепление стволов с помощью специального устройства:  
*а* – для охлаждения газового баллона; *б* – для тушения или охлаждения конструкции

Известна технология совместного использования входных крепежей для стволов, разветвления и пожарного рукава. В качестве примера можно рассмотреть опыт компании РОК (Франция) [1] по разработке входных крепежей для подсоединения рукавов пожарных. По отзывам зарубежных спасателей представленные на рисунке 5 входные крепежи значительно повышают маневренность при подаче огнетушащих веществ и снижают реактивную силу струи (до 25 %). Благодаря этим особенностям обеспечивается возможность работы без подствольщика (рис. 6).



Рисунок 5 – Входной крепеж для рукава пожарного [9]



*а*

*б*



*в*

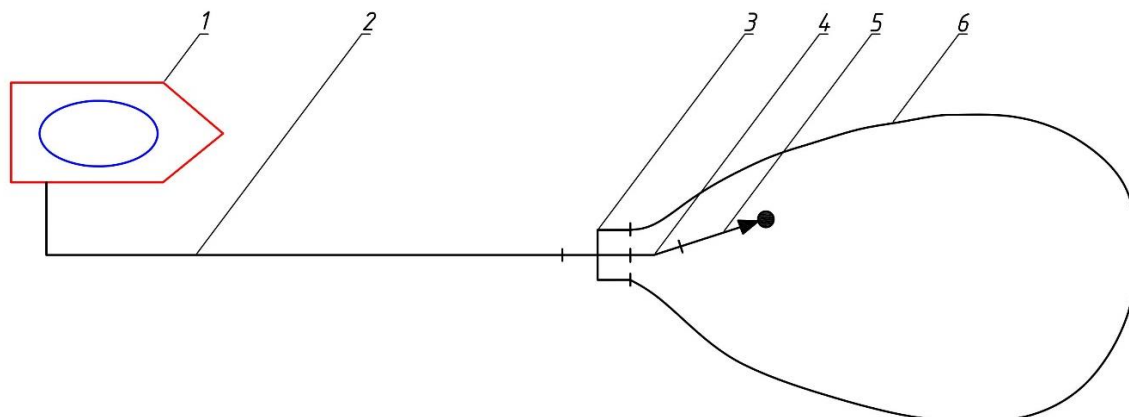
*г*

Рисунок 6 – Подача ствола с усовершенствованным входным крепежом:  
*а* – перемещение с рукавной линией и стволом; *б, в, г* – варианты работы со стволом с использованием входного крепежа

При совместном использовании входных крепежей, разветвления и пожарного рукава можно обеспечить подачу огнетушащего вещества без участия человека (рис. 7). Для этого, к центральному патрубку разветвления необходимо последовательно подключить входной крепеж и ручной пожарный ствол, затем выставить необходимый расход огнетушащего вещества и геометрию струи, а к крайним патрубкам разветвления подключить пожарный рукав, образуя кольцо. Далее, путем открытия



вентилей разветвления и крана перекрывного механизма пожарного ствола будет обеспечена подача огнетушащего вещества и устойчивое положение ствола.



- 1 – пожарная автоцистерна; 2 – напорный пожарный рукав ( $d = 77$  мм,  $l = 20$  м);  
 3 – разветвление трехходовое РТ-80; 4 – входной крепеж; 5 – ручной пожарный ствол;  
 6 – напорный пожарный рукав ( $d = 51$  мм,  $l = 20$  м)

Рисунок 7. – Технологическая схема совместного использования входного крепежа, разветвления и пожарного рукава

На рисунке 8 приведен пример использования данной технологии. Ее применение позволяет использовать ручные пожарные стволы с большими расходами для подачи огнетушащего вещества на значительные расстояния (более 40 м).



Рисунок 8. – Пример совместного использования входного крепежа, разветвления и пожарного рукава:

*a* – ствол, подключенный по схеме, описанной на рис. 9; *б* – регулировка спасателем-пожарным расхода и геометрии струи ствола



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. POK: firefighter equipment [Электронный ресурс] / Catalogues. – Ножан-сюр-Сен (Франция), 2019. – Режим доступа: <https://www.pok.fr/en/catalogues-2/>. – Дата доступа: 12.09.2019.

УКД 699.812:666.972.16+691.6

*А. А. Морозов, В. А. Смирнов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И ГИДРИДОВ МЕТАЛЛОВ

Производства, связанные с получением и переработкой металлов, их сплавов гидридов металлов и металлоорганических соединений характеризуется повышенной пожарной и взрывопожарной опасностью. При выборе безопасных условий проведения технологических процессов, в которых обращаются данные вещества и материалы, необходимо учитывать особенности их воспламенения, горения и тушения.

**Ключевые слова:** горение металлов, огнетушащие порошковые составы, тушение металлов.

*A. A. Morozov, V. A. Smirnov*

### FEATURES COMBUSTION AND EXTINGUISHING OF METALS AND METAL HYDRIDES

The production associated with the production and processing of metals, their alloys of metal hydrides and organometallic compounds is characterized by increased fire and explosion hazard. When choosing safe conditions for carrying out technological processes in which these substances and materials are handled, it is necessary to take into account the peculiarities of their ignition, combustion, and quenching.

**Keywords:** metal burning, fire extinguishing powder compositions, metal quenching.

Горение металлов, их сплавов, металлосодержащих веществ, в том числе металлоорганических веществ согласно ГОСТ 27331-87 подразделяются на 3 класса:

1. класс Д1 – горение легких металлов (алюминий, магний и их сплавы, кальций, титан), условно «тяжелых» металлов (цирконий, ниобий, уран и др.);
2. класс Д2 – горение щелочных металлов (литий, натрий, калий и др.);

3. класс ДЗ – (металлоорганические соединения: алюмо-, литий-, цинк- органика, гидриды алюминия, лития и др.).

Каждый из перечисленных металлов и их гидридов в обычном состоянии представляет собой твердое вещество, кроме металлоорганических соединений, представляющих собой жидкости.

Из особенностей металлов, которые имеют прямое отношение к их взрывоопасности и горению необходимо отметить следующие:

1. склонность к самовозгоранию при обычных условиях (т.е. *пирофорность*);

2. способность взрываться в состоянии аэровзвеси;

3. взаимодействие горящих металлов с водой, некоторыми газовыми огнетушащими составами: хлороксидами (хлорфторуглеводороды), азотом (например, магний) Способностью самовоспламеняться обладают щелочные металлы, стружка, металлические порошки, имеющие неокисленную активную поверхность, гидриды металлов, металлоорганических соединений (классы пожаров Д2, Д3).

Наиболее пожаровзрывоопасными металлами, горение которых происходит по классу Д1, являются легкие металлы в виде продуктов их переработки: порошков разной дисперсности, стружки. Металлы в виде изделий различной конфигурации (листы, профили и т.п.) поджечь практически невозможно, если обеспечиваются условия преобладания теплоотвода над теплопритоком.

Гидриды металлов занимают промежуточное положение между металлами и органическими соединениями. Связано это с тем, что при их разложении выделяется водород, что можно рассматривать как аналогию процесса выделения горючих газов при пиролизе органических материалов, сгорающих в газовой фазе.

При этом гидриды металлов значительно различаются между собой по своим физико-химическим свойствам, по механизму горения и воспламенения. Так, гидриды титана, ниобия, тантала и т. д. являются по существу растворами водорода в металле и имеют переменный состав с металлическим типом связи. Они горят в основном в тлеющем режиме, пламенное горение водорода практически отсутствует.

В то же время литий-алюминий гидрид, гидриды алюминия и лития – ярко выраженные индивидуальные соединения с ионной (для гидридов лития – частично ковалентной) связью, характеризующиеся наличием режимов пламенного и гетерогенного горения.

Гидриды алюминия и гидриды щелочных металлов проявляют пирофорные свойства, активно взаимодействуют с влагой воздуха, при небольшом нагреве активно выделяют водород и вследствие этого в состоянии аэровзвеси образуют гибридные взрывоопасные смеси с воздухом.

При повышенных температурах и при горении возможно взаимодействие азота с наиболее активными гидридами, например, гидридом алюминия.

Небольшое разбавление азота воздухом может привести к очень «жесткому» взрыву аэровзвеси гидрида алюминия, поэтому не для всех гидридов металлов можно использовать азот в качестве защитной атмосферы. Иногда для этого приходится использовать аргон.

Таким образом, характер горения металлов и металлосодержащих веществ исключает применение воды, водопенных средств тушения и ряда газовых огнетушащих составов, т. к. при контакте этих средств с горящими металлами происходит их взаимодействие, приводящее к разгоранию.

В России и мировой практике для тушения пожаров классов Д1, Д2, Д3 применяются огнетушащие порошковые составы специального назначения. При создании рецептуры таких составов учитываются следующие факторы:

- основное вещество, определяющее этот состав (от 80 до 95% об.), не должно содержать в молекуле атом кислорода (не поддерживать горение) и не вступать с металлом в химическую реакцию;
- огнетушащие порошковые составы специального назначения должны иметь определенный фракционный состав (как правило, в диапазоне 50-75 мкм);
- огнетушащие порошковые составы специального назначения не должны слеживаться в процессе хранения, что достигается включением в их состав антислеживающих гидрофобизирующих добавок, а также обладать рядом других эксплуатационных свойств в соответствии с общепринятыми техническими требованиями;

В настоящее время наиболее распространены для тушения пожаров классов Д1, Д2, Д3 огнетушащие порошковые составы специального назначения на основе хлоридов щелочных металлов (КСl (хлорид калия) – Россия и NaCl (хлорид натрия) – Европа, США). В качестве огнетушащих составов для металлов существует ряд жидкостных составов (например, на основе борных эфиров), но они не нашли широкого применения в практике пожаротушения.

Основным принципом достижения положительного результата при тушении металлосодержащих веществ (по классам Д1, Д2, Д3) является создание с помощью огнетушащих порошковых составов специального назначения защитного полного покрытия очага горения, препятствующего доступу кислорода воздуха в зону горения. Такое покрытие должно быть достаточно плотным, иметь необходимую толщину слоя порошка по всей поверхности очага горения, что достигается при определенном удельном расходе порошка (кг/м<sup>2</sup>).

Тушение металлов и металлосодержащих веществ имеет ряд особенностей, присущих каждой группе веществ по классам Д1, Д2, Д3 в том числе:

1. для тушения металлов по классу Д1 огнетушащий порошковый состав специального назначения должен отвечать критериям, приведенным выше, при этом основу порошка составляет, например, хлорид калия с плотностью около  $1 \text{ г/см}^3$ .);

2. для тушения гидридов металлов (Д3) применяется огнетушащий порошковый состав специального назначения с характеристиками, аналогичными для огнетушащего порошкового состава специального назначения, применяемого для тушения по классу Д1;

3. для металлоорганических веществ, являющихся жидкостями при обычных условиях, огнетушащий порошковый состав специального назначения должен иметь плотность, близкую к плотности этих веществ ( $\sim 0,7-0,8 \text{ г/см}^3$ ), что обеспечивается введением в состав порошка негорючей добавки с низкой плотностью (перлит, вермикулит), что также способствует адсорбции металлоорганических соединений и улучшает надежность тушения.

При тушении натрия возникает так называемый «капиллярный» или фитильный эффект горения за счет роста оксидных образований, прорастающих через слой порошка, по которым жидкий натрий проникает и горит в виде фитиля. Для предотвращения роста оксидов обычно используют специальные добавки.

Тушение металлов и металлосодержащих соединений огнетушащими порошковыми составами специального назначения коренным образом отличается от тушения, например, углеводородных ЛВЖ, ГЖ (классы пожаров А, В, С) порошками общего назначения. В случае тушения пожаров класса Д (Д1, Д2, Д3) основная задача при подаче огнетушащих порошковых составов специального назначения заключается в создании на поверхности очага горения слоя порошкового покрытия, желательной равной высоты, что достигается путем использования так называемых успокоителей, присоединяемых к подающему устройству (на выходе подающего ствола) огнетушителей, порошковых автомобилей. Использование насадки-успокоителя при подаче огнетушащего порошкового состава специального назначения необходимо при тушении порошков металлов и их гидридов, при этом практически предотвращается образование аэрозвеси огнетушащего порошка. Для тушения пожаров классов А, В, С применяется распылительное устройство типа «пистолет», при этом создается порошковое облако над очагом горения, которое способствует достижению тушения.

Огнетушащие порошковые составы специального назначения можно применять для тушения радиоактивных металлов. При использовании, например, огнетушащего состава на основе хлорида калия, значительно снижается выделение радиоактивных аэрозолей.

Однако использование порошкового пожаротушения тоже имеет свои недостатки:

1. огнетушащий порошковый состав в отличие от воды не обладает охлаждающим действием. Надежное тушение можно достичь при охлаждении металлов до температуры ниже температуры их самовоспламенения. А температура горящих металлов, как правило, значительно выше температуры самовоспламенения, поэтому процесс тушения металлов и их гидридов носит длительный характер;

2. практически все выпускаемые автомобили порошкового тушения имеют ограниченные технические возможности и не могут обеспечить надежное тушение в помещениях объемом более 300-600 м<sup>3</sup>. Максимальная высота подачи огнетушащих порошковых составов специального назначения в зависимости от типа автомобиля порошкового тушения и давления в емкости составляет 10-25 метров, при этом максимальное расстояние подачи порошка по горизонтали составляет 40-60 метров, что является в ряде случаев недостаточным для того, чтобы обеспечить доставку порошка к месту загорания.

Вывод: Несмотря на отмеченные недостатки порошкового пожаротушения самым универсальным, надежным и эффективным огнетушащим веществом для тушения металлов и металлосодержащих материалов являются порошковые составы специального назначения. Для тушения и предотвращения загораний металлов и гидридов металлов в технологическом оборудовании рекомендуется использовать аргон.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27331-87 ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА. Классификация пожаров
2. *В.В. Тербнев* Справочник руководителя тушения пожара. Москва 2004.
3. *А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко*, Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения

УДК 620

*И. А. Парасич, А. В. Топоров*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «УМНОЙ» БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Предложено для повышения пожарной безопасности оснащать существующую бытовую технику, снабженную доступом в сеть Интернет специальными датчиками, реагирующими на задымление, газ, повышение температуры. Такой подход позволит обеспечить Максимально полно использовать существующие коммуникационные возможности техники для сбора и передачи данных о возникшем пожаре либо ЧС.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, умная бытовая техника, жилые помещения, датчики, передача данных.

*I. A. Parasich, A. V. Toporov*

## **USE OF SMART HOME APPLIANCES TO PROVIDE FIRE SAFETY OF RESIDENTIAL PREMISES**

It is proposed to improve fire safety to equip existing appliances equipped with access to the Internet with special sensors that respond to smoke, gas, temperature rise. This approach will allow to ensure the Maximum full use of existing communication capabilities of equipment for the collection and transmission of data on the fire or emergency.

**Keywords:** fire safety, smart home appliances, living rooms, sensors, data transmission.

В современном мире мы не представляем свою жизнь без бытовых электроприборов. Каждое утро мы начинаем с чашки кофе, которое завариваем при помощи чайника или кофеварки. Готовим пищу на электроплите или в мультиварке, скороварке, пароварке. Продукты, купленные в магазине, мы храним в холодильниках. В тёмное время суток мы освещаем свои жилища электрическим светом, а микроклимат в них мы регулируем вентиляторами, обогревателями и увлажнителями воздуха. Но все электрические приборы таят в себе опасность. При повреждении изоляции вследствие какого-либо механического повреждения, старения, воздействия влаги возникает контакт токоведущих частей и, как следствие, короткое замыкание. Как известно при коротком замыкании растёт сила тока в проводнике и выделяется огромное количество теплоты, что является одной из самых распространенных причин пожара.

Изучив статистику пожаров, можно определить, что около 30 процентов всех пожаров возникает именно в результате нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования [1]. А так как с каждым годом увеличивается количество необходимых нам бытовых электроприборов, то растёт и риск возникновения пожара вследствие нарушения их работоспособности или нарушения правил работы с данным оборудованием.

Теперь рассмотрим способы обнаружения возгорания. В общественных помещениях, согласно требованиям пожарной безопасности, устанавливаются датчики температуры и задымления. Но устанавливаются они на потолке, то есть вдали от приборов, представляющих потенциальную опасность возгорания, и это сильно снижает эффективность такой пожарной сигнализации. Сигнал от датчиков передаётся непосредственно на пульт диспетчера пожарного гарнизона. Отсюда вытекает еще один недостаток системы – частые ложные вызовы пожарных караулов. В связи с этим собственники частных домов и квартир не спешат устанавливать в своих жилищах подобное оборудование.

Из вышеописанного следует, что датчики температуры и задымления должны находиться в непосредственной близости или внутри потенциально опасного прибора. А сигнал от датчиков должен передаваться не оперативному дежурному пожарного гарнизона, а владельцу квартиры или дома, например на смартфон в виде SMS-уведомления.

Установка такой системы будет оправдана в бытовые приборы, которые имеют нагревательный элемент, катушки-соленоиды, резисторы, расположенные близко друг к другу токоведущие части и другие потенциально пожароопасные элементы. Вот некоторые подобные приборы, которые есть в каждом современном доме: электрочайник, утюг, электрообогреватель, микроволновая печь, цоколь электролампы, розетка

Установка датчиков в каждый опасный прибор влечёт за собой большие затраты, как материальные, так и трудовые, что делает монтаж контрольной аппаратуры в существующие приборы крайне трудно реализуемым.



Рисунок 1 - Роботизированное устройство для уборки помещений

Возможным решением этой проблемы может быть встраивание датчиков устройств пожарной сигнализации в набирающую популярность в последнее время так называемую «умную технику». Достоинством такой техники является наличие постоянной связи с владельцем и при необходимости организация связи с диспетчерской.

Наибольший интерес здесь представляют устройства способные перемещаться по помещению и переносить систему датчиков. Таким образом, организуется контроль сразу за несколькими единицами бытовой техники и помещением в целом.

Одним из возможных носителей элементов сигнализации может послужить роботизированные уборочные машины. Так при установке системы датчиков на роботизированный пылесос становится возможным взять под его контроль всю квартиру.

Преимуществами данного вида пожарной сигнализации являются:

- 1) необходимость одного комплекта датчиков на обслуживание всей квартиры.
- 2) Способность устройства проникать в труднодоступные места (за диван, под стол и др.) за счёт малых габаритов, что даёт возможность обнаружения возгорания до его большего распространения.
- 3) Автономность работы и энергонезависимость (например, при отключении электричества в связи с ремонтными работами) пылесоса за счёт использования аккумулятора, как основного источника энергии.

Таким образом, использование современной роботизированной бытовой техники в качестве базы для организации системы пожарной сигнализации является актуальной и перспективной задачей.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. «СТАТИСТИЧЕСКИЙ СБОРНИК. Статистика пожаров и их последствий». Научно-исследовательский институт противопожарной обороны (ФГБУ ВНИИПО МЧС России) 2015 год.



УДК 614.835.3

*А. Н. Песикин, С. А. Сырбу*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНАЛИЗ ПОЖАРОВ НА РВС ОТ САМОВОЗГОРАНИЯ ПИРОФОРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОТ ХРАНЯЩИХСЯ ВЕЩЕСТВ**

В работе говорится об особенностях возникновения пожаров на резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов от самовозгорания пирофорных отложений. Обращено внимание на то, что количество пожаров от самовозгорания пирофорных отложений по статистическим данным больше на резервуарах, где хранятся светлые нефтепродукты, нежели темные.

**Ключевые слова:** пожарная опасность, пирофорные отложения, резервуар вертикальный стальной, вид хранящейся жидкости, нефтегазовая отрасль

*A. N. Pesikin, S. A. Syrbu*

## **ANALYSIS OF FIRES ON OIL TANK FROM SELF-IGNITION OF PYROPHORIC DEPOSITS FROM STORED SUBSTANCES**

The paper speaks about the peculiarities of the occurrence of fires in tanks for storing oil and oil products from spontaneous combustion of pyrophoric deposits. Attention is drawn to the fact that the number of fires caused by spontaneous combustion of pyrophoric deposits, according to statistical data, is greater in tanks where light oil products are stored than dark ones.

**Keywords:** fire hazard, pyrophoric deposits, type of stored fluid, vertical steel tank, oil and gas industry

Практически любые пожары, которые имеют ту или иную причину характеризуются особенностями. То же самое и в случае с пожарами на резервуарах вертикальных стальных с нефтью и нефтепродуктами (далее РВС) от самовозгорания пирофорных отложений.

Объекты хранения горючих веществ и организации относятся к опасным производственным объектам, притом частота возникновения пожаров на таких объектах довольно высокая. Так в работе в работе [1] приведено распределение доли пожаров на объектах с обращением нефти и нефтепродуктов, где указано (рисунок 1), что чаще всего пожары, происходят на электрооборудовании, однако вторыми по частоте пожаров приходятся склады ЛВЖ, горючих жидкостей. Учитывая это, рассмотрение особенностей пожаров на РВС является актуальным.



Рисунок 1 – Доли пожаров на объектах с обращением нефти и нефтепродуктов

Согласно исследованиям [2] с 1950 по 2010 произошло 150 инцидентов на РВС, по данным [3] на пожары, произошедшие по причине самовозгорания пирофорных отложений, приходится около 30%, т.е. это почти каждый третий пожар.

Согласно работам [4, 5] указаны некоторые особенности пожаров от самовозгорания пирофорных отложений, это то, что в основном такие пожары происходили в светлое время суток, в весенне-осенние периоды при проведении очисток. Также говорится о видах хранящейся жидкости в РВС, говорится о том, что пожаре от самовозгорания пирофорных отложений чаще всего происходят при хранении светлых нефтепродуктов и нефти, чем при хранении темных нефтепродуктов. Однако данное наблюдение было выдвинуто на основании данных за прошлые периоды, в данной работе приведен анализ пожаров на РВС от самовозгорания пирофорных отложений по видам хранящейся жидкости (см. рисунок 2).

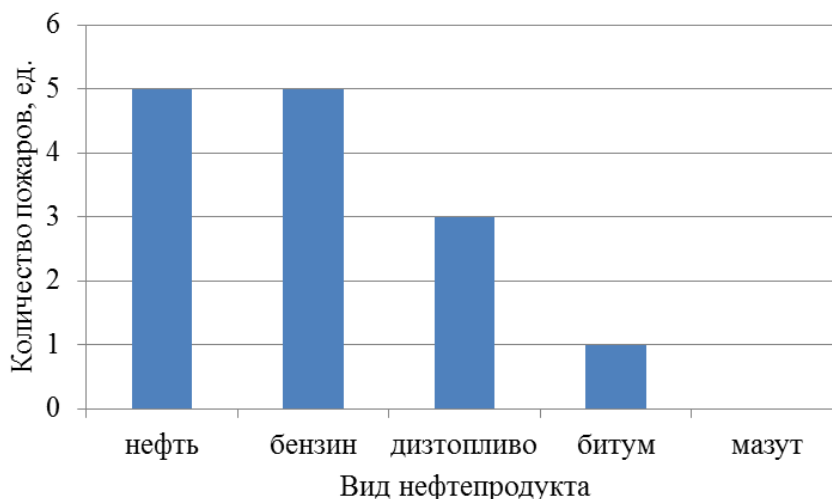


Рисунок 2 – Распределение количества пожаров РВС от самовозгорания пиррофорных отложений с 2000 по 2018 гг. по видам хранящейся жидкости

Из рисунка 2 видно, что и в настоящее время остается такая тенденция, что большая часть пожаров от самовозгорания пиррофорных отложений происходит при хранении светлых нефтепродуктов и нефти.

На основании данного факта необходимо более детально исследовать причины такого расхождения, ведь если рассматривать содержание сернистых соединений в данных нефтепродуктах, то оно практически одинаково. Стоит проверить гипотезу о влиянии большей вязкости жидкости на данный момент.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ширяев Е.В., Назаров В.П., Майзлиш А.В., Гогин А.А.* Статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Технологии техноферной безопасности» Выпуск № 3 (55), 2014 г.
2. *Швырков С.А., Горячева М.Н., Воробьев В.В., Петров А.П.* Дифференцированный подход к определению частоты разрушений резервуаров для оценки пожарного риска на объектах ТЭК // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2012. – №3 (12). – с. 48-53.
3. *Швырков С.А., Батманов С.В.* Анализ статистических данных квазимгновенных разрушений вертикальных стальных резервуаров // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2008. – №1 (9). – с. 56-67.
4. *Кузин А.В.* Безопасность ремонтных работ / А.В. Кузин, Г.Я. Теплинский, В.И. Юшков. - Москва: Химия, 1981. - 264 с.
5. *Петрова Н.В., Чешко И.Д., Галишев М.А.* Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» Выпуск №3, 2016. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V83/7.pdf> (дата обращения 12.06.2019).

УДК: 614.847.79

*Я. В. Петроченко, А. Д. Семенов, А. Н. Бочкарев*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА**

Эффективность использования гидравлического аварийно-спасательного инструмента (ГАСИ) в большой степени зависит от технического состояния единичных элементов оборудования. В работе показано, что прогнозирование технического состояния ГАСИ при эксплуатации можно осуществлять по усилию, создаваемому инструментом при работе.

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

*Ya. V. Petrochenko, A. D. Semenov, A. N. Bochkarev*

## **ON THE POSSIBILITY OF PREDICTING THE TECHNICAL CONDITION OF THE HYDRAULIC RESCUE TOOL**

The effectiveness of the use of hydraulic rescue tools depends largely on the technical condition of the individual elements of the equipment. The paper shows that the prediction of the technical condition of the hydraulic rescue tool during operation can be carried out by the force created by the tool during operation.

**Keywords:** hydraulic rescue tools, exploitation.

В настоящее время, производство пожарных автомобилей направлено на создание многофункциональных пожарно-спасательных автомобилей, с более тесным совмещением функций по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ. Таким образом, для повышения оперативной готовности подразделений пожарной охраны необходимо оснащать основные пожарные автомобили различным аварийно-спасательным инструментом (АСИ).

Однако эффективность гидравлического аварийно-спасательного инструмента (ГАСИ), в большой степени, зависит от технического состояния единичной элементов оборудования. Техническое состояние оборудования в процессе эксплуатации изменяется в сторону ухудшения, в связи с износом узлов и агрегатов. Динамика изменения технического состояния элементов ГАСИ, в зависимости от различных условий, режимов эксплуатации, квалификации спасателя, наработки с начала эксплуатации и имеет различную величину. Таким образом, прогнозирование технического

состояния ГАСИ по результатам испытания или эксплуатации является актуальной задачей.

Авторами [1] показано, что появление отказов объективный процесс, параметры которого изменяются в зависимости от условий эксплуатации машины. Совершенствование технической эксплуатации может проводиться за счёт повышения качества ТО и ремонта, а также контроля ресурса работы оборудования.

Таким образом, контроль технического состояния и ресурса работы ГАСИ позволит повысить эффективность эксплуатации.

Исходя из представлений о надежности технических систем [2], оценка длительности эксплуатации технических систем проводится с применением основных показателей, характеризующих эффективность эксплуатации любых технических средств, которыми являются  $K_g$  и  $K_p$  – коэффициенты готовности и простоя соответственно;  $\lambda$  и  $\mu$  – интенсивности потока отказов и восстановления нормальной работы устройств;  $T_o$  и  $T_v$  – среднее время наработки на отказ и до восстановления нормальной работы устройств (табл. 1).

Таблица 1 - Оценка длительности эксплуатации изделия

Исчисление времени работы	Время работы до отказа (случайная величина)	Регламентированное время работы изделия (детерминированная величина)
Отработка в часах (наработка)	$T$ – наработка до отказа	$T_p$ – ресурс
В календарных часах (время работы)	$T$ – срок службы до отказа	$T_{сл}$ – срок службы

Эти показатели должны рассчитываться и оцениваться для технических средств входящих в комплект инструмента с учетом реальных условий их эксплуатации, что позволит оценить эффективность применения ГАСИ при аварийно-спасательных работах.

Анализ литературы [1-3] показал, что особенностью ГАСИ является и то, что при неисправном техническом состоянии оборудование может быть работоспособным, а следовательно, участвовать в процессе эксплуатации.

Работоспособность оборудования в процессе эксплуатации определяется требованиями надежности и возможностью поддерживать их в исправном состоянии.

Анализ показателей готовности техники согласно нормативно-технической документации [3-7] показал, что своевременное обслуживание приводит к более долгому сроку работы технических систем, что так немаловажно в случае работы аварийно-спасательным инструментом.

Основным показателем безотказности изделия является вероятность безотказной работы  $P(t)$  – вероятность того, что в заданном интервале времени (заданная наработка) не возникнет отказа [6].

Полной характеристикой вероятности безотказной работы изделия является закон распределения срока эксплуатации (времени работы) его до отказа, выраженный в дифференциальной форме в виде интегральной формулы в виде функции распределения вероятности отказа  $F(t)$ .

$$F(t)=1-P(t) \quad (1)$$

При определении вероятности  $F(t)$  учитывается, что на результативность выполнения объема функций образцами АСС в основном этапе оказывают влияние этапы обеспечения и обслуживания независимо друг от друга. Это условие выполняется практически для большинства рассматриваемых этапов, но некоторые из них по отношению друг к другу являются этапами с запаздывающими аргументами (например, этапы обеспечения необходимыми образцами АСС). Поэтому, расчеты необходимо проводить при общем начале отсчета времени, где для этапов обеспечения и обслуживания вводится опережение по времени на величину  $(t - t_{in})$ . В этом случае, время реализации этапов, влияющих на выполнение  $n$ -го числа операций основного этапа АСР при ликвидации ДТП, подчиняется нормальному закону распределения и вероятность того, что применении  $q$ -го состава АСС осуществлены необходимые процессы, определяется по формуле:

$$F(t)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \left[ \int_0^t e^{-\frac{(t-t_r)^2}{2\cdot\sigma^2}} dt \right] \quad (2)$$

$T$  – математическое ожидание (средний срок эксплуатации отдельных элементов ГАСИ).

$F(t)$  – вероятность безотказной работы отдельных элементов ГАСИ.

$$T = \int_0^t F(t) \cdot t \, dt \quad (3)$$

Математическое ожидание (средний срок эксплуатации элементов ГАСИ) находим по формуле:

$$T = \int_0^{\infty} F(t) \cdot t \, dt = \int_0^{\infty} F(t) \, dt \quad (4)$$

Своевременное и качественное техническое обслуживание является важнейшим элементом эксплуатации инструмента и должно обеспечивать [2-3; 6-8]:

- постоянную готовность инструмента к использованию;
- безопасность применения (работы);
- надежную работу техники в течение установленных межремонтных ресурсов и сроков их службы;
- минимальный расход горючего, смазочных и других эксплуатационных материалов.

Оценка работоспособности элементов гидравлического инструмента осуществляется на стендах по проверочным показателям. К ним относятся:

- сила резания кусачек;
- перекусывающая сила;
- разжимающая или сжимающая сила и др.

Таким образом, оценка эксплуатационных показателей ГАСИ в подразделении необходимо проводить по определению усилия создаваемого инструментом при работе. Исследование параметров функционирования ГАСИ при различных вариациях диаметра перерезаемого прутка и его расположения относительно режущих кромок рабочего органа позволит контролировать надежность инструмента.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Малкин В.С.* Надежность технических систем и техногенный риск. – Ростов н/Д.: Феникс, 2010. – 432 с.
2. Приказ 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».
3. Приказ 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».
4. *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.
5. *Репин С.В.* Методология совершенствования системы технической эксплуатации строительных: автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук: 05.05.04 – Санкт-Петербург 2008. – 46 с.
6. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения – Введ. 2017-03-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 22 с.
7. ГОСТ 50982-2009 Инструмент для проведения специальных работ на пожарах. – Введ. 2010-01-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 23 с.
8. National Fire Protection Association NFPA 1936 - 2005, - 48 с.

УДК 53.047+ 504.5

*А. И. Печейкина, Р. Г. Ахтямов, Т. С. Титова*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКОЙ ЛЕДОСТОЙКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ «ПРИРАЗЛОМНАЯ»**

Рассмотрены риски и возможные пути ликвидации чрезвычайной ситуации с воспламенением и утечкой топлива в результате повреждения топливных баков вертолета на вертолетной площадке морской ледостойкой стационарной платформе “Приразломная”.

**Ключевые слова:** морская ледостойкая стационарная платформа “Приразломная”, воспламенение и выброс топлива, индивидуальный риск, ликвидация пожара.

*A. I. Pecheykina, R. G. Akhtyamov, T. S. Titova*

## **WAYS TO IMPROVE SAFETY WHEN OPERATING THE PRIRAZLOMNAYA PLATFORM**

The risks and possible ways of liquidating an emergency situation then ignition and fuel loss as a result of damage of the helicopter's fuel tanks on the helipad of the Prirazlomnaya platform.

**Keywords:** Prirazlomnaya platform, ignition and fuel release, individual risk, fire extinguishing.

Одной из приоритетных задач общества является обеспечение безопасности населения и территорий от ЧС природного и техногенного характеров. Среди техногенных катастроф наиболее опасными являются взрывы и пожары при хранении, использовании и транспортировке нефти и нефтепродуктов, а также других видов углеводородного топлива.

Нефть и нефтепродукты – это легковоспламеняющаяся жидкости, которые представляют собой смесь углеводородов с различными соединениями, такими как, сернистые, азотистые и кислородные, которые являются горючими веществами. Поэтому для каждого объекта хранения нефтепродуктов необходима заблаговременная разработка плана ликвидации, предупреждения и поиск путей повышения безопасности на объекте.



Рассмотрим пути повышения безопасности на нефтедобывающем объекте на примере морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная».

### **Характеристика платформы**

Морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП) «Приразломная» является нефтедобывающей платформой, удерживаемой на дне моря за счет своего гравитационного веса. Платформа находится на шельфе в Печорском море в 60 км от берега (от поселка Варандей), глубина моря на месте установки платформы составляет от 19 до 20 метров.



Рисунок 1 - МЛСП в ледовый период

Первые шаги по изучению шельфа Печорского моря предпринимались с начала 60 годов, однако планомерное изучение этого региона началось с конца 70-х годов. Впервые структура Приразломного выявлена сейсморазведкой в 1977 г. и подготовлена к глубокому бурению по результатам разведочных работ в 1980-87 гг. Бурение в пределах акватории Печорского моря проводилось с 1981 года. Прогноз продуктивности подтвердился бурением скважины в 1989 году. Последующие работы в 1991 г. позволили создать геологическую модель месторождения. Извлекаемые запасы нефти в настоящее время оцениваются в более чем 70 млн тонн. Добыча на месторождении начата в декабре 2013 года. Первая нефть отгружена в апреле 2014 года.

Приразломное месторождение расположено за Полярным кругом, его местоположение характеризуется морским полярным климатом, для которого характерны резкая изменчивость погодных условий, экстремально низкие температуры и значительные ледовые нагрузки. Длительность безледного периода составляет 150 дней в году, а период с низкими температурами – 215 дней (около 7 месяцев). Максимальная толщина льда составляет 1,8 м. Максимальный показатель температуры достигает +29°C, а абсолютный минимум достигает -46°C. Скорость ветра превышает 25 м/с, высота волн – до 10 м.

МЛСП является сооружением гравитационного типа, опорное основание (кессон) которого выполнено из стальных двойных конструкций с зазором, заполненным бетоном, создающим совместно со стальными переборками эффект композита стальбетон. Конструкции рассчитаны на прочность без учета влияния бетона, который придает конструкции дополнительную прочность и выполняет роль балласта. Общая масса с балластом составляет около 506 тысяч тонн.

Структурно платформа состоит из нескольких частей: опорного основания - кессона, где находится хранилище нефти, промежуточной (мезонинной) палубы, вспомогательного модуля, верхнего строения, жилого модуля и двух комплексов устройств прямой отгрузки нефти. Платформа обладает собственной положительной плавучестью.

МЛСП опирается на дно моря без дополнительного крепления. Устойчивость на грунте обеспечивается за счет собственного веса, жидкого (вода или нефть) и бетонного балласта.

Платформа создана специально для разработки месторождения и осуществляет все необходимые технологические операции - бурение скважин, добычу, хранение и отгрузку нефти на танкеры.

### **Моделирование чрезвычайной ситуации на МЛСП “Приразломная”**

Рассматривается аварийная ситуация, произошедшая 4 сентября в 13:40 на МЛСП “Приразломная”. Вертолет МИ-8, используемый для доставки вахтового персонала в количестве 12 человек, произвел жесткую посадку на вертолетную площадку МЛСП “Приразломная”. Вследствие чего, произошло повреждение топливных систем вертолета. Произошло мгновенное воспламенение топлива в результате удара. Через 3 мин 15 с было зафиксировано сгорание аэрозольного облака топлива с образованием “огненного шара”.

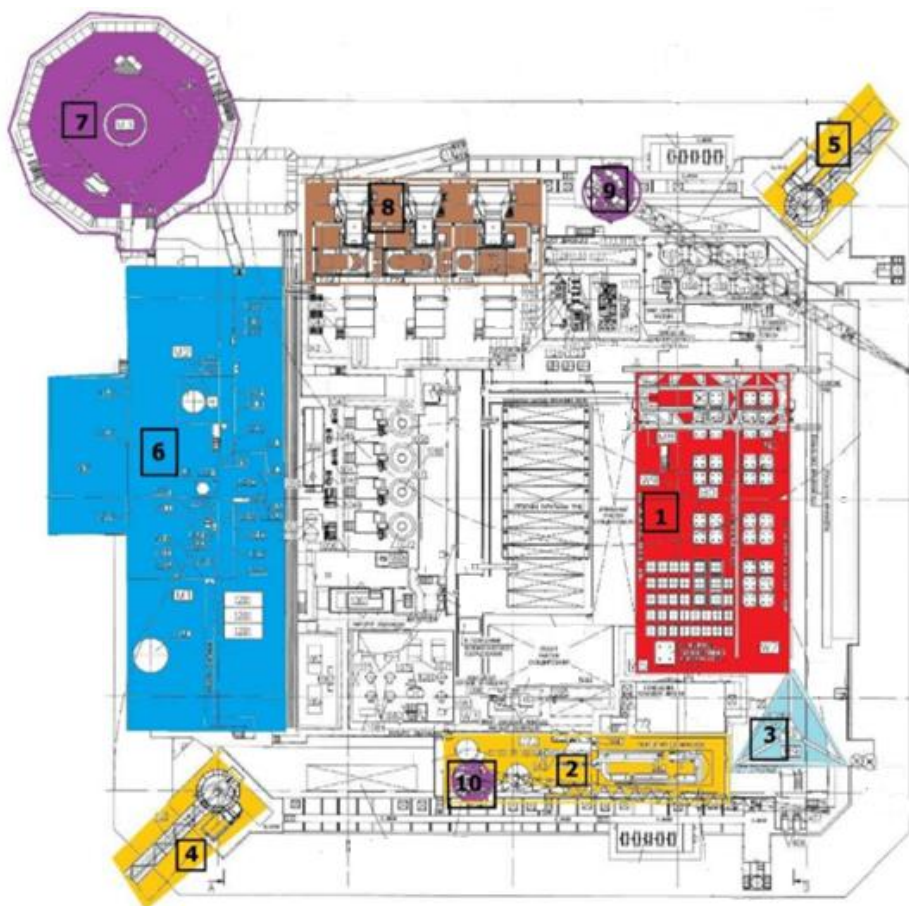


Рисунок 2 - Верхняя палуба

Вертолетная площадка (рисунок 2, номер 7) находится на верхней палубе МЛСП “Приразломная”, на одном уровне с жилым модулем (рисунок 2, номер 6), буровой вышкой (рисунок 2, номер 1), местом расположения факела (рисунок 2, номер 3), системами комплекса устройств прямой отгрузки нефти (КУПОН) (рисунок 2, номер 4,5) и газотурбогенераторами (рисунок 2, номер 8).

Основным поражающим фактором аварии по данному сценарию является мощное излучение тепла в окружающее пространство, способное вызвать возгорание легковоспламеняющихся конструкций и термическое поражение людей, а также расширения продуктов сгорания, способных вызвать серьезные разрушения в зоне падения, разлет осколков от падающего вертолета, разрушение или повреждение оборудования, сооружений на объекте, получения людьми травм и ожогов.

Таблица 1 - Зоны поражения людей тепловым излучением.

Величина теплового излучения $q$ , кВт/м <sup>2</sup>	Радиус распространения теплового излучения, м	Время воздействия $t$ , с	Влияние на человека
44,5	34	10	Летальный исход с вероятностью 50%
20,0	54	6-8	Ожог 1 степени
		12-16	Ожог 2 степени
10,5	72	15-20	Ожог 1 степени
		30-40	Ожог 2 степени
7,0	150	15-20	Ожог 1 степени
		20-30	Непереносимая боль

Результаты расчетов зон поражения тепловым излучением (таблица 1) показывают, что наиболее опасным поражающим фактором для человека является излучение тепла, равное 44,5 кВт/м<sup>2</sup>, радиус действия которого распространяется на 34 м. В результате развития такой аварийной ситуации возможен летальный исход всего экипажа вертолета с вероятностью 50%.

Необходимо отметить, что поражающий фактор огненного шара резко ослабевает при удалении от границы эффективного радиуса, и для людей, находящихся непосредственно под огненным шаром, поражение редко бывает стопроцентным. Вместе с тем опасность огненного шара заключается в возможности аварии с образованием эффекта «домино».

В соответствии с ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем» [1], величина недопустимого риска составляет более  $10^{-4}$  год<sup>-1</sup>, а минимально приемлемого - менее  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup>. При величине риска  $10^{-4} - 10^{-6}$  год<sup>-1</sup> все решения принимаются исходя из экономических и социальных условий. В данном случае индивидуальный риск, для ударной волны составляет  $7,76 \cdot 10^{-10}$  год<sup>-1</sup>. Полученные данные свидетельствуют о том, что мы попадаем в область риска, требующего дальнейших оценок для принятия решений [2-5].

В результате развития такого аварийного сценария возможное количество пострадавших может составить 12 человек, в том числе количество погибших до 10 человек. Максимальный ущерб от аварии может составить 66,695 млн. руб. Вероятность реализации сценария на интервале 1 год составляет  $1,40 \cdot 10^{-12}$  год<sup>-1</sup> [6].

### Способы ликвидации аварии

Вследствие возникновения чрезвычайной ситуации с образованием «огненного шара», в результате взрыва топливного бака вертолета при его посадке, будет произведен аварийный останов технологического процесса.

Причиной аварийного останова может послужить:

- срабатывание технологических и механических блокировок;
- разгерметизация оборудования и трубопроводов;

- пожар, загазованность или взрыв;
- отсутствие электроэнергии [7].

Любое инициирование аварийных отключений сопровождается предупредительной сигнализацией на станциях оператора, временном убежище, офисе бурового мастера с указанием поста, с которого было инициировано отключение и причины инициирования отключения/

В данном случае будет производиться аварийный останов 3 уровня, т.к. при такой аварийной ситуации неизбежно возникновение обширных пожаров и выброс углеводородов, при которых взрывоопасные газы проникают за пределы взрывоопасных зон. Осуществляется аварийный останов технологического процесса и закрываются внутрискважинные предохранительные клапаны всех скважин. Производится останов всех источников электроэнергии и вспомогательных систем, включая жизнеобеспечение, за исключением аварийных систем [8].

Для ликвидации пожара и распространения “огненного шара” будут использоваться системы пенотушения, предназначенные специально для вертолетной площадки МЛСП “Приразломная”. Подача пены к трем лафетным стволам вертолетной площадки осуществляется с индивидуальных пенных установок. Для обеспечения охвата всей площади вертолетной площадки каждый лафетный ствол снабжен гидромеханизмом, который обеспечивает работу лафетного ствола в автоколебательном режиме.

1% пленкообразующий пенообразователь хранится и подается к лафетным стволам с помощью пенных установок, предусмотренных для каждого лафетного ствола в отдельности. Подача пожарной воды к пенным установкам осуществляется через отдельную кольцевую магистраль, расположенную под вертолетной площадкой и оснащенную отсечными клапанами, которые обеспечивают подачу пожарной воды с двух направлений [9].

Каждый лафетный ствол оснащен струйной (распылительной) насадкой с встроенной задвижкой и устройством отключения колебательного механизма и перехода на полностью ручное управление.

Линии подачи пожарной воды к пенным установкам оборудованы клапанами с пневматическим приводом. Пульт управления приводами клапанов расположен в вертолетном командном посту.

Также в вертолетном командном посту расположен кнопочный пост запуска пожарных насосов [10].

Операции, проводимые на морской ледостойкой стационарной платформе «Приразломная», связаны с различными опасностями, которые могут привести к различным последствиям - от незначительных до множественных смертельных случаев, значительных потерь активов и негативному воздействию на окружающую среду. Поэтому так важно обеспечивать безопасность и контролировать все технологические системы на объекте.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем: ГОСТ Р 51901.1-2002: принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 7 июня 2002 г. N 236-ст: дата введения 1 сентября 2003 г. // АО НИЦ КД. – 2003.
2. Определение допустимого уровня (степени) риска и опасности общепромышленного обрабатывающего оборудования: ГОСТ 33938-2016: внесен Федер. агентством по техническому регулированию и метрологии: принят Межгос. Советом по стандартизации, метрологии и сертификации 31 августа 2016 г. // ПАО "ЭНИМС". – 2018.
3. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля: ГОСТ Р 12.3.047-2012: внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 274 "Пожарная безопасность": утвержден и введен в действие Приказом Федер. агентства по техническому регулированию и метрологии 27 декабря 2012 г. N 1971-ст // ФГБУ "ВНИИПО" МЧС России. – 2014.
4. Установки пенного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 50800-95: внесен Госстандартом России: принят и введен в действие Постан. Госстандарта Рос. 5 июля 1995 г. N 347 // Технический комитет по стандартизации. – 1996.
5. ООО «Газпром нефть шельф»: декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта морской стационарной платформы «Приразломная». СПб.: ООО ТНГСП, 2019. 104 с.
6. Нефтяная и газовая промышленность. Морские добычные установки. Способы и методы идентификации опасностей и оценки риска. Основные положения: ГОСТ Р ИСО 17776-2012: внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 23 "Техника и технологии добычи и переработки нефти и газа": утвержден и введен в действие Приказом Федер. агентства по техническому регулированию и метрологии 28 ноября 2012 г. N 1262-ст // ОАО "Газпром", ООО "Газпром ВНИИГАЗ". – 2013.
7. *Елизарьев А.Н., Габдулхаков Р.Р., Ахтямов Р.Г.* Методика оперативной оценки риска возникновения чрезвычайной ситуации на объектах нефтепродуктообеспечения в зоне проявления карстовых процессов / Нефтегазовое дело. 2012. Т. 10. № 1. С. 124-131.
8. *Ахтямов Р.Г., Елизарьев А.Н., Вдовина И.В., Планида Ю.М., Хаертдинова Э.С.* Применение сетевых моделей при планировании аварийно-спасательных и других неотложных работ / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2012. № 2. С. 29-34.
9. *Ахтямов Р.Г., Хаертдинова Э.С., Сафуганова Г.Г.* Оценка влияния метеорологических факторов на распространение пожара при горении нефтепродуктов на водной поверхности / Вестник НЦБЖД. 2012. № 2 (12). С. 80-86.
10. *Насырова Э.С., Елизарьев А.Н., Ахтямов Р.Г., Байдюк Ю.А.* Обеспечение пожарной безопасности специальных объектов / В сборнике: Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2018) материалы VI Международной научно-практической конференции. 2018. С. 118-120.

УДК 621.9

*А. М. Полякова\**, *Т. В. Шмелева\**, *В. А. Комельков*, *Е. В. Зарубина*  
 ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
 ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет  
 имени В. И. Ленина\*.

## РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА

Произведен аналитический расчет исследуемого трубопровода на прочность.

**Ключевые слова:** аварии, напряжения, прочность сварных соединений.

*A. M. Polyakova\**, *T. V. Shmeleva\**, *V. A. Komelkov*, *E. V. Zarubina*

## CALCULATION OF RELIABILITY OF FIRE-FIGHTING WATER SUPPLY SYSTEM

The analytical calculation of the investigated pipeline for strength is Made.

**Keywords:** accidents, stresses, strength of welded joints.

Основная причина аварий как на внутренних трубопроводах так и наружных – разрывы труб, вызванные внутренней коррозией, износом или разрушением в наиболее слабых местах, например сварных соединениях выполненных с дефектами невидных невооруженным глазом.

Другой из основных причин выхода из строя является периодическое изменение давления воды в них. В частном случае такого процесса является гидравлический удар, в результате которого могут наблюдаться повреждения труб и другой аппаратуры и арматуры противопожарного водопровода.

Воздействия связанные с изменением давления в трубопроводе влияют на остаточные напряжения (ОН) в материале, которые принято называть усталостные напряжения, приводящие к изменению свойств материала, образованию трещин, его разрушению.

Нами был проведен аналитический расчет для экспериментальной конструкции по методике, представленной в [1]. В качестве рассчитываемого объекта возьмем участок трубы, без учета сварного шва.

Для расчета представлены следующие исходные данные в одной системе единиц:

- внешний диаметр трубы  $D=76 \text{ мм} = 0.076 \text{ м}$ ;
  - толщина стенки трубы  $h=4 \text{ мм} = 0.004 \text{ м}$ ;
  - внутреннее давление  $p=10 \text{ атм} \approx 1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$ .
1. Найдем внутренний радиус трубы (1).

$$R = \frac{D}{2} - h = \frac{0.076}{2} - 0.004 = 0.034 \text{ м} \quad (1)$$

2. Поперечным сечением отсекаем часть трубопровода и составим для него уравнение равновесия (2)

$$P = \sigma_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h \quad (2)$$

где  $\sigma_m$  – продольные напряжения, возникающие в трубе, Па;

$R$  – внутренний радиус трубы, м;

$h$  – толщина стенки трубы, м.

Направление продольных напряжений можно увидеть на рисунке 1. Проекция равнодействующей сил давления, равномерно распределенного по поверхности, на ось равна произведению давления на площадь проекции поверхности на плоскость, перпендикулярную оси.

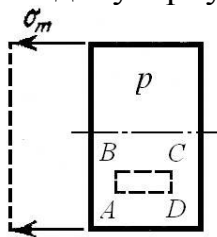


Рисунок 1 – Отсеченная часть трубы

3. Таким образом

$$P = \pi \cdot R^2 \cdot p \quad (3)$$

где  $P$  – осевая составляющая внутреннего давления, Н;

$R$  – внутренний радиус трубопровода, м;

$p$  – внутреннее давление, Па.

4. Приравняв выражения (2) и (3), и выражая, получим значение продольных напряжений (4):

$$\sigma_m = \frac{p \cdot R}{2 \cdot h} = \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 0.034}{2 \cdot 0.004} = 4.25 \text{ МПа} \quad (4)$$

5. Чтобы определить кольцевые напряжения, необходимо использовать формулу Лапласа (5)

$$\frac{p}{h} = \frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_t}{\rho_t} \quad (5)$$

где  $\rho_m$  – радиус кривизны дуги срединной поверхности (меридиана), м;

$\rho_t$  – радиус кривизны нормального сечения, м;

$\sigma_t$  – кольцевые напряжения, возникающие в трубе, Па.

6. Для любых труб справедливо:  $\rho_m = \infty$ ,  $\rho_t = R$ . Таким образом, из формулы (5) определяем величину кольцевых напряжений.

$$\sigma_t = \frac{p \cdot R}{h} = \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 0.034}{0.004} = 8.5 \text{ МПа} \quad (6)$$

7. Выделим элемент  $ABCD$  из оболочки (рисунок 2). Он находится в двухосном напряженном состоянии, поэтому справедливо:

$$\sigma_1 = \sigma_t = 8.5 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2 = \sigma_m = 4.25 \text{ МПа};$$

$$\sigma_3 = 0.$$

где  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  – три главных напряжения (учитывая, что  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ).



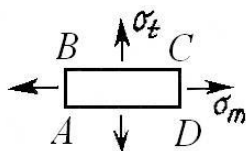


Рисунок 2 – Выделенный элемент стенки трубопровода

8. Рассчитываем эквивалентные напряжения по критерию Мизеса. Они определяются по формуле (7).

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} \quad (7)$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{(8.5 - 4.25)^2 + (4.25 - 0)^2 + (8.5 - 0)^2}{2}} = 7.361 \text{ МПа} \quad (8)$$

Анализируя полученные данные мы наблюдаем, что наибольшие напряжения наблюдаются около сварного шва и на самом шве.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородавкин П.П., Синюков А.М.* Прочность магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1984. – 245 с.

2. *Е. В. Полякова, А.М. Полякова, В. А. Комельков, А. Г. Наумов, Д.С. Репин.* Разработка экспериментальной установки и исследование напряженного деформированного состояния противопожарного водопровода. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции – Пожарная и аварийная безопасность. Иваново 2014, 48-53 сс.

3. *Е. В. Полякова, В. А. Комельков, А.М. Полякова, С.Ю. Сайбель, М. А. Колбашов.* Разработка компьютерной модели для исследования гидродинамических напряжений деформированных состояний в противопожарном трубопроводе. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции – Пожарная и аварийная безопасность. Иваново 2014, 63-65 сс.

УДК 614.84

**В. И. Попов, М. В. Пуганов, А. Н. Песикин, Е. А. Ветрова**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### ЭВАКУАЦИЯ ДЕТЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

В последние годы детские дошкольные образовательные организации размещаются в реконструируемых зданиях административных учреждений, общеобразовательных школах. Актуальным стал вопрос обеспечения безопасности детей при возникновении пожара.

**Ключевые слова:** детские образовательные организации, пожар, эвакуация, время начала эвакуации, время одевания детей.

*V. I. Popov, M. V. Puganov, A. N. Pesikin, E. A. Vetrova*

## **EVACUATION OF CHILDREN FROM BUILDINGS OF PRESCHOOL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS IN CASE OF FIRE**

In recent years, pre-school educational organizations are located in the reconstructed buildings of administrative institutions, secondary schools. The issue of ensuring the safety of children in the event of a fire has become urgent.

**Keywords:** children's educational organizations, fire, evacuation, evacuation start time, children dressing time.

В зданиях детских дошкольных организациях создаются группы детей по возрасту [1]:

- ясельные (2-я раннего возраста 1-2 года; 1-я младшего возраста 2-3 года);
- дошкольные (2-я младшая 3-4 года; средняя 4-5 лет; старшая 5-6 лет; подготовительная 6-7 лет).

В Российской Федерации в связи с принятыми мерами Правительством Российской Федерации и улучшением условий жизни повысилась рождаемость детей. Это обстоятельство породило проблему обеспечения детей местами в детских дошкольных образовательных организациях.

По указу Президента Российской Федерации «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки» [2] предусматривалось к 2016 году 100 % доступности дошкольного образования для детей в возрасте от трех до семи лет. В дальнейшем перед руководителями регионов встала задача ликвидировать очереди в детские сады для малышей ясельной группы (от 1 года до 3 лет).

В населенных пунктах началось массовое строительство зданий детских дошкольных организаций. Широко используется реконструкция (перепрофилирование) общественных зданий под размещение детских дошкольных образовательных организаций. Старшие группы, а в некоторых случаях и младшие группы детских садов размещают в зданиях общеобразовательных организациях.

При этом возникают проблемы по созданию условий обеспечения безопасности детей при пожаре.

Вопрос об эвакуационных мероприятиях разных функциональных групп школьного и дошкольного возраста, в зданиях образовательных организациях, в перепрофилированных зданиях, является довольно сложным и актуальным. Данных в современных нормативных документах недостаточно для того, чтобы сделать вывод: какими параметрами должны обладать планировочные решения; каким требованиям должны удовлетворять эвакуационные пути и выходы по протяженности, ширине, количеству выходов и т.п. Нет достаточной теоретической основы для

определения скорости движения детей различного возраста, скорость движения потоков различного возраста детей при их смешении.

По нормативам [3, 4, 5] установлены одинаковые требования пожарной безопасности к помещениям и зданиям для групп детей от 3 до 7 лет и от 1 года до 3 лет.

Исследования проведенные преподавателями и слушателями магистратуры кафедры пожарной безопасности на объектах защиты показали, что эвакуация детей различного возраста имеют свои особенности. Например, при смешивании детей различного возраста в эвакуационном потоке резко изменяется скорость движения даже при небольшой плотности, далекой от максимальной [6].

Установлены особенности эвакуации детей, в отличие от взрослых. Так, по коридорам дети перемещаются, по заведенным правилам и по привычке, в колонну по два, держась за руки (фото рис. 1).



Рисунок 1 - Эвакуация по коридору

По лестницам дети перемещаются цепочкой, держась за перила для детей. Если перила с одной стороны, то второй цепочки не образуется. Дети школьного возраста по лестницам перемещаются по всей ширине лестничного марша, не зависимо есть перила с другой стороны или нет. Эвакуация детей дошкольников и детей школьного возраста по лестнице представлена на фото рис. 2.



а



б

Рисунок 2 - Эвакуация детей по лестнице: а – дети школьного возраста, б – дети дошкольного возраста.

Возникает проблема в определении времени начала эвакуации, особенно в зимнее время. Эвакуировать детей в зимнее время в одежде, в которой они находятся в помещениях детского сада, невозможно. Следовательно, при эвакуации необходимо одевать детей. Некоторые специалисты [7] предполагают, что возможен выход детей в одеялах, но при эксперименте нами установлено, что даже для детей 5-6 лет и без психологического воздействия (в условиях опасности) одеяла создавали препятствия для эвакуации (сползали с детей, дети наступали и запинались). Эксперимент показал, что использование одеял при эвакуации неприемлемо.

Начало эвакуации детей определяется временем сообщения о пожаре и временем одевания детей, т.е.

$$t_{н.э.} = t_{оповещ.} + t_{одев.}$$

где,  $t_{оповещ.}$  – время оповещения, в мин.;

$t_{одев.}$  – время одевания, в мин.

Время оповещения может быть определено в соответствии с Методикой [8]. Время одевания в Методике [8] не установлено. Нами установлено, что время одевания детей зависит от возраста детей. При экспериментах в процессе одевания детей в группе принимали участие две сотрудницы детского сада, при количестве детей в группе 13-15 человек (фото рис. 3).

В настоящее время не указано в методиках расчета при определении времени начала эвакуации время на одевание. Установленное в ходе экспериментов среднее время одевания детей различного возраста представлено на диаграмме рис. 4. Дети возраста старше 5 лет, как правило, одеваются самостоятельно, а в возрасте 3-4 года одеваются с помощью воспитателей.

Исследования по эвакуации детей из зданий учебных организаций были проведены в Ивановской, Ульяновской и Астраханской областях.



Рисунок 3 - Одевание детей перед эвакуацией.

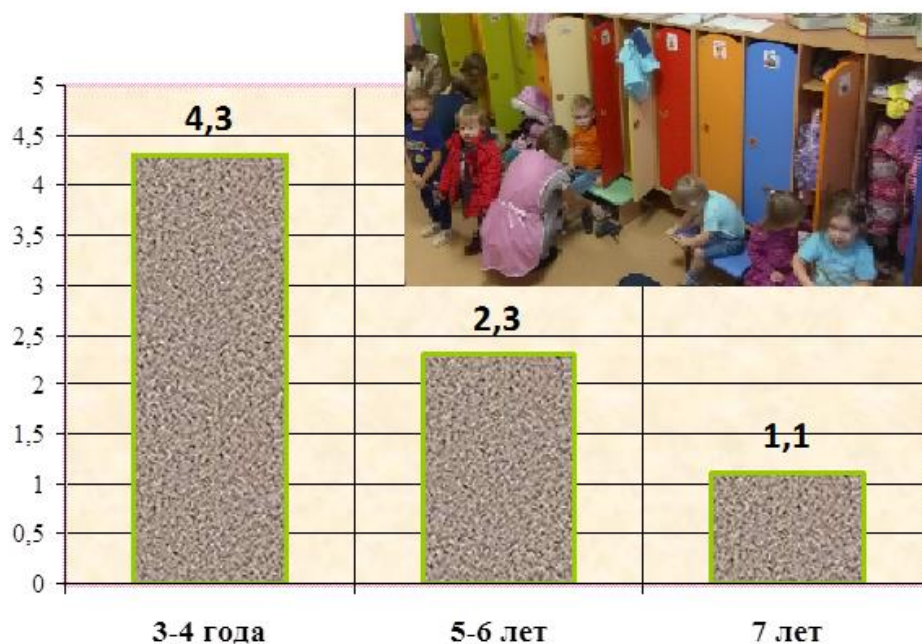


Рисунок 4 - Время, затрачиваемое на одевание детей.

Проблема обеспечения безопасности детей весьма актуальна в связи с расширением номенклатуры детских учреждений и их количества, увеличения количества групп и детей, пребывающих в зданиях.

В последние годы в детских дошкольных образовательных организациях создаются группы детей возраста от 1 года до 3 лет. Требования нормативов по организации эвакуации таких детей не установлены. Целесообразно в планах эвакуации предусматривать привлечение административных работников и работников пищеблока к

оказанию помощи в группах детей возрастом от 1 до 3 лет для их одевания и эвакуации. Для определения порядка эвакуации, для составления рекомендаций по разработке планов эвакуации необходимы дополнительные исследования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубеж. <https://ru-bezh.ru> <https://ru-bezh.ru/news/gossektor/4643-mchs:-za-poslednie-5-let-kolichestvo-pozharov-v-uchebnyh-zavedeniyah-snizilos-na-39> (дата обращения 12.04.2018).

2. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки» Российская газета от 09 мая 2012 года.

3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: (в ред. от 23 июня 2019 г.) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2019.

4. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. НСиС ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

5. Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390

6. *Попов В.И. А.А. Бикучев* Детские дошкольные образовательные учреждения: проблемы обеспечения пожарной безопасности перепрофилируемых зданий. Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов II Межвузовской научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны России, Иваново, 20 апреля 2016 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 114-117

7. *Парфиненко А.П.* Формирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Академия государственной противопожарной службы МЧС России. – М.: 2012.

8. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности. Приложение к приказу МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382. НСиС ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России.



УДК 614.842.2

*С. П. Пронин, А. В. Волков*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНАЛИЗ ПЕРЕДАЧИ ИЗВЕЩЕНИЙ ПАК «СТРЕЛЕЦ - МОНИТОРИНГ» УСТАНОВЛЕННЫХ НА ОБЪЕКТАХ ЗАЩИТЫ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Рассмотрены проблемные вопросы передачи информационных сообщений с объектов защиты во время эксплуатации программно-аппаратных комплексов.

**Ключевые слова:** анализ сообщения о пожаре, эффективность функционирования, программно-аппаратный комплекс.

*S. P. Pronin, A. V. Volkov*

## **ANALYSIS OF ROUTING PACK "STRELEZ -MONITORING" INSTALLED ON THE OBJECTS OF PROTECTION IN ULYANOVSK REGION**

Problematic issues of transmission of information messages from objects of protection during operation of software and hardware complexes are considered.

**Keywords:** analysis of the fire message, efficiency of functioning, software and hardware complex.

Программно-аппаратный комплекс «Стрелец-Мониторинг», предназначенный для мониторинга, обработки и передачи данных о параметрах возгорания, угрозах и рисках развития крупных пожаров в сложных зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей, в том числе в высотных зданиях, который позволяет минимизировать на территории Российской Федерации потери от пожаров за счет автоматической передачи сигналов о возгорании по выделенному МЧС России в установленном порядке радиоканалу или другим линиям связи с социально-значимых объектов непосредственно в ДДС ЦУКС МЧС России и (или) подразделений ФПС без участия персонала объектов и (или) транслирующих этот сигнал организаций в течение одной минуты после обнаружения системой пожарной сигнализации первых признаков возгорания.

Применение в системе МЧС России программно-аппаратного комплекса «Стрелец-Мониторинг», представляющего собой наукоемкий образец пожарно-спасательной техники и технологий позволят обеспечить исполнение указов президента РФ от 07.05.2012 г. № 596 «О долгосрочной

государственной экономической политике» и № 691 «Об основных направлениях совершенствования государственного управления», а также Государственной программы Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах», утвержденной распоряжением правительства Российской Федерации 03.04.2013 г. № 513-р.

В пожарно-спасательных подразделениях, расположенных на территории Ульяновской области смонтированы приемно-контрольные устройства ПАК «Стрелец – Мониторинг». Данные устройства находятся на пунктах связи пожарно-спасательных частей. На данные пульта выведено более 1330 объектов различных сфер деятельности.

За период 2018-2019 гг. на территории Ульяновской области зарегистрировано 15336 срабатываний программно-аппаратных комплексов «Стрелец – Мониторинг». Из них: «ложные» срабатывания с выездом пожарно-спасательных подразделений - 10637 раз, контрольная проверка систем (работа технического персонала по наладке оборудования) - 3432 раз.



Рисунок 1 - Количество срабатываний ПАК «Стрелец – Мониторинг» на территории Ульяновской области

Таблица 1 – Количество срабатываний ПАК «Стрелец-мониторинг»»

Наименование муниципального района, городского округа	Количество срабатываний	Ложные	Работа технического персонала
Ульяновск	8862	7035	1108/ 12.5%
Базарный Сызган	670	338	326 / 48.6%
Барыш	1078	499	132 / 12.2%
Вешкаймский район	325	206	118 / 36.3%
Инзенский район	471	390	72 / 15.28%
Карсунский район	8	8	-
Кузоватовский район	373	373	45 / 12.1%
Майнский район	89	58	30 / 33.7%
Николаевский район	645	339	296 / 45.9%



Новомалыклинский район	257	56	87 / 33.8%
Новоспасский район	206	169	45 / 21.8%
Павловский район	11	9	-
Димитровград	1071	678	374 / 34.9%
Радищевский район	132	132	50 / 37.8%
Сенгилеевский район	48	33	-
Новоульяновск	862	126	710 / 82.4%
Тереньгульский район	176	167	9 / 5.11%
Цильнинский район	52	21	30 / 57.7%
ИТОГО:	15336	10637	3432 / 22.37%

Из общего количества срабатываний 15336 раза, 1267 раз событие сработки подтвердилось (подгорание пищи, наличие задымления, прорыв систем отопления), что показывает на некорректную работу системы и большое количество ложных срабатываний.

Проанализировав данные, можно утверждать, что большое количество срабатываний происходит по причинам попадания в датчик инородных предметов (пыль, насекомые), неисправности аккумуляторных батарей, техническая изношенность установленного оборудования.

В результате более детального изучения программно-аппаратных комплексов, становится очевидным, что «Стрелец-Мониторинг» на порядок выше своих аналогов, как и по техническим характеристикам, так и по эффективности функционирования. Его главная особенность - наличие радиоканала, который дает следующие преимущества: неразрушимость. Передача данных по радиоканалу происходит постоянно и не может быть нарушена, так как отсутствуют какие-либо проводные линии, которые могут повредиться в результате воздействия пламени или обрушения элементов здания.

Отсутствие перегрузок и занятости. В станции ПАК «Стрелец-Мониторинг» используется определенная выделенная частота, не применяемая другими станциями и системами, что делает функционирование стабильным.

Динамическая маршрутизация. Все подключенные объекты используются в качестве ретрансляторов, благодаря чему обеспечивается более надежная связь. В ПАК «Стрелец-Мониторинг» реализована функция авто-выбора маршрута прохождения сигнала, которая, в случае утраты транслирования прежнего, автоматически выберет другой кратчайший.

Однако можно попытаться создать условия для более эффективной работы ПАК, что в свою очередь положительным образом повлияет на показатели деятельности пожарной охраны при тушении пожаров на защищаемых объектах. Предлагается следующий вариант, при котором оператор должен знать, как определить, где сработал извещатель. Проще всего этого достичь, если все сигналы со всех извещателей будут поступать на один экран АРМ. Планировка объекта графически отображается на

мониторе оператора, в случае срабатывания пожарного извещателя, будет представлена следующая информация:

подсвечивается красным светом этаж, на котором сработала аппаратура системы;

отображается красной мигающей рамкой место возникновения пожара; указывается номер пожарного извещателя.

Согласно [1], а именно ст. 83 п.7 все системы пожарной сигнализации должны обеспечивать передачу светового и звукового сигналов о возникновении пожара на ППКУ в помещении дежурного персонала или же на специально предназначенные для этого выносные устройства оповещения, а в зданиях с классами функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.2, Ф4.1, Ф4.2 – дополнительно ко всему необходимо дублировать эти сигналы на пульт диспетчера подразделения пожарной охраны, при этом не должно быть участия работников объекта и (или) транслирующей этот сигнал организации.

Таким образом, одним из существующих на сегодняшний день способов передачи сообщений о нештатных ситуациях с объекта защиты – способ передачи сообщений по радиоканалу системы ПАК «Стрелец-мониторинг» [2]. Сигналы «Пожар» и «Неисправность» от систем противопожарной автоматики стали сразу передаваться на пульт оператора (объекта защиты), а также диспетчеру пожарно-спасательной части.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Приказ МЧС России от 28.12.2009 г. № 743 «О принятии на снабжение в системе МЧС России программно-аппаратного комплекса системы мониторинга, обработки и передачи данных о параметрах возгорания, угрозах и рисках развития крупных пожаров в сложных зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей, в том числе в высотных зданиях».
3. Инструкция по оценке эффективности функционирования программно-аппаратных комплексов систем мониторинга и систем передачи извещений о пожаре: Инструкция. - М.: ВНИИПО, 2017. – 56 с.

*М. В. Пуганов, А. Н. Песикин, В. Н. Михалин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ ПО ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ**

Рассмотрены основные задачи, связанные с обеспечением пожарной безопасности зданий повышенной этажности.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, пути эвакуации, дымоудаление, здания повышенной этажности, высотное здание, эвакуация.

*M. V. Puganov, A. N. Pesikin, V. N. Mikhailin*

## **PROBLEMS AND THEIR SOLUTIONS FOR THE EVACUATION OF PEOPLE FROM HIGH-RISE BUILDINGS**

The main tasks related to fire safety of high-rise buildings are considered.

**Keywords:** fire safety, evacuation routes, smoke removal, high-rise buildings, high-rise building, evacuation.

В настоящее время новые технологии строительства и опыт строительных организаций позволяют возводить здания повышенной этажности с современными условиями для комфортного проживания в них людей. Однако на сегодняшний день во многих случаях вопросы обеспечения пожарной безопасности являются не полностью решенными.

Высотное здание, строение, сооружение это совокупность сложнейших систем, таких как системы строительных конструкций, инженерные системы жизнеобеспечения, энергоснабжения, обеспечения безопасности (в том числе пожарной) и др.

Высотное здание представляет собой многофункциональный комплекс, который включает помещения различного назначения: офисы различных компаний и учреждений, жилые помещения, детские учреждения, гостиницы, объекты торговли, развлекательные и спортивные объекты, автостоянки. Количество людей, одновременно находящихся в высотном здании, измеряется тысячами.

Особенностью развития пожара в высотных зданиях является быстрое развитие пожара по вертикали. Скорость распространения дыма и ядовитых газов по вертикали может достигать нескольких десятков метров в минуту. За считанные минуты здание оказывается полностью задымлено, и нахождение людей в помещениях без средств защиты органов дыхания невозможно. Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей, где разведка пожара, спасение людей и подача средств тушения весьма затруднены.

Высотное здание, строение, сооружение это совокупность сложнейших систем, таких как системы строительных конструкций, инженерные системы жизнеобеспечения, энергоснабжения, обеспечения безопасности (в том числе пожарной) и др. Система пожарной безопасности, как правило, разрабатывается на стадии проектирования здания и включает в себя автоматические установки пожарной сигнализации, пожаротушения, дымоудаления, оповещения людей о пожаре, приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования воздуха, управления лифтами при пожаре, бесперебойного питания систем жизнеобеспечения объекта при аварийном отключении электроэнергии. В соответствии с требованиями разд. III, гл. 18, ст. 78, п. 2 Федерального закона № 123 [1], на каждое высотное здание должны быть разработаны и согласованы специальные технические условия, отражающие специфику обеспечения его пожарной безопасности и содержащие комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Анализ проектных решений и расчет процесса эвакуации людей из высотных зданий, позволяют сформулировать основные проблемы:

- при эвакуации по лестничным клеткам в результате скопления людей, выходящих с этажей и спускающихся по лестнице образуются части потока, которые не успевают достигать малой плотности до того, как они приближаются к месту выхода людей с нижележащего этажа. В результате на участках слияния образуются потоки такой величины, что пропускной способности сечений общего пути оказывается недостаточно для обеспечения беспрепятственного движения, а изменить ширину общего участка до такой величины, нет возможности. В таком случае происходят продолжительные скопления людей высокой плотности (7–8 чел/м<sup>2</sup>), ведущие к появлению риска гибели от компрессионной асфиксии. [3],
- эвакуация людей с физическими ограничениями представляет собой нерешенную задачу: идти по лестнице многие из них не в состоянии, а зоны безопасности проектируются, как правило, только на уровне технических этажей;
- продолжительность эвакуации составляет 1–2 ч и более: высокая плотность потока, обусловленная большой населенностью этажей, и низкая скорость движения ведут к увеличению времени эвакуации людей.
- высокие требования к физической подготовке людей, не имеющих нарушений функций организма: для выхода людей из здания, требуется пройти по лестнице от 150 м до 1 км в потоке высотной плотности. Большинство людей испытывают «ужасную» усталость уже через 5 минут движения по лестнице вниз.

Возникает вопрос: как защитить людей, эвакуирующихся или ожидающих спасения, во время пожара в высотных зданиях? Люди, застигнутые пожаром, стараются защитить органы дыхания и зрения от продуктов пожара. Для этих целей применяются подручные средства

(например – мокрая ткань), которые частично фильтруют вдыхаемый воздух, позволяя людям спастись самим или спасти пострадавшего из задымленных помещений.

Сегодня наука и производство предлагают людям, попавшим в зону пожара, современные средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД), отвечающие всем требованиям безопасности. Эти СИЗОД получили название – "самоспасатели".

Особое внимание также следует уделить системам дымоудаления и подпора воздуха в здании повышенной этажности: Системы дымоудаления из помещений предназначены для обеспечения незадымляемости путей эвакуации людей из горящих и смежных с ними помещений, а также для облегчения работы пожарных подразделений по ликвидации очага пожара. С ростом этажности здания возрастает их пожарная опасность, поскольку расчетное время эвакуации возрастает, а время блокирования путей эвакуации дымом уменьшается. Поэтому в дополнение к требованиям по противодымной защите, для зданий высотой 10 и более этажей (более 28 м от планировочной отметки земли до уровня низа проемов, используемых для спасения людей, с верхнего не технического этажа) нормативными документами предусматривается ряд специальных мероприятий. В таких зданиях необходимо устройство дымоудаления из коридоров и холлов, создание подпора (избыточного давления) в шахтах лифтов. Эти здания должны иметь незадымляемые лестничные клетки. По принятой в нашей стране классификации незадымляемые лестничные клетки подразделяются на три типа. В зависимости от типа незадымляемость лестничных клеток обеспечивается: 1 – устройством поэтажных входов через открытые воздушные зоны по балконам, лоджиям или галереям (Н1); 2 – созданием подпора воздуха при пожаре (Н2); 3 – созданием подпора воздуха при пожаре в тамбурах-шлюзах перед лестничной клеткой (Н3). [2],

Требования к незадымляемым лестничным клеткам 1-го типа заключаются в следующем: расстояние в осях между дверью для выхода с этажа и входа в лестничную клетку должно быть не менее 2,2-2,5 м; выход с первого этажа лестничной клетки должен быть непосредственно наружу или через отдельный выход, допускается выход в вестибюль здания через тамбур с подпором воздуха.

Требования к созданию избыточного давления (подпора) воздуха в незадымляемых лестничных клетках 2-го и 3-го типов заключаются в следующем. Расход наружного воздуха для приточных вентиляторов следует рассчитывать на поддержание избыточного давления не менее 20 Па: в нижней части лифтовых шахт при закрытых дверях на всех этажах, кроме первого; в нижней части незадымляемых лестничных клеток 2-го типа при открытых дверях на пути эвакуации из коридоров и холлов на этаже пожара в лестничную клетку и из здания наружу при закрытых дверях из коридоров и холлов на всех этажах.

Требования к дымоудалению из коридоров и холлов можно свести к следующему. Дымоудаление должно осуществляться с этажа, где возник пожар, через шахту, оборудованную центробежным вытяжным вентилятором. На каждом этаже в шахте имеется отверстие, закрытое клапаном.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования.

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

3. *Холщевников В.В.* Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. М.: МИПБ МВД России, 1999. 93 с.

УДК 614.641.12

*А. П. Пшанов, Г. П. Соколов, А. А. Сорокин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАГНИЯ И ТИТАНА

Изложено определения наиболее эффективных средств тушения стружки и порошков магния, титана и магнийлитиевого сплава. Выявлены особенности горения стружки, образующейся при обработки изделий на станке, что затрудняет применение специальных огнетушащих порошков при тушении.

**Ключевые слова:** стружка, магний, титан, средства и способы пожаротушения, удельный расход, огнетушащий порошок.

*A. P. Pshanov, G. P. Sokolov, A. A. Sorokin*

## EXTINGUISHING MEDIA AND METHODS IN THE PROCESSING OF PRODUCTS FROM MAGNESIUM AND TITANIUM

The definitions of the most effective means of extinguishing chips and powders of magnesium, titanium and a magnesium-lithium alloy are described. Peculiarities of burning chips generated during the processing of products on the machine are revealed, which complicates the use of special fire extinguishing powders during extinguishing.

**Keywords:** shavings, magnesium, titanium, fire extinguishing agents and methods, specific consumption, fire extinguishing powder.

В испытаниях по тушению магния, которые производили по стандартной [1] методике, использовался магний порошкообразный марки МПФ, средство тушения - порошок огне- тушащий специального

назначения (ПОСН) для тушения пожаров класса Д1 (горение условно легких металлов: магний, алюминий, титан и т. п. и тяжелых металлов: цирконий, железо, уран и др.). Горение щелочных металлов (натрий, литий и др.) относится к классу Д2 [2] и в данном случае не рассматривается. Вместе с тем известно [3], что при содержании лития в магниевом сплаве 5-10 % температура загорания стружки и пыли магниелитиевых сплавов может составить 300 °С

Горение металлов в виде компактных изделий (трубы, листы, конструкционные элементы изделия), как установлено в испытаниях и в результате расследования пожаров, практически не происходит, что объясняется теплопроводящими свойствами металлов. В то же время металлы в виде порошков и стружки на практике при высокой температуре (800-1000 °С) способны гореть на воздухе. Чем мельче порошок или тоньше стружка металла, тем больше вероятность их воспламенения в условиях повышенных температур, которые создаются на производстве, например, при механической обработке изделий (резание, фрезерование др.).

В отношении воспламенения и горения магния необходимо отметить следующее. По справочным данным [4], температура горения магния 2800 °С, температура воспламенения компактного металла-650°С, стружки-510°С.

Увлажненная магниевая стружка, по данным стандарта [3] (при содержании воды от 4 до 48%), воспламеняется при более низкой температуре, чем сухая. Влажная стружка горит интенсивно с треском и хлопками. Расплавленный магний энергично взаимодействует с кремнеземом (песок) и окислами железа (окалина). При температуре 500-600 °С магний бурно реагирует с углеводородами.

Из приведенных данных следует, что при относительно невысокой температуре (по сравнению, например, с титаном) стружка магния воспламеняется и горит. Это свидетельствует о возможности возгорания стружки магния, образующейся при механической обработке непосредственно на станке, что требует принятия соответствующих мер по предупреждению этого возгорания, в том числе путем создания соответствующих режимов обработки (скорость резания, фрезерования и т. п.) или устройства теплоотвода из зоны соприкосновения резца, фрезы с обрабатываемым магниевым изделием. Однако продувка инертными газами для теплоотвода и одновременно охлаждения зоны воспламенения магния с помощью углекислого газа, азота (с незначительными следами влаги), аргона (с содержанием 0,5% кислорода), по тем же справочным данным [4]. не способна прекратить воспламенение и горение в связи с взаимодействием магния с этими газами с выделением тепла. Таким образом, известно об использовании для охлаждения и прекращения горения изделий из магния минерального масла в качестве смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и связанного с этим комплекса мероприятий по применению этой жидкости в

производственных условиях при воспламенении стружки и, возможно, участка изделия на станках (на примере автозаводов и авиазаводов).

Особенности горения порошкообразных и в виде стружки образцов магния и титана являлись темой научных исследований ВНИИПО [5]. Порошкообразные образцы магния имели дисперсность 50-150 мкм.

Установлено, что:

- горение протекает по поверхности и в глубь слоя и имеет пульсирующий характер;

- средняя скорость распространения горения постоянна;

- скорость распространения горения обратно пропорциональна размеру частиц.

- скорость распространения горения по поверхности слоя порошков превосходит скорость распространения горения внутри слоя;

- присутствие СОЖ на станке усиливает горение.

Относительно горения стружки необходимо отметить следующее (на примере испытаний по тушению стружки титана толщиной 0,12-0,15 мм). Установлено, что:

- чем крупнее стружка (завиток диаметром 1,0-2,5 см), тем больше удельный расход порошка на ее тушение (порошок специальный для тушения пожаров класса Д1);

- тушение стружки в виде чешуек достигается при значительно меньшем (в 1,2-1,5 раза) удельном расходе ПОСН.

- тушение с применением ПОСН достигается при полном покрытии порошком горящего очага (со всех сторон) слоем не менее 2,5-3,0 см.

В работе [5] приводятся экспериментальные данные по тушению стружки титана (различного вида) с помощью отечественного порошка марки ПХК (ТУ 2149-197-10968286-2006).

Тушение титана в виде стружки производилось по стандартной методике. Модельный очаг пожара представлял собой квадратный противень со стороной 0,5 x 0,5 м и высотой 150 мм. Сущность метода заключалась в определении массы порошка, необходимого для тушения из огнетушителя единицы площади открытой поверхности.

В результате испытаний установлено, что удельный расход порошка на тушение стружки титана составил 45-48 кг/м<sup>2</sup> для крупной стружки и 40-45 кг/м<sup>2</sup> - для мелкой. В случае тушения крупной стружки часть огнетушащего порошка просыпается в зазоры между стружками, т. е. практически не участвует в процессе тушения, которое достигается при условии полной изоляции очага горения от доступа кислорода воздуха.

Учитывая близость физико-химических свойств и особенности горения титана и магния, приведенные в работе [5] данные могут быть приняты за основу при выборе расходных показателей ПОСН для тушения стружки магния. При этом целесообразно учитывать различие в конфигурации стружки и в связи с этим показатели удельных расходов ПОСН на тушение. При тушении спецпорошком особо крупной стружки



(завиток 3-5 см) удельный расход порошка рекомендуется принимать с коэффициентом 1,3-1,5.

По условиям применения порошкового тушения стружки магния на участках обработки изделий такое тушение следует использовать в местах возможного складирования стружки (обычно в контейнерах) или на специальных площадках сбора стружки вне контейнеров, при условии ограничения этой площадки бортиками из негорючих материалов. Именно на этих участках или внутри контейнеров следует организовывать порошковое тушение стружки магния с определенным расходом в зависимости от возможной площади горения и объема стружки в контейнере с помощью автоматических установок пожаротушения агрегатного типа или специальных огнетушителей с зарядом ПОСН. Важной особенностью порошковых установок пожаротушения и специальных огнетушителей является их способность обеспечивать при тушении магния и других металлов (в виде порошка или стружки) специфический режим подачи порошка - не через распыление, а способом засыпки очага горения, т. е. в режиме локального орошения порошком этого очага. Учитывая повышенную пожарную опасность и сравнительно невысокие температуры воспламенения магния в виде стружки, не рекомендуется сосредоточивать стружку в значительных объемах и на большой площади, ограничивая площадь ее хранения 3 м и общий объем стружки 1,0-1,5 м<sup>3</sup>. При таких масштабах хранения возможно обеспечить надежное пожаротушение отходов обработки (стружки магния) с помощью ПОСН.

Таким образом, внедрение титана, магния и сплавов на основе этих металлов в авиа- и ракетостроении требует решения задач по снижению пожарной опасности с учетом возможности возгорания магния и титана при обработке изделий из этих металлов и сплавов на станках. Кроме того, определены наиболее эффективные средства тушения магния и титана, которыми являются специальные огнетушащие порошки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53280.5-2009. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 5 Порошки огнетушащие специального назначения. Классификация, общие технические требования и методы испытаний.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г. одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер. закона от 29 июля 2017 г. № 244-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. ОСТ 1 90338-83. ССБТ. Обработка магниевых сплавов. Общие требования безопасности.

4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ.: 2 кн. / под ред. А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко. М.: Химия, 1990.

5. Тушение титана с применением газовых и порошковых огнетушащих составов / С.В. Добровенко, С.Г. Габриэлян, Л.П. Вогман, А.П. Инчиков / Пожарная безопасность, 2011. No 3. С. 40-43. редакцию 08.11.2018

УДК 62

*М. А. Рассохин, А. В. Юркин, А. С. Перевалов*  
ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

## **ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫСОТНОЙ АВАРИЙНО – СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье рассматриваются вопросы обеспечения промышленной безопасности пожарных автолестниц и пожарных коленчатых автоподъемников. Поднимается вопрос о существующих проблемах в системе эксплуатации высотной аварийно – спасательной техники.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, высотная аварийно – спасательная техника, пожарные автолестницы, пожарные коленчатые автоподъемники.

*М. А. Rassokhin, A. V. Yurkin, A. S. Perevalov*

## **PROBLEMS OF INDUSTRIAL SAFETY OF HIGH-RISE RESCUE TECHNICS**

The article deals with the issues of industrial safety of fire auto ladder and fire car lift. The question of the existing problems in the system of operation of high – altitude rescue equipment is raised.

**Key words:** industrial safety, high-altitude rescue equipment, fire auto ladder, fire car lift.

В настоящее время существует проблема обеспечения безопасности работ выполняемых при помощи высотной аварийно-спасательной техники (ВАСТ), и, в первую очередь, пожарных автолестниц (АЛ) и пожарных коленчатых автоподъемников (АПК) как наиболее распространенных представителей ВАСТ [1, 2]. В соответствии с Федеральным законом [3], места, где используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, можно отнести к опасным производственным объектам, относящимся к IV классу опасности. В Правилах безопасности опасных производственных объектов [4] сказано: «Грузоподъемные механизмы – это подъемники (вышки), предназначенные для перемещения людей, людей и

груза (подъемники с рабочими платформами)». В этом же документе указано, что - в процессе производства работ самоходные краны, краны-манипуляторы и подъемники (вышки), независимо от их возможности перемещения, следует относить к стационарно установленным грузоподъемным механизмам. Следовательно, на АЛ и АПК, в полном объеме распространяются требования Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [3].

Учитывая вышесказанное, и опираясь на требования нормативных документов [3, 5-7], рассмотрим некоторые проблемы эксплуатации ВАСТ. На рис. 1 отмечены факторы, имеющие, по мнению авторов, наибольшее влияние на безопасность выполняемых работ.

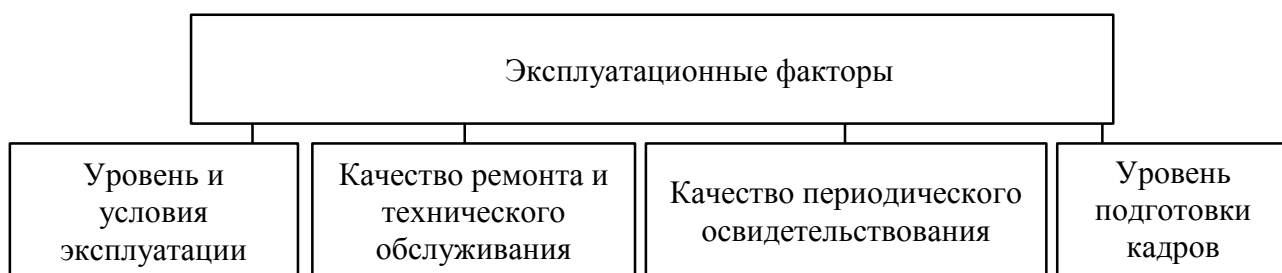


Рисунок 1 - Основные эксплуатационные факторы, влияющие на безопасность выполняемых работ

Анализ данных факторов, с учетом требований нормативных документов действующих в области промышленной безопасности, позволяет выявить причины возникновения аварий, полученных в ходе работ с применением АЛ и АПК, и принять меры по их предотвращению. Рассмотрим некоторые аварии ВАСТ, которые можно было предотвратить, выполняя требования нормативных документов.

В соответствии с статьей 7 Федерального закона [3], по истечению срока службы технического устройства, применяемого на опасном производственном объекте данное устройство подлежит экспертизе промышленной безопасности. На вооружении ГПС МЧС России достаточно большое количество ВАСТ имеющих срок службы, превышающий 10 лет. В требованиях ГОСТ [6,7] средний срок службы до списания составляет 10 лет, но в пожарно – спасательных гарнизонах эксплуатация данной техники продолжается, при этом экспертиза промышленной безопасности не проводится. Данное нарушение приводит к тому, что допускается эксплуатация АЛ и АПК с истекшим сроком службы без комплексной оценки остаточного ресурса изделия. Как результат – ВАСТ может в любое время выйти из строя в результате отказа или аварии (Рис. 2).



Рисунок 2 - Авария пожарной автолестницы АЛ-30(131) произошедшая в ходе проведения аварийно – спасательных работ в г. Магнитогорск

Так – же к аварии может привести на рушение требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта (статья 9. Федерального закона [3]) и Правил по охране труда на автомобильном транспорте [5]. В первую очередь это касается уровня подготовки кадров, ответственных за эксплуатацию АЛ и АПК. В качестве примера рассмотрим причины аварии АПК – 50 произошедшей в ходе проведения пожарно-тактических учений в г. Волжском, в результате которого два сотрудника пожарной части травмы получили при падении с высоты (рис. 3).



Рисунок 3 - Авария АПК – 50 произошедшая в ходе проведения пожарно-тактических учений в г. Волжский

По результатам технического диагностирования [8], выявлено, что эксплуатация данного подъемника осуществлялась с нарушениями, в частности была допущена эксплуатация в условиях превышения максимально разрешенной ветровой нагрузки предусмотренной требованиями руководства по эксплуатации данного изделия, так-же допускалось применение автоподъемника с течью масла из элементов гидросистемы, с трещинами в сварных швах элементов конструкций. Проводя анализ причин не выявления данных обстоятельств в ходе

подготовки изделия к работе, можно сделать вывод, что персонал ответственный за организацию безопасной эксплуатации имел недостаточную квалификацию и не мог обеспечить безаварийное применение данной техники.

**Вывод.** Суммируя вышесказанное, авторы утверждают, что в настоящее время необходимо привести эксплуатацию высотной аварийно – спасательной техники в соответствие с требованиями действующих документов, и в первую очередь, в соответствие с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Так – же, по мнению авторов, допускать к работе с АЛ и АПК, можно только лиц соответствующих квалификационным требованиям в области промышленной безопасности. Для решения данных задач необходим глубокий анализ причин аварий и инцидентов, произошедших с ВАСТ, в котором будут отражаться не только технические причины возникновения происшествия, но будет дана оценка всем факторам влияющим на эксплуатационную безопасность применяемой техники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Юркин А.В., Рассохин М.А., Первалов А.С.* Совершенствование систем безопасности, управления и контроля высотной аварийно – спасательной техники / Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, 26 апреля 2019 года, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. - с. 591 – 596.
2. *Рассохин М. А., Первалов А. С., Сащенко В. Н., Пушкарев А. Г.* Проблемы обеспечения безопасности пожарных автолестниц и пожарных автоподъемников при проведении аварийно-спасательных работ / Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: материалы Дней науки с международным участием (3-7 декабря 2018 г.), посвященных 90-летию со дня образования Уральского института ГПС МЧС России, Екатеринбург : – Изд-во: ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2019, с. 145 – 150.
3. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ. – Екатеринбург: ИД «УралЮрИздат», 2015. – 32 с.
4. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения. Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 года №533. – Екатеринбург: ИД «УралЮрИздат», 2018. – 126 с.
5. Правила по охране труда на автомобильном транспорте. Утверждены Приказом Минтруда России от 06.02.2018 №59н. – Екатеринбург: ИД «УралЮрИздат», 2018. – 56 с.
6. Автолестницы пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 52284-2004. М.: Стандартиформ, 2004.
7. Техника пожарная. Автоподъемники пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 53329-2009. М.: Стандартиформ, 2009.

8. Щербаков А.Ю., Ромашов Н.В., Забара Р.В., Лаврентьев Е.А., Илюшкин Н.Д., Симонов Н.В. Техническое диагностирование причин аварии автоподъемника автомобильного коленчатого пожарного АКП-50 (6540) ПМ-514Б // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12-2. С. 281-282.

УДК 614.86:621.313

*С. П. Сак*

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

## **ОСОБЕННОСТИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ**

Рассматриваются особенности устройства электромобилей, меры безопасности при их тушении, а также способы отключения высоковольтной сети электромобиля пожарными-спасателями при пожарах и дорожно-транспортных происшествиях.

**Ключевые слова:** электромобиль, аккумуляторная батарея, силовая установка, короткое замыкание, пожар, пострадавший, спасатели, тушение, проведении аварийно-спасательных работ.

*S. P. Sak*

## **FEATURES OF LIQUIDATION OF CONSEQUENCES OF ROAD AND TRANSPORT ACCIDENTS WITH PARTICIPATION OF ELECTRIC CARS**

The features of the device of electric vehicles, safety measures for extinguishing them, as well as ways to turn off the high-voltage network of an electric vehicle by fire-rescuers in case of fires and traffic accidents are considered.

**Keywords:** electric car, battery, power plant, short circuit, fire, injured, rescuers, extinguishing, rescue operations.

В связи с нарастающей мировой проблемой загрязнения атмосферы из-за огромного количества выбросов выхлопных газов актуальным решением становится переход от традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания на транспортные средства с электротягой, количество которых к 2030 году по прогнозам составит 15 % от общего числа автомобилей [1]. По информации пресс-службы Госавтоинспекции в Республике Беларусь на май 2017 года было зарегистрировано более 200 автомобилей с наличием электропривода [2], через 6 месяцев – более 250 единиц [3], а в октябре 2019 года – 360 единиц [4]. По прогнозам к 2025 году

количество электромобилей в стране достигнет величины в 32 тысячи. Кроме того, в 2019 году в нашей страны могут появиться первые такси на электрической тяге [5]. Необходимо отметить, что это характерно для всех развивающихся стран, так как компании по производству автомобилей проводят активную разработку и реализацию электротранспорта. Так, в Беларуси идет процесс создания и запуска производства собственных машин с электроприводом на базе Geely [6] и Zotye [7].

Силовая установка электромобиля состоит из электродвигателя, тяговой аккумуляторной батареи и инвертора. Все компоненты силовой установки соединены между собой силовыми кабелями оранжевого цвета и надежно защищены изоляцией друг от друга для исключения короткого замыкания. Самым главным узлом в электромобиле является асинхронный двигатель, который представляет собой трехфазный двигатель переменного тока с вращающимся магнитным полем. Благодаря тому, что частота вращения такого двигателя зависит от частоты переменного тока, поступающего на его обмотки, мы можем управлять вращением двигателя, а, следовательно, и скоростью самого автомобиля. Чем больше частота, тем быстрее будет вращаться двигатель. Важной функцией электродвигателя является возможность преобразования кинетической энергии электромобиля в электричество, благодаря чему при отпуске педали газа двигатель начинает работать в роли генератора и подзаряжает аккумулятор. Тяговая аккумуляторная батарея состоит из литий-ионных модулей и обеспечивает питание постоянным током. Для преобразования постоянного тока в переменный, необходимый для работы двигателя, служит инвертор. Он не только преобразовывает постоянный ток в переменный, но также контролирует скорость вращения и мощность двигателя, а также скорость и ускорение электромобиля.

Наибольшую пожарную опасность в электромобиле представляет высоковольтная литий-ионная аккумуляторная батарея, которая состоит из анода и катода, разделенных пористым полимерным сепаратором, пропитанным электролитом. Активным материалом катода является оксиды переходных металлов со встроенными в кристалл ионами лития. Аккумуляторные батареи помещены в прочный стальной корпус, размещенный в зависимости от марки транспортного средства в разных местах: под задними сидениями, в нижней части багажника или смонтированы в кузов под всем салоном от передней до задней оси [8]. Пожар происходит в них по следующему сценарию: между анодом и катодом происходит короткое замыкание, возникающее вследствие механического повреждения корпуса, в результате чего батарея начинает интенсивно греться, внутри корпуса повышается давление и выделяются летучие углеводороды: этан, метан и этилен, что способствует ее дальнейшему самовозгоранию. Горение литий-ионных аккумуляторов сопровождается высокой температурой, взрывами и выделением токсичных паров – оксида лития, никеля, углерода, меди и кобальта, а также серной

кислоты. Кроме того, силовая электрическая установка большинства электромобилей работает под напряжением от 300 до 400 вольт и в случае аварии существует вероятность того, что находящиеся в салоне электромобиля люди могут пострадать от воздействия высокого напряжения. Даже после деформации кузова и выхода из строя всех систем транспортного средства, батарея высокого напряжения будет сохранять способность отдавать электрический ток, поэтому все части цепи высокого напряжения следует считать находящимися под опасным напряжением. Еще одна проблема, с которой могут столкнуться спасатели – это определение того, находится ли электромобиль в отключенном состоянии. Ввиду того, что двигатель внутреннего сгорания отсутствует, автомобиль совершенно беззвучен как при стоянке, так и при движении. При этом пострадавший, случайно наступив на педаль газа, может привести автомобиль в движение.

Чрезвычайные ситуации с электромобилями могут происходить:

- в движении (возгорания и другие нештатные ситуации, не связанные с ДТП);

- в местах зарядки (в гаражах или дворах частных домовладений, на электро-заправочных станциях, размещенных на территориях обычных АЗС, на крытых многоуровневых парковках, на придомовых территориях многоэтажной застройки и др.);

- при дорожно-транспортных происшествиях.

Важной задачей спасателей при возгорании автомобиля является определение в кратчайшие сроки вида транспортного средства, так как тушение электромобилей, в отличие от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, предусматривает обязательное использование ряда мер безопасности:

- использование средств индивидуальной защиты органов дыхания, во избежание отравления токсичными парами, выделяющимися при горении литий-ионных аккумуляторных батарей [9];

- использование при тушении и проведении аварийно-спасательных работ диэлектрических перчаток для предотвращения поражения высоковольтным электрическим током;

- запрещение вскрытия, разборки блока литий-ионных аккумуляторных батарей, в результате чего может произойти короткое замыкание или поражение электрическим током.

После подтверждения того, что горящее транспортное средство является электромобилем, необходимо обесточить высоковольтную аккумуляторную батарею. Данная процедура обязательна не только из-за опасности поражения электрическим током от поврежденных поверхностей или оголенных компонентов силовой установки, но и во избежание дальнейшего разогревания батареи в результате возникновения короткого замыкания силовых кабелей, тяговых двигателей и контроллеров [9].



Отключение высоковольтной системы автомобиля, проводится следующими способами:

- около рулевой колонки нажать кнопку «POWER»;
- при наличии дистанционного ключа необходимо открыть багажное отделение автомобиля, где как правило находится автомобильная аккумуляторная батарея на 12V, после чего удалить ключ с места ДТП;
- необходимо снять отрицательную клемму стандартной аккумуляторной батареи 12V или вырезать часть длиной 5-10 см отрицательного черного кабеля сети 12V (для предотвращения повторного соединения кабеля). Перекусывание выполняется только в диэлектрических перчатках [10];
- снятие пластмассовой крышки монтажного блока предохранителей и извлечение главного силового предохранителя.

Далее необходимо подать стволы на тушение горящего электроавтомобиля. При этом необходимо заземлить насос автоцистерны и пожарный ствол, выслать дополнительную цистерну или обеспечить бесперебойную подачу воды от водоисточника. Это необходимо из-за того, что горение значительной части компонентов аккумуляторных батарей протекает внутри металлических боксов, недоступных для прямого попадания огнетушащего вещества, а эффективность тушения достигается только в результате охлаждения корпуса батарей большим количеством воды до температуры при которой прекращается дальнейшее самовозгорание литий-ионных ячеек.

Полная ликвидация возгорания электроавтомобиля может занять длительное время, до 24 часов. После ликвидации возгорания электроавтомобиля рекомендуется в течение часа наблюдать за состоянием аккумулятора, для контроля температуры применять температурные инфракрасные детекторы. Если батарея начинает снова нагреваться или из нее идет дым, следует начать повторную подачу воды в целях ее охлаждения [11].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Республики Беларусь №273 от 10.07.2018г. «О стимулировании использования электроавтомобилей» / Официальный интернет-портал Президента Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://president.gov.by/uploads/documents/2018/273uk.pdf>. – Дата доступа: 26.10.2018.

2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 731 от 168 10.10.2018г. «Программа создания государственной зарядной сети для зарядки электроавтомобилей» / Официальный интернет-портал Совета Министров Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://government.by/upload/docs/file2d96f8c1cedad663.PDF>. – Дата доступа: 26.10.2018.

3. «Пересядут ли белорусы на «зеленые» авто?» / Газета Федэрацыі прафсаюзаў Беларусі «Беларускі час». Сайт издания. [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <http://belchas.by/news/peresiadut-li-belorusy-na-zelenye-avto.html>. – Дата доступа: 26.10.2018.

4. «Стало известно, сколько в Беларуси электромобилей» / Интернет-портал «Mail.ru» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://news.mail.ru/society/39143738/?frommail=1>. – Дата доступа: 18.10.2019г.

5. «ГАИ: в Беларуси зарегистрировано около 100 электромобилей» / Новостное агентство «Sputnik.by». [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <https://sputnik.by/society/20170825/1030483295/gai-v-belarusi-zaregistrovanookolo-100-ehlektromobilej.html>. – Дата доступа: 26.10.2018.

6. «Беларусь и электромобили – вещи совместимые?» / Автомобильная компания «А-Авто». [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://aauto.by/news/belarus-i-elektromobili-veshhi-sovmestimye/>. – Дата доступа: 26.10.2018.

7. «В Минске показали электромобили Zotye, которые будут собирать в Беларуси» / Интернет-портал «Onliner.by». [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа: <https://auto.onliner.by/2018/02/07/zotye-10>. Дата доступа: 26.10.2018.

8. «Обзор устройства тяговой батареи» / Информационный интернет-портал о электро- и гибридных автомобилях: «hevcars.com.ua». [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа: <https://hevcars.com.ua/ecocars/>. – Дата доступа: 26.10.2018.

9. «Руководство по ремонту и эксплуатации Nissan Leaf с 2010 года (с учетом обновления 2012 г. Действия в случае дорожно-транспортных происшествий» / Информационный интернет-портал: Издательство «Монолит». [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа: <https://monolith.in.ua/dejstvija-v-sluchae-dtp-nissan-leaf-2010/>. – Дата доступа: 26.10.2018.

10. «Чем опасен электрокар при ДТП?» / Информационный интернет-портал: «dtp-profi.ru». [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа: <http://dtp-profi.ru/chem-opasen-elektrokar-pri-dtp.html> – Дата доступа: 12.11.2019.

11. «Гори ясно: почему электромобили – это головная боль пожарных» / Интернет-портал «AUTONEWS.ru». [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа: <https://www.autonews.ru/news/5b2c96419a7947692164d0c2?ruid=NaN&ref=tjournal.ru>. – Дата доступа: 12.11.2019.

УДК:[796.6/.7+797.1+797.5+799].01

***Б. Г. Салаев***

Академия МЧС Азербайджанской Республики

## **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЙ С УЧЕТОМ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

В работе рассматриваются вопросы надежности аварийно-спасательных машин и оборудования. Анализируются методы оценки надежности с применением основных приемов теории вероятностей и математической статистики.

**Ключевые слова:** авария, спасения, машины, оборудования надежность, долговечность, оценка, методы, математика, статистика.

***B. G. Salaev***

## **ANALYSE OF MAIN CHARACTERISTIC OF EMERGENCY RESCUE EQUIPMENT BY TAKING INTO CONSIDERATION THEIR USE**

The reliability issues of rescue machines and equipment has been studied in the research. Have been analyzed reliability assessment methods by using basic techniques of probability theory and mathematical statistics.

**Keywords:** accident, rescue, machinery, equipment reliability, durability, assessment, methods, mathematics, statistics.

Ликвидация и снижения опасных влияний последствий чрезвычайных природных и техногенных процессов непосредственно связаны с спасением жизни, сохранением здоровья людей, уменьшением размеров ущерба окружающей среде, многомиллионных потерь, локализацией зон бедствия а также устранением других многочисленных непредвиденных факторов различного происхождения. Кроме того, при устранении факторов угрожающих жизни и здоровье гражданского населения, подвергаются большим опасностям и люди, выполняющие эти не отложенные и необходимые работы.

К таким работам привлекаются не только специалисты в области чрезвычайных ситуаций, используются также опыты и навыки высококвалифицированных спортсменов различных направлений. Часто эти два вида работы переплетаются в единое, для выполнения производственных, военных, социальных и других важных ответственных государственных задач.

Чрезвычайных ситуаций можно подразделять на природные, техногенные, биологические, социальные, военные и специальные.

Основными видами последствий чрезвычайных ситуаций являются: разрушения при землетрясениях, взрывах, производственных авариях, селях; радиоактивное загрязнение и химическое заражение при авариях на специальных объектах; пожары различных степеней сложности, из-за несоблюдения правил пожарной безопасности; затопления, при наводнениях, разрушениях гидротехнических сооружений из-за природных и техногенных явлений; массовое заболевание людей, животных и растений при эпидемии, эпизоотии и эпифитотии и др.

Как видно из изложенного, последствия чрезвычайных ситуаций разнообразны, отличаются друг от друга специфическими особенностями, воздействиями влияния различных опасных факторов, условиями выполнения аварийно спасательных работ, особенными требованиями к системе технико безопасности при выполнении конкретных задач по ликвидации аварий и других видов работ и т. д.

Результаты многочисленных исследований и анализ мирового и отечественного опыта борьбы с чрезвычайными ситуациями показывают, что одним из основных факторов влияющими на эффективность проведения аварийно-спасательных работ является оснащённость специальных формирований Министерство по Чрезвычайным Ситуациям Азербайджанской Республики современными аварийно-спасательными средствами, машинами и оборудованием.

Аварийно-спасательные машины и оборудование являются особым видом техники, которые широко используются при выполнении различных видов и сложности аварийно-спасательных работ по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Аварийно-спасательные машин и оборудование в зависимости от выполняемых работ подразделяются на следующие группы и подгруппы [1]: приборы связи и поиска пострадавших (тепловизоры, телевизионные системы, акустические системы, радиомаяки, приемники и др.); аварийно-спасательные инструменты и оборудование (пневмодомкраты, гидравлические домкраты, цилиндры, расширители, гидроклины, гидравлические резак, кусачки, ножницы, насосы, насосные станции и др.); вспомогательные инструменты и оборудование (бетоноломы, отбойные молотки, перфораторы, моторезак, мотопилы, ручные лебедки и др.); спасательные транспортные средства (мобильные аварийно-спасательные транспортные средства, разведывательные машины, машины специального назначения, машины управления и связи, аварийно-спасательные машины, вездеходы, снегоходы и др.); спасательные плавсредства (плоты надувные спасательные, шлюпки и лодки надувные, катера, лодки жестконадувные, суда на воздушной подушке и др.); робототехнические средства (робототехнические комплексы, установки с дистанционным управлением, подводные управляемые аппараты, беспилотные летательные аппараты и др.); машины преодоления препятствий (инженерные машины разграждения, плавающие транспортеры, путепрокладчики,

снегоочистители, бульдозеры); машины разборки завалов (универсальные машины разборки завалов, погрузчики, манипуляторы, автокраны); землеройные машины (экскаваторы, котлованные машины, траншейные машины); рабочее оборудование (навесные гидравлические ножницы, молоты и грейферы); средства энергосбережения (передвижные силовые и переносные электростанции, компрессорные станции); быстровозводимые сооружения (модулы и боксы, каркасные модульные палатки); нагреватели воздуха (жидкостные, газовые и инфракрасные нагреватели воздуха); средства водоснабжения (передвижные буровые установки и фильтровальные станции, станции комплексной очистки воды, емкости для технических растворов, мотопомпы, резервуары для питьевой воды); respirators противопыльные и газопылезащитные, самоспасатели и противогазы (изолирующие самоспасатели и противогазы, шланговые и гражданские противогазы, промышленные фильтрующие противогазы); защитная одежда (специальная защитная одежда спасателей, изолирующая и фильтрующая защитная одежда).

Аварийно-спасательные машины и оборудования в зависимости от выполняемых функций по более укрупненной схеме можно разделить на следующие группы: средства ведения спасательных работ, инженерного обеспечения, жизнеобеспечения и индивидуальной защиты.

Средства, применяемые при выполнении аварийно-спасательных работ имеют разные приводы: ручной немеханизированный, ручной механизированный. Кроме того аварийная техника отличается также по функциональному назначению, в зависимости от выполняемых работ.

Анализ функциональных характеристик аварийно-спасательных средств, машин и механизмов показывает, что они во многих случаях переплетаются и часто идентичны с функциональными показателями спортивных оборудований, приборов, машин и устройств, которые широко используются при многочисленных спортивных мероприятиях, на тренировках, соревнованиях и др. К таким средствам можно отнести мотоциклы различных назначений, автомобилей, вертолетов, самолетов, судов различных типов, катапульты, льдоуборочные оборудования, тракторы с навесным оборудованием, подъемники, горно-спортивное и скалолазные оборудования, информационную и медико-биологическую аппаратуру и т. д.

Сложность и часто опасность выполнения различных производственных задач, вероятность аварий и катастроф природного и техногенного происхождения, а также другие непредвиденные ситуации требуют использования многочисленных разнообразных технических средств для предупреждения и ликвидации последствий этих процессов.

Для оперативного и успешного выполнения поисковых и аварийно-спасательных работ, а также для достижения высоких спортивных результатов необходимо технические средства с необходимой надежностью и долговечностью.

Развития аварийно-спасательных и спортивных средств, приборов, машин и оборудований в значительной мере связаны с высокими требованиями к качеству и эффективности их функционирования. Поэтому проблемы качества и эффективности использования техники для выполнения различных технологических процессов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций невозможно решать без повышения их надежности и долговечности. Указанные задачи относятся также и к спортивной технике.

Проблемами надежности приборов, машин и оборудований и других различных технических средств занимается область науки – теория надежности. При решении задач теории надежности обычно используются результаты исследований, лежащих в основе различных явлений, приводящих к снижению качества, надежности и долговечности применяемой техники.

В теории надежности широкое применение находят методы теории вероятностей, математической статистики, теории информации, теории массового обслуживания, линейного и нелинейного программирования, математической логики, статистического моделирования, теории графов и др. [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 22.9.24 – 2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Машины аварийно-спасательные. Классификация. Общие технические требования.

2. *Невзоров В.Н., Сугак Е.В.* Надежность машин и оборудований. Ч.1. Основы теории. – Красноярск: СГТУ, 1998. – 400 с.

УДК 614.84

*А. А. Сальник, Н. А. Таратанов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ НАСАДКИ ДЛЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА «Колион-1В»

В статье рассматривается изготовления насадки на пробоотборник газоанализатора «Колион-1В», в целях избежания загрязнений фотоионизационного детектора вследствие критического погружения пробоотборника в исследуемый объект (жидкость, грунт и т.д.), что позволит увеличить процент обнаружения интенсификаторов горения на местах пожаров.

**Ключевые слова:** испытательная пожарная лаборатория, экспертиза пожаров, газоанализатор «Колион-1В», интенсификаторы горения.

*A. A. Salnik, N.A. Taratanov*

## MODELING AND PRODUCTION OF THE NOZZLE FOR THE GAS ANALYZER "KOLION-1V»

The article discusses the manufacture of nozzles for the sampling probe of the gas analyzer "Colin-1V", in order to avoid contamination photoionization detector because of the critical immersion of the sample taker in the test object (liquid, soil, etc.) that will increase the percentage of detection of modulators of burning fire locations.

**Keywords:** test fire laboratory, fire examination, the Eclipse "Colin-1B" intensifiers burning.

На сегодняшний день основными методами детектирования, применяемыми в газоанализаторах для контроля воздуха рабочей зоны, являются термокаталитический, колориметрический (индикаторные трубки), электрохимический, недисперсионный инфракрасный (ИК), фотоионизационный.

При этом необходимо отметить, что в практике работ пожарной охраны Российской Федерации наибольшее распространение получили полевые газоанализаторы с фотоионизационными детекторами.

Фотоионизационные детекторы (ФИД) довольно просты и недороги. Они способны фиксировать любые вещества с потенциалом ионизации менее 10,8 Эв.

В целях недопущения затягивания жидких и мелкодисперсных частиц в фотоионизационную камеру авторский коллектив предлагает использовать насадку для пробоотборника.

Усеченный конус – часть конуса, расположенная между его основанием и секущей плоскостью, параллельной основанию, схема и 3D-модель которой представлена на рисунке 1.

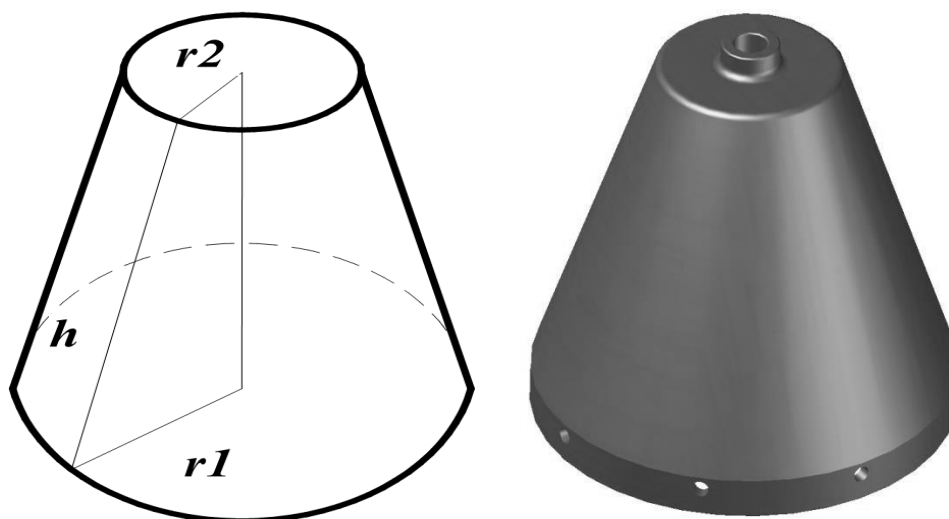


Рисунок 1 - Схема и 3D-модель насадки для газоанализатора «Колион-1В»

Для того чтобы определить оптимальный объем данной насадки, были проведены расчеты объема и время заполнения насадки для газоанализатора (усеченного конуса).

*Усеченный конус* – часть конуса, расположенная между его основанием и секущей плоскостью, параллельной основанию.

$$V_{\text{нас}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2)$$

где  $\pi$  - константа равная (3.14);

$r_2$  - радиус верхнего основания (22 мм);

$r_1$  - радиус нижнего основания (47 мм);

$h$  - высота усеченного конуса (100 мм).

$$\begin{aligned} V_{\text{нас}} &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2) = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 100 \cdot (47^2 + 47 \cdot 22 + 22^2) \text{ мм}^3 = 0,39 \text{ л} \end{aligned}$$

Определив объем данной насадки, определили время заполнения насадки для газоанализатора. Согласно паспорта, расход воздуха на выходе газоанализатора «Колион-1В» ( $Q_{\text{г}}$ ) 300 мл/мин или 18 л/ч.

$$\tau = \frac{V_{\text{нас}}}{Q_{\text{г}}} = \frac{0,39}{18} = 0,02166 \text{ ч} = 77,98 \text{ с}$$

Сама насадка изготавливалась (печаталась) на 3D-принтере и накручивалась на пробозаборник прибора «Колион-1В» (рисунок 2 и 3).



Рисунок 2 - Процесс изготовления насадки для газоанализатора «Колион-1В»





Рисунок 3 - Пробозаборник газоанализатора «Колион-1В» с насадкой

Применение насадки на пробоотборник газоанализатора «Колион-1В» позволит избежать загрязнения ФИД вследствие критического погружения пробозаборника в исследуемый объект (жидкость, грунт и т.д.), что позволит увеличить процент обнаружения интенсификаторов горения на местах пожаров. Внедрение предлагаемой насадки не требует технологических затрат и легко осуществимо при разработке 3D-модели с последующей её печатью.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах: метод. пособие / И.Д. Чешко, М.Ю. Принцева, Л.А. Яценко. – М.: ВНИИПО, 2010. – 90 с.
2. *Карасев Е.В.* Полевые методы исследования объектов пожарно-технической экспертизы: учебное пособие / Карасев Е.В. - Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2013. - 102 с.
3. Расследование пожаров: Учебник / *Галишев М.А., Шаранов С.В., Попов А.В.* и др. – СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2012. - 498 с.

УДК 614.841.412

*Н. А. Сафронов, Д. Ю. Захаров, Е. А. Орлов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **УСЛОВИЯ САМОВОЗГОРАНИЯ РАСТВОРОВ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

В статье рассмотрены особенности самовозгорания металлоорганических соединений (МОС). Установлено, что по мере разбавления МОС (растворители: гептан, толуол) наблюдается снижение склонности к самовозгоранию на воздухе в обычных условиях.

**Ключевые слова:** критическая концентрация, самовозгорание, пожарная опасность, металлоорганические соединения.

*N. A. Safronov, D. Yu. Zakharov, E. A. Orlov*

## **SELF-IGNITION CONDITIONS OF METAL-ORGANIC COMPOUNDS SOLUTIONS**

The article discusses the features of spontaneous combustion of organometallic compounds (MOS). It was found that as the MOS is diluted (solvents: heptane, toluene), a tendency to spontaneous combustion in air under ordinary conditions decreases.

**Keywords:** critical concentration, spontaneous combustion, fire hazard, organometallic compounds.

Металлоорганические соединения (далее - МОС) в последние десятилетия находят широкое применение в различных областях производства [1]. Концентрированные МОС, как правило, в технологических процессах не применяются. Вместо них используются разбавленные растворы, чаще всего в гептане и толуоле.

Отличительной особенностью концентрированных МОС является их самовозгорание при контакте с кислородом воздуха в обычных условиях. Взаимодействие с водой приводит к бурной реакции со взрывом. Такие характеристики этих веществ, как концентрированных, так и разбавленных (до определенной концентрации), позволяют отнести их к самовозгорающимся (условно пирофорным), а также имеющим склонность к пирофорности.

Разбавленные растворы до 10-15% также могут самовозгораться при наличии определенных условий, таких, как:

- повышенная влажность воздуха, более 80%;
- повышенная температура среды;
- скорость ветра над очагом пролива, более 5 м/с;

- наличие непрореагировавших частиц в составе МОС, например шлама и т. д.

Кроме того, возможность самовозгорания при проливе зависит от природы алюмоорганических катализаторов (далее – АОК) и находится в следующем ряду: триэтилалюминий (ТЭА) → этилалюминийсесквихлорид (ЭАСХ) → триизобутилалюминий (ТИБА).

В связи с тем, что в различных технологических процессах обращаются разбавленные растворы МОС, актуальными темами являются: определение возможности их самовозгорания в случае аварийного пролива, например, при разгерметизации технологического оборудования, а также способы локализации возгораний и средства пожаротушения.

По результатам литературных обзоров по тушению алюмоорганических соединений (далее – АОС), которые проводились с технологическими растворами различной концентрации с содержанием АОС (от 5 до 20%), выявились некоторые особенности самовозгорания этих растворов. При указанных концентрациях самовозгорание происходило в процессе передавливания растворов АОС в испытательный противень для последующего тушения. Передавливание осуществлялось с помощью обезвоженного азота (чистота 99,8%). Самовозгорание происходило практически при любой погоде (температура от -20 до +20°C, влажность 60-80%). На процесс самовозгорания существенно влиял линейный размер испытательного противня. Чем больше площадь пролива, тем быстрее оно происходило; индукционный период до воспламенения составлял для растворов концентрацией 10% не более 5 с.

Анализ полученных в испытаниях данных для растворов АОС (растворители: гептан и толуол) дает возможность сформулировать следующие выводы о возможности их самовозгорания в обычных условиях (температура 15-25°C, влажность 60%):

- в диапазоне концентраций АОС 6-10% самовозгорание может происходить (или происходить с задержкой) в зависимости от некоторых условий, главным из которых является влажность воздуха и наличие положительной температуры. Таким образом, указанный диапазон концентраций является нестабильным и не может быть основанием для отнесения этих растворов к не самовозгорающимся на воздухе;

- растворы с концентрацией 5% и ниже можно считать не самовозгорающимися при обычных условиях. Необходимо отметить, что растворы с такой концентрацией в технологических процессах не применяются (обычное рабочее содержание МОС в растворах составляет 10-20%). В связи с этим практически для всех производств, где обращаются МОС, возникает задача оснащения их автоматическими установками пожаротушения и пожарной сигнализации.

Металлоорганическое соединение *n*-бутиллитий (далее - НБЛ) (химическая формула  $C_4P_9Li$ ) широко используется в химической практики в виде растворов различной концентрации в алканах (гексане, пентане), в

которых он существует в виде олигомеров. НБЛ является одним из сильнейших оснований, которые применяются в органическом синтезе[2]. Основной областью промышленного применения бутиллития как катализатора анионной полимеризации является получение полиизопрена, полибутадиена и бутадиен-стирола, которые имеют большое значение при производстве резины и пластмасс.

Ранее ряд ученых проводили исследования по самовозгоранию НБЛ при различных концентрациях. В работе [3] сформулирован следующий вывод:

- «концентрированный раствор НБЛ (больше 25% НБЛ + гептан) самовозгорается на воздухе при обычных условиях; раствор НБЛ (10,7% + гептан) не самовозгорается, но дымит на воздухе; энергично взаимодействует с кислородом воздуха и с водой».

Эти справочные данные имеют двоякий смысл: с одной стороны, как сообщается, растворы НБЛ с концентрацией 10-20% являются легковоспламеняющимися жидкостями и не являются пирофорными, а с другой стороны, растворы НБЛ с концентрацией 10,7% дымят на воздухе и энергично взаимодействуют с водой, т.е. имеют явно выраженную склонность к самовозгоранию. При определенных условиях такие растворы могут самовозгораться на воздухе, например, при наличии в их составе шлама бутиллития.

В связи с этим при проектировании производства термоэластопластов в технологический регламент производства вносятся уточнения и дополнения к вышеприведенной информации из работы [3], позволяющие принять меры по предотвращению пролива и возможному тушению пожара вследствие аварии с проливом НБЛ.

Что касается поиска и выбора средств и способов тушения МОС, они в основном решены по результатам проведенных испытаний С.Г. Габриэлян и др. и изложены в работе [4]. В Рекомендациях [4] на примере тушения АОС приведены данные по обоснованному выбору наиболее эффективных средств тушения: применение специальных оросителей порошка, способ его подачи, технические параметры установок порошкового пожаротушения. Указанные Рекомендации используются в настоящее время для противопожарной защиты ряда действующих и проектируемых производств.

На основании опыта, имеющегося на производствах, где обращаются МОС, в случае катастрофических проливов МОС и их растворов (500 л и более), кроме обязательной установки пожарной сигнализации и автоматических систем пожаротушения следует предусмотреть дренаж пролитого МОС и их растворов в специально оборудованную, не содержащую влаги траншею, для контролируемого выгорания. При этом должны соблюдаться безопасные противопожарные расстояния от траншеи до зданий и сооружений.

Таким образом, в настоящей работе определены критические концентрации некоторых растворов МОС, при которых возможно их самовозгорание на воздухе в случае аварийного пролива. Результаты исследований могут позволить решить вопрос оснащения производств и участков, где обращаются концентрированные МОС и их растворы, автоматическими установками пожаротушения и пожарной сигнализации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлоорганическая химия переходных металлов: основы и применения / Дж. Коллмен [и др.]. М.: Мир, 1989.
2. Талалаева Т.В., Кочешков К.А. Методы элементоорганической химии. Литий, натрий, калий, рубидий, цезий. Кн. 1. М.: Наука, 1971. 564 с.
3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ.: в 2 кн. / под ред- А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко. М.: Химия, 1990.
4. Рекомендации по тушению жидкого натрия и пиррофорных алюмоорганических катализаторов С.Г. Габриэлян [и др.] М.: ВНИИПО, 2000. 19 с.

УДК 614.844.12

*Н. А. Сафронов, Г. П. Соколов, П. В. Чистов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ И СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ЛИТИЯ И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ

В статье проанализированы пожаровзрывоопасные свойства, средства и способы тушения лития. Наиболее эффективными оказались огнетушащие порошки специального назначения для тушения пожаров класса D2 (щелочные металлы) в соответствии со ст. 8 Федерального закона № 123-ФЗ [1].

**Ключевые слова:** литий, химическая активность, средства тушения, порошковый состав, газообразный аргон.

*N. A. Safronov, G. P. Sokolov, P. V. Chistov.*

## FIRE AND EXPLOSION HAZARD AND EXTINGUISHING MEANS FOR LITHIUM AND ITS COMPOUNDS

The article analyzes the fire and explosion hazard properties, means and methods of extinguishing lithium. The most effective were fire extinguishing powders for special purposes for extinguishing fires of class D2 (alkali metals) in accordance with Art. 8 of the Federal Law No. 123-FZ [1].

**Keywords:** lithium, chemical activity, extinguishing agents, powder composition, gaseous argon.

В последние годы отмечается рост потребности в литии и его соединениях, поскольку расширяется их использование в различных отраслях промышленности и, в частности, в качестве компонентов аккумуляторов различного назначения. Например, добавка гидроксида лития в водный раствор гидроксида калия или натрия повышает емкость аккумуляторов на 12%, удельное сопротивление - на 21 % и увеличивает срок их службы в 2-3 раза [2]. Это касается железоникелевых, кадмиево-никелевых щелочных аккумуляторов, которые применяются в качестве источников тока в автомобильном, железнодорожном и технологическом транспорте (электрокары, шахтные электровозы, тягачи) и оборудовании (рудничные лампы, питание приборов, стартеры и осветительные батареи). В то же время имеются случаи, когда причиной пожара послужили аккумуляторы с использованием лития и его соединений, например, пожар в системе аккумуляторов самолета Boeing 787. Это привело к временному прекращению их эксплуатации.

Литий входит в группу щелочных металлов, которые в химическом отношении являются очень активными элементами и считаются самыми реакционноспособными из металлов. Они ведут себя как восстановители, легко теряя валентный электрон и образуя электроположительные одновалентные ионы.

Щелочные металлы образуют кристаллические решетки [3, 4]. Узлы в кристаллической решетке заняты положительными ионами металлов. Кристаллы щелочных металлов образуют объемно-центрированную кубическую решетку.

Валентные электроны, отделившиеся от атомов металла и оставившие в узлах решетки соответствующие атомные остовы (катионы), более или менее свободно перемещаются в пространстве между катионами. Это обуславливает электрическую проводимость металлов. Подвижные электроны рассматривают в данном случае как электронный газ в металле.

Устойчивость металлической решетки обеспечивается наличием электростатического притяжения между положительно заряженными атомными остовами и отрицательно заряженными подвижными электронами. Связывающие кулоновские силы действуют на все соседние атомные остовы равномерно, и поэтому они менее прочные, чем силы направленного химического связывания в атомных кристаллических решетках. Катионы в металлических решетках постоянно вокруг узлов решетки. Амплитуда этих колебаний при нагревании возрастает, и при достижении температуры плавления металла решетка разрушается. Чем меньше ионный радиус ( $A$ ) в металлической решетке, тем выше температура плавления  $T_{пл}$  в ряду щелочных металлов:



Предоставленные данные свидетельствуют о росте химической активности от цезия к литию в ряду элементов IA группы таблицы Д.И. Менделеева [3, 4].

Вследствие большой химической активности щелочные металлы не встречаются в природе в свободном состоянии. На воздухе они быстро теряют металлический блеск, а их поверхность покрывается пленкой, которая частично защищает металлы от дальнейшего окисления. Для предотвращения окисления щелочные металлы хранят в закрытых герметичных сосудах или в емкостях под слоем керосина, минерального масла, парафина и т. п. или в атмосфере инертного газа (аргон). Совместное применение лития и азота должно быть исключено из-за их взаимодействия уже при комнатной температуре [2, 4].

Повышенная химическая активность щелочных металлов обуславливает их высокую пожарную опасность. При нагревании щелочных металлов, в том числе лития, они воспламеняются. Это зависит от ряда факторов, в том числе от состояния металла (кусок, фольга, стержень и т. п.), содержания в нем примесей, влажности воздуха и т. д. При комнатной температуре на воздухе литий покрывается пленкой, содержащей  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{LiOH}$ , воспламеняется при температуре  $180\text{-}200^\circ\text{C}$  [4]. При температуре  $100^\circ\text{C}$  с водой реагирует медленно, спокойно, при этом образуется гидроксид  $\text{LiOH}$  и выделяется водород, в расплавленном состоянии взаимодействует с водой со взрывом. С диоксидом углерода при высокой температуре взаимодействует с образованием карбоната  $\text{LiCO}_3$ , с инертными газами (гелий, аргон) не взаимодействует [4].

Воспламенение лития происходит после достижения температуры плавления ( $179^\circ\text{C}$  [2, 4]). При этом оксиды, пероксиды и другие соединения лития, находящиеся на поверхности жидкого металла, вступают в реакцию с ним. Горение щелочных металлов протекает в паровой фазе и лимитируется диффузионным подводом окислителя. К тому же литий вступает в реакцию и с азотом, даже при комнатной температуре взаимодействует с образованием нитрида трилития  $\text{Li}_3\text{N}$ , горит в диоксиде углерода, на воздухе скорость выгорания составляет  $0,11 \text{ кг/м}^2\cdot\text{с}$  [5-7]. Продукты горения могут концентрироваться на стенках, в связи с чем металл поднимается вверх и «выползает» над горящей поверхностью, что приводит к так называемому капиллярному эффекту. Эту особенность горения лития следует учитывать при разработке профилактических мероприятий и при тушении металла порошковыми огнетушащими составами.

Для создания высокого напряжения на электродах должен возникнуть максимально возможный потенциал. Наиболее отрицательный потенциал имеют щелочные металлы, в том числе литий. Они могут быть использованы с неводными электродами. Наиболее положительным потенциалом обладают соединения, содержащие в своем составе фтор и

хлор. Предельную разность потенциалов имеет пара литий-фтор. В химических источниках тока литий (в виде пластин) используется как анод.

Во ВНИИПО были выполнены исследования по горению и тушению литиевых пластин как химических источников тока: литий применялся как анод, в качестве катода - фторуглеродный материал. В качестве электролита использовались растворы солей лития в органических растворителях: смесь, состоящая из тетрагидрофурана, пропиленгликолькарбоната и  $\gamma$ -бутиролоктана (электролиты представляют собой одномолярные растворы солей  $LiClO_4$ , либо  $LiBF_4$ , в указанных растворителях [2]).

В результате испытаний была установлена зависимость скорости горения литиевой пластины (фольги) от толщины пластины и степени ее окисленности. Чем более окислена пластина, тем выше скорость ее горения.

При нагревании литиевой фольги в среде электролитов до  $200^\circ C$  без доступа воздуха происходят необратимые процессы термодеструкции и полимеризации с резким повышением давления внутри системы, приводящие к ее разгерметизации. В экспериментальных исследованиях нагревание крупногабаритного химического источника тока до температуры более  $110^\circ C$  сопровождалось взрывом элемента с последующим горением лития и электролита.

При тушении щелочных металлов, в том числе Li, используются два способа:

- пассивный, основанный на том, что горящий металл в объеме, где содержание кислорода меньше 5 % (об.), прекращает пламенное горение и постепенно остывает; при этом в защищаемый объем подается инертный газ (для лития - аргон), который вытесняет из этого объема воздух, создавая таким образом необходимую среду (по содержанию кислорода) в объеме; после остывания лития до комнатной температуры его убирают из помещения;

- активный с применением специальных огнетушащих порошков, предназначенных для тушения щелочных металлов (класса Д2 по ГОСТ 27331-87), например, типа Вексон Д2 (на основе хлорида калия). В состав порошка входят добавки, позволяющие преодолеть капиллярный эффект.

При выборе средств тушения химических источников тока необходимо учитывать наличие в системе одновременно лития и горючих жидких электролитов, т.е. такое средство должно быть универсальным и эффективным. Этому требованию в наибольшей степени отвечают огнетушащие порошковые составы, например, порошки специального назначения для тушения пожаров класса Д2 [1]. Для тушения лития подачу такого порошка требуется производить способом засыпки им горящего металла, а для тушения электролита -распыленной струей. Во ВНИИПО был разработан специальный ствол, который позволяет производить подачу огнетушащего порошка следующими способами: тушением в объеме (раствор электролита) и тушением по поверхности очага горения (лития).



Тушение порошком чистого лития проводилось на небольших очагах (площадь горения до 0,25 м<sup>2</sup>, объем металла до 1 л) с подачей из ручных порошковых огнетушителей типа ОПС-10 (огнетушитель порошковый специальный емкостью 10 л). Тушение средних очагов пожара (площадь тушения 0,25-12,0 м<sup>2</sup>) можно осуществлять из передвижных огнетушителей типа ОПС-100 (емкость 100 л).

В этих испытаниях применялся способ засыпки порошком очага горения, т.е. использовались специальные ручные стволы, позволяющие осуществить такой способ подачи (стволы с успокоителем). На действующих реакторных установках с металлическим теплоносителем (натрий) для тушения жидкого натрия на площади 15-100 м<sup>2</sup> предназначены порошковые установки емкостью 1,0 м<sup>3</sup> порошка [5].

Для тушения лития в закрытом объеме до разгерметизации системы химических источников тока целесообразно использовать подачу внутрь системы газообразного аргона.

Необходимо отметить, что целесообразность тушения литиевых аккумуляторов, которые широко используются также в системе дефектоскопии газовых и других трубопроводов, необходимо подтвердить путем проведения дополнительных исследований. При эксплуатации атомных реакторов на быстрых нейтронах (типа БН), где теплоносителем является жидкий натрий, разработана эффективная система объемного (газового) тушения с применением газообразного азота. Аналогичная схема тушения может быть использована в случае объемного тушения лития газообразным аргоном.

При этом порядок действий по тушению аргоном следующий:

- обнаружение пожара и сброс избыточного давления в течение не более 5 мин за счет работы противодымной вентиляции;
- подача инертного газа после снижения давления до давления окружающей среды при постоянном давлении в объеме помещения (количество газа-1,5 объема помещения, кратность противодымной вентиляции при этом равен кратности подаваемого газа и составляет 2-10 объемов на объем помещения в час);
- отключение вентиляции после подачи газа и снижения концентрации кислорода меньше 5 %;
- дополнительная подача инертного газа для поддержания в объеме постоянного давления и температуры по мере снижения температуры в помещении.

После снижения температуры металла ниже его температуры плавления происходит разгерметизация помещения при постоянном контроле за возможными выбросами аэрозолей.

Ввод инертного газа необходимо осуществлять не менее чем в четырех точках помещения (желательно по всему периметру из верхней части).

Герметичность помещения, в котором должно быть обеспечено тушение, определяется по расходу прокачиваемого вентиляционной

системой воздуха при перепаде давлений снаружи и внутри помещения, равном 50 мм вод. ст. В ходе тушения необходимо снизить температуру в помещении до значения в 1,5 раза ниже температуры самовоспламенения.

Таким образом, определены наиболее эффективные средства и способы тушения литья, выявлены особенности тушения химических источников тока с наличием литья, определены условия и последовательность действий при тушении литья газовым составом в закрытом объеме. Полученные результаты могут стать основой для проектирования систем тушения литья в конкретных условиях его обращения на производстве и при хранении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ.
2. *Коган Б.И.* Литий: Области освоенного и возможного применения. М.: ВИНТИ, 1960. 111 с.
3. Краткий справочник химика / сост. *В.И. Перельман*. М.; Л.: Химия, 1964. 620 с.
4. Химия: справ. изд. / В. Шретер, К.-Х. Лаутеншлегер, Х. Бибрак [и др.]; пер. с нем. М.: Химия, 1989. 648 с.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации установок, работающих со щелочными металлами: утв. М-вом Рос. Федерации по атомной энергии 29.05.95. Обнинск, 1995. 143 с.
6. Химический энциклопедический словарь / гл. ред. *И.Л. Кнунянц*. М.: Сов. энциклопедия, 1983. 792 с.
7. *Корольченко А.Я., Корольченко Д.А.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ.: в 2 т. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004.

УКД 699.812:666.972.16+691.6

***Н. В. Свинин***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОГНЕСТОЙКОСТЬ, ОГНЕЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ**

При проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, обеспечение огнестойкости металлоконструкций является актуальной и важной задачей. Огнестойкость незащищенных конструкций, выполненных из конструкционной стали составляет, как правило, 15 минут и вследствие чего ограничена зданиями VII-VIII степени огнестойкости. Для ее расширения используется огнезащита, в основном сущность которой заключается в создании теплозащитных экранов или

устройств, ограничивающих прогрев при пожаре. Наиболее оптимальным способом огнезащиты стальных каркасных конструкций, исходя из условий долговечности и надежности является конструктивная огнезащита. Одним из способов определения необходимых параметров огнезащиты стальных конструкций является проведение теплотехнических расчетов по температурному прогреву сечения конструкции до критической температуры, основанных на результатах стандартных испытаний и как правило, рассматривают прогрев одиночного элемента и основаны лишь на теплотехнических характеристиках целостной конструкции. В процессе расчета не учитывается влияние на время прогрева, деформаций и возможное нарушение целостности конструктивной огнезащиты вследствие разрушения смежных конструкций.

**Ключевые слова:** степень огнестойкости, огнестойкость, огнезащита.

*N. V. Svinin*

## **FIRE RESISTANCE, FIRE PROTECTION OF BUILDING STRUCTURES AND MATERIALS**

In the design, construction and operation of buildings, ensuring fire resistance of metal structures is an urgent and important task. Fire resistance of unprotected structures made of structural steel is usually 15 minutes and is therefore limited to buildings of VII-VIII degree of fire resistance. For its expansion, fire protection is used, mainly the essence of which is to create heat shields or devices that limit heating in case of fire. The most optimal way of fire protection of steel frame structures, based on the conditions of durability and reliability is structural fire protection. One of the ways to determine the necessary parameters of the metalwork fire protection is to conduct thermal calculations temperature heating section of the structure to the critical temperature based on the results of standardized tests and usually consider the heating of a single element and is based only on the thermal characteristics of an integrated design. The calculation process does not take into account the effect on the heating time, deformation and possible violation of the integrity of the structural fire protection due to the destruction of adjacent structures.

**Keywords:** degree of fire resistance, fire resistance, fire protection

Пределы огнестойкости определяются в условиях стандартных испытаний по методикам, установленным нормативными документами по пожарной безопасности. Допускается пределы огнестойкости конструкций, аналогичных по форме, материалам, конструктивному исполнению строительным конструкциям, прошедшим огневые испытания, определять расчетно-аналитическими методами, установленными нормативными документами.

Класс пожарной опасности строительных конструкций должен соответствовать классу конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков.

Класс конструктивной пожарной опасности здания: C0, C1, C2, C3.

Класс пожарной опасности строительных конструкций: К0, К1, К2, К3.

Так же строительные материалы разделяют на группы такие как: НГ - негорючие; Г1 - слабогорючие; Г2 - умеренногорючие; Г3 - нормальногорючие; Г4-сильногорючие; В1 - трудновоспламеняемые; В2- умеренновоспламеняемые; В3 - легковоспламеняемые; РП1 - нераспространяющие; РП2 - слабораспространяющие; РП3 - умереннораспространяющие; РП4 - сильнораспространяющие; Д1 - с малой дымообразующей способностью; Д2 - с умеренной дымообразующей способностью; Д3 - с высокой дымообразующей способностью; Т1 - малоопасные; Т2 - умеренноопасные; Т3 - высокоопасные; Т4 - чрезвычайноопасные.

Строительные конструкции зданий и сооружений при нормальных условиях эксплуатации сохраняют необходимые рабочие качества в течение десятков лет. В условиях огневого воздействия конструкции достаточно быстро утрачивают свои эксплуатационные свойства, теряют несущую и теплоизолирующую способность, а также целостность. Воздействие высоких температур во время пожара и прилагаемые на конструкции нагрузки интенсивно развивают температурные деформации и деформации ползучести, что приводит к быстрой потере устойчивости. Частые происшествия, связанные с возникновением пожаров в зданиях, обуславливают необходимость введения комплекса организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Огнезащита строительных конструкций является составной частью системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты в части организации геометрической неизменяемости и устойчивости конструкций при пожаре. Основная задача огнезащиты строительных конструкций состоит не в устранении пожара, а в ограничении распространения огня и продуктов горения, а также уменьшения их влияния на несущие конструкции. При этом решаются две главные задачи: 1) повышается эксплуатационная устойчивость зданий и сооружений за счет увеличения огнестойкости строительных конструкций; 2) предотвращается распространение огня и продуктов горения, что обеспечивает безопасную эвакуацию из горящего объекта.

К несущим элементам здания или сооружения относятся конструкции, обеспечивающие его общую устойчивость, геометрическую неизменяемость при пожаре:

- несущие стены;
- колонны;
- балки перекрытий;
- ригели;
- рамы;
- арки;

- диафрагмы жесткости.

Классификация зданий по степени огнестойкости осуществляется в соответствии с существующими отраслевыми нормами и правилами и зависит от назначения зданий, их площади, этажности, взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности производств, а также функциональных процессов.

Способы огнезащиты металлических конструкций:

Для металлоконструкций характерно снижение жесткости и прочности с последующим переходом в пластичное состояние. С целью повышения предела огнестойкости металлоконструкций применяют:

### 1. Обетонирование, облицовка из кирпича

Применение огнезащиты металлических конструкций при помощи бетона и кирпичной кладки наиболее рационально, когда одновременно с огнезащитой конструкций требуется произвести их усиление, например, при реконструкции зданий. Кирпичную облицовку применяют для огнезащиты вертикально расположенных конструкций. Армирование огнезащитной облицовки из кирпича назначают с учетом усиления связи в углах кирпичной кладки. Диаметр стержней арматуры принимают не более 8 мм.

При использовании облицовки из кирпича следует выполнять защиту металлоконструкций от коррозии в соответствии со СНиП 2.03.11–85. Армирование огнезащитного слоя бетона может быть разнообразным в зависимости от толщины слоя и требуемой степени усиления конструкции. Облицовки из бетона и кирпичной кладки обеспечивают максимально возможный предел огнестойкости, они устойчивы к атмосферным воздействиям и агрессивным средам. Но эти способы огнезащиты связаны с трудоемкими опалубочными и арматурными работами, малопроизводительны, значительно утяжеляют каркас здания и увеличивают сроки строительства. Кроме того, эти способы неприменимы для огнезащиты несущих конструкций перекрытий (фермы, балки) и связей по колоннам и фермам.

### 2. Листовые и плитные облицовки и экраны

Для устройства облицовок металлических конструкций могут использоваться листовые и плитные теплоизоляционные материалы, например, гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, асбестоцементные и перлита-фосфогелиевые плиты, плиты на основе вспученного вермикулита. Для крепления листовых и плитных материалов к металлической конструкции приваривают крепежные элементы. Устройство данного средства огнезащиты не требует очистки поверхности защищаемых конструкций от ранее нанесенных лакокрасочных покрытий. По данным ВНИИПО и ЦНИИСК им. Кучеренко, с помощью листовых и плитных облицовок обеспечивается предел огнестойкости до 2,5 часов.

Листовые и плитные облицовки и экраны практически применимы для колонн, стоек и балок. Но для ферм перекрытия и связей применение этих средств огнезащиты неэкономично. Так же ограничивают применение листовых и плитных облицовок значительный перерасход материала при низком уровне требуемых пределов огнестойкости защищаемых конструкций и высокий уровень паропроницаемости.

### 3. Штукатурки

Использование цементно-песчаной штукатурки обусловлено такими преимуществами, как низкая стоимость материалов для приготовления состава, обеспечение значительного предела огнестойкости защищаемой конструкции (до 2,5 часов), устойчивость к атмосферным воздействиям. В то же время данное средство огнезащиты имеет ряд недостатков, ограничивающих его применение. К ним относятся: большая трудоемкость работ по нанесению покрытия из-за необходимости армирования стальной сеткой; увеличение нагрузок на фундаменты зданий за счет утяжеления каркаса; необходимость применения антикоррозионных составов. Кроме того, штукатурки не отвечают эстетическим требованиям и не могут быть нанесены на конструкции сложной конфигурации (фермы, связи и т. д.). Стремление снизить массу штукатурного покрытия привело к разработке легких штукатурок с содержанием асбеста, перлита, вермикулита, фосфатных соединений и других материалов. Однако снижение массы приводит к появлению недостатков, свойственных облегченным штукатуркам: снижение конструктивной прочности, недостаточная адгезия к покрываемой поверхности. Следует отметить, что штукатурные смеси на жидком стекле, извести и гипсе могут использоваться в помещениях с относительной влажностью не более 60 %.

Применение огнезащиты строительных конструкций, а также расчеты конструкций на огневое воздействие стали обязательными в большинстве случаев. Конструкции без огнезащиты деформируются и разрушаются под действием напряжений от внешних нагрузок и температуры. Огнезащита, блокирующая тепловой поток от огня к поверхности конструкций, позволяет сохранить их работоспособность в течение заданного времени.

Выбор вида огнезащиты осуществляется с учетом режима эксплуатации объекта защиты и установленных сроков эксплуатации огнезащитного покрытия

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27331-87 ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА. Классификация пожаров
2. В.В. Терещенко Справочник руководителя тушения пожара. Москва 2004.
3. А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения

4. Пособие по определению пределов огнестойкости строительных конструкций, параметров пожарной опасности материалов. Порядок проектирования огнезащиты.

5. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты

6. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности

УДК 614.846

*А. П. Сизов, В. А. Комельков, М. А. Колбашов, Л. А. Гусев*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно – спасательная академия ГПС МЧС  
России

## **К УВЕЛИЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКЕ**

В работе представлены предложения по совершенствованию сальникового уплотнения в насосном оборудовании с целью повышения его герметичности.

**Ключевые слова:** сальник, трение, герметичность, надёжность, уплотнение, перепад давления.

*A. P. Sizov, V. A. Komelkov, M. A. Kolbashov, L. A. Gusev*

## **TO INCREASE THE RELIABILITY OF PUMPING EQUIPMENT IN FIRE ENGINEERING**

The paper presents proposals for improving the oil seal in pumping equipment in order to improve their tightness.

**Keywords:** oil seal, friction, tightness, reliability, seal, pressure drop.

Особое место в разработке и внедрении в практику при использовании в качестве основного рабочего тела наноматериалов занимают материалы искусственного происхождения, обладающие магнитными свойствами, и жидкости. В этом случае такой материал может использоваться в качестве уплотнения вращающихся валов. Такие уплотнения были созданы авторами [1], прошли испытания и были внедрены в вакуумной технике, биологии, химии, текстильной промышленности и электрических машинах для защиты подшипников от абразивных частиц окружающей среды и уменьшения износа втулки валов, которые обычно устанавливают в асинхронных двигателях серии 4А. Проводятся также работы по внедрению магнитожидкостных уплотнений (далее – МЖУ) в турбогенераторах с

водородным охлаждением с целью предотвращения утечки водорода, в результате которой возможен взрыв.

В пожарной технике широко используются уплотнительные устройства для герметизации узлов, работающих в контакте с жидкими и газовыми средами. Условия работы таких устройств должны гарантировать их высокую надёжность как в рабочем состоянии, так и дежурном режиме. От качества работы таких уплотнений, работающих в статическом и динамическом режимах, зависит безотказная работа техники, которая работает при ликвидации ЧС. Оборудование, машины, работающее при ликвидации ЧС, эксплуатируются в сложных условиях, определяемых взрывами, пожарами, при воздействии повышенной температуры. Для ликвидации пожара часто используются вода, пена, порошок и газ. Водяное пожаротушение является наиболее дешевым и эффективным способом ликвидации пожара. Однако, насосы и другое оборудование при водяном пожаротушении должно быть герметичным как в рабочем режиме, так и в дежурном. Наибольшее распространение для герметизации вала насоса получили сальниковые уплотнения.

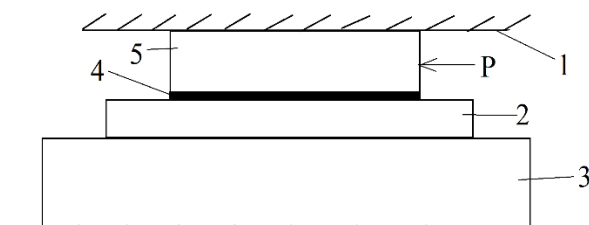


Рисунок 1 - 1 – корпус насоса; 2 – металлокерамическая втулка; 3 – вал; 4 – смазочный материал; 5 – сальниковая набивка

Показатель герметичности сальниковой набивки обычно является главным показателем надёжности работы для сальникового уплотнения. Герметичность сальниковой набивки возможно увеличить, если она контактирует с поверхностью, имеющей малый коэффициент трения, (рис. 1) и способна выделять смазочный материал.



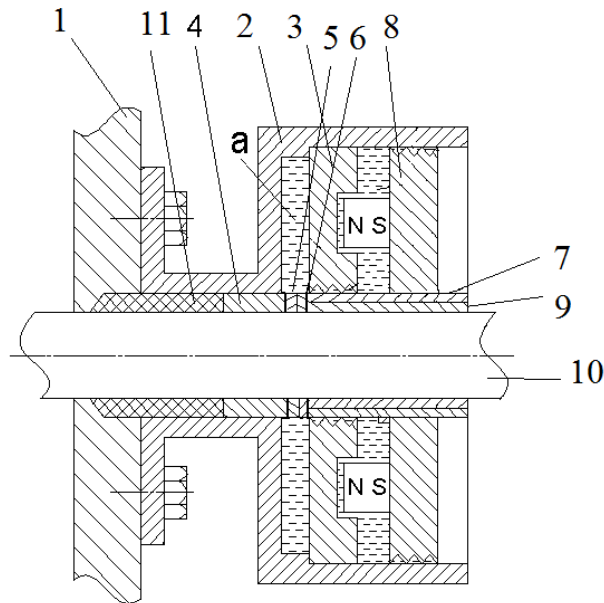


Рисунок 2 – Конструкция уплотнения

Деформация сальниковой набивки происходит под действием силы  $P$ , создаваемой за счёт воздействия силового элемента или под действием передвижения полюса, как в конструкции уплотнения на рис. 1. В этом случае за счёт сжатия волокон материала набивки происходит увеличение её герметичности с одновременным возрастанием усилия прижатия набивки к поверхности втулки, которая на поверхности, соприкасающейся с набивкой, выделяет смазочный материал, в результате чего возрастает герметичность уплотнения. Для стабильности герметичности необходимо постоянное воздействие на сальниковый уплотнитель силы  $P$  по мере его выработки, что осуществляется в конструкции уплотнения рис. 2.

Уплотнение состоит из следующих элементов: корпус 1; водяного насоса на фланец которого помещен неподвижный корпус МЖУ 2, внутри корпуса расположен магнитопровод МЖУ 3 состоящий из неподвижного магнитопровода между внутренней поверхностью корпуса и обращенной к ней поверхностью неподвижного магнитопровода образована полость «а» для размещения в ней пары трения торцового уплотнения образованного нажимной втулкой 4, которая снабжена кольцом 5 выполненным из антифрикционного материала. Указанная втулка упирается также в антифрикционное кольцо 6, которое установлено во втулке 7. Названная втулка совмещена с подвижным магнитопроводом 8 и антифрикционной втулкой 9 соединенной с валом 10 с помощью шлицевого соединения, сальниковая набивка 11 помещена в корпус.

Можно привести пример работы данного МЖУ: при вращении вала 10 герметизация обеспечивается сальниковой набивкой 11, которая некоторое время подвергается износу. После остановки вала увеличивается зазор и герметичность уплотнения уменьшится. МЖУ воздействует на сальниковую набивку по мере её износа через торцовое уплотнение. Это

воздействие происходит при осевом перемещении подвижного полюса 8 по втулке 9. Торцовое уплотнение, созданное парами трения 5 и 6 предотвращает проникновение воды в магнитную жидкость, что способствует увеличению долговечности магнитной жидкости, находящейся в полости «а» и рабочих зазорах МЖУ. Магнитная жидкость, находящаяся в полости «а» способствует так же работе торцового уплотнения увеличивая долговечность.

Втулку вала целесообразно выполнять из материала, имеющего поры и обладающего магнитными свойствами, т.е. металлокерамический материал. Для сальникового уплотнения важно, чтобы долговечность сохранения герметичности была максимальная. На долговечность значительное влияние оказывает величина потерь в сальнике. Как известно из литературных источников момент трения, по данным [3], определяется как  $P_c$ .

$$P_c = \pi * \omega * r^2 * \vartheta * P_0 (e^{2afi} - 1) \quad (1)$$

где  $i = l/g$  – число колец набивки;

$\vartheta$  - длина кольца;

$f$  - коэффициент трения;

$a$  - принимают значение 0,5;

$\omega$  – угловая скорость;

$r$  – радиус.

Утечку для вращательного движения вала определяют по формуле:

$$G = \frac{9 \cdot 10^{-3} * d * P_0}{\mu * l} \quad (2)$$

здесь  $\mu$  - динамическая вязкость среды;

$P_0$  – перепад давления;

$l$  - длина набивки;

$d$  - диаметр вала в месте контакта с набивкой.

Коэффициент трения, определяющий величину потерь, изменяется в широких пределах и зависит от материала набивки, времени эксплуатации, состояния поверхности контактируемых деталей, условий смазки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магнитные жидкости в машиностроении / Д.В. Орлов, Ю.О. Михалёв, Н.К. Мышкин и др.: Под общ. Ред. Д.В. Орлова, В.В. Подгоркова. – М.: Машиностроение, 1993. – 272с.
2. Получена приоритетная справка по заявке № 2018136689 на патент РФ «Комбинированное магнитожидкостное уплотнение»
3. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / А.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.Б. Овандер и др.; Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. – М.: Машиностроение, 1986. – 464с.

УДК 614.841.41

*И. П. Сконин, О. Г. Циркина*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ПРОБЛЕМАТИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

Рассмотрены основные опасные производственные объекты, к которым относятся предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 № 116-ФЗ, обеспечение их пожарной безопасности

**Ключевые слова:** опасные производственные объекты, обеспечение пожарной безопасности, технический регламент, риск, нормативные документы

*I. P. Skonin, O. G. Tsirkina*

## **FIRE SAFETY PROBLEM IN HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES**

The main hazardous production facilities, which include enterprises or their shops, sites, platforms, and other production facilities in accordance with Federal Law No. 116-FZ of July 21, 1997, are considered, ensuring their fire safety

**Keywords:** Hazardous production facilities, fire safety, technical regulations, risk, regulatory documents

Понятие и виды опасных производственных объектов (ОПО) закреплены в Федеральном законе от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». В соответствии с указанным Законом [1] к опасным производственным объектам относятся предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых:

1. Получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются в указанных в приложении к Закону [1] количествах опасные вещества.

2. Используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля:

- пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии);
- воды при температуре нагрева более 115 градусов Цельсия;
- иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 мегапаскаля;

3. Используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов, подъемных платформ для инвалидов), эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, фуникулеры;

4. Получаются, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более;

5. Ведутся горные работы (за исключением добычи общераспространенных полезных ископаемых и разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, осуществляемых открытым способом без применения взрывных работ), работы по обогащению полезных ископаемых;

6. Осуществляется хранение или переработка растительного сырья, в процессе которых образуются взрывоопасные пылевоздушные смеси, способные самовозгораться, возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также осуществляется хранение зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья, склонных к самосогреванию и самовозгоранию.

Исходя из Закона [1], к опасным производственным объектам не относятся объекты электросетевого хозяйства, работающие под давлением природного газа или сжиженного углеводородного газа до 0,005 мегапаскалей включительно, сети газораспределения и сети газопотребления.

Проблематика обеспечения пожарной безопасности для данной категории объектов заключается в предъявлении более высоких требований, направленных на обеспечение безопасности людей. Каждый объект, относящийся к этой категории должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности [2], основными целями которой являются предотвращение пожаров, безопасность людей и защита имущества при пожаре.

В последние годы специалисты в области безопасности на промышленных производственных объектах пришли к выводу, что нет смысла использовать и изучать параллельно два направления в этой области: «промышленная безопасность» и «пожарная безопасность». Они взаимосвязаны и более того одно из них практически «поглощает» другое. Было принято решение ввести совершенно новую специализацию – «пожарная и промышленная безопасность». До объединения каждый из этих подходов развивался самостоятельно и лишь в 2012 году появились схожие диагностические технологии и методологии оценки рисков по обеспечению безопасности.

Как уже было сказано выше, основным нормативный документ, регламентирующий деятельность по обеспечению промышленной безопасности на предприятиях повышенной опасности появился в 1997 году – Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных

производственных объектов». Что касается пожарной безопасности, то в этой области только в 2008 году был принят Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Основной задачей закона о промышленной безопасности является решение следующих фундаментальных для этой сферы проблем: государственный контроль за поднадзорными опасными производственными объектами, обеспечение лицензионной и разрешительной деятельности, введение и совершенствование нормативного регламента. Это проявляется в том, что каждое предприятие, имеющее в своей структуре опасный производственный объект в обязательном порядке должно выполнить определённые функции:

- проведение процедуры регистрации ОПО;
- получение лицензии в соответствии с законодательством;
- декларирование промышленной безопасности;
- получение соответствующих страховых документов;
- реализация программы по повышению уровня квалификации специалистов в области пожарной безопасности (ПБ) и их аттестация;
- проведение необходимых экспертиз и сертификатов;
- осуществление производственного контроля и т.д.

Технический регламент, имеющий форму федерального закона и появившийся в 2008 году, впервые в Российской Федерации ввел не абстрактные значения допустимого риска чрезвычайных происшествий и аварий, проявляющихся в виде возгораний, пожаров и зачастую опасных взрывов, а совершенно конкретные – цифровые. Так, например, вероятность риска пожаров на территории ОПО не должна быть выше 1 на 1,0 млн. в течение года, а аналогичный показатель, только в отношении людей, находящихся в зоне, подверженной этому виду аварии, составляет уже 1 на 100,0 млн.

Следующим принципиальным моментом в сфере обеспечения пожарной безопасности на производственных объектах является норма, которая в техническом регламенте прописана в ст.6, п.1 [3]. Она провозглашает следующий тезис – объект, с точки зрения пожарной безопасности, может считаться защищенным тогда, когда выполнены все профильные требования и нормы, предусмотренные федеральным законодательством, а риск возникновения пожара на нем не превышает допустимые уровни, установленные техническим регламентом. Появившаяся вероятность соблюдения норм и требований к пожарной безопасности производственного объекта с помощью расчета допустимого риска возникновения возгораний, пожаров и разрушительных последствий этих негативных явлений, привела к тому, что резко повысились требования к компетенции этой сфере специалистов. Только высокопрофессиональные специалисты в состоянии качественно провести эти расчеты. А их недостаточная подготовка, халатность или ошибка может привести к необратимым последствиям.

Таким образом, чтобы обнаружить недостатки в обеспечении безопасности людей на опасных производственных объектах, предложить грамотные, эффективные решения по их устранению, нужно уметь анализировать вероятность воздействия на людей опасных факторов пожара, прогнозировать их поведение в условиях пожара и продолжительность эвакуации, определять основные направления защиты людей от последствий пожара и знать конкретные требования пожарной безопасности по этим направлениям [2,4].

Федеральным законом от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [3] установлено, что обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства, в связи с этим государство через нормативные правовые акты и нормативные документы регулирует вопросы обеспечения пожарной безопасности опасных производственных объектов на всех этапах, начиная от проектирования и строительства и, безусловно, в процессе их функционирования (эксплуатации).

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Федеральный закон от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
4. Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390.

УДК: 614.846.63

*В. В. Смирнов, А. Д. Семенов, И. С. Бачихин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ**

Техническая готовность пожарных машин и оборудования определяется техническим состоянием, которое оценивается по степени исправности и изношенности деталей и узлов. В работе показано, что использование предпусковых подогревателей системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания позволит уменьшить влияние отрицательной температуры на износ деталей агрегатов и механизмов пожарных машин.

**Ключевые слова:** пожарная машина, двигатель внутреннего сгорания, предпусковой подогреватель.

*V. V. Smirnov, A. D. Semenov, I. S. Bachihin*

## **THE APPLICATION OF THE HEATER TO THE ENGINE COOLING SYSTEM OF THE FIRE TRUCK**

Technical readiness of fire engines and equipment is determined by the technical condition, which is estimated by the degree of serviceability and wear of parts and assemblies. The paper shows that the use of preheaters of the cooling system of internal combustion engines will reduce the influence of negative temperature on the wear of parts of units and mechanisms of fire engines.

**Keywords:** fire engine, internal combustion engine, pre-heater.

Важнейшую роль в обеспечении пожарной безопасности населения, объектов и территорий играют основные пожарные автомобили, прежде всего автоцистерны, которые участвуют в тушении свыше 90% пожаров [1].

К холодной климатической зоне относятся 80% территории России. Климатические особенности этой зоны самым существенным образом сказываются на реализации потенциальных свойств пожарных автомобилей и входящих в их комплектацию элементов пожарного оборудования. По многочисленным оценкам на часть износов при пуске двигателя приходится от 10 до 60 % от суммарного эксплуатационного износа [1].

Наибольшее влияние на работу агрегатов и узлов оказывает температура окружающего воздуха. При температурах ниже 0 °С возникает опасность замерзания воды в системе охлаждения двигателей пожарных автомобилей и мотопомп, ухудшается испаряемость топлива, увеличивается вязкость масла в картере двигателя, агрегатах силовой передачи и

специальных агрегатах, уменьшается напряжение на клеммах аккумуляторных батарей и ее емкость.

В связи с этим ухудшаются условия запуска двигателей. Для облегчения запуска двигателя в зимнее время необходимо применять такие масла, у которых вязкость с понижением температуры изменяется незначительно.

В зимнее время запуск двигателя ухудшается также из-за недостаточного напряжения, подводимого к свечам зажигания, большой плотности воздуха, наличия на электродах свечи жидкого топлива, а также низкой температуры свечей.

Авторами [1] показано, что наибольшее влияние низкая температура оказывает на износ деталей агрегатов и механизмов. Так, например, при понижении температуры воды в системе охлаждения двигателя с  $+75^{\circ}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  при прочих равных условиях износ увеличивается в 1,6 раза, а если температура понижается до  $+25^{\circ}\text{C}$  - почти в 5 раз. Это происходит вследствие изменения физико-химических свойств масла на поверхности трения.

Особенно сильный износ происходит при запуске холодного двигателя. Это объясняется тем, что повышенная вязкость масла и недостаточная подача его к трущимся поверхностям увеличивает силы трения. Кроме того, в цилиндрах холодного двигателя происходит конденсация паров бензина. Неиспарившееся топливо смывает со стенок цилиндра масляную пленку, создавая благоприятные условия для механического и коррозионного износов.

Поэтому, применение устройств предпускового подогрева двигателя автомобиля при эксплуатации в условиях холодного климата должно быть эффективным за счет снижения износа двигателя при пуске.

В настоящее время промышленностью выпускается несколько видов подогревателей двигателей внутреннего сгорания (ДВС), которые можно разделить на группы:

- жидкостные автономные;
- электрические.

Анализ литературы [2] показал, что наиболее часто применяемым является жидкостной автономный подогреватель Webasto, Hydronic, Теплостар и т.д., устройство которого представлено на рисунке 1.

Автономные предпусковые подогреватели устанавливают в моторном отсеке, после чего они также подключаются к системе охлаждения двигателя. Для разогрева жидкости в качестве источника тепла используются продукты сгорания топливно-воздушной смеси в камере сгорания. Тепло через стенки теплообменника передается охлаждающей жидкости, которая прокачивается через систему охлаждения двигателя автомобиля.



Подогреватель может работать по одной из двух программ: «экономичной» или «предпусковой». Экономичная программа отличается меньшей потребляемой мощностью.

По заданной программе происходит предварительная продувка камеры сгорания и разогрев до необходимой температуры свечи накаливания. Затем подается топливо и воздух. В камере сгорания начинается процесс горения. Контроль горения осуществляет индикатор пламени. Всеми процессами при работе подогревателя управляет блок управления.

Предпусковой жидкостный подогреватель снижает износ шатунно-поршневой группы, при пуске холодного двигателя в самый сильный мороз. Предпусковой жидкостный подогреватель применяется с целью разогрева двигателя автомобиля перед его запуском. По своей конструкции это мощные и производительные котлы, способные, нагревая жидкость в системе охлаждения, полноценно прогреть не только двигатель, но и салон автомобиля.

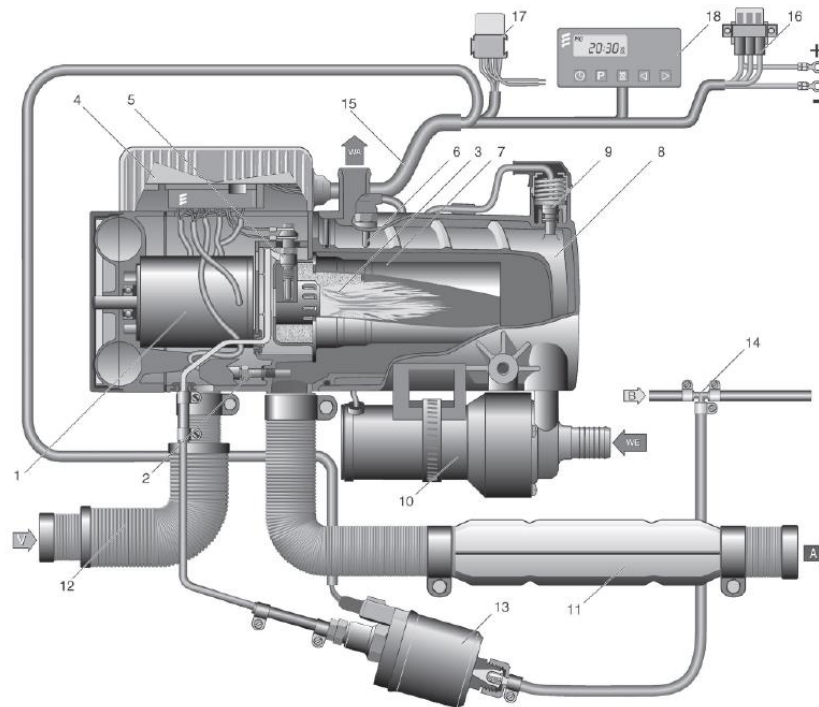


Рисунок 1 - Автономный подогреватель Eberspächer HYDRONIC M:

- 1 - воздушный нагнетатель воздуха; 2 - датчик опознания воспламенения; 3 - камера сгорания топливной смеси; 4 - блок управления подогревателем Eberspächer HYDRONIC;
- 5 - свеча накала для воспламенения топливной смеси; 6 - датчик температуры тосола; 7 - завихрительная камера с самой большой температурой; 8 – теплообменник; 9 - аварийный датчик при критическом перегревании тосола; 10 - помпа тосольная; 11 - шумопоглотитель выхлопа; 12 - воздушный фильтр на всасываемый в камеру воздух; 13 - импульсный насос топлива; 14 - тройник врезки в магистраль для забора топлива; 15 - провода в жгуте; 16 - колодка для предохранителя; 17 - реле подключения штатной печки автомобиля; 18 - пульт, таймер

Таким образом, одним из основных условий, определяющих боеспособность пожарных подразделений, является постоянная техническая исправность и готовность к работе пожарных машин и оборудования [2-4].

Техническая готовность пожарных машин и оборудования определяется техническим состоянием, которое оценивается по степени исправности и изношенности деталей и узлов. Пожарная машина считается технически исправной, если она полностью соответствует правилам технической эксплуатации. Техническое состояние пожарных машин в процессе эксплуатации изменяется в результате износа, поломок и других неисправностей деталей, механизмов и агрегатов. Это приводит к ухудшению эксплуатационно-технических качеств машины.

Использование предпусковых подогревателей системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания позволит уменьшить влияние отрицательной температуры на износ деталей агрегатов и механизмов пожарных машин, что повысит безотказность в процессе эксплуатации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бубырь Н.Ф.* Машины и аппараты пожаротушения. – Москва: 1972. – 521 с.
2. Подогреватели предпусковые дизельные / Diesel engine preheaters 14ТС-10-24-С, 14ТС-10-12-С. Руководство по эксплуатации. – 2016. – 22 с.
3. Приказ 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».
4. Приказ 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».

УДК: 541.64:546:542.943: 544.475

*М. Р. Содикова*

Ташкентский химико-технологический институт, г.Ташкент, Узбекистан

## **ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ИНГИБИТОРАМИ КОРРОЗИИ И ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Предотвращение аварии и решения, проблемы повышения безопасности эксплуатации химического технологического оборудования и емкостей, предназначенных для хранения отработанных химических реагентов и защиты технологического оборудования и конструкций от коррозии зависит от эффективности и технологичности противокоррозионной защиты.

**Ключевые слова:** ингибитор коррозии, технологическое оборудование, технические конструкции, промышленная безопасность, пожаровзрывоопасные вещества, аварийность.

*М. R. Sodikova*

## **PROTECTION OF METALS BY CORROSION INHIBITORS AND INCREASING RESOURCE OF SAFE OPERATION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT AND TECHNICAL DESIGNS**

Accident prevention and solutions, problems of improving the safety of the operation of chemical technological equipment and tanks designed to store spent chemicals and protecting technological equipment and structures from corrosion depends on the effectiveness and manufacturability of corrosion protection.

**Keywords:** corrosion inhibitor, technological equipment, technical structures, industrial safety, fire and explosion hazard substances, accident rate.

Различные отрасли промышленности, существующие и новые технологии в строительстве, металлургии, нефтехимии и нефтепереработке используемые металлические технологические оборудования и технические конструкции заставляют задуматься о проблемах их защиты от коррозии.

В связи с этим исследования по созданию и изучению свойств, а также применению ингибиторов коррозии не теряют свою актуальность и являются важной научно-технологической задачей [1-3].

Для решения проблем защиты технологического оборудования и конструкций от коррозии в различных отраслях промышленности на сегодняшний день исследовано несколько тысяч эффективных ингибиторов и ингибирующих композиций, основные сведения о которых обобщены в справочнике и в последующих публикаций [4-10] автора.

На сегодняшний день перед производителями остро стоит вопрос надежности и долговечности, а также повышение ресурса безопасной эксплуатации технологического оборудования и технических конструкций в связи, с чем различные отрасли индустрии испытывают дефицит в эффективных средствах защиты от коррозии многофункционального и многоцелевого назначения, отличающихся своей доступностью и низкой себестоимостью за счет использования вторичного сырья имеющего необходимого количества активных групп.

Опыт проведения противокоррозионных мероприятий на объектах нефтеперерабатывающей промышленности и результаты многочисленных научных исследований показали, что одним из наиболее эффективных и технологически несложных способов уменьшения потерь металла от коррозии является ингибиторная защита, позволяющая повысить надежность и долговечность оборудования без существенного вмешательства в производственный процесс [1, 3, 4].

Промышленная безопасность современных химических и нефтедобывающих предприятий во многом определяется эксплуатационной надежностью технологического оборудования и нефтепромысловых объектов, наиболее представительными из которых являются трубопроводы систем сбора скважинной продукции и поддержания пластового давления. Данные объекты относятся к опасным производственным объектам и требуют повышенного внимания к обеспечению их надежности и безотказности. Аварии химического технологического оборудования и нефтепромысловых трубопроводов сопряжены с выбросами в окружающую среду значительного количества вредных и пожаровзрывоопасных веществ и материалов оказывающие отрицательное воздействие на окружающую среду, сопровождаются значительными потерями добываемой продукции и нарушениями технологического процесса.

В связи с этим решение проблемы повышения безопасности эксплуатации химического оборудования, предназначенных для хранения отработанных химических реагентов и нефтепромысловых трубопроводов во многом зависит от эффективности средств противокоррозионной защиты. Одним из наиболее эффективных и технологичных методов противокоррозионной защиты металлов, является ингибиторная защита. Однако, несмотря на значительные успехи в области применения этого вида, предотвращения разрушений технологического оборудования и конструкций их аварийность из-за коррозии металлов сохраняется на достаточно высоком уровне, что делает актуальным вопрос повышения эффективности технологии ингибиторной защиты.

Большой спрос и значительные объемы потребления ингибиторов коррозии, определяют важность расширения сырьевой базы их производства и создания композиций с высокими ингибирующими свойствами на основе доступных и дешевых продуктов в условиях рынка. В связи с этим представляло интерес использование вторичных продуктов

производства или кубовых остатков основного органического синтеза, способствующее созданию безотходных производств и технологий.

Условия получения ингибирующих композиций на основе ВППК и различных вторичных продуктов органического происхождения представлены в таблице.

Таблица 1 - Условия получения ингибирующих композиций на основе ВППК и различных вторичных продуктов органического происхождения

Условия получения ингибиторов коррозии стали на основе ВППК и ГС/СЖК/ДЖК												
Состав*	Количество вводимого компонента, мас. %				Температура реакции, К			Продолжительность синтеза, ч				
	ВППК (вторичный продукт производства капролактама)				t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>					
	ВППК	ПЭПА	ПЭПА/ЭДА	ПЭПА/ТЭПА				τ <sub>1</sub>	τ <sub>2</sub>	τ <sub>3</sub>		
1/2/3	50	50	25/25	25/25	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
4/5/6	70	30	15/15	15/15	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
7/8/9	30	70	35/35	35/35	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
10/11/12	90	10	5/5	5/5	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
13/14/15	10	90	45/45	45/45	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
	ГС (госсиполовая смола), СЖК/ ДЖК				t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	τ <sub>1</sub>	τ <sub>2</sub>	τ <sub>3</sub>		
16/17/18	50/50/50	50	25/25	25/25	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
19/20/21	70/70/70	30	15/15	15/15	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
22/23/24	30/30/30	70	35/35	35/35	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
25/26/27	90/90/90	10	5/5	5/5	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
28/29/30	10/10/10	90	45/45	45/45	413-423	453-503	503-518	6	3	1		
*в полученные составы (композиции) при синтезе добавляли ВПЭТФ (вторичный полиэтилентерефталат)												
Степень защиты (z, %) ингибирующих композиций (составов) стали Ст.3 в кислых средах при различном содержании их в агрессивной среде												
Состав	Содержание ингибитора в среде, мас. %				Защитный эффект, % при 353 К							
					в 4 н. HCl				в 4 н. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			
1	0,25	0,35	0,4	0,5	96,9	97,7	98,5	99,3	93,8	93,7	не опр	не опр
7	0,25	0,35	0,4	0,5	92,9	93,8	94,3	95,1	90,1	90,0	89,2	88,9
14	0,25	0,35	0,4	0,5	81,7	83,5	84,9	86,0	80,8	80,1	80,2	80,2
16	0,25	0,35	0,4	0,5	95,9	97,0	97,5	98,6	92,8	92,7	92,2	92,0
22	0,25	0,35	0,4	0,5	91,9	92,7	93,1	94,2	88,8	88,9	88,2	88,0

В предлагаемых композициях наличие ВППК, ГС, СЖК, ДЖК и ВПЭТФ способствует формированию пленки т.е. обеспечивает адсорбцию и экранирование поверхности металла, обеспечивающий барьер на границе металл- агрессивная среда. Наличие в композициях ВППК способствуют проявлению синергетического эффекта в исследуемой коррозионно-активной среде. Использование ВПЭТФ приводит к образованию дополнительного защитного слоя в виде пленки, которые наряду с эффектом торможения проявляют и блокировочные эффекты. В целом можно предположить, что предлагаемые композиции обладают свойством так называемого внутримолекулярного синергизма, ввиду того, что композиции

содержат противоположные по заряду или полярности группы, каждая из которых способна к адсорбционному взаимодействию с поверхностью корродирующего металла.

Основная причина высокой эффективности предлагаемых композиций как ингибиторов, это создание плотного адсорбционного слоя на поверхности корродирующего металла и возможно сложение химических и физических ингибирующих эффектов.

Композиции (составы 16-30) также исследованы в качестве ингибиторов коррозии стали Ст.20 в 15 % HCl результаты которых показали, что предлагаемая композиция дает положительный результат и защитный эффект ( $\eta$ ) составляет 86,0%. Немаловажным качеством ингибиторов коррозии является сохранение ингибирующих свойств при повышенных температурах, в связи с чем проведены исследования при температуре 333 и 373 К.

Достаточно высокие защитные свойства придают композиции и присутствие остаточного полиэтиленполиамина, диэтилентриамина, триэтил-ленпентамина и др аминов, присутствие которого также способствует адсорбционному взаимодействию с поверхностью корродирующего металла за счет наличия в них полярных групп, которые адсорбируются на металл благодаря донорно-акцепторным и водородным связям.

Проведенные исследования способствуют получения композиционных и олигомерных материалов (ингибиторов коррозии) с заданными физико-химическими и эксплуатационными свойствами, а также решению противопожарной защиты технологического оборудования (трубопроводов для транспортировки нефти и газа) и систем обеспечения пожаровзрывобезопасности таких отраслей промышленности как химическая и нефтеперерабатывающая.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жук, Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов: учебное пособие для вузов / Н.П. Жук. - М. : Альянс, 2006. - 472 с.
2. Ангал, Р. Коррозия и защита от коррозии / Р. Ангал. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 344 с.
3. Хайдерсбах, Р. Защита от коррозии и металловедение оборудования для добычи нефти и газа / Р. Хайдерсбах, пер. с англ. под ред. Ф.М. Хуторянского. -СПб. : Профессия, 2015. - 480 с.
4. Алцыбеева, А. И. Ингибиторы коррозии металлов : справочник / А. И. Алцыбеева, С. З. Левин.- Л. : Химия, 1968. - 264 с.
5. Бурлов, В.В. Защита от коррозии оборудования НПЗ / В.В. Бурлов, А.И. Алцыбеева, И.В. Парпуц. - СПб. : Химиздат, 2005. - 248 с.
6. Altsybeeva A.I., Burlov V.V., Kuzinova T.M. et al. Amide-imidazoline Corrosion Inhibitors: Peculiarities of Behavior in Water-Petroleum Environments // Proc. of 10th Europ. Symp. on Corrosion Inhibitors. Ann. Univ. Ferrara, N. S. - 2005. - V.2. - P. 551-558.

7. *Алцыбеева, А.И.* Особенности поведения амидоимдазолиновых ингибиторов коррозии в водно-углеводородных средах / А.И. Алцыбеева [и др.] // Коррозия: материалы, защита. - 2006. - № 1. - С. 25-30.

8. *Агрес, Э. М., Алцыбеева, А. И.* Испарение летучих ингибиторов атмосферной коррозии из полимерных материалов и прогнозирование их эффективности, / Коррозия: материалы, защита, 2010, № 4.- С. 19-26

9. *Алцыбеева, А. И., Бурлов, В. В., Кузинова, Т. М., Палатик, Г. Ф., Федорова, Н. С.* Исследование адсорбции ингибиторов на стали в водном растворе электролита / Коррозия: материалы, защита, 2011, № 4.- С. 33-38

10. *Бурлов, В.В.* Система защиты от коррозии оборудования переработки нефти / В.В. Бурлов, А.И. Алцыбеева, Т.М. Кузинова ; под ред. А.И. Алцыбеевой. - СПб. : Профессия, 2015. - 336 с.

УДК 614.847.9

*Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров, О. Г. Циркина, С. Н. Ульява*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕГО ПРОСТРАНСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ПОЖАРНЫХ**

В статье представлена система контроля параметров внутреннего пространства специальной защитной одежды пожарного, предназначенная для обеспечения контроля и предупреждения предельно допустимых значений тепловых и физиологических параметров, а также поиска и обнаружения личного состава пожарно-спасательных подразделений, попавшего в экстремальную ситуацию и утратившего возможность дальнейшего самостоятельного передвижения.

**Ключевые слова:** боевая одежда пожарного, теплозащитные свойства, пакет материалов, специальная защитная одежда пожарного, система активной безопасности, система контроля, защита пожарного.

*D. V. Sorokin, A. L. Nikiforov, O. G. Tsirkina, S. N. Ulieva*

## **CONTROL SYSTEM OF PARAMETERS OF INTERNAL SPACE OF SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING FOR PREVENTION OF INDUSTRIAL INJURIES OF FIREFIGHTERS**

The article presents a system of control parameters of the internal space of special protective clothing fire, designed to ensure control and prevention of the maximum permissible thermal and physiological parameters, as well as search and detection of personnel of fire and rescue units caught in an extreme situation and lost the ability to further independent movement.

**Keywords:** firefighter's combat clothing, heat-protective properties, package of materials, special firefighter's protective clothing, active safety system, control system, firefighter's protection.

Высокий уровень травматизма пожарных диктует необходимость разработки новых систем обеспечения безопасной работы. До недавнего времени все усилия по разработке средств защиты пожарного сводились к проектированию и модернизации специальной защитной одежды и средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), направленных на обеспечение безопасности пожарного без возможности прогнозирования и контроля предельно допустимых значений опасных факторов пожара. Такая система «пассивной» безопасности не позволяет в должной мере обеспечить безопасные условия работы пожарного.

В настоящее время разработано множество различных вариантов боевой одежды пожарного. Однако в пожарно-спасательные подразделения, как правило, поступают комплекты нижней ценовой категории, обладающие физико-механическими и теплофизическими показателями, находящимися на границе требуемых значений при сертификации. В процессе хранения и эксплуатации БОП изнашивается, изменяются её физико-механические и теплофизические показатели. Отсутствие методик оценки технического состояния боевой одежды в процессе эксплуатации приводит к тому, что зачастую применяются одежда, не обеспечивающая необходимого уровня защиты пожарного. Необходимо отметить, что и самая технологически совершенная боевая одежда верхней ценовой категории не позволяет полностью исключить вероятности получения травмы.

Одной из основных проблем при тушении пожара является быстро меняющиеся параметры окружающей среды, уровень воздействия и динамику изменения которых точно оценить без применения технических средств невозможно. Именно поэтому возникает необходимость разработки систем «активной» безопасности, позволяющих осуществлять контроль и прогноз предельно-допустимых значений параметров окружающей среды [1]

Боевая одежда пожарного (БОП) предназначена для обеспечения безопасных условий труда пожарных при воздействии опасных факторов пожара, а также неблагоприятных климатических воздействий [2].

Эксплуатационные факторы оказывают критическое влияние на снижение теплозащитных показателей БОП. Повышенная температура, тепловой поток на пожаре являются нестационарными величинами и постоянно изменяются во времени. Теплофизические свойства пакета материалов БОП также динамически изменяются по причине воздействия на них факторов, которые возникают в процессе эксплуатации, причем существенные изменения могут происходить на отдельных, местных участках. Сегодня устройства контроля уровня теплового воздействия на пожарного не применяются, и единственным способом оценки уровня теплового воздействия является восприятие органами чувств человека. Однако, на фоне перевозбуждения и повышения болевого порога, пожарный



может не замечать переносимые им опасные значения температур и, как следствие, получение ожоговых и тепловых травм [3].

Существующие системы активной тепловой защиты [4,5,6] основаны на принципе оценки уровня внешнего теплового воздействия. Определение температур в подкостюмном пространстве в таких системах осуществляется только на основании прогностической модели, не учитывающей неоднородность теплофизических свойств пакета материалов на различных участках БОП. Именно поэтому такие системы не могут быть эффективным решением обеспечения активной тепловой защиты пожарного.

Одним из перспективных решений обеспечения активной тепловой защиты пожарного является внедрение системы контроля параметров внутреннего пространства специальной защитной одежды пожарного (СЗОП), позволяющей производить контроль температурных значений на участках подкостюмного пространства, подверженных интенсивному нагреву.

Система контроля параметров внутреннего пространства специальной защитной одежды пожарного (далее система) предназначена для обеспечения контроля и предупреждения предельно допустимых значений тепловых и физиологических параметров, а также поиска и обнаружения личного состава пожарно-спасательных подразделений, попавшего в экстремальную ситуацию и утратившего возможность дальнейшего самостоятельного движения.

Система должна включать следующие узлы:

1. Узел управления системой;
2. Узел контроля температурных показателей;
3. Узел контроля физиологического состояния;
4. Узел контроля местоположения;
5. Узел сигнализации;
6. Узел передачи данных.

Узел управления системой служит для сбора и обработки данных, поступающих с контрольных устройств, и управления работой узлов сигнализации и передачи данных. Узел управления состоит из защищенного микрокомпьютера (ЗМК) с Bluetooth-модулем и литиевым аккумулятором.

Узел контроля температурных показателей служит для измерения температур внутренней поверхности пакета материалов БОП и передачи данных в узел управления. Узел контроля температурных показателей состоит из трех датчиков температуры (ДТ) с индивидуальными элементами питания и Bluetooth-модулями для передачи данных. Температурные датчики располагаются на внутренней поверхности пакета материалов БОП на участках, подверженных наибольшему нагреву (голова, кисть, надплечье).

Узел контроля физиологического состояния служит для контроля параметров состояния пожарного и уровня переносимых нагрузок. Узел контроля физиологического состояния состоит из датчика частоты

сердечных сокращений (ДЧСС), датчика неподвижного состояния (ДНС) и шины передачи данных в микрокомпьютер. ДЧСС размещается в общем корпусе устройства. Контроль ЧСС производится в области запястья. ДНС предназначен для оперативного определения бессознательного состояния пожарного.

Узел контроля местоположения служит для установления точного местоположения пожарного. Необходим для оперативного поиска и спасения пожарного в случае потери им пространственной ориентации в здании, а также нарушения его состояния здоровья. Узел состоит из GPS (ГЛОНАС) маяка и располагается в корпусе устройства.

Узел сигнализации служит для звукового и вибромеханического оповещения пожарного о наступлении предельно допустимых температурных показателей в подкостюмном пространстве БОП, а также для облегчения поиска и обнаружения пожарного в бессознательном состоянии. Узел сигнализации состоит из звуко- вибросигнализатора (ЗВС) в виде мощной однотональной пьезоэлектрической сирены и вибромотора, расположенных в корпусе устройства, а также шины для соединения с микрокомпьютером.

Узел передачи данных предназначен для передачи показателей контролируемых параметров на пульт управления посредством GSM-соединения. Узел состоит из передающего GSM-модуля и шины соединения с микрокомпьютером.

Аппаратурная схема системы представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Аппаратурная схема системы

Система работает по следующему принципу. После включения системы происходит автоматическая синхронизация устройств и переход системы в рабочий режим. Результат синхронизации устройств сопровождается световой и звуковой сигнализацией: устройства синхронизированы – короткий звуковой сигнал, зеленая индикация

светодиода на корпусе; устройства не синхронизированы – 3 коротких звуковых сигнала, красная индикация светодиода на корпусе устройства.

Работа системы осуществляется в двух режимах: 1 – «Рабочий» режим; 2 – режим «Тревога».

В рабочем режиме происходит сбор и обработка данных со всех датчиков системы, и транслирование их на пульт управления. Смена режимов может осуществляться как вручную, нажатием и удерживанием кнопки на корпусе устройства, так и в автоматическом режиме при достижении предельно допустимого значения одного из датчиков контроля.

Предельно допустимые значения показателей датчиков системы:

– для ДЧСС нижняя граница  $\leq 60$  уд./мин., верхняя граница  $\geq 170$  уд./мин [7,8];

– для ДНС время неподвижного состояния  $\geq 30$  с – предупреждающий сигнал для пожарного,  $\geq 45$  с – переход в режим «Тревога»;

– для ДТ значения температуры одного из датчиков  $\geq 50$  °С [7] .

Переход системы в режим «Тревога» характеризуется звуковой и вибросигнализацией пожарного о наступлении предельно допустимого значения одного из показателей, также передачей сигнала «Тревоги» на пульт управления и координат местонахождения пожарного. Звуковой и вибросигнал при увеличении значения опасного фактора учащается, при уменьшении значения опасного фактора замедляется, тем самым информируя пожарного о динамике изменения значения фактора и необходимости принятия мер по снижению влияния фактора.

На рис. 2 представлен алгоритм работы системы по обеспечению тепловой защиты.

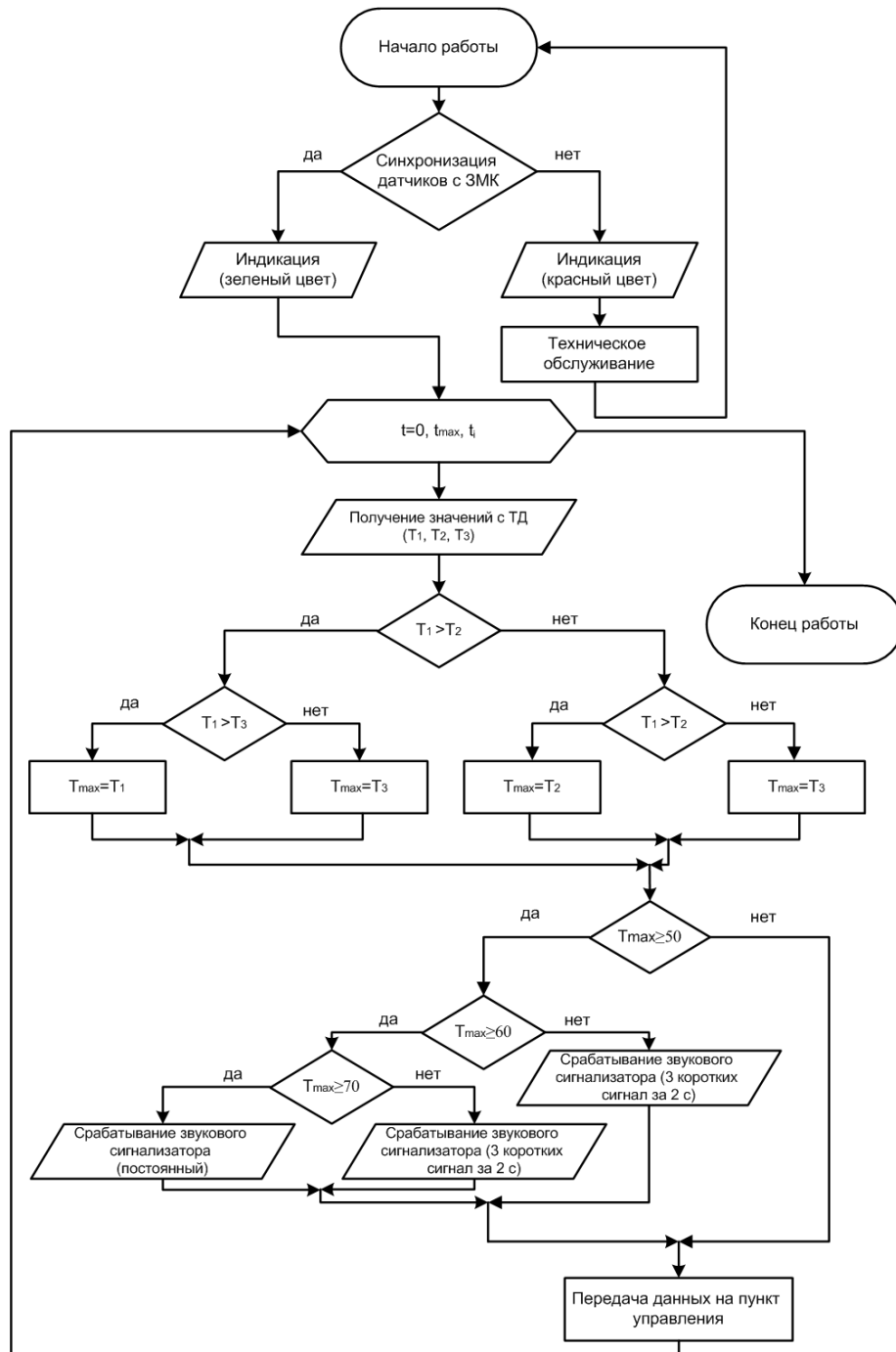


Рисунок 2 – Алгоритм работы системы по обеспечению тепловой защиты

Разработанная система позволяет обеспечить комплексную активную защиту и предупреждение пожарного при тушении пожара и проведении аварийно-спасательных работ. Мониторинг температурных показателей во внутреннем пространстве СЗОП позволяет производить своевременное оповещение пожарного и пункта управления о возникновении условий, при которых возможно получение ожоговой или тепловой травмы. Предупредительный сигнал необходим для принятия пожарным оперативных мер по защите от повышенного теплового воздействия

(например, изменение положения пожарного, применение водяных завес, эвакуация из зоны интенсивного теплового воздействия и др.). Контроль физиологических параметров и двигательной активности позволяет определить степень тяжести состояния пожарного, и на основании этого скорректировать управленческие решения, направленные на спасение пожарного. Наличие узла спутниковой навигации (GPS, ГЛОНАС) позволяет оперативно определить местоположение пожарного и при необходимости максимально быстро провести спасение.

Размещение системы во внутреннем пространстве СЗОП позволяет не учитывать особенности и уровень защитных показателей одежды, поэтому разработанная система является универсальной, а ее применение будет одинаково эффективно для всех видов СЗОП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сорокин Д.В., Никифоров А.Л., Легошин М.Ю., Животьягина С.Н., Циркина О.Г. Концепция разработки системы контроля параметров внутреннего пространства специальной защитной одежды пожарного // Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность: материалы». – Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России. – 2016. – С. 313-314.

2. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/) (дата обращения 03.10.2019)

3. Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., Шарбанова И. Ю., Циркина О. Г. Влияние температурно-влажностного режима подкостюмного пространства на защитные свойства боевой одежды пожарного // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России «Современные проблемы гражданской защиты». 2018. №1 (26). С.44-48.

4. Комплекс индивидуального мониторинга пожарного: пат. 90670 Российская Федерация, МПК А61В5/04, / С.С. Алексанин, В.Ю. Рыбников, Я.В. Голуб, М.В. Санников (Российская Федерация). -№2009135465/22; Заявл. 24.09.2010; Опубл. 20.01.2010.

5. Автономний прилад з визначення теплового потоку та оповіщення про досягнення його граничних значень на поверхні захисного одягу пожежогорятувальника в умовах пожежі: пат. № 85391 МПК(2013.01) G01K17/00. / Ковалишин В.В., Огурцов С.Ю., Присяжнюк В.В., Ковалишин Вол. В., заявник і патентовласник Український науково-дослідний ін-ститут цивільного захисту. – а 201211122; заявл. 25.09.2012; опубл. 25.11. 2013, Бюл. №22.

6. Патент Китайской Народной Республики CN 102600565 2012 р.

7. ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. – М: Стандратинформ. 2009. 37 с.

8. Кошечев В.С, Кузнец Е.М. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека в условиях высоких температур. – М: Медицина, 1986. 254 с.

УДК 614.849

**О. К. Старчакова, О. М. Холодов**

ГБПОУ ВО «Воронежский государственный промышленно-технологический колледж»

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный институт физической культуры»

## **НЕСОБЛЮДЕНИЕ МЕР ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ГОСТИНИЦАХ**

Исследованы причины пожаров в гостиницах, влияние уровня сервиса персонала отелей на пожарную безопасность.

**Ключевые слова:** пожары в гостиницах, причины, уровень сервиса, исправность оборудования.

**О. К. Starchakova, O. M. Kholodov**

## **NON-COMPLIANCE WITH FIRE SAFETY MEASURES IN HOTELS**

The causes of the hotel fires and the impact of the level of service of hotel staff on fire safety have been investigated.

**Keywords:** fires in hotels, causes, level of service, equipment health.

В последние десятилетия произошел скачок в развитии туристического и гостиничного бизнеса. Увеличилось количество путешественников с деловыми, познавательными и развлекательными целями. Открываются новые гостиничные предприятия: отели, мотели, хостелы, туристические комплексы [1]. Например, в Воронеже в 2012 году в Воронежской области действовали 98 гостиниц, то в 2019 их насчитывалось уже 184 [2].

В отношении пожароопасности средства размещения имеют ряд особенностей. Известно, что в гостиницах одновременно проживает большое количество гостей. При этом, следует учитывать, что происходит частая смена постояльцев.

Как правило, пожар в отеле начинается из-за несоблюдения мер пожарной безопасности. Существуют четкие требования и инструкции по пожарной безопасности, которые, к сожалению, игнорируются отельерами, привычными надеяться на «авось».

Не всегда в возникновении пожара виноваты постояльцы. Наиболее частые причины возникновения пожаров в отелях – неисправность электросетей и электроприборов, нарушения правил эксплуатации оборудования для приготовления пищи, несоблюдение предосторожностей во время ремонтных и электросварочных работ.

Требования пожарной безопасности следует соблюдать неукоснительно. Для этого существует комплекс мероприятий [1]. Одно из самых важных моментов – наличие нескольких выходов, которые ни в коем случае нельзя загромождать, загромождать.

В случае возникновения пожара главное – не допускать паники, организовать эвакуацию гостей и персонала.

Пожары в гостиницах возникают довольно часто. В таблице 1 приведены основные причины пожаров в гостиницах.

Таблица 1 - Пожары в гостиницах

№	Гостиница	Город	Дата	Последствия	Примечание
1	Россия	Москва	25 февраля 1977 г	42 человека погибли, среди них 5 сотрудников гостиницы, травмы получили 52 человека, пострадали 13 сотрудников пожарной охраны	Горели этажи выше 7-го, пожарные лестницы не доставали очага пожара, не было возможности эвакуировать людей
2	Ленинград	Санкт-Петербург	23 февраля 1991 г.	7 постояльцев гостиницы и 9 пожарных погибли	
3	Москва	Москва	22 октября 2003 г	Пострадавших нет	Причина - была нарушена техника безопасности при проведении сварочных работ.
4	У Михальча	Воронеж	5 ноября 2015г.	Пострадавших нет	Пожар захватил комплекс из нескольких соединенных между собой зданий отелей и кафе
5	Сибирь	Иркутск	13 марта 1995 г.	Погибли 12 человек, более 20 человек травмы различной степени тяжести получили.	Причина до конца не установлена
6	Мирная пристань	Кинешма	4 ноября 2019	Пострадавших нет	Поврежден отель на дебаркадере
7	Есенин	Курган	10 февраля 2019	Жизнь и здоровья персонала и клиента оказались под угрозой	Многочисленные нарушения правил противопожарной безопасности в сауне гостиницы

Примером безответственного отношения к пожарной безопасности может служить гостиница «Елец» в городе Елец.

9-этажное здание располагается в самом центре небольшого старинного городка, пользуется спросом деловых гостей и туристов, приехавших в город с познавательными целями. Ценовая политика позволяет воспользоваться услугами размещения как состоятельным клиентам, так и студенческой молодежи. Гостиница «Елец» популярна и среди транзитных гостей, так как предоставляет завтрак, имеет прачечную, закрытую автомобильную стоянку, номера с кондиционером. Интересен статус некоторых жилых номеров: «до ремонта», «после ремонта», это вносит существенную разницу в оплату проживания.

Во время пребывания в гостинице «Елец» произошел эпизод, который ярко показал отношение персонала гостиницы к пожарной безопасности. Однажды вечером сработала пожарная сигнализация, гудок был громким и требовательным.

Существует определенный порядок действия персонала гостиницы в случае срабатывания автоматической пожарной сигнализации и отсутствии прямых признаков загорания (задымления, запаха гари, открытого пламени). Любой работник должен попытаться выяснить причину случившегося, сообщить о происшествии руководству средства размещения. А в случае обнаружения пожара следует доложить руководству гостиницы, позвонить в МЧС по телефону 112, оповестить гостей, персонал и всех, кто находится в здании [3].

После срабатывания автоматической пожарной сигнализации в гостинице «Елец» наступила безмятежная тишина. Никто не оповестил гостей о причинах сигнала тревоги, на этажах не появились сотрудники отеля, не заинтересовались происходящим и постояльцы.

Администратор службы приема и размещения на вопрос о необходимости покинуть помещение гостиницы, произнесла следующее: «Пустяки! Наверное, кто-то из постояльцев курил в номере». Стало понятно, что истинную причину происходящего она не знает и не предполагает выяснять.

А вот впечатления туриста, побывавшего в противоположной ситуации:

07.11.2018, 20:40 На прошлой неделе перед вылетом останавливался в Springhill Suites by Marriott (Doral, Miami). Вечером решил погреть пиццу в микроволновке, через 2 минуты почувствовал запах гари, отключил, достал пиццу, подплавилась тарелка, но какого-то значительного дыма не было. Буквально в течение 1 минуты сработала сигнализация, позвонил на ресепшене, никто не ответил, спустился вниз, сказал, что это в моем номере, параллельно с этим заходил сотрудник отеля, проверить сигнал. Через минут 15 зашли пожарные, показал им пиццу, они ушли, ничего не осматривали, не фиксировали, никаких актов.

Затем пришло СМС, что зарезервировали еще 300 USD, спустился узнать, сказали, что могут выписать штраф на 1000 USD. На следующий день пообщался с гендиректором отеля, она была непреклонна. Сообщила,



что с их стороны все в порядке (микроволновка, сигнализация), отель новый (2017), но, подобные случаи уже были у людей с попкорном и тостами, со всех удерживали по 1000 USD.

Подольск. Ситуация в гостинице «Подмосковье-Подольск».

7-этажная гостиница в центре Подольска предлагает услуги проживания и питания. Есть номера эконом-класса и повышенной комфортности.

В вестибюле отеля находится ресторан «Гостиный двор», где гостям предлагается завтрак, обед и ужин, разнообразное меню и вкусные блюда. Кроме того, ресторан работает и в режиме Room-service.

Правила предоставления гостиничных услуг требуют, чтобы гостиница бесплатно предоставляла гостям кипяток, а вот эта услуга в гостинице «Подмосковье-Подольск» отсутствует. В результате постояльцы начинают пользоваться кипяtilьниками, привезенными с собой. Причиной пожара в этом случае может быть:

- опрокидывание чашки, в которой находился кипяtilьник, попадании включенного кипяtilьника на горючий материал;
- если кипяtilьник был помещен в металлическую посуду, стоящую на легкогорючей поверхности.

Таким образом, причиной пожара в гостинице часто становится человеческий фактор: пренебрежение персоналом правилами пожарной безопасности, недостаточный сервис, небрежность постояльцев в обращении с электроприборами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 09.10.2015 № 1085 (ред. от 18.07.2019) «Об утверждении Правил предоставления гостиничных услуг в Российской Федерации»
2. *Ляпина И.Ю.* Организация и технология гостиничного обслуживания: учебн. пособие для сред. проф. образования / И.Ю. Ляпина. – М.: Издательский центр «Академия», 2019. – 208 с.
3. *Переславцев А.В.* Безопасность жизнедеятельности / А.В. Переславцев, М.А. Сотникова, О.М. Холодов, А.М. Кубланов, А.В. Полуян. – Воронеж: Элист, 2019. – 224 с.

УДК 614.842.6

*Е. В. Степанов*

ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ**

В работе проведен анализ количества крупных пожаров за 2013-2018 года по объектам их возникновения, а также количества погибших при пожарах на промышленных объектах. Установлена возможность использования систем позиционирования персонала в автоматизированных системах поддержки принятия решений на пожаре. Определены задачи, которые необходимо решить в ходе разработки математической модели.

**Ключевые слова:** система позиционирования, промышленный объект, информационное обеспечение, поисковые работы.

*Е. V. Stepanov*

## **APPLICATION OF THE PERSONNEL POSITIONING SYSTEM IN THE AUTOMATED DECISION SUPPORT SYSTEM**

In the work, an analysis was carried out of the number of large fires for 2013-2018, on the objects of their occurrence, as well as the number of deaths at industrial objects in case of fires. The ability to use personnel positioning systems in automated decision support systems at fire incident has been established. The problems that need to be solved during the development of the mathematical model are determined.

**Keywords:** positioning system, industrial facility, information support, search work.

Одной из основных задач пожарно-спасательных формирований при возникновении пожара является спасение пострадавших в случаях невозможности их самостоятельной эвакуации. От того на сколько быстро будет произведена организация и проведение поиска зачастую зависит состояние жизни пострадавшего. Одним из решающих фактором проведения эффективных спасательных работ является владение оперативной информации о том где предположительно находится пострадавший. В случаях отсутствия точной информации или ее неоднозначности руководителю тушения пожара (РТП) приходится работать в условиях неопределенности.

Информация, получаемая от администрации объекта, а также в ходе опроса очевидцев применяется для установления предположительного местонахождения пострадавших, уточнения их количества, установления

наилучшего маршрута движения к ним, определения наличия опасностей. Зачастую количество данной информации недостаточно для принятия обоснованного и эффективного решения РТП. Современные автоматизированные системы поддержки принятия решений (АСППР) при тушении пожаров позволяют формализовывать большое количество информации и визуализировать ее для лучшего понимания руководителем [1-3]. В настоящее время на промышленных объектах применяются системы позиционирования персонала, которые в свою очередь позволяют решать ряд управленческих задач для администрации объекта. Рассмотрим возможность применения данных систем в АСППР.

Проведя анализ количества крупных пожаров за 2013-2018 года по объектам их возникновения, а также количества погибших при пожарах на промышленных объектах было выявлено что 22% крупных пожаров произошли на промышленных объектах, а количество погибших на данных объектах остается на высоком уровне. Данные статистики представлены на рис. 1 и 2. Результаты анализа подтверждает актуальность рассмотрения вопроса повышения эффективности поисковых работ на данных объектах.

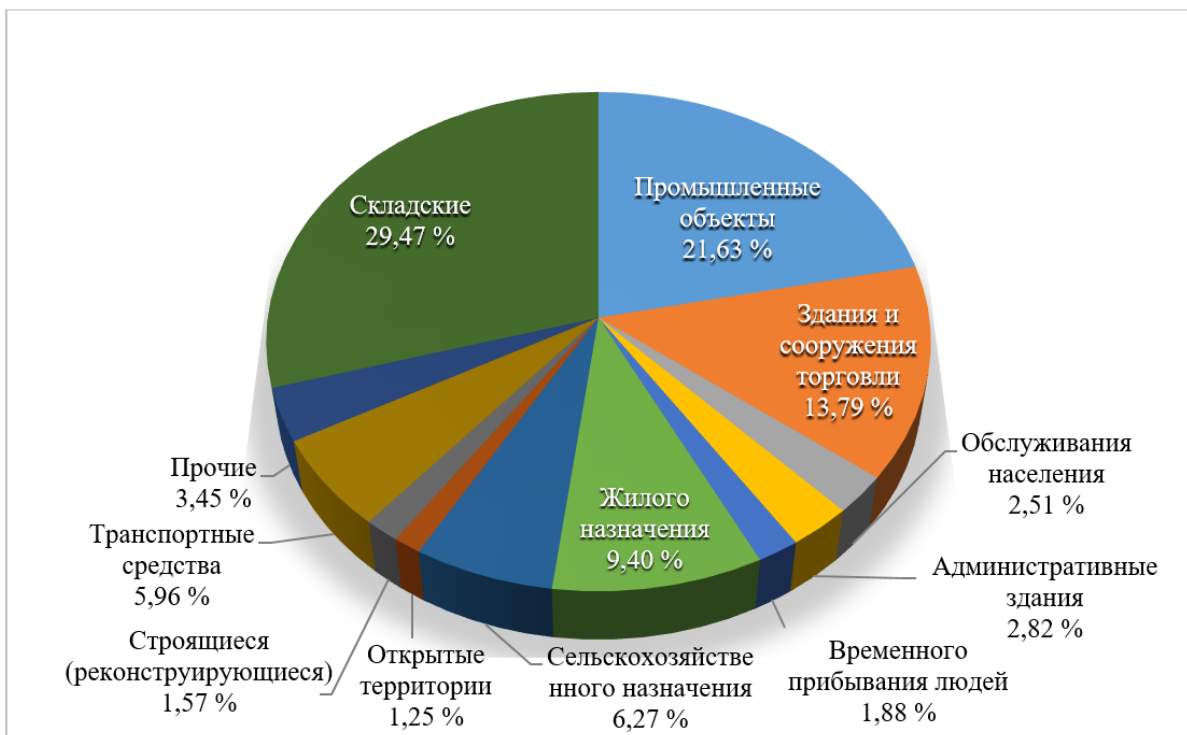


Рисунок 1 - Диаграмма крупных пожаров по объектам их возникновения

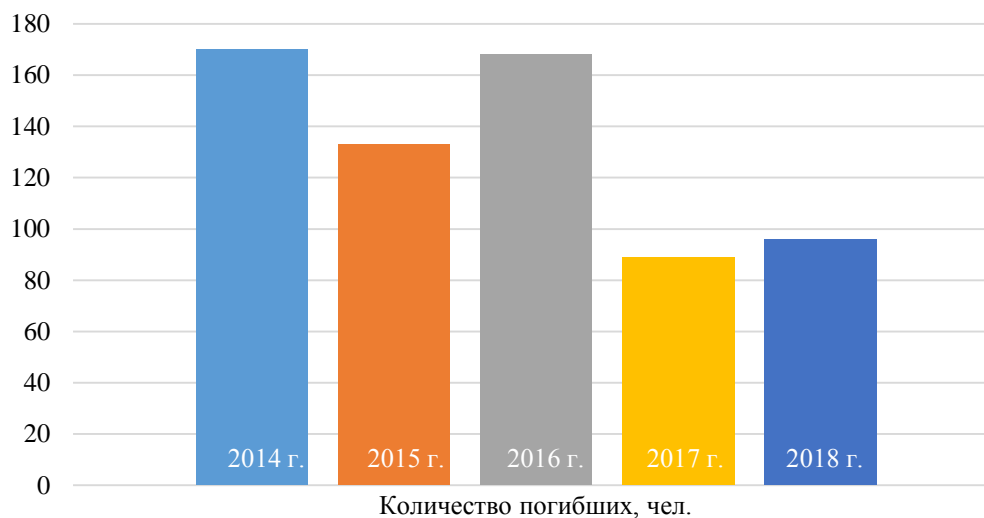


Рисунок 2 - Количество погибших людей при пожарах на промышленных объектах

В основном система позиционирования состоит из меток позиционирования, считывателей, различных усилителей и линий связи, а также программного комплекса, обеспечивающего функционирование данной системы [4]. Метки позиционирования крепятся на одежде персонала либо встраиваются в их снаряжение. Считыватели передают информацию в базу данных. С помощью программ визуализации диспетчер может в режиме онлайн наблюдать за перемещением персонала на территории объекта. Наличие открытого протокола (API) в некоторых системах [5] позволяет передавать данные другим информационные системы предприятия. Это говорит о возможности интеграции данной системы с АСППР. Предполагаемый алгоритм работы представлен на рис. 3. Существуют навигационные СППР которые используют данных мониторинга пожара в здании определяя оптимальный маршрут следования групп разведки к месту проведения работ [1, 2]. Предлагаемая система также будет относиться к навигационным. Для разработки математической модели, реализующей данную систему, необходимо учитывать следующие задачи:

1. Определение необходимого количества групп разведки;
2. Выбор первоочередности спасаемых;
3. Минимизация времени движения групп разведки к пострадавшим;
4. Минимизация воздействия ОФП на пожарных на пути к пострадавшему и при возвращении с ним в безопасную зону;
5. Минимизация нагрузки на пожарных при движении к месту работ и в безопасную зону.

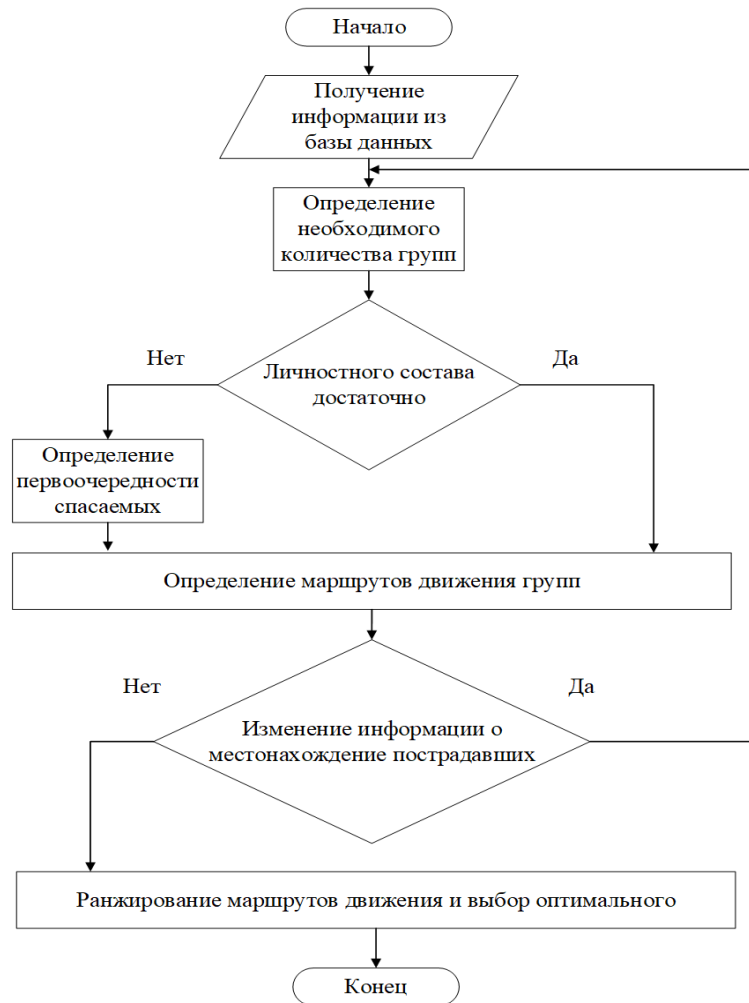


Рисунок 3 - Блок-схема алгоритма функционирования навигационной подсистемы АСППР с использованием информации от систем позиционирования персонала на промышленных объектах.

#### Выводы:

1. Произведен анализ статистики крупных пожаров по объектам их возникновения. Установлено, что 22% крупных пожаров произошли на промышленных объектах, при этом количество погибших при пожарах на данных объектах остается на высоком уровне, что подтверждает актуальность рассмотрения вопроса повышения эффективности поисковых работ на данных объектах;
2. Рассмотрен вопрос возможности использования систем позиционирования персонала на промышленных объектах в АСППР;
3. Поставлены задачи, которые необходимо решить в ходе разработки математической модели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов А. О., Баканов М. О., Тараканов Д. В. Модели мониторинга и управления при ликвидации крупных пожаров : монография. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – 128 с.
2. Тараканов Д.В. Многокритериальная модель управления пожарно-спасательными подразделениями // Технологии техносферной безопасности: научный интернет-журнал. — 2017. — № 4 (74). — С. 148-154.
3. Тараканов Д.В., Смирнов В.А., Семенов А.О. Метод многокритериального ранжирования вариантов управления тушением пожаров в зданиях // Технологии техносферной безопасности: научный интернет-журнал. — 2016. — № 6 (70). — С. 72-75.
4. Zhu X. C. Compatibility of the data processing system combined with global positioning system and global navigation satellite system : optoelectronics and advanced materials // Ref. Libr. – 2012. Vol. 14. № 11-12. P. 1034-1039.
5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2018662548. RealTrac / Общество с ограниченной ответственностью «РеалТрак Технолоджис». —№20189619691; заявл. 11.09.2018; опубл.11.10.2018.

УДК 62-7

*А. А. Степанова, Т. В. Гулева, И. М. Чистяков*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Разработан эскиз устройства для оснащения звеньев, постов безопасности и контрольно-пропускных пунктов ГДЗС. Определен порядок создания и доработки по результатам испытаний. Разработана методика использования устройства при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

**Ключевые слова:** газодымозащитник, пост безопасности, системы радиочастотной идентификации, геолокационное местоположение.

*A. A. Stepanova, T. V. Guleva, I. M. Chistyacov*

### NAVIGATION SYSTEM FOR FIRE BRIGADS

The sketch of the device for equipment of links, posts of safety and check-point of Gas and smoke protection service. The order of creation and completion by results of tests is defined. The method of using the device in extinguishing fires and carrying out rescue operations is developed.

**Keywords:** firefighter in breathing apparatus, post of safety, radio frequency identification systems, geolocation location.

Пожары, взрывы, обрушение строительных конструкций причиняют глобальный материальный ущерб и, в ряде случаев, вызывают тяжелые травмы и гибель пожарных при исполнении служебных обязанностей. Ущерб от пожаров и аварий в промышленно развитых странах превышает 1% национального дохода и сохраняет тенденцию постоянного роста.

В связи с развитием наукоемких технологий, увеличением числа производств, увеличенными темпами строительства различного рода зданий и сооружений, зачастую сложной планировки и повышенной этажности, наиболее актуальным вопросом подразделений МЧС России является обеспечение безопасности личного состава подразделений пожарной охраны при исполнении работ по тушению пожаров и проведение аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров. Быстрое распространение огня по всему объему здания, аккумуляция температуры в больших объемах, возможность возникновения паники среди людей во время эвакуации – вот лишь некоторые факторы затрудняющие работу пожарных подразделений. Поэтому, в первую очередь, важно предупредить пожар. Важная роль в этом деле отводится контролю над соблюдением норм и правил пожарной безопасности на стадии планирования объектов.

На данный момент создано огромное наличие специальных защитных средств для пожарных и спасателей как индивидуального, так и группового типа, начиная со специальной боевой одежды пожарного, способной выдерживать огромные тепловые нагрузки при проведении работ на пожаре, так и специальные системы контроля, поддержки и принятия управленческих решений. Однако использование данных систем не всегда помогает обеспечить безопасность здоровья и жизни пожарных и спасателей на должном уровне.

В настоящее время системы навигации быстро вошли и прочно закрепились в жизни почти каждого из граждан. Усложнение технологических процессов производств, устройства сложной планировки в зданиях и сооружениях создают огромную опасность для специалистов пожарной охраны при проведении работ на них. Практически все системы навигации основаны на использовании мачт связи телефонных операторов и спутниковых технологий с привязкой к картам местности, из-за масштаба которых допускается погрешность определения местоположения человека на несколько метров от его истинной позиции. Данные системы имеют открытый доступ, чувствительны к постоянно изменяющимся метеорологическим условиям, а так же уровня сигнала связи с точками определения геолокационного местоположения. В сложных условиях пожара, с постоянным присутствием одного или нескольких опасных факторов пожара, несоответствующей точностью определения местоположения данные системы категорически не применимы для нужд пожарных и аварийно-спасательных подразделений МЧС России.

В то же время, с ростом технического прогресса, огромную популярность во всех сферах жизни и производства набирают системы

радиочастотной идентификации – RFID системы (англ. RadioFrequencyIDentification, радиочастотная идентификация) — способ автоматической идентификации объектов, в котором, при помощи радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках.

RFID — это современная технология идентификации, предоставляющая существенно больше возможностей по сравнению с традиционными системами маркировки.

Каждая система RFID состоит из считывающего устройства (считыватель, ридер или интеррогатор) и транспондера (он же RFID-метка).

Большинство транспондеров состоит из двух частей. Первая — интегральная схема для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного сигнала. Вторая — антенна для приёма и передачи сигнала.

По типу источника питания существует 3 типа меток радиочастотной идентификации: пассивные, полупассивные, активные.

У пассивных RFID-меток отсутствует автономный источник питания. Электрический ток, индуцируется в антенне чипа при помощи электромагнитного сигнала и обеспечивает достаточную мощность для функционирования CMOS-чипа и передачи ответного сигнала.

Полупассивные RFID-метки в свою очередь снабжены автономным источником питания, который обеспечивает метку энергопитанием. В этом случае дальность действия этих меток может зависеть лишь от чувствительности приёмника считывателя. Благодаря специальному источнику питания они могут функционировать на большем расстоянии и с лучшими характеристиками.

RFID-метки активного типа обладают собственным источником питания и не зависят от энергии считывателя, вследствие чего они читаются на достаточно большом расстоянии и могут быть оснащены дополнительными функциями. Активные метки в большинстве случаев обеспечивают большую точность считывания, чем пассивные. Обладая собственным источником питания, активные метки могут генерировать выходной сигнал большего уровня, что позволяет применять их в агрессивных средах: в воде, металлах и на больших расстояниях вне помещения. Активные метки позволяют передавать сигнал на расстояния в сотни метров, а срок службы батареи такой метки может достигать 10 лет. Некоторые RFID-метки имеют встроенные сенсоры, например, для мониторинга температуры окружающей среды, определения влажности и токсичности воздуха, регистрации толчков/вибрации, света, радиации, наличия газов в атмосфере, а так же гироскоп и средства связи.

Основными преимуществами данной системы являются:

- Не требуется прямая видимость радиочастотной метки для считывания информации, поэтому метка может располагаться внутри



упаковки (если она не металлическая), обеспечивая ее скрытность и сохранность;

- Высокая скорость чтения меток, которая может достигать 1000 шт в сек;
- Возможно практически одновременное чтение большого количества меток с применением функции антиколлизии;
- Возможно изменение информации в метке, если она относится к классу «чтение-запись» (Read/Write);
- Возможность чтения и записи метки на расстоянии;
- Долговечность;
- Высокая степень безопасности, которая обеспечивается применением уникального идентификатора метки, присваиваемого на заводе при ее изготовлении, а также шифрованием данных, записываемых в метку;
- Устойчивость к воздействию окружающей среды, поскольку метку всегда можно поместить в любую защитную полимерную оболочку;

В настоящее время данные системы радиочастотной идентификации широко развиты и используются повсеместно в маркетинге, на производствах, складах, транспорте, в быту и в других сферах жизни общества. Однако применение данного способа передачи данных для обеспечения безопасности пожарных и спасателей до сих пор не реализована.

Целью проекта является разработка системы навигации для пожарных подразделений, выполняющих действия по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров, обеспечения связи с пожарными (газодымозащитниками), а так же анализа обстановки на пожаре и непосредственно внутри горящих зданий и сооружений.

Данная система позволит определить местонахождение газодымозащитников непосредственно внутри зданий с привязкой к плану объекта в режиме реального времени, следить за состоянием пожарных-газодымозащитников, а так же, при необходимости, принимать управленческие решения. Состав системы будет включать следующие элементы: индивидуальные блоки газодымозащитников, опорные блоки и блоки управления.

Индивидуальные блоки газодымозащитников представляют собой разрабатываемый прибор, который, в свою очередь будет размещаться на боевой одежде пожарного, регистрировать изменение обстановки на месте ведения работ, контролировать запас воздуха в дыхательных баллонах газодымозащитников, определять их биометрические параметры, обеспечивать связь с постом безопасности, контрольно – пропускным пунктом ГДЗС (КПП ГДЗС), руководителем тушения пожара (участка тушения пожара, сектора тушения пожара) при необходимости и другими газодымозащитниками, а так же передавать сигналы о текущем местоположении пожарного-газодымозащитника в режиме реального

времени на цифровой карте-планировке объекта в виде 2D/3D с точностью до нескольких сантиметров. Блок будет исполнен в специальном защитном корпусе, обеспечивающем его сохранность и работоспособность при воздействии опасных факторов пожара извне. RFID метка дальнейшей идентификации, составляющая основу определения местоположения, будет размещаться внутри прибора и содержать персональную информацию о работающем пожарном – газодымозащитнике. За счет использования RFID меток активного типа их работоспособность будет обеспечена на протяжении даже самых затяжных пожаров, а повреждение элементов метки никак не отразится на передаче сигналов и выполнении основных функций прибора, так как особенностью данной системы будет способность само восстанавливаться при выходе из строя любого узла. Данный прибор будет иметь незначительные габариты и вес, не осложняющие его работу при тушении пожаров и проведения аварийно-спасательных работ. RFID – метки будут позиционироваться относительно опорных блоков с известными координатами посредством такого метода как мультилаттерация (гиперболическое позиционирование), т.е. вычисление координат посредством измерения расстояний до опорных блоков и блоков управления.

Опорные блоки, в свою очередь, будут располагаться на пожарных автомобилях, обеспечивая необходимую зону покрытия работы и регистрации приборов, своевременного приема и отправки сигналов (сообщений), а так же являться блоком-станцией для подзарядки индивидуальных блоков газодымозащитников. Главной задачей таких блоков будет являться поэтапное фиксирование перемещения маркированных объектов в реальном времени, либо идентификация положение меченых предметов в пространстве регистрация всей поступающей на них информации о состоянии пожарных - газодымозащитников, внешней среды объекта проведения работ. Основанные на таком методе работы, как антиколлизия, один блок может работать как минимум с несколькими десятками пожарных одновременно, при этом, не искажая исходящую информацию и радиообмен. Блок будет стационарного типа, что позволит ему обладать большей зоной чтения и мощностью. Его работу можно будет синхронизировать с базами данных, а так же визуально отобразить на экранах мониторов планшетных компьютеров (ноутбуков). Периодичность опроса для обеспечения позиционирования в режиме реального времени должна быть такая, чтобы объект, двигаясь с характерной для него скоростью, успевал проходить расстояние не больше удвоенной точности позиционирования. Это позволяет строить достаточно точные для практических целей траектории движения объекта даже при резких изменениях скорости и направления движения.

Блок управления будет подключен к планшетному компьютеру/ноутбуку, позволит принимать сигналы от индивидуальных блоков и формировать обратные сигналы. Ноутбук/планшетный ПК будет

оснащен специальным программным обеспечением, позволяющим осуществлять контроль над местоположением и состоянием газодымозащитников и состояния окружающей обстановки. На экране будут отображаться персональные данные каждого газодымозащитника, работающего в непригодной для дыхания среде, остаток запаса воздуха в баллоне, анализ возможностей работы звена ГДЗС с учетом сложившейся обстановки на пожаре, а так же, в случае необходимости, возможность принятия необходимых управленческих решений на основе анализа полученных данных. Всё оборудование будет иметь небольшие габариты, легко транспортируемо, и располагаться на посту безопасности ГДЗС. Одновременно постовой на посту безопасности сможет отслеживать перемещение и работу нескольких звеньев ГДЗС, при этом сокращается количество личного состава, необходимого для создания ГДЗС на месте тушения пожара или проведения аварийно-спасательных работ. Аналогично опорным блокам, работа будет основана на методе антиколлизии, тип блока - мобильный, характеризуемый меньшей дальностью действия. Мобильный считыватель (блок) будет иметь внутреннюю память, в которую будут записываться данные с прочитанных меток, как и стационарные считыватели, способны записывать данные в метку (например, информацию о произведённом анализе).

Принцип работы следующий:

1. При прибытии к месту ликвидации ЧС, закрепленные блоки газодымозащитников автоматически идентифицируются и регистрируются при включении опорных блоков, при этом одновременно вычисляются координаты первоначального местоположения газодымозащитников на местности.

2. Данные о давлении воздуха в баллоне автоматически отсылаются на пост безопасности ГДЗС, регистрируются в программном обеспечении, на основании чего производится анализ возможностей звена ГДЗС.

3. После определения первоначальных координат, при входе на объект местоположение газодымозащитников автоматически привязывается на цифровую планировку/карту, на котором производится ликвидация ЧС, и в режиме реального времени производится отслеживание передвижения звена ГДЗС, состояния газодымозащитников и состояния окружающей среды.

4. После окончания работ автоматически производится сохранение оперативных данных работы звена/звеньев ГДЗС на месте ликвидации ЧС, и выключение всей рабочей аппаратуры по работе звена ГДЗС.

Таким образом, реализация данного проекта и постановка его на оснащение подразделений пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований позволит обеспечить максимальный контроль над действиями пожарных (газодымозащитников), обеспечить их безопасность, сократить количество личного состава, необходимого для обеспечения работы звеньев ГДЗС, сохранение оперативной информации действий

пожарных подразделений при ведении действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
2. Приказ МЧС России от 09.01.2013 года №3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде»
3. Приказ МЧС России от 16.09.2017 г. №444 "Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ."
4. Журнал «Спецтехника и связь» - №1/2012, Жуков И.Ю., Михайлов Д.М., Стариков А.В.
5. Научная статья «Современные системы идентификации (RFID)»– 01.03.2012 г. – Лифшиц А.Б., Ефимов И.В.

УДК 621.316.98

*М. С. Сыско, К. В. Семенова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МОЛНИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Изложен механизм возникновения молнии. Рассмотрено влияние молнии на работу электротехнического оборудования, а также современные комплексные системы молниезащиты.

**Ключевые слова:** механизм возникновения молнии, прямой удар молнии, не прямой удар молнии, молниезащита.

*M. S. Sysko, K. V. Semenova*

### MECHANISM OF THE ORIGIN OF LIGHTNING AND MODERN TECHNOLOGIES OF LIGHTING PROTECTION

The mechanism of the occurrence of lightning is described. The influence of lightning on the operation of electrical equipment, as well as modern integrated lightning protection systems, is considered.

**Keywords:** lightning mechanism, direct lightning strike, indirect lightning strike, lightning protection

По статистике на планете происходит примерно 2000 гроз, а разрядов молний 100 в секунду. Явления атмосферы, вызываемые грозой, создают различные помехи радиосвязи и проблемы с электромагнитной совместимостью. Число грозовых дней насчитывается от 15 до 35 дней.

При накапливании электрических зарядов в облаках возникают грозовые разряды. Существуют положительные и отрицательные заряды, механизм накопления которых зависит от потоков воздуха.

Есть много теорий, объясняющих механизм возникновения молнии. Ломоносов М.В. предполагал, что процесс образования электрических зарядов в облаках возникает по причине наличия у планеты постоянного электрического поля.

Напряжённость электрического поля земли объясняется тем, что наша планета неизменно имеет отрицательный заряд. В основном она зависит от зарядов земли, времени года и суток. Воздух, как правило, имеет свободные заряды. Эти заряды двигаются по направлению электрического поля планеты.

Весь объём воздуха, располагаемый вблизи земной поверхности, имеет огромное количество заряженных частиц, как отрицательных, так и положительных. Чем выше эта поверхность, тем больше заряженных частиц в воздухе.

Из всего выше сказанного, можно сделать вывод, что наша планета это некий шаровой конденсатор, в котором образуются грозовые облака и совершаются грозовые явления.

Грозы разделяются на тепловые и фронтальные, исходя из классификации по характеру происхождения. При нагреве земной поверхности также разогреваются и нижние слои воздуха. Тёплый воздух расширяется и поднимается вверх, а на высоте от 2 км он попадает в область с отрицательными температурами. Влага, которая поднимается вместе с этими потоками, создаёт грозовые облака, состоящие из водяных электрически заряженных капель. Чаще такие облака наблюдаются в жаркое время.

При движении двух потоков воздуха с разными температурными значениями происходит соприкосновение фронтальных частей. Это явление называется фронтальными грозами. В них же воздух стремится вниз к поверхности земли, а тёплый воздух, устремляясь вверх, образует завихрения. Влага, приближаясь к зоне более низких температур, создаёт грозовые облака. Фронтальные грозы охватывают большую площадь земной поверхности и могут возникать в любое время суток.

Процесс выравнивания зарядов между отдельными твердыми телами, жидкими и газообразными средами, несущими разные электростатические заряды, называется разрядом статического электричества. В результате разряда, когда возникают искры, воспламеняются горючие газы. Следовательно, токи повреждают электронные элементы. Такие воздействия называются электромагнитной совместимостью. Заземление

объектов является первоначальной мерой защиты от первого воздействия, а от второго служат экранирование и фильтры. За счёт индукции и трения возникает заряд статического электричества.

Важное значение для обеспечения безаварийной работы электрооборудования занимает молниезащита и защита от перенапряжений. В настоящее время данная проблема приобретает все большую актуальность, так как возрастает число потребителей, чувствительных к импульсам перенапряжений и электромагнитным помехам.

Современная комплексная система молниезащиты подразделяется на внешнюю, внутреннюю системы и заземление.

Внутренняя молниезащита - это комплекс устройств защиты от импульсных перенапряжений, предназначенных для защиты электрооборудования от перенапряжений, которые под воздействием тока молнии, вызваны резистивными и индуктивными связями.

Перенапряжения могут быть вызваны:

Прямыми ударами молнии - перенапряжения, полученные при попадании молнии в здание или линии электропередачи, коммуникационные линии.

Непрямыми ударами молнии - перенапряжения, происходящие в результате ударов возле здания или удара молнии возле линий коммуникаций.

Внешняя молниезащита - система, которая обеспечивает перехват молнии и отвод ее в землю. Она разделяется на молниеприемную сеть, натянутый молниеприемный трос и молниеприемный стержень.

Необходима конструкция, которая будет отводить удар молнии от крыши зданий, и направлять её в землю. Она состоит из молниеприемника, который представляет собой стальной стержень, устанавливаемый на самой высокой точке кровли, в результате первым принимающий удар молнии. Токоотвод - это проволока, которая должна привариваться с одной стороны к молниеприёмнику, а с другой к заземлителю. Промежуточное расстояние крепится к стене скобами. И далее по этой проволоке, при попадании молнии. Проходит 200 тыс. Ампер. И собственно, заземлитель. Это стальной прут или же металлическая труба, закапываемая в грунт и предназначенная для гашения заряда молнии в земле.

Благодаря научному прогрессу и применению новых методов исследования атмосферных явлений постоянно совершенствуются средства и устройства молниезащиты.

Физик Джером Каспарян провёл интересное исследование по вызову искусственных молний. Специальный луч лазера направлялся прямо в грозовое облако, которое находилось на высоте 4 км. Луч использовался как канал для отвода электрического заряда в землю. Такой способ был выбран учёным не случайно. Так как лазер при облучении ионизирует воздух, увеличивая его электропроводность и уменьшая диэлектрическое сопротивление. По результатам нескольких экспериментов не раз возникали

пробой пространства. На этом основании выдвинули предложение о применении такого лазера как средство молниезащиты.

Также есть ещё один способ защиты от молний, который был разработан американской компанией VoltBlocker. Суть метода заключается в применении водного солевого раствора, содержащего полимеры. При подаче струи воды к грозовому облаку, они защищают её от распада, а соль увеличивает электропроводность. Благодаря соли струя воды является хорошим электропроводником.

Настоящий уровень научных разработок даёт понимание практически всех возможных закономерностей поведения молний, поэтому исследование новых методов поможет в будущем отказаться от традиционных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калиничева О.А.* Основы электробезопасности в электроэнергетике: учебное пособие. – Архангельск: «С(А)ФУ», 2015.
2. *Никифоров А.Л.* Учебное пособие «Пожарная безопасность электроустановок: учебное пособие для самостоятельного изучения дисциплины»/ *А.Л. Никифоров, С.Н. Животягина*– Иваново: ООНИ ЭКО Ивановского института ГПС МЧС России, 2014.
3. *Каргашилов Д.В.* Электротехнические изделия: учебное пособие/ *Д.В. Каргашилов, Д.С. Королев, А.В. Калач, А.Ю. Акулов* - Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2018.
4. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21,122-87 М.: Стройиздат, 1989 г.
5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений СО 153 34.21.122-2002 М.: Стройиздат, 2003 г.
6. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. с изм. и доп. на 2017 г.
7. <https://ru.wikipedia.org>

УДК 662.61

*Н. Е. Тимофеев<sup>1</sup>, М. С. Резников<sup>2</sup>, А. Ш. Мингазов<sup>2</sup>, В. В. Емельянов<sup>2</sup>,  
А. С. Уголькова<sup>1</sup>, Р. Р. Димухаметов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Казанский научно-исследовательский технологический университет»

<sup>2</sup> АО «ЧПО им. В.И. Чапаева»

## **ГЕНЕРАТОР С НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ОГНЕТУШАЩЕГО АЭРОЗОЛЯ И «ЧИСТЫМИ» ПРОДУКТАМИ СГОРАНИЯ**

Разработана конструкция генератора огнетушащего аэрозоля с низкой температурой и чистыми продуктами сгорания. Конструкция щелевых генераторов является наиболее оптимальной, обеспечивающей уменьшение температуры аэрозоля и не снижающей его огнетушащую способность. В производственных условиях была разработана конструкция натурального универсального генератора. Испытания показали длительное надежное функционирование универсальных генераторов огнетушащего аэрозоля.

**Ключевые слова:** генератора огнетушащего аэрозоля, массовый расход, время охлаждения, конструкция, аэрозолеобразующий состав, пожаротушение.

*N. E. Timofeev, M. S. Reznikov, A. S. Mingazov, V. V. Emelyanov, A. S. Ugolokova, R. R. Dimukhametov*

## **GENERATOR WITH A LOW TEMPERATURE FIRE-EXTINGUISHING AEROSOL AND "CLEAN" COMBUSTION PRODUCTS**

The design of the fire extinguishing aerosol generator with low temperature and clean combustion products is developed. The design of slot generators is the most optimal, providing a decrease in the temperature of the aerosol and does not reduce its fire-extinguishing ability. In production conditions, the design of a full-scale universal generator was developed. Tests have shown long-term reliable operation of universal generators of fire extinguishing aerosol.

**Keywords:** fire extinguishing aerosol generator, mass flow rate, cooling time, design, aerosol-forming composition, fire fighting.

Заряд аэрозолеобразующего состава (АОС) горит в камере генератора, поэтому свойства получаемого ингибирующего аэрозоля существенно зависят от конструктивных особенностей генератора и в итоге они определяют пожаротушающий эффект аэрозоля [1,2].

Диафрагма в генераторах аэрозоля используется с целью:



1) исключения участия кислорода воздуха в процессе горения и тем самым уменьшения температуры продуктов истечения и степени термического разложения целевого продукта;

2) увеличения скорости истечения продуктов из генератора и уменьшения времени нахождения паров целевого продукта в зоне высокой температуры.

Применительно к генераторам огнетушащего аэрозоля (ГОА) влияние диафрагмирования на характеристики аэрозоля ранее не исследовалось.

В большинстве ГОА процесс горения заряда АОС протекает при невысоком избыточном давлении, как правило, не превышающем 0,2-0,5 МПа [3,4].

Формирование размеров частиц аэрозоля в основном определяется степенью расширения парогазовой струи, которая представляет собой отношение давления в камере генератора к давлению на выходе из сопла. В общем случае давление в генераторе определяется по выражению:

$$P_{г} = \frac{\rho s u}{A \sigma_{кр}}$$

где  $P_{г}$  – давление в камере генератора;

$\rho$  - плотность пироэлемента;

$s$  – поверхность горения пироэлемента;

$u$  - скорость горения пироэлемента при давлении  $P_{г}$ ;

$A$  – коэффициент истечения, зависящий от природы продуктов сгорания (показателя изоэнтропы);

$\sigma_{кр}$  - площадь критического сечения диафрагмы.

Обычно используемая при исследованиях степень диафрагмирования  $k$  равна:

$$k = \frac{s}{\sigma_{кр}}$$

С учетом этого:

$$P_{г} = k \frac{\rho \cdot u}{A}$$

т.е. давление в генераторе зависит не только от степени диафрагмирования горячей поверхности пироэлемента (ПЭ): необходимо учитывать также плотность ПЭ, скорость его горения и коэффициент истечения. Поэтому при окончательной оценке эффективности ГОА целесообразно использовать зависимость огнетушащей способности от давления в генераторе, которая учитывает весь комплекс параметров АОС, пироэлемента и генератора.

Поскольку давление в генераторе создают только газообразные/парообразные продукты сгорания АОС, необходимо вводить поправку  $(1-Z)$  в приведенное выражение, которая учитывает долю конденсированной фазы  $Z$ . С учетом этого:

$$P_{г} = k \frac{\rho u (1-z)}{A}$$

Установлено, что для опытного АОС 51-35ТИ10 содержание в продуктах сгорания коррозионно-активного КОН в 350 раз меньше, чем для штатного АОС. Диафрагмирование позволяет уменьшить содержание КОН

для штатного АОС в 6 раз, для опытного – в 50 раз, что имеет большое практическое значение.

Для охлаждения аэрозоля использовали различные способы.

1) Генераторы с инжектором.

На генератор дополнительно устанавливали устройство, в котором происходило перемешивание газоаэрозольной смеси с подсосываемым воздухом (инжектор). Такие конструкции отличаются простотой и низкой стоимостью. Исследования показали, что генератор и с инжектором штатным АОС имеет высокие температуры газоаэрозольного потока. За срезом инжектора температура потока составляет 400 °С. Высокая температура продуктов истечения ограничивает область применения таких генераторов.

2) Применение профилированных сопел.

Существенно увеличить скорость истечения и уменьшить температуру потока возможно при сверхзвуковом потоке, для чего требуется увеличить давление в генераторе и использовать профилированные сопла Лавалья. Для реализации этого способа необходимо увеличить толщину корпуса генератора, усилить крепления крышки и изготавливать специальные сопловые блоки. Все это увеличивает массу и трудоемкость изготовления генератора.

3) Использование контактных охладителей.

В качестве контактного охладителя использовали крошку мрамора, гранита, алюминиевые шарики, специальные таблетки из оксалата аммония. Применение контактного охладителя позволяет существенно снизить температуру выходящего из генератора аэрозоля, «убрать» видимое пламя. Однако, использование охладителя, уменьшает коэффициент полезного наполнения, резко снижает огнетушащую способность аэрозоля за счет его потерь при торможении потока, оседании частиц на охладителе. Химический охладитель разлагался от воздействия высокой температуры потока с выделением токсичных веществ.

4) Щелевые генераторы.

В щелевых генераторах одновременно горят два торцевых заряда АОС навстречу друг к другу, выход аэрозоля осуществлялся по сопловой щели между полукорпусами. Щелевое сопло имеет малый размер, струя аэрозоля быстрее перемешивается с воздухом и интенсивно охлаждается. Конструкция щелевых генераторов является наиболее оптимальной, обеспечивающей уменьшение температуры аэрозоля и не снижающей его огнетушащую способность.

5) Конструирование универсального генератора огнетушащего аэрозоля.

К перспективным ГОА предъявляются дополнительные требования по температуре, «чистоте» аэрозоля (отсутствию выброса липких, твердых и жидких шлаков, приводящих к порче имущества и затрудняющих их уборку). Анализ известных конструкций ПИ и ГОА показывает, что

возможно создание универсальной конструкции, позволяющей получить «чистый» и низкотемпературный аэрозоль. На рисунке 1 показана схема такого ГОА. Он состоит из металлического корпуса 1, в котором размещен заряд АОС 3. заряд имеет центральный канал, теплоизолирующую оболочку 2 и крышку 5. В крышке имеется множество дымовых отверстий малого диаметра (2-3 мм). Воспламенение заряда АОС осуществляется с нижнего торца. Аэрозоль, образующийся при горении заряда, выходит через центральный канал заряда и дымовых отверстия в крышке генератора. Поток аэрозоля разворачивается на  $180^{\circ}$ , при этом шлаки оседают на дно камеры. При такой схеме шлаки не выносятся из генератора. Сепарация аэрозоля от шлаков позволяет уменьшить размер дымовых отверстий в крышке, что приводит к интенсивному охлаждению аэрозоля.

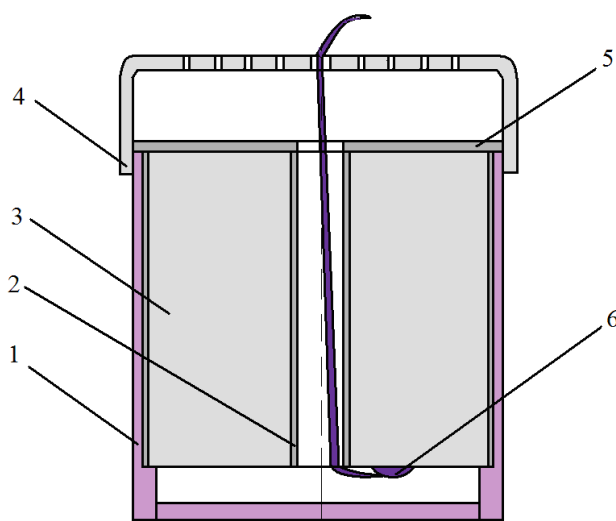


Рисунок 1 - Схема универсального генератора огнетушащего аэрозоля  
1 – корпус; 2 – оболочка-теплоизолятор; 3 – заряд АОС; 4 – крышка;  
5 – крышка-теплоизолятор; 6 - воспламенитель

Универсальный характер описанного ГОА заключается в том, что по такой схеме можно изготавливать генераторы различного типоразмера, использовать заряды различных АОС, в том числе образующих большое количество шлаков. При надежной теплоизоляции заряда, особенно поверхности центрального канала, время действия генератора может быть существенно увеличено. В производственных условиях ЧПО им. В.И. Чапаева была разработана конструкция натурального универсального генератора, изготовлены опытные образцы ГОА. Испытания натуральных зарядов АОС показали длительное надежное функционирование универсальных ГОА.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Силин Н. А.* Пиротехничесике аэрозолеобразующие составы и средства объемного пожаротушения на их основе / Н. А. Силин, П. Г. Вертинский, А. И. Сидоров [и др.] // Взрывчатые материалы и пиротехника. - 1993.— Вып.1-2.- С. 17-21.
2. ГОСТ Р 53284-2009. Национальный стандарт РФ. Техника пожарная Генераторы огнетушащею аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний. - Ввод, в дейст, 18.02.009. № 59-с. -М: Стандартинформ, 2009 -15 с.
3. *Абдуллин И. А.* Гражданская пиротехника / И.А. Абдуллин, М.С. Резнинов, А. И.Сидоров [и др.] - Казань,2013—336 с.
4. Аэрозольное пожаротушение : монография / *В. Н. Емельянов, И. А. Абдуллин, Н. Е. Тимофеев*; [под ред. Н. Е. Емельянова] ; М-во образования и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань : Бриг, 2016. - 227 с.

УДК 614.849: 004.42

*Н. Г. Топольский, К. А. Михайлов, К. М. Волкова*

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ АВТОМАТОВ В СИСТЕМАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

В статье рассматривается классификация установок пожаротушения, показана структурная схема для системы пожаротушения, алгоритм работы которой реализуется с помощью цифрового автомата. Предложено использование цифровых автоматов в системах пожаротушения промышленных объектов.

**Ключевые слова:** цифровой автомат, автоматическая система пожаротушения, внутреннее состояние, промышленный объект

*N. G. Topolsky, K. A. Mikhailov, K. M. Volkova*

### THE USE OF DIGITAL MACHINES IN FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS OF INDUSTRIAL FACILITIES

The article deals with the classification of fire extinguishing systems, shows a block diagram for the fire extinguishing system, the algorithm of which is implemented using a digital automaton. The introduction of a digital automaton into the fire extinguishing system of industrial facilities is considered.

**Keywords:** digital automatic machine, automatic system of a firefighting, inwardness, industrial project

Многообразие автоматических систем пожаротушения на сегодняшний день дает возможность выбрать для каждого определенного

объекта необходимую систему. Основные задачи, которые должна решать установка пожаротушения такие:

- эффективно реализовывать современные технологии пожаротушения, оказывать минимальное воздействие на объект защиты;
- запуск системы в регламентное время (не превышающего длительности начальной стадии развития пожара);
- иметь оптимальный коэффициент инерционности, тушение пожара в целях его ликвидации или локализации в течение времени, необходимого для введения оперативных сил и средств;
- надежность функционирования соответствует нормативным значениям[1].

На рис. 1 изображена общая классификация установок пожаротушения [3].



Рисунок 1 - Общая классификация установок пожаротушения

В качестве промышленного объекта, к примеру, выступает четырехэтажная отопливаемая трикотажная фабрика (как представитель промышленного объекта), а огнетушащее вещество – вода. Если использовать спринклерную установку пожаротушения на фабрике, то это позволит осуществлять тушение необходимой зоны, что сохраняет от разрушения стеллажи, находящиеся вне зоны сработавшего оросителя и

уменьшит ущерб. На рис. 2 представлена структурная схема рассматриваемой автоматической системы пожаротушения [2].

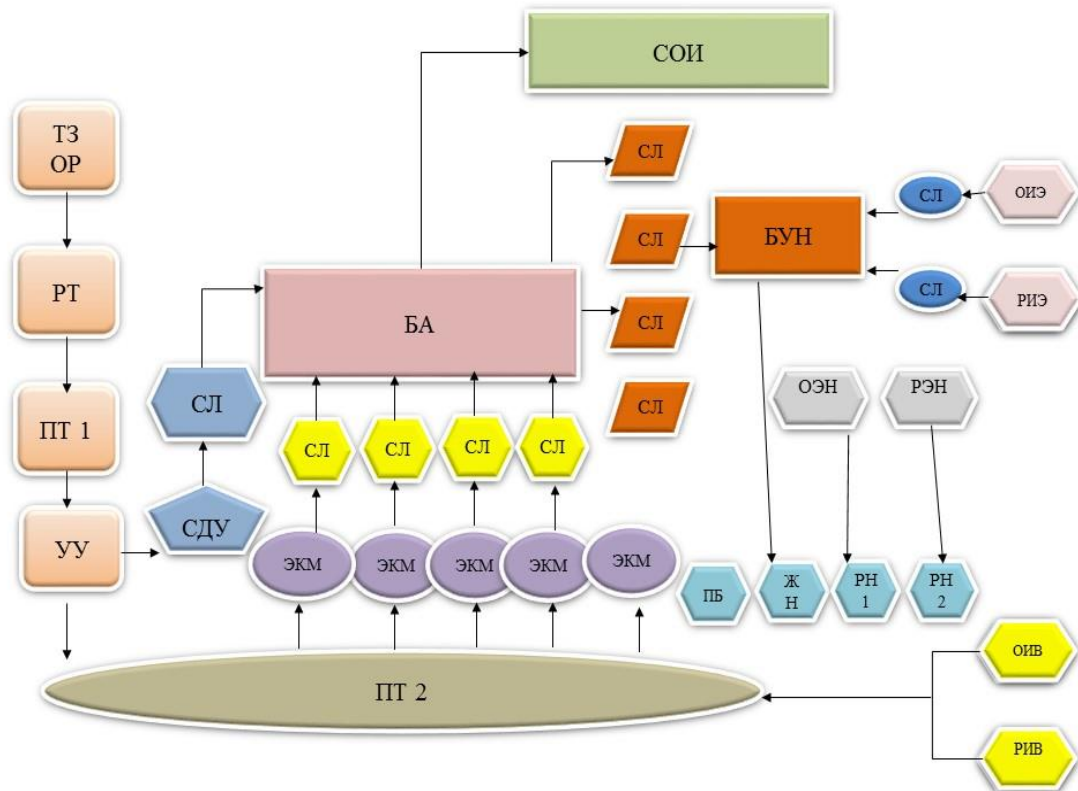


Рисунок 2 - Структурная схема автоматической системы пожаротушения объекта промышленности

ТЗ – тепловой замок спринклера  
 ОР – ороситель (спринклер)  
 РТ – распределительный трубопровод  
 ПТ 1 – питающий трубопровод  
 УУ – узел управления  
 ПТ 2 – подводящий трубопровод  
 ЭКМ – электроконтактный манометр  
 СДУ – сигнализатор давления универсальный  
 СЛ – соединительная линия  
 БА – блок автоматики  
 ОИЭ – основной источник электроснабжения  
 РИЭ – резервный источник электроснабжения  
 СОИ – система оповещения и информации  
 БУН – блок управления насосами

ОЭН – основной электродвигатель насоса  
 РЭН – резервный электродвигатель насоса  
 РН 1 – рабочий насос РН 2 – резервный насос  
 ПБ – пневмобак  
 ЖН – жокей-насос  
 ОИВ – основной источник водоснабжения  
 РИВ – резервный источник водоснабжения

Если детально рассмотреть реализацию алгоритма работы данной автоматической системы пожаротушения посредством цифрового автомата, то становится доступным:

- сделать систему менее энергоемкой;
- уменьшить габариты и массу системы.

Благодаря соединению элементов, которые принято называть логическими, реализуется зависимость между выходными и входными сигналами в цифровом автомате.

Цифровой автомат, реализующий алгоритм работы автоматической системы пожаротушения, описывается рядом множеств:

-множества, которые определяются с помощью алгоритма функционирования системы пожаротушения

-множества входных воздействий  $X$  и выходных сигналов  $Y$ , и множество, которое необходимо определить – множество внутренних состояний  $A$ .

Набор всех возможных комбинаций внутренних элементов памяти автомата есть множество внутренних состояний цифрового автомата. Именно поэтому, включение питания вводит автомат в некоторое непредсказуемое состояние и вводится внешний сигнал сброса, переводящий автомат в четкое определенное состояние, которое называется "начальным". Микросхемы описывают составленные логические выражения, на них реализуется функциональная схема [3].

В цифровых автоматах могут присутствовать элементы, которые, изменяя свое состояние под действием входных сигналов или порождаемых ими управляющих воздействий, после прекращения действия этих сигналов в исходное состояние не возвращаются.

За последние годы цифровые автоматы стали широко применяться в разных областях науки и техники. Простые и сложные цифровые автоматы предназначены для обработки и преобразования информации. Алгоритм создания цифрового автомата для рассматриваемой системы пожаротушения промышленного объекта будет эффективен в применении при решении подобных задач.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Топольский Н.Г.* Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов. - М.: МИПБ МВД России, 1997. - 164 с.
2. *Калабеков Б.А., Мамзлов И.А.* Цифровые устройства и процессорные системы. – М.: Радио и связь, 1987.
3. *Собурь С.В.* Пожарная безопасность предприятия. Учебносправочное пособие. Изд. 12. – М.: Пожкнига, 2008.
4. *Глушков В.М.* Синтез цифровых автоматов. -М.: Физмат- гиз, 1962, -476 с.

УДК 614.841.332

*А. Р. Тутубалин, П. В. Чистов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОГНЕВОЙ ПОЛОСЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ**

В данной статье приведены цели создания огневой полосы психологической подготовки пожарных. Перечислены огнестойкие качества стали. Произведена оценка предела огнестойкости снарядов для огневой полосы. Сделаны выводы по применению огнестойких покрытий.

**Ключевые слова:** Огневая полоса психологической подготовки пожарного, снаряд, огнестойкость, предел огнестойкости, приведенная толщина металла.

*A. R. Tutubalin, P. V. Chistov*

## **ASSESSMENT OF THE FIRE RESISTANCE OF THE MATERIAL USED TO DESIGN THE FIRE STRIP OF THE PSYCHOLOGICAL TRAINING OF FIREFIGHTERS.**

This article describes the goals of creating a fire zone for the psychological training of firefighters. Fire-resistant qualities of steel are listed. The fire resistance of shells for the fire strip has been estimated. Conclusions are drawn on the use of fire-resistant coatings.

**Keywords:** Fire zone of a firefighter's psychological training, projectile, fire resistance, fire resistance limit, reduced metal thickness.

Огневая полоса психологической подготовки пожарного (ОППП) – это набор тренировочных снарядов, расположенных на установленной территории вдалеке от производственных, общественных и жилых зданий, занятия на которых развивают психологические, моральные, волевые, физические качества у пожарных. Такие качества необходимы пожарным при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ на месте ЧС.

Целью создания и использования ОППП является становление, развитие и закрепление у пожарных следующих качеств:

- Развитие у пожарных высоких волевых и профессионально-боевых психологических качеств.
- Совершенствование волевых и морально-психологических качеств, способности правильно оценивать обстановку и чётко выполнять поставленную задачу в сложных ситуациях.
- Выработка важного качества для пожарного, такого как «психологическая надёжность».



Наряду с этим для выработки и упрочения у личного состава особых качеств «психологической надежности», развития способности к максимальной мобилизации собственных возможностей в пожарной охране практикуется строительство огневых полос психологической подготовки пожарных и обучение на них личного состава.

Все снаряды для огневой полосы конструируются из стали, так как сталь является негорючим материалом, но, как и все материалы, которые используют в строительстве, не может в течение длительного времени выдерживать воздействие высокой температуры.

Степень нагрева стальных конструкций зависит от размеров их составляющих частей и величины поверхности их обогрева. При увеличении объема стали и уменьшении поверхности её обогрева степень нагрева элемента снижается.

Предел огнестойкости стальных конструкций зависит от толщины её элементов и величины действующей на неё температуры. Чем больше толщина стали и меньше температура воздействия, тем предел огнестойкости выше.

Стальные конструкции обладают умеренной массой и хорошей прочностью, отличаясь при этом небольшими габаритами. При воздействии высоких температур около 230-250°C, свойства стали практически не изменяются. Но при нагреве до 250-300°C происходит незначительное повышение прочности и снижение пластичности. При такой температуре сталь становится более хрупкой.

### **Описание материалов для изготовления огневой полосы**

Каркас: трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 95 мм, толщиной обеспечивающей устойчивость к ветровым нагрузкам, нагрузкам атмосферных осадков, нагрузкам связанных с проведением на них учебных тренировок с личным составом (не менее 6 человек одновременно) пожарного депо и других нагрузок, но не менее 6 мм.

Ступени: металлические из горячекатаного широкополосного проката [2] размерами: ширина - 150 мм, длина 700 мм, толщиной не менее 6 мм;

Ограждение: стойки (поручни) - трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 51 мм [3] с заполнением между ними термомеханически упрочненной арматурной сталью гладкого профиля [4] диаметром не менее 16 мм, расстоянием между собой 100 мм, высота ограждения - 1000 мм;

Площадки: металлические из горячекатаного широкополосного проката [2] толщиной не менее 6 мм;

Произведена оценка огнестойкости снарядов.

Фактические пределы огнестойкости по потере прочности (R) различных несущих металлических конструкций оцениваются в справочной литературе в зависимости от приведенной толщины металла поперечного сечения конструкции ( $t_{red}$ ), которая определяется по формуле:

$$t_{red} = \frac{A}{U} \quad (1)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения металлической конструкции, см<sup>2</sup>;  $U$  – обогреваемая часть периметра сечения конструкции, см.

Расчет приведенной толщины металла будем производить для труб каркаса (рис.1), так как источник огня и дыма будет расположен рядом с ними, и на них будет воздействовать наиболее высокая температура. Наружный диаметр труб 95 мм, толщина 10 мм.

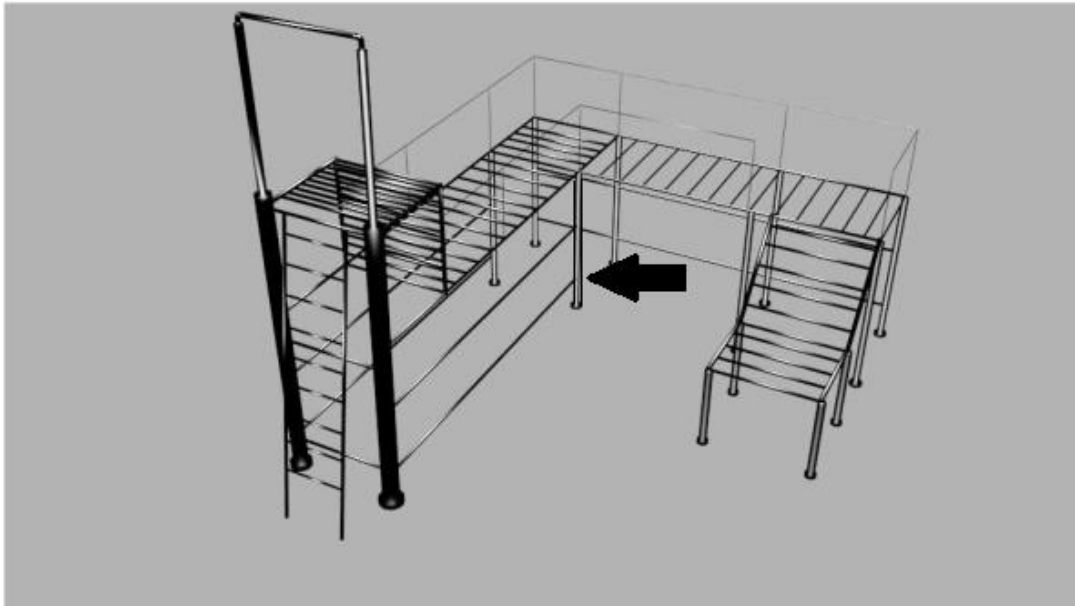


Рисунок 1 - Снаряд ОППП.

Площадь поперечного сечения кольца ( $A$ ) с внешним диаметром  $d$  и толщиной  $\delta$  (рис.2) определяется по формуле:

$$A = S_{\text{бол}} - S_{\text{круга}} = \pi \cdot \frac{d^2}{4} - \pi \cdot \frac{(d - 2\delta)^2}{4} = \pi\delta(d - \delta) = 3.14 \cdot 10 \cdot (95 - 10) = 2669 \text{ мм}^2 \quad (2)$$

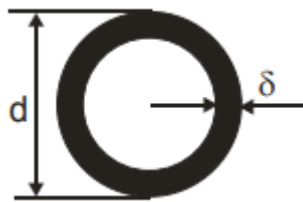


Рисунок 2 - Вид сечения трубы.

Периметр обогрева ( $U$ ) равен длине окружности диаметром  $d$ :

$$U = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 95 = 298,3 \text{ мм} \quad (3)$$

Приведенная толщина поперечного сечения конструкции ( $t_{red}$ ) равна:

$$t_{red} = \frac{A}{U} = \frac{2669}{298,3} = 9 \text{ мм}$$

Оценка собственных пределов огнестойкости стержневых стальных конструкций (без огнезащиты) проводится по табл. 1, составленной на основе расчетных данных[6].

Таблица 1 - Определение собственного предела огнестойкости

Приведенная толщина металла (ПТМ), мм	Собственный предел огнестойкости (Пф), мин
3	7
4	8
5	9
10	15
15	18
20	21
30	27
40	34
60	43

Определяем собственный предел огнестойкости методом линейной интерполяции:

$$P = \frac{15 - 9}{10 - 5} \cdot (9 - 5) + 9 = 13,8 \text{ мин.} \quad (4)$$

Также для повышения огнестойкости снарядов нужно использовать огнезащитные покрытия. Огнезащитные краски (покрытия) представляют собой композиционные материалы, которые содержат полимерное вяжущее и наполнители. При воздействии высоких температур они разлагаются вокруг защищаемой конструкции и поглощают тепло, выделяют инертные газы и пары, которые замещают кислород, препятствуют конвективному переносу тепла к защищаемой поверхности, подавляя пламя вблизи слоя покрытия, замедляют процесс горения[1].

В итоге рассмотрения данного вопроса можно сказать, что сталь, используемая для проектирования огневой полосы, имеет собственный предел огнестойкости равный 13,8 минутам. Так как температура воздействия на металлические конструкции огневой полосы значительно ниже, чем на пожаре, то такой предел огнестойкости является приемлемым. Однако все же необходимо окрашивать снаряды огнезащитными красками для увеличения огнестойкости, повышения прочности и уменьшения деформации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123 - ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. ГОСТ 82-70. Прокат стальной горячекатаный широкополосный универсальный. Сортамент (с Изменениями N 1-4). – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 24 с.
3. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент (с Изменением N 1). – Москва: Стандартимформ, 2007. – 17 с.
4. ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упроченная для железобетонных конструкций. Технические условия. – Минск: ИПК Издательство стандартов, 1995. – 25с.
5. *Д.Г. Пронин*. Огнестойкость стальных несущих конструкций: Методическое пособие. – Москва, 2015. – 49 с.
6. *А.И. Яковлев*. Расчет огнестойкости строительных конструкций. Москва, Стройиздат, 1988 г.

УДК 614.84

*О. М. Холодов, Л. В. Филоненко, Буннамсок Пхетнакхон (Лаос)*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный институт физической культуры»,  
ФГКВОУ ВО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

### УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА АЭРОДРОМАХ ЛАОСА

Изучены условия обеспечения пожарной безопасности в аэропортах Лаосской Народно-Демократической Республики, их противопожарное оборудование, система работы аварийных служб при возникновении пожара или его угрозы.

**Ключевые слова:** пожар, безопасность, авиационная техника, аэропорт, топливопроводы

*O. M. Kholodov, L. V. Filonenko, Bunnamsok Phetnakhon (Laos)*

### CONDITIONS OF FIRE SAFETY AT THE AIRPORTS OF LAOS

The conditions of fire safety at the airports of the Lao people's Democratic Republic, their fire-fighting equipment, the system of emergency services in the event of a fire or its threat were studied.

**Keywords:** fire, safety, aviation equipment, airfield, fuel lines

Лаос находится в Юго-восточной Азии, не имеет выхода к морю, территория Лаоса покрыта густыми лесами, ландшафт состоит из невысоких

холмов и гор. В Лаосе тропический муссонный климат, характеризуется делением года на два сезона – летний дождливый период муссонов с мая по октябрь и зимний сухой период с ноября по апрель, средняя годовая температура в Лаосе +30, в связи с этим климатом по вопросу эксплуатации авиационной техники (АТ) имеет своя особенность.

Гражданской авиация Лаосской Народно-Демократической Республики имеет сеть из 14 аэропортов, 2 из которых, имеют статус международных, один находится в столице, город Вьентьян – Международный аэропорт Ваттай, второй в городе Луангнамтха (Международный аэропорт Луангнамтха). Международный аэропорт Ваттай еще совмещен и с военным аэродромом. Таким образом Международный аэропорт Ваттай является ярким примером – аэродромов совместного базирования (АСБ) – единственного в своем роде в Лаосе, на его примере и была изучена система работы аварийных служб при возникновении пожара или его угрозы [4].

Изучение источниковой базы [3, 4] позволяет делать вывод, что АСБ Ваттай имеет противопожарное оборудование, соответствующее стандарту, включая 4 пожарный автомобиль с полным противопожарным материалом следующим образом:

- пожарный автомобиль Zoomlion ZLJ5280GXFPM120;
- пожарный автомобиль Zhongzhuo Shidai ZXF5150GXFPV40;
- пожарный автомобиль Jinshengdun JDX5080GXFPM30/Y;
- пожарный автомобиль ЗИЛ-130.

Тактико-технические характеристики пожарных автомобилей представлены в таблице 1.

Таблица 1 -Тактико-техническая характеристика пожарный автомобиль у подразделения противопожарных в аэродроме Ваттай

№	Технические характеристик	Zoomlion ZLJ5280GXFPM120	Zhongzhuo Shidai ZXF5150GXFPV 40	Jinshengdun JDX5080GXFPM30/Y	ЗИЛ-130
1	Год производства	1996	1996	1980	1979
2	Размеры:				
	длина:	11.50м	9.40м	5.90м	7.60м
	ширина:	2.84м	2.84м	2.10м	2.50м
	высота:	3.80м	3.80м	2.45м	3.50м
3	Объём воды	12000 л	4500 л	940 л	2360л
4	Объём пены	1,200 л	540 л	160 л	-
5	Огнетушитель	-	450 кг	250 кг	-
6	Защитная одежда	03	03	03	-
7	Кислородный баллон	03	03	03	03

В случае возникновения пожаров в пределах АСБ Ваттай, существующая система аварийных служб проводят следующие мероприятия [4]:

### 1. Управление воздушным движением (УВД):

- Сообщает в центральный пункт управления аэродрома следующую информацию:

1) оповещение о чрезвычайной ситуации;

2) указание места аварии и тип объекта;

3) характер аварии (авария с угрозой пожара, пожар и т.д.);

4) наличие каких-либо опасных грузов, временно располагающихся поблизости;

5) время аварии;

6) направление ветра.

- Осуществляет отправку воздушных судов, находящихся в воздухе, на резервные и запасные аэродромы, в случае закрытия АСБ Ваттай или в случае приостановления его работы по решению гражданского или военного руководства.

### 2. Центральный пункт управления аэропорта и аэродрома:

- получает информации о чрезвычайной ситуации точно и своевременно;

- распространяет инструкции, касающиеся аварийных операций в зоне ответственности, точно и своевременно среди соответствующих подразделений.

### 3. Военно-пожарная часть:

- координация в обеспечении безопасности АСБ Ваттай и места происшествия.

- координация с местными службами спасения и пожаротушения, участвующими в спасательной операции.

### 4. Центр противопожарно-спасательного подразделения:

- осуществление аварийно-спасательных и противопожарных действий, сооружений на АСБ Ваттай в соответствии с указанной чрезвычайной ситуацией;

- командование, координация спасательных и противопожарных служб с другими службами пожарной взаимопомощи в соответствии с соглашением о взаимопомощи;

- предоставление комментариев, консультирование мобильного командного пункта о проверке медицинской помощи пострадавшим, перегрузка груза и установление границы безопасности на месте происшествия.

### 5. Центр безопасности АСБ Ваттай:

- координация действий с военными силами и подразделениями полиции обеспечивает безопасность личного состава и материалов в зоне чрезвычайных ситуаций;

- предоставление руководящих указаний местным силам и средствам в целях обеспечения доступа к месту происшествия, установления границы безопасности, проверки доступа к месту происшествия.

### 6. Центр электроснабжения (водоснабжения) АСБ Ваттай:

- обеспечивает резервные мобильные генераторы для обеспечения спасательных и противопожарных операций;

- защищает систему дежурного освещения зданий, сооружений и взлетно-посадочных полос;

- обеспечение работы пожарного гидранта в аварийном режиме.

#### 7. Служба наземного обслуживания:

- предоставление технических средств для удаления аварийной авиационной техники после прекращения спасательной операции;

- совместно со службами спасения и пожаротушения разворачивают специальное техническое оборудование (лестницы, автомобили, средства индивидуальной защиты и др.) и обеспечивают безопасные места;

#### 8. Экстренная медицинская комиссия:

- координация действий с чрезвычайным координационным комитетом;

- оказание первой помощи, сбора и сортировки пострадавших и транспортировки раненых в больницы;

- координация усилий с местными медицинскими службами, участвующими в спасательной операции;

- привлечение местных медицинских служб и персонала для регистрации и обслуживания пострадавших.

#### 9. Служба спасения и пожаротушения:

- при получении информации, разворачивают аварийную службу, организуют спасательные и противопожарные операции;

- осуществляют координацию работы с местными службами спасения и пожаротушения, участвующими в спасательной операции.

#### 10. Полиция аэропорта:

- при получении экстренной информации, силами дежурной службы, участвует в спасательной операции и охране места происшествия;

- координация с местной полицией для обеспечения усиления безопасности аэропорта и места происшествия.

#### Алгоритм действий при возникновении пожара на АСБ Ваттай:

I. Первоначальное уведомление о структурном пожаре может исходить из любого места посредством телефонного звонка на 250 или 255 номер телефона службы спасения и пожаротушения. Каждый объект АСБ Ваттай оборудован громкой голосовой связью.

##### 1. Действия службы спасения и пожаротушения на АСБ Ваттай:

###### а) специально получить все возможные детали у звонящего:

- точное местонахождение пожара;

- тип пожара;

- что горит (топливо, здание, электроподстанция и т.д.)

- пострадавшие (если есть);

- имя звонившего.

б) определить характер пожара и уровень реагирования, если потребуется дополнительная поддержка;

в) развернуть боевые пожарные расчеты, начать пожаротушение и спасение;

г) проинформировать дежурные силы полиции, о районах пожаротушения и проведения аварийных и спасательных работ;

д) проводить расследование причин пожара;

е) предоставить отчет генеральному директору аэропорта и начальнику аэродрома.

2. Действия пункта управления движением воздушных судов (ВС):

а) в воздушной зоне организовать движение ВС, припаркованного возле объекта или сооружения, где произошел пожар;

б) открытие или закрытие АСБ Ваттай в ходе пожаротушения и по его завершению.

3. Действие службы электрообеспечения АСБ Ваттай:

а) пройдите к месту происшествия и свяжитесь с начальником пожарной охраны, чтобы определить, какие электрические и строительные системы должны быть отключены;

б) если пожар имеет электрический характер, отключите и изолируйте соответствующие цепи;

в) восстановите питание как можно скорее после стабилизации ситуации и устранения пожара.

II. Одним из основных действий на месте послеаварийного пожара является проведение боевого развертывания пожарных расчетов АСБ Ваттай. Боевое развертывание – это приведение имеющихся в наличии сил и средства в состояние готовности для выполнения боевой задачи на пожаре.

Боевое развертывание при наземной пожаре на ВС состоит из подготовки к боевому развертыванию и полного развертывания. Подготовка к боевому развертыванию производится еще в пути следования стартовых пожарно-спасательных расчетов и пожарно-стрелковых караулов к месту авиационного происшествия, а также по прибытии на пожар, происшедший на наземном объекте, и включает в себя [1]:

- заполнение пожарных насосов водой и включение их в рабочее положение;

- занятие операторами позиции у лафетных стволов или (при пожаре внутри грузовой кабины) присоединение магистральной рукавной линии с разветвлением к напорному патрубку насоса и развертывание рабочих рукавных линий от разветвления;

- введение ручных пожарных стволов-распылителей внутрь аварийного ВС.

При боевом развертывании пожарные автомобили должны устанавливаться таким образом, чтобы не мешать расстановке прибывающих позднее сил и средств, а также обеспечивать возможность маневра и быстрого сосредоточения максимального числа сил и средств на решающем направлении.

В зависимости от обстановки, складывающейся на пожаре, для проникновения внутрь аварийного ВС могут применяться выдвижные лестницы, лестницы-штурмовки и др. Они должны устанавливаться таким образом, чтобы не оказаться в зоне пламени при распространении пожара или возникновении



повторных воспламенений авиатоплива. Все эти средства перестанавливаются на новую позицию только после того, как личный состав пожарно-спасательных подразделений, поднявшийся по ним, будет поставлен в известность об изменении путей вывода.

Важным этапом работы на пожаре является прекращение распространения огня и ликвидация пожара обеспечиваются быстрым выходом на позиции операторов и их умелыми действиями, бесперебойной подачей огнетушащих составов с интенсивностью, равной или превышающей расчеты, непрерывным взаимодействием между личным составом пожарно-спасательных подразделений и маневренностью стволов. При пожарах внутри фюзеляжа ликвидация горения обеспечивается проникновением внутрь фюзеляжа и подачей огнетушащих составов непосредственно в зону горения, для чего применяются ручные стволы-распылители (РС-Б, РСК-50 и т.п.) [2].

Решающим направлением боевых действий при тушении пожаров считается такое, на котором создалась угроза взрыва, наиболее интенсивного распространения огня либо возникла опасность поражения личного состава и где работа личного состава пожарно-спасательных подразделений в данный момент может обеспечить успех в тушении пожара или в проведении аварийно-спасательных работ. В случае пожара разлитого вокруг аварийного ВС авиационного топлива решающим направлением являются защита фюзеляжа и тушение пожара в зонах, примыкающих непосредственно к планеру. При тушении пожара внутри фюзеляжа решающим направлением будет проникновение внутрь фюзеляжа, определение места зоны горения и тушение ее, осаждение дыма и высокотоксичных веществ, а также защита путей вывода и охлаждение обшивки фюзеляжа. Лишь только после сосредоточения необходимых сил и средств на решающем направлении вводятся силы и средства на других второстепенных направлениях.

Для защиты путей вывода и планера ВС могут применяться компактные и распыленные струи воды, водного раствора пенообразователя и воздушно-механической пены.

Если в процессе проведения спасательной операции нет возможности устранить источники воспламенения и существует угроза распространения пожара на открытые, но еще не горящие топливные баки, то их защищают огнетушащими составами для предотвращения воспламенения или взрыва.

Таким образом, за более чем пятидесятилетнюю историю с момента своего строительства и введения в эксплуатацию аэродрома совместного базирования Ваттай не отмечено ни одного случая пожара. Исключением стал 2013 год, когда самолет компании разбился при посадке в результате летного происшествия. Изученная система работы аварийных служб при возникновении пожара или его угрозы позволяет заключить, что совместная эксплуатация объекта создала качественных симбиоз военных и гражданских структур, позволяющий успешно бороться с пожарами на земле.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бобин К.П.* Техника безопасности в пожарной охране / К.П. Бобин. – М.: Стройиздат, 2015. – 71 с.
2. *Переславцев, А.В., Сотникова, М.А., Холодов, О.М., Кубланов, А.М., Полуян, А.В.* Безопасность жизнедеятельности / А.В. Переславцев, М.А. Сотникова, О.М. Холодов, А.М. Кубланов, А.В. Полуян. – Воронеж: Элист, 2019. – 224 с.
3. Холодов О.М., Бутсасенг Пхампхасук Пожарная безопасность на аэродроме / О.М. Холодов, Бутсасенг Пхампхасук // II Международная научно-практическая конференция «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». – Иваново ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 289-296.
4. ກະຊວງໂຍທາທິການແລະຂົນສົ່ງການຄຸ້ມຄອງສະຫນາມບິນ, ແຜນການຮອງຮັບເຫດການສຸກເສີນສະຫນາມບິນທະຫານ ຈໍ 703, 2012. – 90 ສ.

УДК 614.842/.847

*A. T. Khudaiberdiev, S. V. Mikhaylova*

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (филиал г. Нижневартовск)

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ

В данной работе исследованы огнезащитные покрытия. Проведен сравнительный анализ технических характеристик покрытий, которые есть на рынке. Предложен новый метод огнезащитного покрытия.

**Ключевые слова:** пожар, огнезащитное покрытие, вертикальное пламя, Re-flame.

*A. T. Khudaiberdiev, S. V. Mikhaylova*

## INNOVATIVE METHODS OF FIRE RETARDANT COATING

In this article, fire retardant coatings are investigated. A comparative analysis of the technical characteristics of coatings that are on the market. A new method of flame retardant coating is proposed.

**Keywords:** fire, flame retardant, vertical flame, Re-flame.

Актуальность данной работы состоит в подавлении развития пламени во время пожаров. В Ханты-Мансийском автономном округе – Югра за 2019 год было зафиксировано более двух тысяч пожаров жилых и промышленных зданий и сооружений, в которых погибло 32 человека (рис.1).[1]

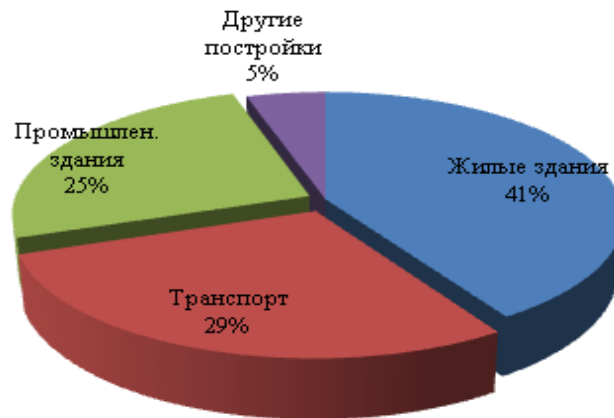


Рисунок 1 - Структура пожаров в населенных пунктах в ХМАО-Югре за 2019 год

Согласно данным рисунка 1 можно сказать, что большинство пожаров происходит в жилых домах и помещениях, а именно в многоквартирных домах, частных домах, банях, гаражах и т.д.

Чаще всего причинами возгораний является нарушение правил пожарной безопасности (рис 2.).

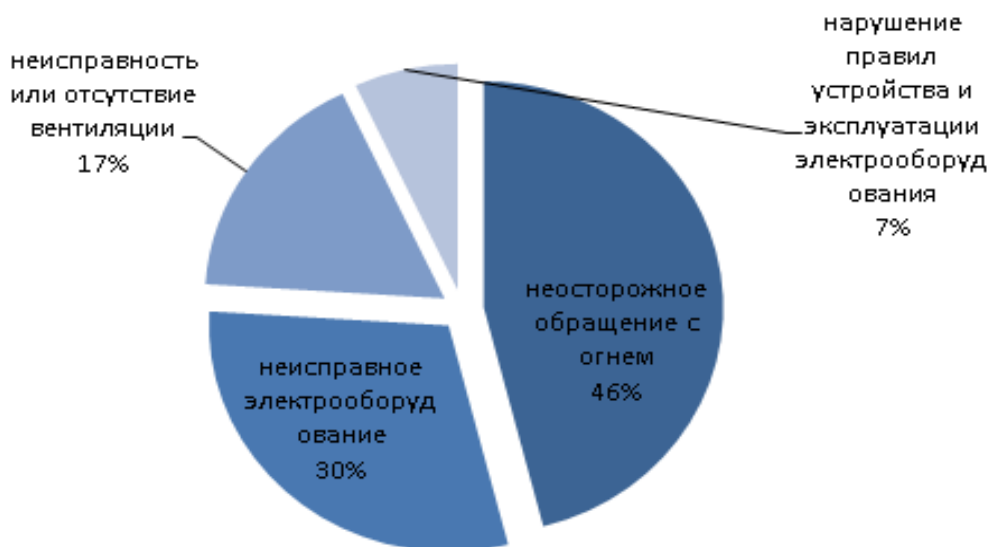


Рисунок 2 - Основные причины возникновения пожаров.

В жилом помещении с неисправной или отсутствующей вентиляцией, газы и дым с пламенем выбрасывается из разбитого окна фасада, что вызвано избыточным давлением и высокотемпературным излучением. Таким образом, сформировался особый феномен поведения выброса пламени.

В этом случае пламя и дым распространяются на верхние этажи под действием подъемной силы, и стекла верхних этажей лопались, что приводило к дальнейшему распространению огня на соседние этажи.

Очень важно подавлять вертикальное распространение огня и избегать увеличения объема огня, в зависимости от самой огнеупорной конструкции, а также улучшать огнестойкость фасада здания и других конструкций, подверженных воспламенению. Под различной схемой комбинации огнеупорной конструкции, распределения по температурам камеры сгорания и фасада здания и характеристик передачи тепла (как радиация тепла и конвекция тепла.) различаться. [2]

В последнее время особым спросом пользуются промышленное и коммерческое каркасное строительство с несущими металлоконструкциями. Подобные методы строительства имеют ряд преимуществ перед кирпичной кладкой, монолитным строительством и другими в первую очередь по скорости строительства, стоимости строительства, а так же тем, что здания, построенные по таким технологиям, имеют меньший вес. Сейчас существует множество методов обработки конструкций зданий и сооружений от пожаров. Мы выделили основные два метода:

- Покрытия с помощью базальтовой фольги – наносится клеевой состав (от 3 до 5 мм.), далее на него клеится базальтовая пленка.
- Покрытия типа огнезащитных красок – наносится как вручную, так и с помощью нагнетания высоким давлением.

Мы решили произвести сравнение огнестойких и огнезащитных покрытий (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ огнестойких и огнезащитных покрытий

Наименование показателя	Характеристика показателя			
	Бизон-НГ	Каскад-конструктив	FireGuard ULTRA	Re-flame
Внешний вид покрытия	ровная, однородная поверхность	ровная поверхность	Матовая поверхность, без кратеров и трещин	Матовая ровная поверхность
Цвет покрытия	базовый цвет - белый, возможна колеровка в пастельные цвета.	серый	Белый, оттенок не нормируется	белый (возможна колеровка в пастельные тона)
Сухой остаток, не менее (% по массе)	не менее 60%	65%	70%	72
Плотность (кг/м.куб.)	1000...1100	900...1000	1000...1200	1200...1300
Размер частиц (мкм)	70-80	70-80	100	Не более 60

Температура нанесения, °С	+5...+50	(-45 ÷ +60)0С		+5...+50 (-20...+50), в зависимости от модификации
Огнезащитная эффективность	до 90	до 90	до 120	до 120
Толщина сухого слоя (мм)	15	12	1,7	0,7-2,25
Расход (R90, 3,4мм) (кг/м.кв.)	3,4	5,3	2.9	2,48
Долговечность внутри помещений, лет	15	не менее 20	20	30
Долговечность снаружи помещений, лет	не используется	15	не используется	20
Цена за 1 кв.м (R90, 3,4мм), руб.	1404	1395	1286	1200

Из вышеприведенной таблицы можно сказать, что огнезащитное покрытие RE-FLAME обладает рядом преимуществ. А именно огнезащитной эффективностью R120, это означает, что при пожаре данное покрытие может удерживать пламя 120 минут без вреда для конструкции, на которое оно нанесено. Также еще одним достоинством является применение данного покрытия и внутри и снаружи помещения. Толщина слоя при R90 и приведенной толщине металла 3,4 мм равна 1,65 мм., что способствует экономии площади и негромоздкости конструкции по сравнению с технологией «Каскад-конструктив» в которой базальтовая пленка в 8мм и клей для ее крепления 3-4 мм. Также существенный фактор имеет цена на 1 кв. м.

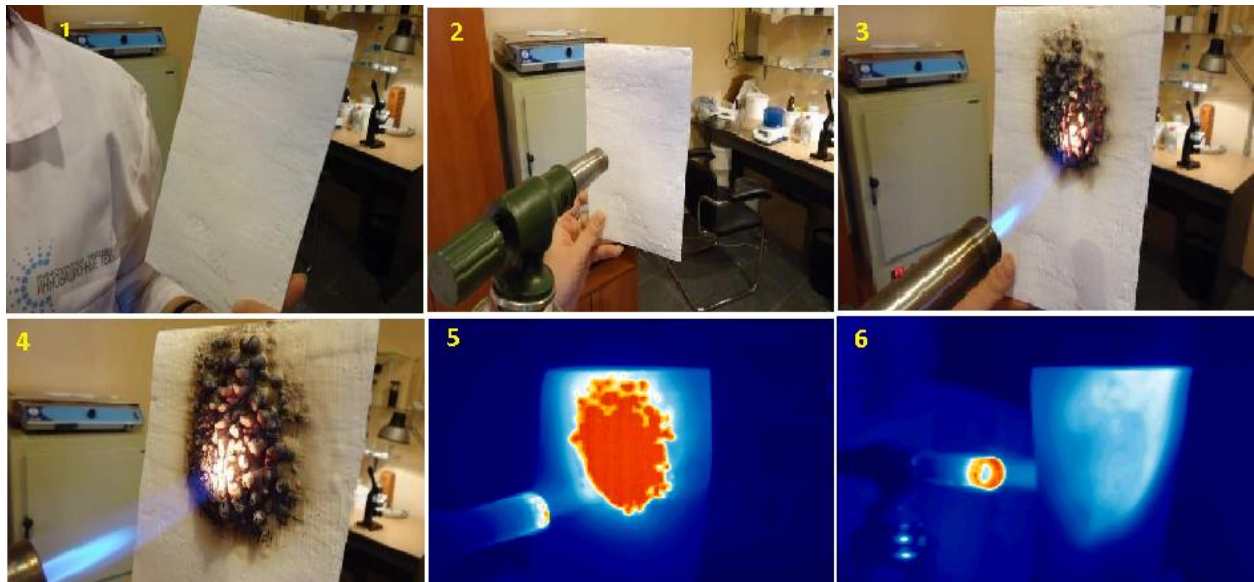


Рисунок 3 - Принцип действия огнезащитного покрытия RE-FLAME.

1 - лист картона; 2 – нагревание газовой горелкой; 3 – пять минут воздействия; 4 – двадцать минут воздействия; 5 – вид через тепловизор стороны нагревания; 6 - вид через тепловизор с обратной стороны нагревания

Температура стороны, на которую происходит тепловое воздействие, находится за пределами диапазона измерений тепловизора, т.е. выше чем +500С. Температура поверхности обратной стороны листа картона в самой горячей точке составляет +174С. Данная температура ниже, чем температура горения древесины и бумаги, а так же ниже температуры плавления металла и разрушения бетона. Воспламенения и обугливания листа картона после длительного воздействия пламенем благодаря покрытию RE-FLAME не происходит.

Вывод. Был проанализированы структура и причины пожаров в ХМАО-Югре. Выявлена опасность вертикального распространения огня. Проведен сравнительный анализ огнезащитных покрытий. Предлагаем применение покрытия RE-FLAME для обработки жилых домов и промышленных зданий и сооружений ХМАО-Югры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муксун – новости Югры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://muksun.fm/news/incident/27-09-2019/v-hmao-v-2019-godu-proizoshlo-2-tys-pozharov-v-kotoryh-pogiblo-32-cheloveka>, свободный– (03.05.2012).
2. *Delichatsios, M.A.*, Mass Pyrolysis rates and Excess Pyrolysisate in Fully Developed Enclosure Fires / M.A. Delichatsios, W.H. Silcock, X. Liu, M.M. Delichatsios, Y.P. Lee // *Fire Safety Journal*, 2004. - Vol. 39. - P. 1-24.
3. *Lee, Y P, Delichatsios M A, Silcock G W H.* Heat fluxes and flame heights in facades from fires in enclosures of varying geometry / Y P. Lee, M A. Delichatsios, G W H. Silcock // *Proceedings of the Combustion Institute*, 2007. - Vol. 31. - № 2. - P. 2521-2528.

УДК 614.842.4

***В. И. Цапков<sup>1,2</sup>, Г. Н. Гришина<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

<sup>2</sup>ФГБВОУ ВО Академия ГПС МЧС России

## **УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА С ОПТИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЫМА**

Предложено устройство для обнаружения дыма, структурная схема которого состоит из генератора с оптической обратной связью (собранного на двух транзисторах, фотодиоде и светодиоде), опорного кварцевого генератора, синхронного детектора, триггера Шмитта и выходного каскада, служащего для формирования сигнала тревоги.

**Ключевые слова:** пожар, дым, оптическая обратная связь, генератор, светодиод, фотодиод.

***V. I. Tsapkov, G. N. Grishina***

## **GENERATOR-BASED DEVICE WITH OPTICAL FEEDBACK FOR SMOKE DETECTION**

A device for smoke detection is proposed, the block diagram of which consists of a generator with optical feedback (assembled on two transistors, a photodiode and an led), a reference quartz generator, a Synchron detector, a Schmitt trigger and an output stage serving to form an alarm signal.

**Keywords:** fire, smoke, optical feedback, generator, led, photodiode.

Для того чтобы зафиксировать пожар на самой ранней стадии, когда он называется возгоранием, используются современные системы обнаружения и системы пожарной сигнализации. Они предназначены для круглосуточного контроля охраняемого объекта и оповещения о первых признаках пожара или задымления.

Для создания таких систем используются: устройства обнаружения – пожарные извещатели, приемно-контрольные приборы и исполнительное оборудование (средства оповещения). Пожарные датчики (извещатели) являются основными элементами систем обнаружения очага пожара. От их чувствительности и помехоустойчивости зависит эффективность работы системы.

Дым – основной и наиболее характерный признак пожара на самой ранней его стадии. Поэтому дымовые извещатели являются, пожалуй, самым распространенным и активно развивающимся видом пожарных извещателей в мире. Дымовые извещатели подразделяются на точечные и линейные. Точечные

дымовые извещатели производят замер в том месте, в котором установлены. В частном секторе из точечных извещателей используются только фотоэлектрические. Внутри такого устройства находится измерительная камера с источником света (в качестве которого можно использовать светодиод) и фотоприемником. Частицы дыма, попавшие в камеру, уменьшают светопрозрачность и рассеивают световой поток в измерительной камере. Эти изменения и улавливает фотоприемник. Но в разных конструкциях по-разному. В одних он фиксирует общее ослабление светового потока (если расположен строго напротив источника света). В других – рассеяние потока (фотоприемник расположен под прямым углом к источнику света). Первые из описанных приборов более чувствительны, но зато менее устойчивы к помехам (например, к пыли) и нуждаются в частом техническом обслуживании. Вторые менее чувствительны, зато более помехоустойчивы. Именно они в основном и используются при создании системы пожарной сигнализации в частном секторе.

При разработке фотоэлектрических дымовых извещателей может возникнуть проблема регистрации меняющихся потоков светового излучения в широком динамическом диапазоне. В данной публикации предлагается один из способов решения данной проблемы. Наиболее просто задача решается при использовании генератора с оптической обратной связью (ГООС). Простейшая схема ГООС собрана на двух транзисторах. В цепь базы первого транзистора включен фотодиод. А в коллекторную цепь второго транзистора включен светодиод. Генератор начинает работать, когда излучение светодиода попадает на фотодиод, причем частота генерации зависит от уровня ослабления излучения светодиода средой, в которой расположены фотодиод и светодиод.

При отсутствии дыма в камере извещателя излучение светодиода практически полностью достигает фотоприемника, который вырабатывает некоторый сигнал  $S_1$ , соответствующий дежурному состоянию извещателя. Если дымовые частицы проникают в измерительную камеру извещателя и попадают между светодиодом и фотоприемником, то измеряемый сигнал уменьшается до соответствующего значения  $S_2$ .

Это уменьшение сигнала служит критерием для выдачи тревожного сигнала извещателем. Уменьшение сигнала вызвано двумя явлениями. Часть излучения светодиода поглощается дымовыми частицами. Другая часть рассеивается, то есть отклоняется от первоначального направления. Ослабление излучения является суммарным эффектом поглощения и рассеяния. Величина этого ослабления зависит от отношения размера дымовой частицы к используемой длине волны.

Разработанное устройство состоит из ГООС, опорного кварцевого генератора, синхронного детектора и триггера Шмитта. Выходные сигналы обоих генераторов (ГООС и кварцевого) поступают на входы синхронного детектора, который на своем выходе формирует сигнал разностной частоты. Этот сигнал имеет приблизительно пилообразную форму. Для удобства дальнейшей обработки сигнал синхронного детектора преобразуется с помощью триггера Шмитта в сигнал прямоугольной формы. Выходной каскад



предназначен для формирования из сигнала разностной частоты с помощью пьезоизлучателя сигнала тревоги. В схеме использованы отечественные электронные компоненты.

УДК 630\*432.31

*Н. Н. Чибинёв, Д. В. Яхонова, С. А. Паникратова*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова, Новочеркасск

## ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ТУШЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

В статье представлен обзор ландшафтных пожаров Ростовской области в пригородных степных зонах г. Новочеркаска, закономерности их возникновения и протекания. Дается анализ практики тушения степных пожаров и обоснована необходимость применения твердых картриджей-пенообразователей.

**Ключевые слова:** ландшафтный пожар, причины степных пожаров, объект воздействия, огнетушащие средства, твердый картридж-пенообразователь.

*N. N. Chibinev, D. V. Yakhonova, S.A. Panikratova*

## EFFECTIVE MEANS OF EXTINGUISHING LANDSCAPE FIRES

The article presents an overview of landscape fires of the Rostov region in the suburban steppe zones of Novocherkassk, the patterns of their occurrence and course. The analysis of practice of suppression of steppe fires is given and necessity of application of solid cartridges-foaming agents is proved.

**Keywords:** landscape fire, causes of steppe fires, object of influence, fire extinguishing agents, solid cartridge-foaming agent.

В степной полосе нашей страны степные пожары являются довольно обычным явлением летнего периода. С 2014 по 2018 год в Ростовской области зарегистрированы 15,5 тысячи случаев ландшафтных пожаров. Общая их площадь — 3,9 тысячи гектаров.

Сводка по годам:

2014 год — 6,4 тысячи случаев; площадь — 1,6 тысячи гектаров;

2015 год — 5 тысяч случаев; площадь — 1,3 тысячи гектаров;

2016 год — 777 случаев; площадь — 73 гектара;

2017 год — 1,4 тысячи случаев; площадь — 638 гектаров;

2018 год — 1,9 тысячи случаев; площадь — 258 гектаров.

На 01.08.2019 года, по сообщению пресс-службы регионального ГУ МЧС РФ, в Ростовской области было зарегистрировано более 4 тыс. пожаров с начала года. Из них более 65% - это ландшафтные пожары, что составляет свыше 2,6

тыс. пожаров. Из них более 2,2 тыс. – это загорание мусора на открытых степных территориях и почти 350 случаев – загорание сухой растительности.

Новочеркасские пожарно-спасательные формирования в 2018 году ликвидировали 429 ландшафтных пожаров, а на 01.10. 2019 года уже потушено 272 таких же пожаров, одним из самых масштабных был степной пожар 11 сентября в пригородной зоне города. Площадь возгорания составила 346,8 гектар, в тушение которого принимали участие 53 пожарных – спасателей и было задействовано 21 единица техники, а также пожарный поезд. К счастью, никто из населения не пострадал, жилые дома не повреждены. Но при тушении сгорела пожарная машина МЧС России и повреждено несколько единиц сельскохозяйственной техники, борьба с возгоранием длилась более 6 часов.

Основными переносчиком степного пожара ветер и гонимое им растение перекаати-поле, а также не сгоревшие остатки степной растительности (недоног - совокупность не догоревших горючих материалов, которые имеют черно-бурый цвет и обогащены углеродом), в поймах рек семейства осоковых (камыш), которые под воздействием ветра переносятся на большие расстояния от места неконтролируемого горения. Шлейф дыма от разгоревшейся травы в пригородной городской зоне распространяться на многие километры, резко снижается видимость, повышается вероятность отравления людей и животных окисью углерода.

Проведённый нами анализ причин «пригородных» степных пожаров показывает, что в подавляющем большинстве случаев они являются следствием нарушения человеком требований пожарной безопасности. Основные причины возникновения данных пожаров: непотушенная сигарета, горящая спичка, тлеющий пыж после выстрела, стеклянная бутылка, преломляющая лучи солнечного света, искры из глушителя транспортного средства, сжигание старой травы и камышей, стерни, мусора вблизи населенных пунктов, расчистка с помощью огня площадей для сельскохозяйственного использования или обустройство пастбищ. Одним из основных потенциальных источников природных пожаров является костер. Примерно 60-70% природных возгораний возникает в радиусе 3-5 километров от населенных пунктов. В этой зоне чаще всего люди проводят время “на природе” у водоёмов. Именно эта группа причин вызывает степные пожары поздней весной и. В ряде случаев степные пожары становятся следствием умышленного поджога, техногенной аварии или катастрофы.

Риск возникновения степного пожара в Ростовской области особенно велик с июля по ноябрь. В это время почва обычно содержит недостаточно влаги, чтобы обеспечивать интенсивное развитие растений, из-за чего нарастание зелёной массы временно прекращается, и степные травы переходят в состояние анабиоза, пока уровень влаги в почве не повысится, но большая их часть высыхает, что является одной фактором возгорания.

Результаты исследования причин, способствующих увеличению числа пожаров в пригородных степных зонах у казачьей столицы г. Новочеркаска, как и в целом по Ростовской области объясняются следующим: разрушена система

государственного земельного и экологического контроля, контроля за соблюдением гражданами и организациями правил пожарной безопасности на природных территориях; почти полным исчезновением из пригородной зоны городских населённых пунктов и поселков городского типа сельскохозяйственных животных и как следствие повсеместным недостатком пастбищной нагрузки и отсутствие сенозаготовки; увеличения количества случаев применения огневых методов для очистки земельных участков от сорной растительности из-за отсутствия средств для приобретения эффективных аграрных технологий; старым парком сельскохозяйственной техники, а поэтому более пожароопасным в работе; повышением летних среднегодовых температур в Европейской части России и в частности в Ростовской области, малоснежными зимами, снижением количества осадков и увеличением ветровой нагрузки и другими климатическими факторами.

При выборе методов и средств ликвидации неконтролируемого огня следует учитывать два ключевых фактора, во-первых, чтобы технология тушения не наносила вред сохраняемым степным экосистемам, во-вторых, степные зоны, как правило, граничат с освоенными территориями и населёнными пунктами, и пожары здесь представляют серьёзную угрозу объектам экономики, инфраструктуре, жизни и здоровью людей.

В настоящее время наиболее распространённым средством тушения ландшафтных пожаров является вода, но её запасы в пригородных степных зонах ограничены, а к имеющимся природным источникам (рекам, озёрам, прудам), как у рек Тузлов и Аксай г. Новочеркаска, нет подъезда пожарной техники для организации подвоза воды или её подачи к очагу горения перекачкой. Исследованиями [5] установлено, что из-за потерь воды в процессе тушения её расход на тушение пожара возрастает пропорционально квадрату площади тушения, не редко в 5-10 раз. Вывод прост, необходимо применять для тушения степных пожаров эффективные средства пожаротушения «прямого действия» или значительно уменьшающих количество воды.

В соответствии с Методикой тушения ландшафтных пожаров (утв. МЧС России 14 сентября 2015 г. N 2-4-87-32-ЛБ) для борьбы с ландшафтными пожарами наилучшими свойствами обладают пенообразователи (смачиватели) и огнетушащие составы, включающие ретарданты, такие как пенообразователи-смачиватели "ФАЙРЭКС" (ОАО "Ивхимпром", г. Иваново), смачиватель "АКВАФОМ СМ" (ООО "Пожнефтехим", г. Санкт-Петербург), пенообразующее огнетушащее средство "ТИМЭКС ЭКО ЛЕСНОЙ" (ООО "МСС", г. Москва) и "Firelce" ("GeltexSolutions, Inc", США), антипирен FRCROS 134P ("BUDENHEIMIBERICAS.L.S.C", Испания).

Изучая и анализируя способы тушения пригородных степных пожаров нами проанализирована частота применяемости видов огнетушащих веществ. Наиболее используемое огнетушащее вещество ландшафтных пожаров вода и ее растворы и пена. Пенообразователи в зависимости от поверхностно-активной основы делятся на: протеиновые (белковые), фторпротеиновые, синтетические (углеводородные), фторсинтетические пленкообразующие (AFFF) и

фторпротеиновые пенкообразующие (FFFP). По численным значениям параметров стандартов ГОСТ Р либо по техническим условиям (ТУ), а также по прайс-листам, достоверно сравнить огнетушащую способность пенообразователей не предоставляется возможным, т.к. качественные параметры их находятся в прямой зависимости от условий, соответствующему реальному пожару и реальным образцам пенногенерирующей технике. Поэтому сопоставление проведенное нами выполнено по бальной оценке. Сопоставив качественные показатели пенообразователей, (таблица 1.) которые используются для тушения степных пожаров, наиболее эффективными являются твердые пенообразователь-смачиватели. Одним из которых является твердый пенообразователь-смачиватель разработанный учеными ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова Таранушичем В.А., Осадчим Л.И и Бабенковой С.Ф [6] представляющий собой твердый картридж (размер: D=50±2 мм, H=260±5 мм). Расход воды на один картридж ~2500л, а специальные добавки в нем обеспечивают высокую эффективность и огнестойкость пены с одновременной смачивающей способностью. Его биоразлагаемость 98%, а вес не превышает 600 грамм. Твердый картридж используется в комплекте с пожарным стволом RAMBOLET-03. На выходе из ствола образуется пена кратностью от 85 до 105, которой тушится огонь.

Таблица 1 - Огнетушащие свойства различных видов пенообразователей

Качественные показатели	Виды пенообразователей					
	Твёрдый - картридж	Синтетический	Фторпротеиновые	Фторсинтетические пленкообразующие (AFFF)	Фторпротеиновые пленкообразующие (FFFP)	Протеиновый
Скорость тушения	****	***	***	****	****	*
Сопrotивляемость повторному возгоранию	****	*	****	****	****	****
Устойчивость к углеводородам	****	*	***	****	****	*
Концентрация, %	1,5	6	6	6	6	6
Срок хранения, мес	120	12-36	12-36	12-36	12-36	12
Температура замерзания	-30	-3 -30	-15-40	-5-15	-5-15	-3
Токсичность	*	**	*	*	*	*
Биоразлагаемость	****	*	**	***	***	****

Обозначения: \*- слабая; \*\* - средняя; \*\*\* - хорошая; \*\*\*\* - отличная

Обеспечив противопожарные подразделения твердыми пенообразующими картриджами и стволами типа RAMBOLET или тубус-смесителями RAMBOMIX значительно повышаются их мобильность, маневренность и эффективность тушения степных пожаров. Одновременно перед наступления пожароопасного периода на региональном и муниципальном уровнях провести разъяснительную пожарно-профилактическую работу среди населения о правилах поведения в степных пригородных зонах с изданием соответствующего законодательного акта и подготовкой опорных пунктов пожаротушения для ликвидации возможных степных пожаров.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степные пожары и управление пожарной ситуацией в степных ООПТ: экологические и природные аспекты. Аналитический обзор.-М.: Изд-во центра охраны дикой природы, 2015.-144с
2. Степные пожары: профилактика, тушение, правовые аспекты. Методические рекомендации для сотрудников особо охраняемых природных территорий / Авт.-сост.: Г.В. Куксин, М.Л. Крейндин. – М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2014. – 128 с.
3. Каталог «Пожарная безопасность» 2014. Безродный И.Ф. «Национальные стандарты на пенообразователи: методы испытания и эффективность пожаротушения.» стр. 38-42.
4. ГОСТ Р 50588-2012 «Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытания»
5. Абдурагимов И.М. Новый эффективный способ тушения лесных пожаров. Журнал «Пожаровзрывобезопасность». 2011 №5
6. Материалы 59 научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, аспирантов и студентов ЮРГТУ (НПИ). «Результаты исследований-2010» Таранушич В.А , Осадчий Л.И и Бабенковой С.Ф «Пенообразующий состав для тушения пожаров» стр. 155-157
7. Рекомендации для тушения пожаров ВНИИПО МЧС РФ. 2007 Порядок применения пенообразователя.

УДК 614.8

*Р. М. Шипилов, Р. М. Хозин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОГНЕСТОЙКОСТЬ, ОГНЕЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ**

В данной статье описаны и изложены методологические подходы в исследовании огнестойкости и огнезащиты строительных конструкций и материалов учебной башни для тренировки пожарных и спасателей.

**Ключевые слова:** огнезащита материалов, огнестойкость, предел огнестойкости, воспламенение, горение, пожароопасность.

*R. M. Shipilov, R. M. Khozin*

## **FIRE RESISTANCE, FIRE PROTECTION OF BUILDING STRUCTURES AND MATERIALS**

This article describes and presents methodological approaches to the study of fire resistance and fire protection of building structures and materials of a training tower for training firefighters and rescuers.

**Keywords:** fire protection of materials, fire resistance, fire resistance, ignition, combustion, fire.

Главной задачей специалистов всех областей, деятельность которая связана с обеспечением безопасности и уменьшение рисков с возникновением пожаров является разработка созданий и внедрения новых средств огнезащиты, позволяющих снижать температуру нагреваний конструкций и материалов, а также образующихся при этом минимальное дымообразование и выделение токсичных продуктов горения.

Огнезащита необходима для увеличения фактического предела огнестойкости материалов и конструкций и для ограничения распространений огня по ним.

Материалы, предлагаемые на данный момент на рынке, которые являются огнезащитными, можно классифицировать как:

- краски;
- лаки;
- эмали;
- антипирены;
- конструктивные огнезащитные материалы на основе базальтового волокна и другие.

Данные средства затормаживают воспламенение и снижают интенсивность распространения огня. Их главной задачей является поглощение тепла, сохранение несущих способностей конструкции, подвергнутых огнезащите.

Все материалы и конструкции из которых состоит учебная башня обрабатываются огнезащитными средствами (краски, лаки эмали и другие). Это необходимо для увеличения срока службы многофункционального тренажерного комплекса, экологичности, а также для обеспечения огнестойкости и огнезащиты.

В подразделениях МЧС России существует два типа многофункциональных учебных башен, находящиеся на открытых и закрытых учебных площадках (рис1,2). Открытые учебные площадки (находящиеся на свежем воздухе) подвергаются намного больше природным воздействием, нежели открытые, это обусловлено повышенной влажностью и природным катаклизмам. Таким образом, конструкции входящие в состав открытых учебных башен нужно обрабатывать специальными материалами для поддержания их в исправном состоянии и продолжительности срока службы.

В учебных заведениях учебные башни используются каждый день для тренировки высококвалифицированных специалистов и спортсменов, следовательно тренировочный комплекс намного больше подвергается механическому воздействию, что приводит к нарушению целостности и неисправности башни. Специальная обработка конструкции учебной башни защищает не только от огнестойкости, но и увеличивает срок службы учебной башни для тренировки пожарных и спасателей.



Рисунок 1 - Учебная башня для тренировки пожарных и спасателей.

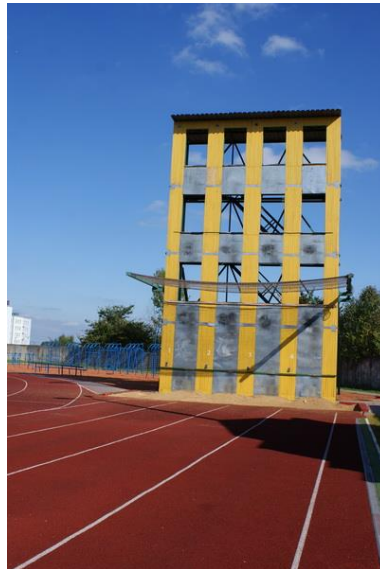


Рисунок 2 - Учебная башня для тренировки пожарных и спасателей

Существует несколько видов огнезащитной обработки материалов:

- нанесение лакокрасочных составов на поверхность древесины и других материалов подвергающихся обработке с целью образования огнезащитного слоя;
- введение антипиренов вглубь древесины и других материалов подвергающихся обработке способом глубокой пропитки.

Главное отличие пропиток антипиренов вглубь материалов учебной башни от лаков и красок, в том что они не входят в структуру материалов подвергающихся обработке (рис 3,4).

Огнезащита древесины сводится к введению в древесину веществ, препятствующих процессу горения.



Рисунок 3 - При огневом воздействии образуется пенно-коксый слой, препятствующий горению древесины.



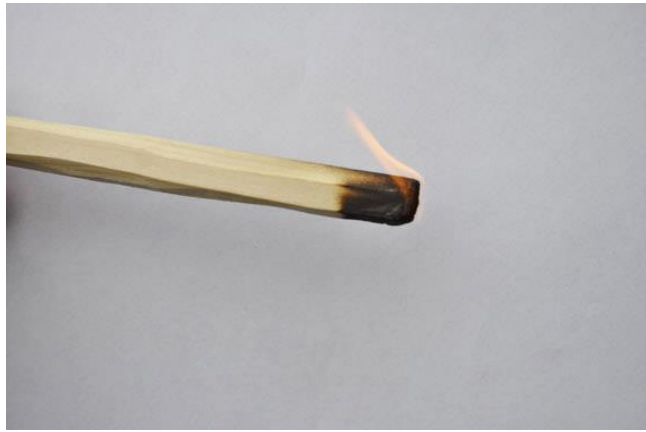


Рисунок 4 - Горение незащищенной древесины

Таким образом, возможность возникновения огня можно снизить путем использования трудновоспламеняемыми материалами, обеспечивая их защиту специальными противопожарными составами. Создаваемые конкретные организационно-технические меры по огнезащите многофункциональной учебной башни позволяют совершенствовать защищенность сооружения, тем самым уменьшить риски пожароопасности данного тренажера.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Способ изготовления огнезащитных древесных плит / *А.А. Леонович, В.В. Васильев, М.Ю. Демина, С.Н. Вьюнков* // Пластмассы. - 1995. - №5. - С.15-18.
2. *Комар А.Г.* Строительные материалы и изделия. Учебник для инженерно-экономических специальностей строительных ВУЗов. - М.: Высш. шк; 1983. - 487 с., Ил.

УДК 614.842.847

*И. Г. Якушкина*

Санкт-Петербургское ГКУ ДПО «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

## **АЛГОРИТМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ ОГNETУШИТЕЛЯМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАНГОВ ТУШЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО ОЧАГА ПОЖАРА И КЛАССОВ ПОЖАРА**

Разработан алгоритм выбора типа и количества огнетушителей для объектов защиты в зависимости от ранга тушения модельного очага пожара, категорий помещений по взрывопожарной опасности и классов пожара; составлены графики зависимости модельного очага пожара классов А и В для различных моделей огнетушителей.

**Ключевые слова:** огнетушители, модельный очаг пожара, ранг пожара.

*I. G. Yakushkina*

## **ALGORITHM OF FIRE SAFETY OF OBJECTS OF PROTECTION BY FIRE EXTINGUISHERS DEPENDING ON RANKS OF SUPPRESSION OF THE MODEL CENTER OF THE FIRE AND CLASSES OF THE FIRE**

An algorithm for selecting the type and number of fire extinguishers for protection objects depending on the rank of extinguishing the model fire center, categories of premises for explosion and fire hazard and fire classes is developed; graphs of the dependence of the model fire center of classes A and B for different models of fire extinguishers are compiled.

**Keywords:** fire extinguishers, model fire center, fire rank.

Для своевременного принятия мер при возникновении пожара на объектах защиты и быстрой его ликвидации, важно иметь в наличии подготовленные и оборудованные, в первую очередь, переносные и передвижные огнетушители.

Правильно подобранное количество огнетушителей (впрочем, как и иных первичных средств пожаротушения) позволит максимально быстро воздействовать на очаг возгорания, ликвидируя его в начальной стадии.

Для того чтобы правильно подобрать необходимое количество, тип и ранг огнетушителей для конкретного объекта защиты, необходимо установить:

категорию и размер защищаемого помещения,

величину предполагаемой пожарной нагрузки,

физико-химические и пожароопасные свойства обращающихся горючих материалов,

характер возможного их взаимодействия с огнетушащим веществом,

климатические условия эксплуатации огнетушителей [2].

В новой редакции "Правил противопожарного режима в РФ" [1] в качестве основного критерия при выборе типа огнетушителя рассматривается его огнетушащая способность как возможность тушения данным огнетушителем модельного очага пожара определенного ранга (условного обозначения сложности модельного очага пожара) [ГОСТ].

Цель данной работы проанализировать алгоритм обеспечения огнетушителями объектов защиты в зависимости от рангов тушения модельного очага пожара и классов пожара.

Форма и размеры модельного очага пожара установлены нормативными документами для испытания пожарной техники, в том числе огнетушителей.

Модельные очаги пожара стандартизируются по классам:

**A** - пожары твердых горючих веществ и материалов и **B** - пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов.

Для класса **C** (пожары газов) модельные очаги не стандартизированы, для них предназначены порошковые и газовые огнетушители, применяемые для класса **B** [3,4].

Нормы обеспечения огнетушителями объектов защиты в зависимости от их категорий по пожарной и взрывопожарной опасности и класса пожара [1] приводятся в приложении № 1 к Правилам противопожарного режима в РФ (таб. 1).

Таблица 1 - Нормы обеспечения огнетушителями объектов защиты

Категория помещений по пожарной и взрывопожарной опасности	Класс пожара	Огнетушители с рангом тушения модельного очага
<b>A</b> – повышенная взрывопожароопасность, <b>B</b> – взрывопожароопасность, <b>B1-B4</b> – пожароопасность	<b>A</b>	4A
	<b>B</b>	144B
	<b>C</b>	4A, 144B, C или 144B, C
	<b>D</b>	D
	<b>E</b>	4A, 144B, C, E или 144B, C, E
<b>Г</b> – умеренная пожароопасность, <b>Д</b> – пониженная пожароопасность Общественные здания	<b>A</b>	2A
	<b>B</b>	55B
	<b>C</b>	2A, 55B, C или 55B, C
	<b>D</b>	D (кроме общественных зданий)
	<b>E</b>	2A, 55B, C, E или 55B, C, E

Огнетушащая способность огнетушителей, предназначенных для общественных зданий должна быть такого же уровня, как и в помещениях умеренной и пониженной пожароопасности (далее - категории Г-Д), за исключением пожаров класса **D**, т.к. горение металлов не предполагается в общественных зданиях. Причем, класс **D** также не стандартизирован по рангам тушения модельного очага.

Огневые испытания огнетушителей проводятся в специально предназначенных помещениях и только операторами, имеющими опыт тушения данными огнетушителями [3,4].

Допустим необходимо провести испытания огнетушителя на модельный очаг пожара с рангом тушения – 2А (рис. 1) (по нормам - для общественных зданий, помещений категории Г-Д) [3,4]. Берем 112 деревянных брусков длиной 63,5 см, укладываем в штабель для проведения огневых испытаний. В каждом слое 7 брусков, слоев – 16. Площадь свободной поверхности – 9,36 м. Бруски для прочности разрешается скреплять между собой. Под штабель ставим поддон размером 53,5x53,5x10 см. наливаем 9дм воды, 2дм бензина. Поджигаем. Через 2 минуты горения убираем поддон из-под штабеля. Через 7 минут горения приступаем к тушению. Время тушения не должно превышать 10 минут. Затем, когда очаг возгорания потушен, ждут еще 10 минут, чтобы не возникло повторного возгорания. Обязательно необходимо провести 3 таких испытания. Огнетушитель выдержал испытание, если в двух попытках из трех он потушил модельный очаг пожара.

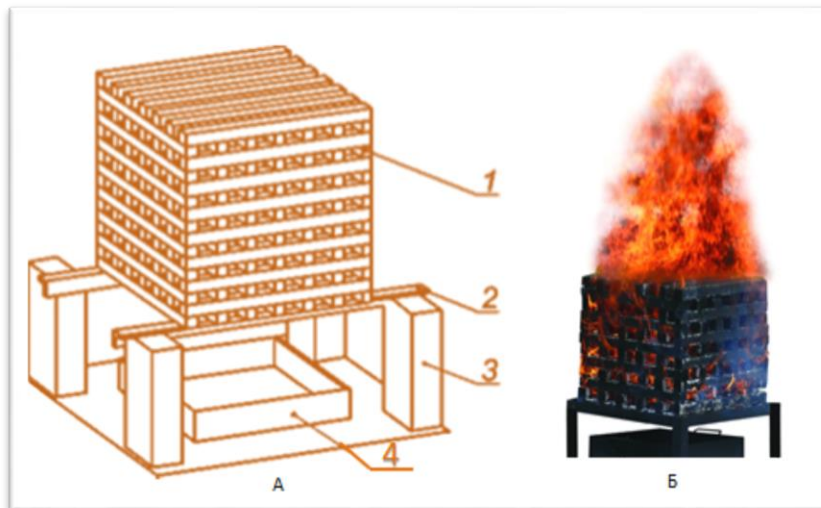


Рисунок 1 - Проведение испытания огнетушителя на модельный очаг пожара класса А:

А - Устройство деревянного штабеля.

1 – деревянные бруски,

2 – стальной уголок,

3 – бетонный (металлический) блок.

4 - поддон

Б – горение штабеля.

Для проведения испытания огнетушителей на модельный очаг пожара с рангом тушения 55В (рис. 2) (по нормам - для общественных зданий, помещений категории Г-Д) [3,4], необходимо взять противень диаметром 1,5 м с высотой борта 15 см. Ориентировочная площадь модельного очага – 1,75 м<sup>2</sup>. В противень наливаем воды 18 дм<sup>3</sup> и горючего 37 дм<sup>3</sup>. Факелом поджигают горючее и через 60 с приступают к тушению огнетушителем. Очаг считается потушенным, если в течение 1 минуты не произошло самовозгорание. Точно также проводим 3 испытания и в двух из них огнетушитель должен справиться с модельным очагом возгорания.



Рисунок 2 - Подготовка к проведению испытания огнетушителя на модельный очаг пожара класса В.

Многую были построены графики зависимости ранга тушения модельного очага пожара от марки огнетушителей с учетом требований нормативной базы и технических характеристик огнетушителей.

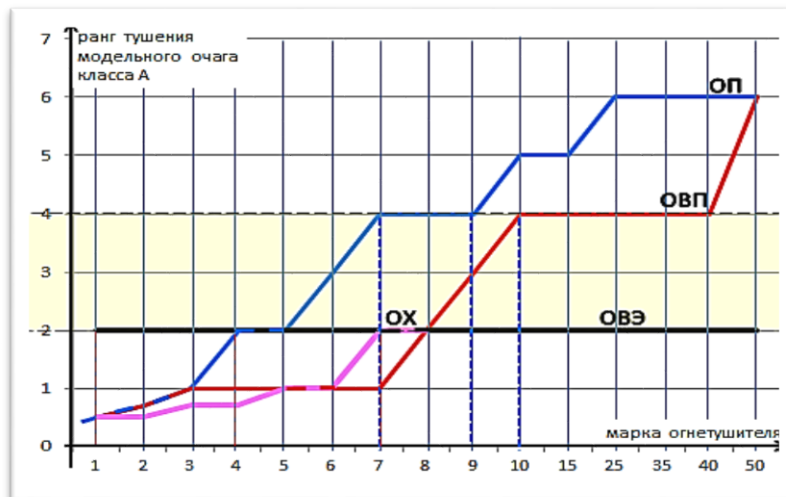


Рисунок 3 - График зависимости ранга модельного очага пожара класса А от марки огнетушителей

График зависимости ранга модельного очага пожара класса А от марки огнетушителей для порошковых (ОП), воздушно-пенных (ОВП), воздушно-эмульсионных (ОВЭ) и хладоновых (ОХ) огнетушителей приводится на рис. 3.

На графике выделен ранг тушения – 2А – для общественных зданий и помещений категории Г-Д и ранг тушения – 4А – для пожаровзрывоопасных объектов.

Воздушно-эмульсионные огнетушители пригодны для тушения возгораний общественных зданий и помещений категории Г-Д при любом объеме огнетушителей, даже ОВЭ-1. Однако, даже ОВЭ-50 не может применяться на пожаровзрывоопасных объектах.

Хладоновые огнетушители достаточно редко выпускаются объемнее ОХ-8 из-за высокой стоимости. Однако, только ОХ-7 и ОХ-8 по своей огнетушащей способности могут применяться для защиты обычных помещений. ОХ=2,4,6

могут применяться только локально, они недостаточны по своим параметрам для защиты помещений.

Воздушно-пенные огнетушители для защиты помещений общественных зданий и помещений категории Г-Д должны быть не менее ОВП-8 – это достаточно большой объем. Тем не менее, ОВП-10 может применяться на пожаровзрывоопасных объектах.

Наибольшей огнетушащей способностью по классу А, безусловно, обладает порошковый огнетушитель. Начиная с ОП-4 он прекрасно подходит для защиты общественных зданий, помещений с умеренной и пониженной пожароопасностью. ОП-7 уже может применяться для тушения возгораний на пожаровзрывоопасных объектах.

Таким образом, для защиты помещений от пожаров класса А для общественных зданий и помещений категории Г-Д возможно применение всех вышеперечисленных видов огнетушителей. Для пожаровзрывоопасных объектов могут использоваться порошковые (не менее ОП-9) и воздушно-пенные (не менее ОВП-10).

График зависимости ранга модельного очага пожара класса В от марки огнетушителей для порошковых (ОП), углекислотных (ОУ), воздушно-пенных (ОВП), воздушно-эмульсионных (ОВЭ) и хладоновых (ОХ) огнетушителей приводится на рис. 4.

На графике выделен ранг тушения – 55В – для общественных зданий и помещений категории Г-Д и ранг тушения – 144В – для пожаровзрывоопасных объектов.

Наибольшей огнетушащей способностью по классу В, безусловно, обладают воздушно-эмульсионные огнетушители. ОВЭ-2 подходит по рангу тушения пожара для общественных зданий и помещений категории Г-Д, а ОВЭ-4 – небольшой по объему - для пожароопасных объектов.

Порошковые огнетушители ОП-4 могут применяться для тушения возгораний для общественных зданий и помещений категории Г-Д как для класса А, так и для В. Даже в этом порошковые огнетушители – универсальные в области применения. ОП-8 будет достаточный объем для тушения возгораний для пожаровзрывоопасных объектов.

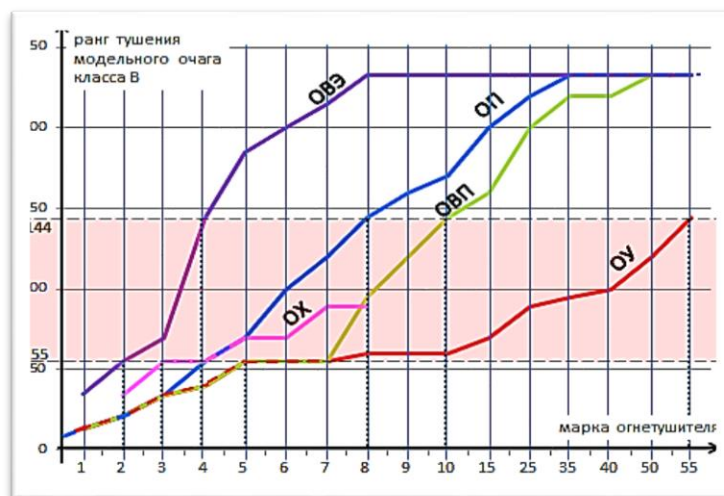


Рисунок 4 - График зависимости ранга модельного очага пожара класса В от марки огнетушителей

Модели хладоновых огнетушителей, начиная с моделей ОХ-3 (т.е. требуется меньший объем, чем для класса А), могут применяться для защиты помещений общественных зданий и помещений категории Г-Д от возгораний классов пожаров В. ОХ=1 и ОХ-2 могут применяться только локально, но недостаточны для защиты помещений.

Воздушно-пенные огнетушители для защиты помещений потребуются как минимум ОВП-7. ОВП-10, также как и для класса А прекрасно подойдет для защиты пожаровзрывоопасных помещений.

Углекислотный огнетушитель для защиты помещений должен быть не менее ОУ-5. Учитывая наличие толстых стенок ОУ, фактический вес ОУ-5 – 16 кг. ОУ-55 – может применяться для пожаровзрывоопасных помещений.

Таким образом, для защиты помещений от пожаров класса В для общественных зданий и помещений категории Г-Д возможно применение всех вышеперечисленных видов огнетушителей. Для пожаровзрывоопасных объектов могут использоваться воздушно-эмульсионные (не менее ОВЭ-4), порошковые (не менее ОП-8) и воздушно-пенные (не менее ОВП-10), углекислотные (не менее ОУ-55).

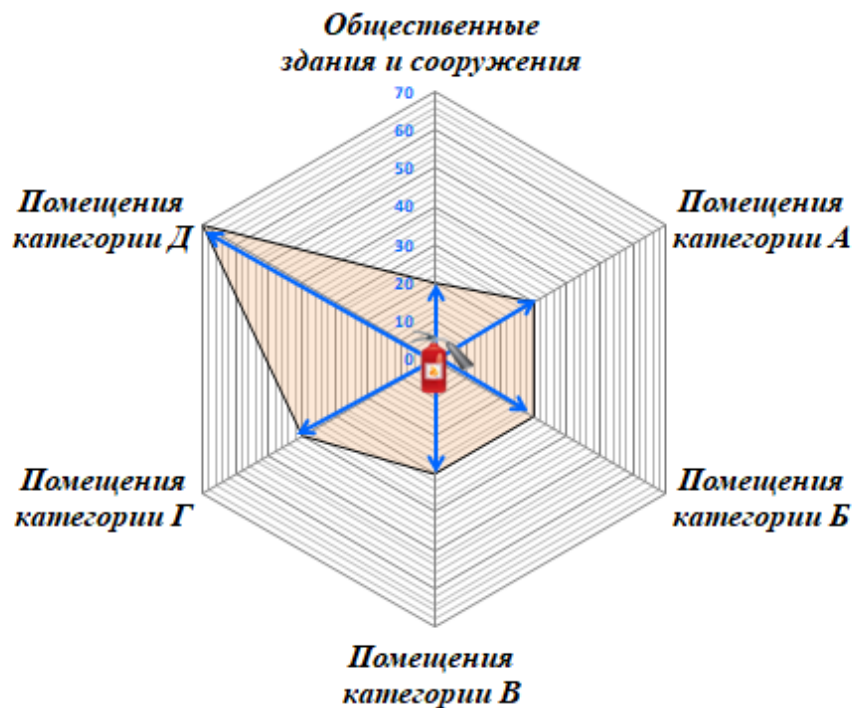


Рисунок 5 - Расстояние от возможного очага пожара до ближайшего огнетушителя для объектов защиты (в метрах).

В Правила противопожарного режима в РФ [1] нет четкого указания на количество огнетушителей на объектах защиты, кроме того, что в общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно быть не менее двух ручных огнетушителей. Однако дается четкое указание на расстояние от возможного очага пожара до ближайшего огнетушителя (рис. 5).



Таким образом, в общественных зданиях и сооружениях, количество огнетушителей должно превышать численность огнетушителей во всех других категориях помещений.

Вывод. При обеспечении объектов защиты огнетушителями учитываются категория помещений по пожаровзрывоопасности, классы возможных очагов пожара т.д.

Ранг тушения модельного очага пожара огнетушителя зависит от вида огнетушащего вещества с соответствующими характеристиками, объема огнетушителя (марки).

Не каждый огнетушитель пригоден для обеспечения пожарной безопасности объектов защиты по своим огнетушащим свойствам. Даже если будет несколько огнетушителей с более низкой огнетушащей способностью, они могут быть пригодны только локально.

Расстояние от возможного очага пожара до ближайшего огнетушителя зависит от категории помещений по пожаровзрывоопасности.

Самыми важными являются огневые испытания конкретной модели огнетушителей при тушении модельных очагов пожара соответствующего ранга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Правила противопожарного режима в РФ», утвержденные Постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 года № 390 «О противопожарном режиме»
2. СП 9.13130.2009. Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.
3. ГОСТ Р 51057-2001 Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний.
4. ГОСТ Р 51017-2009. Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний



## РАЗДЕЛ III «ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ»

УДК 614.841

*Н. Б. Аверкина, К. Г. Бурлаченко*  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

### АККРЕДИТАЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Представлены нормативно-методические документы, регламентирующие деятельность в области стандартизации, оценки соответствия, аккредитации органов по оценке соответствия в области пожарной безопасности. На основе опыта работы испытательной лаборатории ФГБУ ВНИИПО МЧС России даны требования к содержанию необходимой документации и порядок аккредитации испытательных лабораторий.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность; стандартизация; сертификация; аккредитация испытательных лабораторий.

*N. B. Averkina, K. G. Burlachenko*

### ACCREDITATION OF TESTING LABORATORY IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

Normative and methodological documents regulating activities in the field of standardization, conformity assessment, accreditation of conformity assessment bodies in the field of fire safety are presented. Based on the experience of the testing laboratory of the Federal state budgetary institution VNIPO EMERCOM of Russia, the requirements for the content of the necessary documentation and the procedure for accreditation of testing laboratories are given.

**Keywords:** fire safety; standardization; certification; accreditation of testing laboratories.

Федеральная служба по аккредитации (Росаккредитация) является федеральным органом исполнительной власти, выполняющим функцию национального органа Российской Федерации по аккредитации по формированию единой национальной системы аккредитации и осуществлению контроля за деятельностью аккредитованных лиц, в том числе аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на право выполнения работ и (или)

оказания услуг в области единства измерений, контролю за деятельностью аккредитованных лиц, ведению реестров аккредитованных лиц, деклараций о соответствии, сертификатов соответствия, обеспечению органов по сертификации программным обеспечением и выдаче бланков сертификатов соответствия [1].

Аккредитация испытательных лабораторий (ИЛ) является независимой экспертной оценкой компетентности лаборатории неразрушающего контроля для проведения тех или иных испытаний. Получение аккредитации подтверждает качество работ, выполняемых лабораторией, и повышает ее конкурентоспособность в конкретном сегменте рынка. Аккредитация дает возможность признания результатов работы испытательной лаборатории на территории России и стран Таможенного союза.

В соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2] значительная часть продукции в области пожарной безопасности требует подтверждения соответствия продукции требованиям Федерального закона. Для этих целей сертификация продукции проводится на основе испытаний типового образца продукции в аккредитованной испытательной лаборатории. К такой продукции относятся, например, строительные материалы, применяемых для отделки путей эвакуации людей непосредственно наружу или в безопасную зону; средства огнезащиты; конструкции заполнения проемов в противопожарных преградах и др.

Испытательная лаборатория научно-испытательного центра пожарной безопасности (ИЛ НИЦ ПБ) ФГБУ ВНИИПО МЧС России проводит широкий спектр испытаний по подтверждению соответствия требованиям пожарной безопасности продукции и является членом Европейской ассоциации организаций и лабораторий, занимающихся испытаниями, инспекцией и сертификацией в области пожарной безопасности (EGOLF). Штат ИЛ НИЦ ПБ укомплектован квалифицированными специалистами, их функции, права и обязанности установлены должностными инструкциями.

ИЛ НИЦ ПБ с июня 2016 г. по июнь 2019 г. было выдано 696 протоколов испытаний на пожарную опасность и 522 протоколов в рамках сертификации продукции и подтверждения соответствия.

Опыт работы ИЛ НИЦ ПБ показал, что для аккредитации необходимо проделать серьезную подготовительную работу. В первую очередь, необходимо выполнить требования, указанные в Федеральном законе № 412-ФЗ [1], Приказе № 326 от 30 мая 2014 г. Минэкономразвития России «Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации» [3] и ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [4]. Стандарт ГОСТ Р ИСО 5725 «Точность (правильность и прецизионность) методов и

результатов измерений” [5] является документом по внутреннему контролю качества.

Одним из основных документов аккредитованной испытательной лаборатории является область аккредитации. В этих целях следует определить: виды деятельности испытательной лаборатории; объекты испытаний; показатели, которые будет контролировать испытательная лаборатория; состав нормативных документов испытательной лаборатории, в которых регламентируются методы испытаний.

Критерии аккредитации испытательной лаборатории следующие: подтверждение соответствия помещений для проведения испытаний заявленной области аккредитации; подтверждение соответствия средств измерений, испытательного оборудования и вспомогательного оборудования для проведения испытаний заявленной области аккредитации; подтверждение соответствия стандартных образцов заявленной области аккредитации; наличие нормативной документации (методики измерений, ГОСТи т.д.); наличие в испытательной лаборатории обученного и квалифицированного персонала (базовое образование, опыт работы, обучение).

Общий порядок проведения аккредитации испытательных лабораторий следующий: заявление на аккредитацию; документы по технической оснащённости испытательной лаборатории и состоянию лабораторных помещений; документы об образовании и квалификации персонала; документы системы качества (руководство по качеству, инструкции и т.д.).

Важным этапом в создании качественной работы испытательной лаборатории является создание архива хранения документации в соответствии с требованиями к аккредитованной лаборатории [3] - наличие у лаборатории системы управления документацией (правил документооборота), которая должна включать в себя систему хранения и архивирования документов, в том числе правила хранения и архивирования.

Следует отметить корректное ведение журнала учёта параметров микроклимата в рабочих помещениях - наличие правил обеспечения и контроля надлежащих внешних условий для осуществления деятельности лаборатории (температура, влажность воздуха, освещённость, уровень шума и иные внешние условия, оказывающие влияние на качество результатов исследований (испытаний) и измерений (в зависимости от области аккредитации), включающих: а) сведения о конкретных показателях внешних условий, в том числе допустимых отклонениях от них, а также технических требованиях к помещениям; б) правила периодического документирования и контроля показателей, характеризующих состояние внешних условий, в том числе правила предотвращения влияния внешних условий, не соответствующих установленным требованиям, на результаты конкретных исследований (испытаний) и измерений и иных работ, проводимых лабораторией.

Таким образом, опыт работы ИЛ НИЦ ПБ показал необходимость проведения системной подготовки и проведения комплексной работы для аккредитации в области пожарной безопасности. Целесообразно также привлечение специалистов в аккредитации испытательной лаборатории и

проведение обучения сотрудников лаборатории на курсах повышения квалификации по аккредитации испытательной лаборатории.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации».
2. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Приказ № 326 от 30 мая 2014 г. Минэкономразвития России «Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации».
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
5. ГОСТ Р ИСО 5725 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.

УДК 005.3

*Д. В. Калашников\*, И. В. Горячев\*\**

\* ФГБУ «СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области», \*\* Ивановский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ СОТРУДНИКОВ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ НА ПРИМЕРЕ СУДЕБНО- ЭКСПЕРТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ПО ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Мотивация персонала, выраженное в материальном стимулировании, является важным фактором эффективности работы персонала организации. Актуальность темы заключается в том что, проанализировав функционирование системы стимулирования сотрудников организации руководители смогут эффективно управлять персоналом, повышая производительность организации при помощи мотивирования своих сотрудников. В связи с этим руководитель должен уметь выстроить правильную и эффективную систему управления мотивацией людей.

**Ключевые слова:** стимулирование, управленческое решение, кадровый ресурс, кадровый потенциал, внебюджетные средства, оплата труда, денежное довольствие.

*D. V. Kalashnikov, I. V. Goryachev*

## **IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF MATERIAL STIMULATION OF EMPLOYEES OF THE FEDERAL FIRE FIGHTING SERVICE ON THE EXAMPLE OF JUDICIAL INSTITUTION IN THE IVANOVO REGION**

Staff motivation, expressed in material incentives, is an important factor in the effectiveness of the organization's personnel. The relevance of the topic lies in the fact that, having analyzed the functioning of the incentive system for the organization's employees, managers will be able to effectively manage personnel, increasing the organization's productivity by motivating their employees. In this regard, the leader must be able to build the correct and effective system for managing people's motivation.

**Keywords:** incentive, managerial decision, human resources, human resources, extrabudgetary funds, remuneration, cash allowance.

СЭУ ФПС ИПЛ является судебно-экспертным учреждением Государственной противопожарной службы, осуществляющим деятельность по организации и производству судебных экспертиз, исследований, профессиональной подготовке и специализации экспертов, а также научно-техническую деятельность, направленную на получение и применение новых знаний, необходимых для достижения поставленных целей. СЭУ ФПС ИПЛ создано в целях обеспечения исполнения полномочий должностных лиц органов государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы, а также повышения эффективности деятельности при расследовании преступлений и правонарушений, связанных с пожарами. Является юридическим лицом, вправе от своего имени заключать договоры, контракты, соглашения, приобретать и осуществлять имущественные и неимущественные права, исполнять обязанности, быть истцом и ответчиком в суде, совершать сделки в соответствии с законодательством Российской Федерации, соответствующие целям деятельности СЭУ ФПС ИПЛ [11].

Таким образом, отличительной чертой таких подразделений федеральной противопожарной службы служит то, что основным продуктом в результате работы является результаты, полученные в результате научно-технического творчества. Вследствие совместного использования новейших информационных технологий и инновационного потенциала людей в организации достигается синергетический эффект. Перед руководителем подразделения стоит задача максимально раскрыть творческие возможности людей и стратегически определить их на правильное направление, где бы они смогли в полной мере раскрыть свой потенциал [4].

Мотивация профессиональной деятельности сотрудника государственной противопожарной службы МЧС России выступает, как процесс и результат формирования профессионально значимых мотивов. Возникновению этих мотивов способствуют осознание сотрудником значимости своего труда, реализация себя и своих возможностей в служебной деятельности при помощи выполнения поставленных задач, а также общественное признание деятельности и адекватная система стимулов [7].

Выделяют два вида мотивационных факторов: внешние и внутренние. Внешние факторы – это карьерный рост, статус в обществе, высокий уровень заработной платы, возможность приобретать престижные вещи, отдыхать на дорогих курортах и т.п. Внутренние факторы включают личностный рост, самореализацию, возможность следовать своим убеждениям, воплотить в жизнь свои мечты и идеи, возможность общения, сохранения и укрепления здоровья и т.д.

Стимулирование – это инструмент управления мотивацией человека посредством внешнего побуждения к активности через различные блага (стимулы), способные удовлетворить потребности человека. Механизм стимулирования предполагает воздействие на уже имеющуюся систему мотивов человека, актуализируя и усиливая эти мотивы, но не меняя саму структуру мотивации.

Выделяют различные формы стимулирования, классифицируя их в две большие группы:

1. Материальное стимулирование: материально-денежное (зарплата, премия), материально-неденежное (предоставление дополнительных социальных льгот);

2. Моральное стимулирование: морально-материальное (стимулирование свободным временем, продвижение по службе, творческий рост в профессии и т.п.), морально-психологическое (публичное признание, знаки отличия, формирование благоприятного климата на работе и т.п.) [1].

Таким образом, можно сделать вывод, что стимулирование является инструментом, с помощью которого осуществляется мотивирование. При этом, чем выше уровень развития отношений в организации, тем реже применяется стимулирование и тем больше уделяется внимание развитию потенциала работников как одному из важнейших методов мотивирования персонала.

Анализ обеспеченности СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области показывает, что учреждение обладает 100 %-ной обеспеченностью трудовыми ресурсами. Штатная численность личного состава составляет 12 человек. На данный момент в судебно-экспертном учреждении работают 8 сотрудников и 4 работника. Сотрудники: начальник, начальники секторов (2 человека), 2 старших эксперта, 2 эксперта и 1 старший инженер. Все сотрудники имеют высшее образование. 3 сотрудника имеют большой стаж работы (более 8 лет) и высокую квалификацию. 2 сотрудника имеют небольшой опыт работы (до 1 года), но обладают достаточной квалификацией и специальной подготовкой. Сотрудники ежегодно повышают уровень своей квалификации, проходят курсы подготовки и предаттестации в вышестоящих учреждениях. Таким образом, СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области имеет высокий кадровый потенциал, уровень квалификации сотрудников и работников соответствует занимаемой должности. Одной из задач руководителя учреждения стоит сохранение и приумножение кадрового и интеллектуального потенциала учреждения.

Управленческие решения, связанные с организацией и управлением деятельностью персонала, во многом определяют эффективность

функционирования организации. Для того, чтобы работник был заинтересован в высоком качестве результатов своей работы, чтобы он был согласен принять делегируемые ему организацией полномочия, необходима значимая для него мотивация его деятельности в рамках организации. Одним из механизмов достижения данной цели является стимулирование труда [2].

Согласно [12] сотрудник федеральной противопожарной службы имеет право, в части касающейся стимулирования, на:

- 1) надлежащие условия, необходимые для выполнения служебных обязанностей и профессионального развития;
- 2) отдых в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- 3) денежное довольствие, являющееся основным средством его материального обеспечения и стимулирования выполнения им служебных обязанностей;
- 4) медицинское обеспечение в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- 5) обеспечение жилым помещением его и членов его семьи в порядке и на условиях, определяемых законодательством Российской Федерации.

За добросовестное выполнение служебных обязанностей, достижение высоких результатов в служебной деятельности, а также за успешное выполнение задач повышенной сложности к сотруднику федеральной противопожарной службы применяются в частности следующие меры поощрения:

- 1) объявление благодарности;
- 2) выплата денежной премии;
- 3) награждение ценным подарком;
- 4) награждение почетной грамотой федерального органа исполнительной власти в области пожарной безопасности или подразделения;
- 5) занесение фамилии сотрудника на Доску почета федерального органа исполнительной власти в области пожарной безопасности или подразделения.

Оплата труда сотрудника федеральной противопожарной службы производится в виде денежного довольствия, являющегося основным средством его материального обеспечения и стимулирования служебной деятельности по замещаемой должности.

Согласно [6] денежное довольствие сотрудников состоит из месячного оклада в соответствии с замещаемой должностью, месячного оклада в соответствии с присвоенным специальным званием, которые составляют оклад месячного денежного содержания, ежемесячных и иных дополнительных выплат.

Сотрудникам должностные оклады выплачиваются в размерах, установленных Правительством Российской Федерации и приказом МЧС России.

Предусмотрены ежемесячные дополнительные выплаты:

- ежемесячная надбавка к окладу денежного содержания за стаж службы;

- ежемесячная надбавка к должностному окладу за квалификационное звание;

- премии за добросовестное выполнение служебных обязанностей.

В пределах бюджетных ассигнований, выделенных из федерального бюджета на выплату денежного довольствия, сотрудникам могут выплачиваться дополнительные премии в размере до одного должностного оклада на основании следующих решений:

в территориальных органах и учреждениях МЧС России - приказа руководителя (начальника) территориального органа или учреждения МЧС России при представлении мотивированного рапорта начальника подразделения, в котором проходит службу сотрудник.

При принятии решения о выплате дополнительной премии учитываются следующие показатели службы сотрудников:

- выполнение особо важных и сложных заданий с учетом значимости достигнутых результатов;

- личный вклад сотрудника в общие результаты службы, оперативность и профессионализм в решении вопросов, входящих в его компетенцию;

- своевременность, сложность и качество выполненных заданий.

СЭУ ФПС ИПЛ в установленном порядке осуществляет по договорам с органами государственной власти, юридическими лицами, не входящими в систему МЧС России, физическими лицами, а также по решениям судов на возмездной основе следующие основные виды деятельности, в соответствии с целями, для которых оно создано:

- экспертные исследования по делам о пожарах и нарушениях требований пожарной безопасности по гражданским и арбитражным делам, делам об административных правонарушениях, а также при досудебных и внесудебных разбирательствах;

- проведение испытаний веществ и материалов, изделий, оборудования и конструкций на пожарную безопасность;

- проведение научных исследований в области пожарной безопасности.

- инженерно-технические исследования по делам о пожарах и нарушениях требований пожарной безопасности, в том числе строительно-технические, автотехнические, а так же оценочные и товароведческие [11].

За счет средств, полученных от приносящей доход деятельности, по решению руководителя (начальника) учреждения МЧС России сотрудникам могут выплачиваться дополнительные премии, размер которых определяется в соответствии с личным вкладом сотрудника в выполнение задач, стоящих перед учреждением МЧС России [6].

За счет внебюджетных средств приказ не устанавливает размеры денежного стимулирования, поэтому на данный момент разработка метода (алгоритма) денежного стимулирования сотрудников из внебюджетных средств является актуальным направлением, с целью совершенствования системы стимулирования в учреждении.



Таким образом, в данном случае учитывая вышеизложенное, в подразделении имеются внебюджетные средства, которые можно задействовать с целью дополнительного денежного стимулирования сотрудников, что может в итоге положительным образом повлиять на качество выполнения основных задач сотрудниками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жданкин Н.А.* Мотивация персонала. Измерение и анализ: учебно-практическое пособие / Н.А. Жданкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финпресс, 2018. – 304 с.
2. *Литвак Б.Г.* Управленческие решения: учебник / Б. Г. Литвак. – М.: Московская финансово-промышленная академия, 2012. – 512 с.
3. *Майкл Мескон, Майкл Альберт, Франклин Хедоури.* Основы Менеджмента / пер. Л. И. Евенко. — М.: Дело, 1997. — 704 с.
4. *Мильнер Б.З.* Теория организации. – 8-е изд. перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 848 с.
5. *Паркинсон С. Н.* Законы Паркинсона (пер. с англ.) — М.: Эксмо, 2007.
6. Приказ МЧС России от 21.03.2013 N 195 «Об утверждении Порядка обеспечения денежным довольствием сотрудников федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».
7. *Романенко В.И., Безносков Д.С.* Мотивация профессиональной деятельности сотрудников государственной противопожарной МЧС России / В.И. Романенко, Д.С. Безносков // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». - 2011. - С. 72-76.
8. *Смирнов Е.А.* Личность руководителя: Учеб. пособие / Науч. ред. К.С. Пигров. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2005. – 249 с.
9. *Соколова М.И.* Управление процессом мотивации. Практическое использование теорией мотивации / М.И.Соколова // Мотивация и оплата труда. - 2007. - С. 198-206.
10. Управление персоналом: Учебник / *И.Б. Дуракова* и др. / Под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. И.Б. Дураковой. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 570 с.
11. Устав федерального государственного бюджетного учреждения «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области.
12. Федеральный закон от 23.05.2016 N 141-ФЗ «О службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

УДК 699.812:666.972.16+691.6

*С. О. Карабанов*

Управление инвестиций и строительства МЧС России

## **АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ**

Проведен анализ показателей обстановки с пожарами в жилых зданиях на территории Российской Федерации. Выявлены экстремальные значения тенденций строительства и рассмотрены темпы ввода в эксплуатацию жилых зданий. Определены факторы, приводящие к гибели людей при пожарах в жилых зданиях.

**Ключевые слова:** пожары, жилые здания, причины гибели людей.

*S.O. Karabanov*

## **ANALYSIS OF INDICATORS OF FIRE SAFETY OF PEOPLE IN RESIDENTIAL BUILDINGS**

The analysis of indicators of the situation with fires in residential buildings on the territory of the Russian Federation. Extreme values of construction trends are identified and the pace of commissioning of residential buildings is considered. The factors leading to the death of people during fires in residential buildings are determined.

**Keywords:** fires, residential buildings, causes of death.

### **Введение**

Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации определяет приоритетными задачи обеспечения пожарной безопасности. Социальные потери и современные тенденции динамики экономического ущерба от пожаров определяют перечень государственных задач обеспечения пожарной безопасности, одной из которых и наиболее актуальной является обеспечение безопасности людей при пожарах в жилых зданиях [1]. Это в первую очередь связано с тем, что среди прочих вопросов безопасности, гибель вследствие воздействия опасных факторов пожара в жилых зданиях остается преимущественно основной угрозой для людей при пожарах в России [2-4]. Это определяет необходимость детального рассмотрения факторов, определяющих причины гибели людей и социально-экономического ущерба от пожаров в жилых зданиях на территории Российской Федерации.

### **Основная часть**

Согласно пожарам, взятым на статистический учет, наибольшее их число происходят в зданиях жилого назначения, где также наблюдается больший процент гибели людей. В свою очередь жилые здания занимают лидирующие позиции в общей совокупности вводимых в эксплуатацию зданий на территории

Российской Федерации, что коррелирует с темпами развития современного общества.

Так по официальным статистическим данным<sup>128</sup> в период с 2001 по 2017 гг в России введено в эксплуатацию 3,6 млн. зданий из них более чем 90 % здания жилого назначения (3,3 млн.). Общая площадь введенных в рассматриваемый период жилых зданий составляет 1,2 млрд. м<sup>2</sup>. На рисунке 1 построен временной ряд динамики количественных показателей по вводу жилых зданий в эксплуатацию это: 1 – количество, введенных в эксплуатацию зданий; 2 – общая площадь, введенных в эксплуатацию зданий.

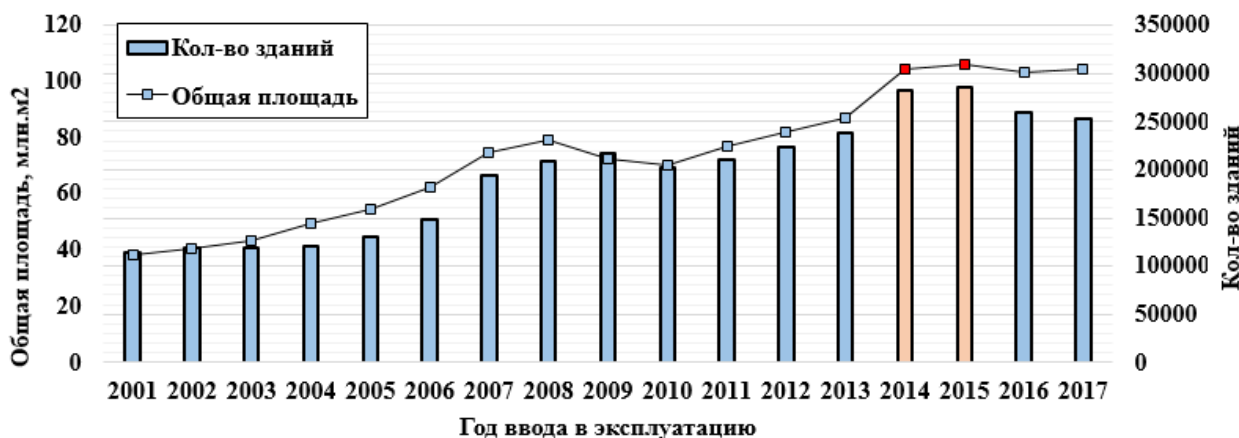


Рисунок 1 – Распределение количества жилых зданий (общей площади зданий), вводимых в эксплуатацию в России

В анализируемый период в год вводилось 200 тыс. зданий, общей площадью более 100 млн.м<sup>2</sup> следовательно, в настоящее время жилые здания являются наиболее востребованными обществом.

Преобладающая доля жилых зданий в России определяет и повышенные показатели пожарной опасности. Так по официальным статистическим данным<sup>129</sup> в период с 2001 по 2017 гг. в России произошло 1,3 млн. пожаров в жилых зданиях, ущерб от которых составил 43,3 млрд. рублей. Но наиболее весомое значение имеет количество погибших людей при пожаре, так за анализируемый период составляет более 185 тыс. человек – 75 % от общего числа погибших на пожарах людей.

Динамика обстановки с пожарами представлена на рисунках 2 и 3.

<sup>128</sup> Россия в цифрах // Федеральная служба государственной статистики

<sup>129</sup> Федеральный банк данных «Пожары» // ФГБУ ВНИИПО МЧС России

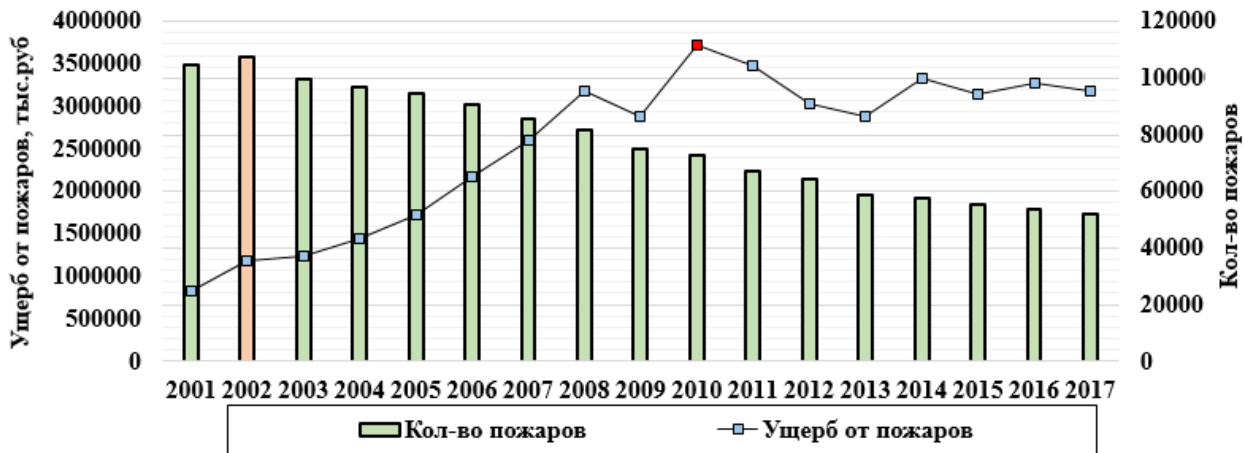


Рисунок 2 – Динамика количества пожаров в жилых зданиях и ущерба от них

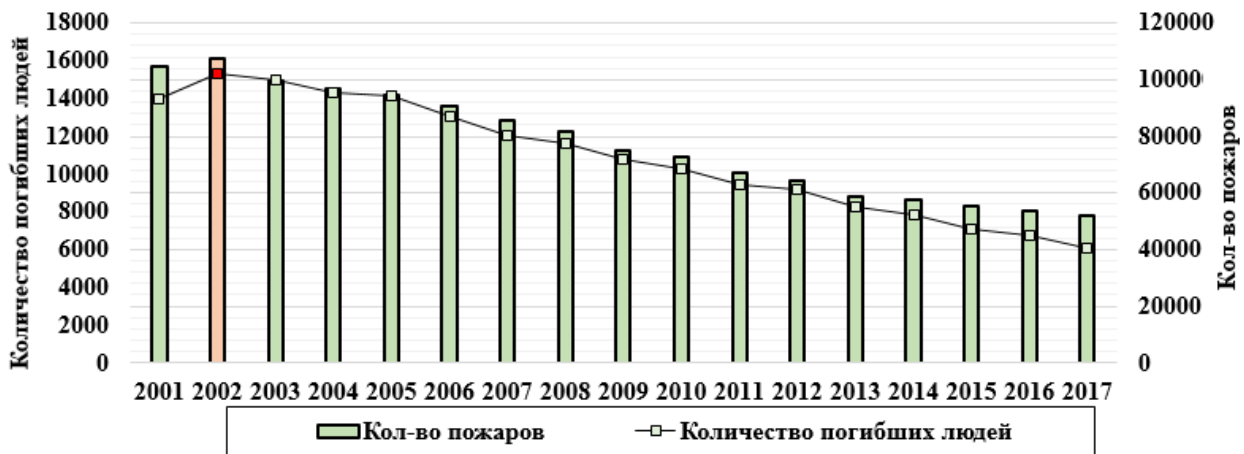


Рисунок 3 – Динамика количества пожаров в жилых зданиях и погибших при пожарах людей

Детальный анализ случаев пожаров в жилых зданиях позволил выделить основные факторы, существенно влияющие на гибель людей и значительные масштабы социального, экологического и экономического ущерба от пожаров в жилых зданиях [5]:

- 1 – наличие в здании значительного количества людей, различных возрастных групп и различного уровня физической формы и умственного развития;
- 2 – использование отдельных помещений не по назначению наличие общественных и административных помещений для которых велика вероятность возникновения пожара и его развития до крупных размеров;
- 3 – наличие в здании помещений с существенно завышенными показателями горючей нагрузки, а именно чердачных и подвальных помещений, имеющих существенные препятствия по введению средств тушения, включая привозные средства пожаротушения подразделений пожарной охраны;
- 4 – динамика пожара повышенная скорость роста площади пожара и значительный удельный расход огнетушащих веществ, подача которых позволяет локализовать и ликвидировать пожар;

5 – нарушение требований при эксплуатации путей эвакуации их загромождение, отделка горючими материалами;

6 – нахождение людей в здании при пожаре с утраченной или частично утраченной дееспособностью – состояния алкогольного и наркотического опьянения, и как следствие отсутствие побудительного мотива к сохранению своей жизни и здоровья.

### **Выводы**

При рассмотрении государственных задач и формировании направлений дальнейших исследований по обеспечению пожарной безопасности людей в жилых зданиях необходимо производить учет выявленных факторов. Дальнейшая формализация и количественное описание взаимодействия данных факторов позволит оценить корреляцию социального и экономического ущерба, что обеспечит системное решение задач и комплексный подход в вопросах обеспечения пожарной безопасности жилых зданий на территории Российской Федерации.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Самойлов Д.Б.* Управление системой обеспечения пожарной безопасности человека в жилом здании [Текст] // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Москва, 1999
2. *Паиковский Р.И.* Вопросы пожарной безопасности электроустановок жилых и общественных зданий [Текст] // Светотехника. 2007. № 2. С. 56-58.
3. *Корольченко А.Я.* Проблемы обеспечения пожарной безопасности жилых зданий [Текст] // Пожаровзрывобезопасность. 2004. Т. 13. № 6. С. 21-23.
4. *Анжауров А.Е., Фирсова Т.Ф.* Проблемы обеспечения пожарной безопасности при реконструкции первых серий жилых зданий массового домостроения // Технологии техносферной безопасности. 2014. № 1 (53). С. 7.
5. Пожарная безопасность многоквартирных высотных жилых зданий. методические указания // Нижний Новгород, 2011.

УДК 614.841.315

*Е. В. Козырев, Д. С. Адамов, В. А. Сорокин, И. В. Костерин*  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

## **ОЦЕНКА ГЛАВНЫХ УПРАВЛЕНИЙ МЧС РОССИИ ПО СУБЪЕКТАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

В статье описан порядок оценки главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации при осуществлении надзорной деятельности и профилактической работы, установленный приказом МЧС России от 26.10.2017 № 469. Представлена часть результатов проведенного анализа оценки главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации. По итогам анализа показателей оценки главных управлений, выявлены проблемы, возникающие при осуществлении вышеуказанной деятельности. Данные получены в ходе выполнения НИР «Исследование процессов функционирования надзорных органов МЧС России» в 2019 году.

**Ключевые слова:** оценка главных управлений МЧС России, надзорные органы МЧС России, показатели деятельности.

*E. V. Kozyrev, D. S. Adamov, V. A. Sorokin, I. V. Kosterin*

## **EVALUATION OF MAJOR DEPARTMENTS OF EMERCOM OF RUSSIA ON SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION**

The article describes the procedure for assessing the main departments of the EMERCOM of Russia in the subjects of the Russian Federation in the implementation of Supervisory activities and preventive work, established by the order of the EMERCOM of Russia dated 26.10.2017 No. 469. Part of the results of the analysis of the assessment of the main departments of the EMERCOM of Russia in the subjects of the Russian Federation is presented. Based on the results of the analysis of the evaluation indicators of the main departments, the problems arising in the implementation of the above activities are identified. The data were obtained in the course of the research «Study of the functioning of controls of the EMERCOM of Russia» in 2019.

**Keywords:** assessment of main departments of EMERCOM of Russia, controls of EMERCOM of Russia, performance indicators.

Указом Президента Российской Федерации [1] определено, что Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по надзору и контролю в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (далее - чрезвычайные ситуации), обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах.

Данные функции на территории субъектов Российской Федерации осуществляют соответствующие территориальные органы МЧС России, специально уполномоченные решать задачи в области гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – главные управления МЧС России). Согласно приказу МЧС России № 372 [2] на территории Российской Федерации осуществляют свою деятельность 85 главных управлений МЧС России в 8 федеральных округах.

От эффективного осуществления главными управлениями МЧС России контрольно-надзорной деятельности и профилактической работы во многом зависит качество жизни отдельного человека и общества в целом, выражающееся, в том числе, в минимизации причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям.

Поэтому эффективное управление в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности, безопасности людей на водных объектах, в том числе, при осуществлении главными управлениями МЧС России надзорной деятельности и профилактической работы в пределах своих полномочий является одной из основных задач МЧС России. Анализ эффективного управления невозможно провести без оценки деятельности главных управлений МЧС России.

В настоящее время приказом МЧС России № 469 [3] утвержден порядок оценки главных управлений МЧС России при осуществлении надзорной деятельности и профилактической работы (далее – Порядок оценки). Порядок оценки разработан для определения значений показателей деятельности органов государственного надзора, анализа их деятельности, выявления проблем, возникающих при осуществлении надзорных функций, а также повышения эффективности и результативности работы.

Оценка деятельности надзорных органов МЧС России проводится ежеквартально по нескольким направлениям, в рамках которых оцениваются показатели состояния обстановки с пожарами на территории субъекта Российской Федерации, результаты проведения плановых (внеплановых) мероприятий по надзору за соблюдением обязательных требований в области пожарной безопасности, защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны, а также работа по предупреждению и пресечению нарушений обязательных требований.

Для определения итоговой оценки главных управлений МЧС России, анализа деятельности надзорных органов и проблем, возникающих при ее осуществлении, оцениваются 35 показателей, которые характеризуют работу управлений по основным направлениям надзорной деятельности и профилактической работы.

Эти показатели, а также критерии для оценивания приведены в приложении к упомянутому Порядку. Большинство показателей оценивается по трехбалльной шкале: «хорошо» - 2 балла; «удовлетворительно» - 1 балл; «неудовлетворительно» - 0 баллов. Сумма баллов по всем показателям отображает итоговую оценку по каждому главному управлению и позволяет

сформировать их рейтинг. Главное управление, получившее наибольшее суммарное количество баллов, занимает первое место, наименьшее – последнее.

В соответствии с положениями приказа МЧС России № 469 [3] ФГБУ ВНИИПО МЧС России (далее – институт) ежеквартально до 20 числа месяца, следующего за отчетным периодом, обеспечивает обработку поступающих сведений, расчет оценки деятельности главных управлений МЧС России в соответствии с Порядком оценки и предоставление результатов в Департамент надзорной деятельности и профилактической работы.

В рамках выполнения в 2019 году научно-исследовательской работы «Исследование процессов функционирования надзорных органов МЧС России» [4] специалистами института были проанализированы результаты оценки главных управлений МЧС России, деятельность надзорных органов за I, II и III кварталы 2019 года. В настоящей статье предлагается рассмотреть некоторые итоги проведенного анализа, касающиеся выявления проблем, возникающих при осуществлении главными управлениями МЧС России надзорной деятельности и профилактической работы.

Для выявления указанных проблем специалистами института проводился анализ значений показателей, по которым главные управления МЧС России получили неудовлетворительные оценки.

Так, наибольшее число главных управлений МЧС России (с учетом среднего значения за три квартала 2019 года) имеют неудовлетворительные оценки по следующим показателям:

- показатель № 1 - количество пожаров (годовой показатель выше среднепятилетнего значения - 34 управления);
- показатель № 2 - количество погибших при пожарах (годовой показатель выше среднепятилетнего значения - 38 управлений);
- показатель № 3 - количество травмированных при пожарах (годовой показатель выше среднепятилетнего значения - 34 управления);
- показатель № 5 - ущерб от пожаров (показатель годового ущерба от пожаров выше среднетрехлетнего значения на 5 % и более - 22 управления);
- показатель № 7 - доля плановых проверок в области пожарной безопасности, проведенных на объектах надзора, отнесенных к категориям высокого риска, значительного риска и среднего риска, в % от общего количества плановых проверок (менее 80 % - 18 управлений);
- показатель № 9 - доля проведенных внеплановых проверок по контролю за ранее выданными предписаниями в области пожарной безопасности, по результатам которых нарушения устранены в полном объеме (ниже 45 % - 30 управлений);
- показатель № 12 - доля не устраненных нарушений в области гражданской обороны в установленные предписаниями сроки (более 30 % - 27 управлений);
- показатель № 15 - доля контрольно-надзорных мероприятий, в ходе которых проводятся профилактические мероприятия (консультации, инструктажи, разъяснения необходимости исполнения обязательных требований и способов их реализации) от их общего количества (менее 95 % - 40



управлений);

- показатель № 17 - доля внесенных органами прокуратуры представлений, связанных с осуществлением надзорной деятельности в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности от общего количества проведенных проверок (более 0,4 % - 17 управлений);

- показатель № 18 - реализация ежегодного плана проверок объектов защиты в области пожарной безопасности (процент выполнения плана меньше среднероссийского более чем на 5% - 32 управления);

- показатель № 19 - количество профилактических плановых (рейдовых) осмотров (обследований) территорий в отношении на одного сотрудника наделенного правами по осуществлению ФГПН (показатель ниже среднероссийского более чем на 10% - 74 управления);

- показатель № 21 - раскрываемость преступлений по ст. 168 УК РФ, 219 УК РФ (количество уголовных дел направленных в суд \* 100 / количество возбужденных уголовных дел сотрудниками ГПН), % (показатель меньше 15 % - 60 управлений);

- показатель № 22 - раскрываемость преступлений по ст. 261 УК РФ (количество уголовных дел направленных в суд \* 100 / количество возбужденных уголовных дел сотрудниками ГПН), % (показатель меньше 3 % - 79 управлений);

- показатель № 24 - доля внесенных дознавателями представлений об устранении обстоятельств, способствовавших совершению преступлений (в соответствии с ч. 2 ст. 158 УПК РФ), от числа расследованных уголовных дел (менее 5 % - 67 управлений);

- показатель № 27 - доля постановлений по делам об административных правонарушениях в области пожарной безопасности, отмененных судами и вышестоящими должностными лицами от количества обжалованных (показатель больше среднероссийского - 21 управление);

- показатель № 31 - доля представлений об устранении причин и условий совершения административного правонарушения от количества вынесенных постановлений о назначении наказания (менее 50 % - 52 управления);

- показатель № 32 - доля государственных услуг от общего количества заявлений юридических лиц и (или) индивидуальных предпринимателей оказанных в электронном виде, % (показатель меньше 20% - 63 управления);

- показатель № 34 - доля приборов пультовых оконечных, размещенных в пожарно-спасательных подразделениях по предложениям органов государственной власти субъектов, органов местного самоуправления, от их общего количества (показатель меньше 50% - 38 управлений);

- показатель № 35 - доля благодарностей от граждан (показатель меньше среднероссийского на 11% и более - 47 управлений).

Анализ рассчитанных оценок («хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»), полученных главными управлениями МЧС России за I, II и III кварталы 2019 приведен на диаграммах 1-3.

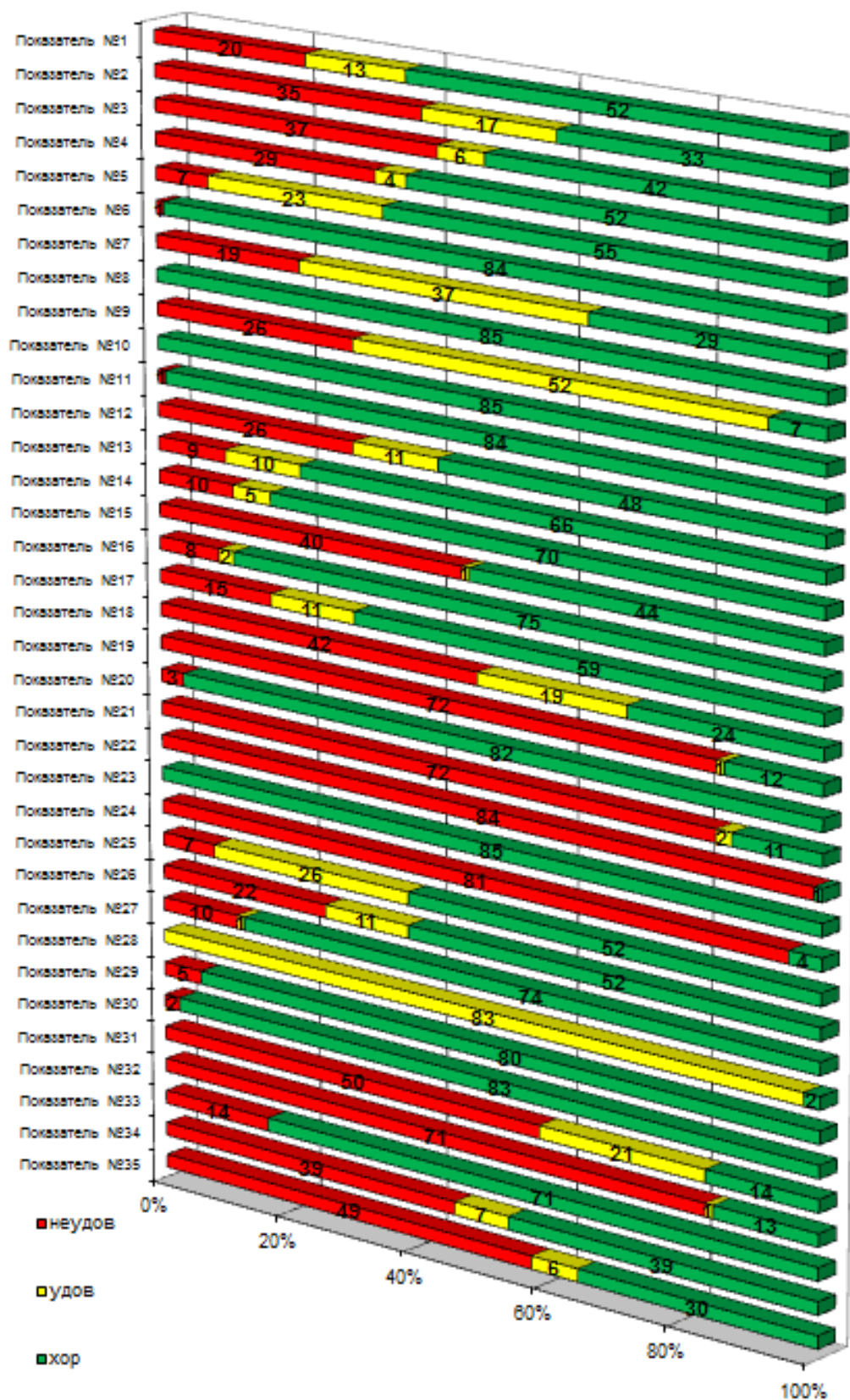


Диаграмма 1 – Количество главных управлений МЧС России получивших оценки («хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») по показателям деятельности надзорных органов за 1-й квартал 2019 года

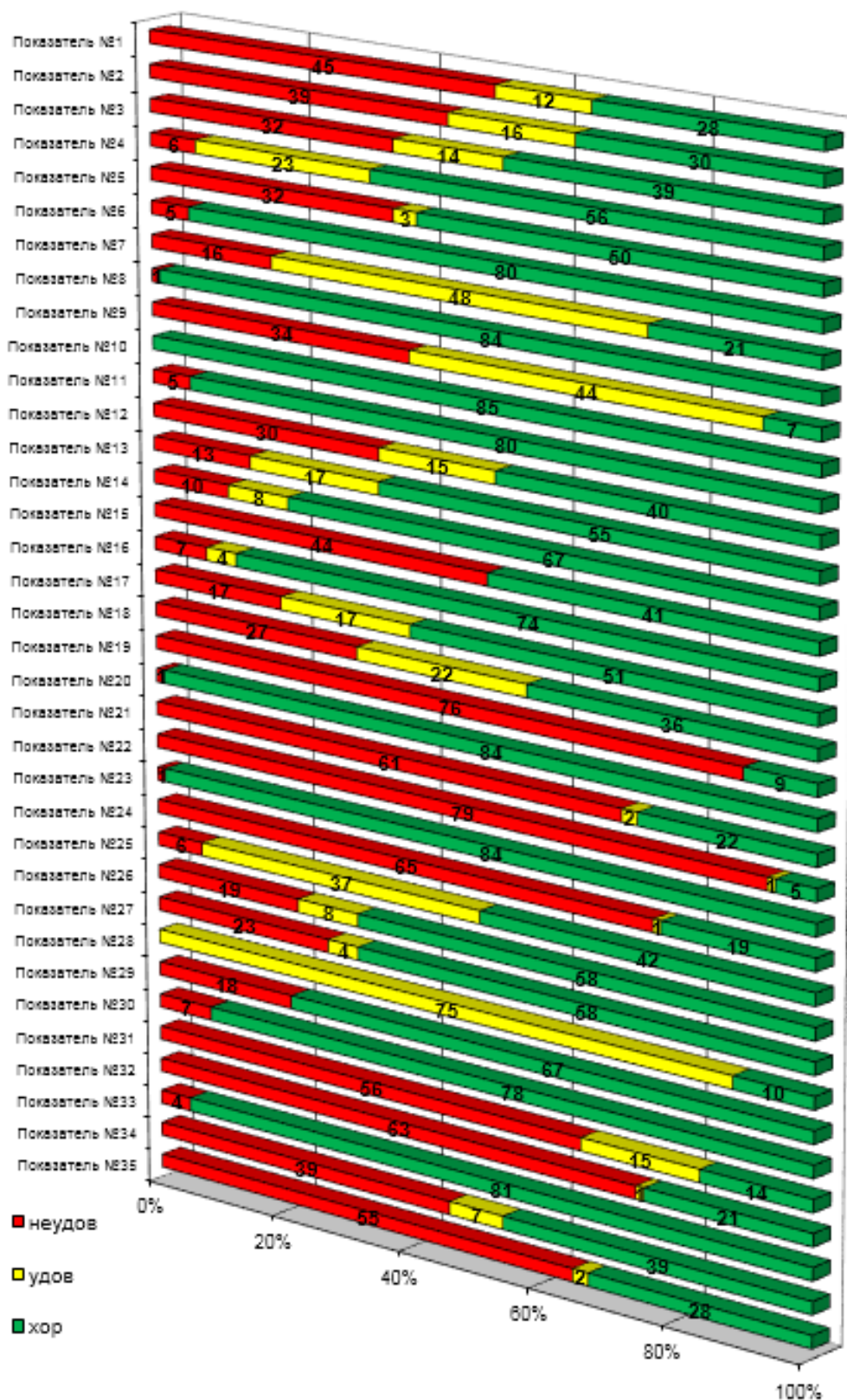


Диаграмма 2 – Количество главных управлений МЧС России получивших оценки («хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») по показателям деятельности надзорных органов за 2-й квартал 2019 года



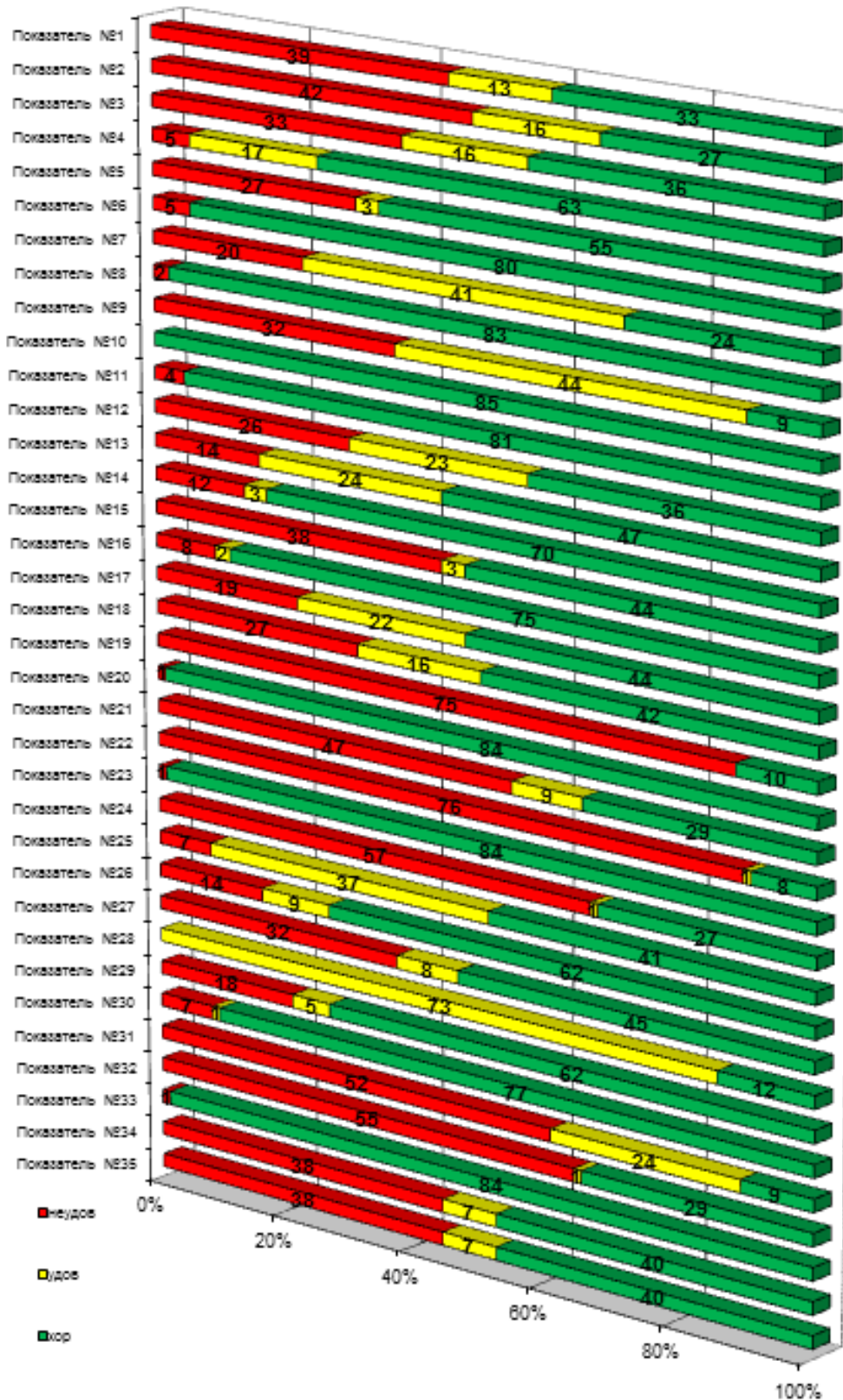


Диаграмма 3 – Количество главных управлений МЧС России получивших оценки («хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») по показателям деятельности надзорных органов за 3-й квартал 2019 года

Результаты проведенного анализа могут быть использованы МЧС России:

- при подготовке нормативных правовых актов, организационно-методических и распорядительных документов в области организации и осуществления надзорной деятельности МЧС России;
- при разработке предложений по совершенствованию документов, регламентирующих организацию и осуществление надзорной деятельности в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности;
- при принятии решений по совершенствованию форм и методов организации и осуществления надзорной деятельности в сфере МЧС России;
- для разработки новых подходов к оценке результатов деятельности надзорных органов главных управлений МЧС России;

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Указ Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
2. Приказ МЧС России от 6 августа 2004 г. № 372 «Об утверждении Положения о территориальном органе Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий - органе, специально уполномоченном решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъекту Российской Федерации».
3. Приказ МЧС России от 26 октября 2017 г. № 469 «Об оценке главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации по осуществлению надзорной деятельности и профилактической работы».
4. Исследование процессов функционирования надзорных органов МЧС России (НИР «Надзор ПБ»): отчет о НИР / ВНИИПО: в 2 ч., рук. Козырев Е.В.; исполн. Адамов Д.С. [и др.]. Б., 2019. Инв. № 6628/1, 6628/2.

УДК 614.841.33+006+340.132.6

*И. В. Костерин, В. И. Присадков*  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ: АНАЛИЗ РОССИЙСКОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКИ**

Проведен сравнительный анализ российской и зарубежной нормативной правовой базы, регулирующей процедуру экспертизы проектной документации. Обозначены проблемные вопросы, существующие в данном направлении, в том числе затронут вопрос, касающийся участия надзорных органов МЧС России в экспертизе проектной документации и выдаче заключения о соответствии построенного или реконструированного здания требованиям пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** экспертиза проектной документации, требования пожарной безопасности, федеральный государственный пожарный надзор, нормативно-правовое регулирование.

*I. V. Kosterin, V. I. Prisadkov*

## **TECHNICAL REGULATION OF PROJECT DOCUMENTATION EXAMINATION AT THE CURRENT STAGE: ANALYSIS OF RUSSIAN AND FOREIGN PRACTICES**

A comparative analysis of the Russian and foreign regulatory legal framework regulating the procedure of examination of project documentation was carried out. Problematic issues in this direction are identified, including the aspect related to the participation of supervisory units of the EMERCOM of Russia in the examination of project documentation and the issuance of a conclusion on compliance of the built or reconstructed building with fire safety requirements.

**Keywords:** examination of design documentation, fire safety requirements, federal state fire supervision, legal regulation.

Экспертиза проектной документации сегодня – это оценка соответствия проектной документации требованиям технических регламентов, в том числе санитарно-эпидемиологическим, экологическим требованиям, требованиям государственной охраны объектов культурного наследия, требованиям пожарной, промышленной, ядерной, радиационной и иной безопасности, а также результатам инженерных изысканий.

К числу основных задач, стоящих перед экспертизой в строительной отрасли, традиционно относят следующие:

1. обеспечение безопасности и надежности объектов;
2. исключение (минимизация) ущерба окружающей среде;

### 3. эффективность капитальных вложений.

Институт строительной экспертизы в России в настоящее время состоит из органов и организаций государственной и негосударственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий, строительную экспертизу осуществляют в Российской Федерации более 600 организаций [1].

Система государственной экспертизы сегодня представлена семью организациями, действующими на всей территории страны – это ФАУ «Главгосэкспертиза России» и ведомственные экспертизы Росатома, Минобороны, ФСБ, ФСО, Росгвардии, Главного управления специальных программ Президента Российской Федерации (ГУСП).

Кроме указанных организаций, на территории каждого субъекта Российской Федерации действуют региональные организации государственной экспертизы субъектов Российской Федерации, в соответствии с действующим законодательством уполномоченные осуществлять государственную экспертизу проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий в части своей компетенции. Обязательность проведения государственной экспертизы устанавливается законодательством.

Разграничение полномочий между организациями, уполномоченными проводить государственную экспертизу проектной документации и результатов инженерных изысканий, установлено статьей 49 Градостроительного кодекса Российской Федерации [2], новая редакция которого вступила в силу с 1 июля 2019 года. Законодатели уточнили требования к составу и содержанию разделов проектной документации объектов капитального строительства, а также порядок выдачи разрешений на строительство.

Нормами статьи 48 Градостроительного кодекса «Архитектурно-строительное проектирование» устанавливается дифференциация количества разделов проектной документации и требований к их содержанию применительно к различным видам объектов капитального строительства (в том числе к линейным объектам).

Кроме того, состав и требования к содержанию разделов проектной документации, представляемой на экспертизу проектной документации и в органы государственного строительного надзора, зависят от назначения объектов капитального строительства, видов работ, их содержания, источников финансирования работ и выделения отдельных этапов строительства, реконструкции.

Некоторое время назад, после ряда резонансных пожаров с массовой гибелью людей, дискуссия о возвращении МЧС России права проведения экспертизы проектной документации вновь возникла в профессиональном сообществе и на сегодняшний день активно ведется, в том числе на законодательном уровне [3].

Проект федерального закона № 518816-7 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам совершенствования деятельности федерального государственного пожарного

надзора» предусматривает взаимодействие органов государственного строительного надзора и органов государственного пожарного надзора при проведении строительного контроля, государственного строительного надзора. Обязательное участие органов ГПН предполагается также в экспертизе проектной документации и подготовке заключения о соответствии построенного или реконструированного здания требованиям пожарной безопасности [4].

В экономически развитых зарубежных странах (Соединенные Штаты Америки, Канада, Германия, Япония, Чешская республика и т.д.), а также в ряде стран-участниц Евразийского экономического союза (Республика Беларусь, Республика Казахстан, Республика Армения, Кыргызская Республика) существуют институты государственной экспертизы проектов строительства зданий и сооружений производственного и жилищно-гражданского назначения, многофункциональных комплексов, транспортных и инженерных коммуникаций, а также иных объектов [5].

Государственная экспертиза является одной из важнейших процедур в технологической цепи разработки и утверждения проектных решений, а также изменений ранее утвержденных проектных решений в ходе строительства. В большинстве зарубежных стран с достаточно интенсивным строительством проведение государственной экспертизы проектов в совокупности с контрольно-надзорными функциями за качеством проектирования и строительства возложены на специальные структуры государственных органов.

К примеру, в США проект каждого строительного объекта проходит обязательную государственную экспертизу и по ее итогам строительная организация получает разрешение на строительство объекта. Экспертиза осуществляется государственными служащими, однако в отдельных случаях, когда проект обладает значительной технической сложностью, по решению руководителя органа власти к оценке проекта могут привлекаться внешние эксперты или экспертные организации. Их отбор основан на принципах квалификации, наличии аналогичного опыта и независимости. Выбор экспертов проводится самостоятельно органом власти путем проведения тестирования [6].

Контроль и государственную экспертизу проектов в части соблюдения градостроительного и строительного законодательства, соответствия требованиям строительных норм и правил, действующих под юрисдикцией местного органа власти на территории данного штата или населенного пункта, является прямой обязанностью соответствующего исполнительного органа.

В Германии государственная экспертиза проекта также является обязательным требованием. На органы строительной инспекции в Германии возложены обязанности по обеспечению высокого качества проектирования и строительства. Экспертиза базируется на принципах независимости экспертов, их высокой квалификации, обоснованности выводов и ответственности за результат. Производится государственная экспертиза органами контроля и надзора земель в сфере строительства. Непременным условием приема на работу в такую организацию является высокая квалификация в области строительства. Данное условие определяется необходимостью личного инспектирования



объектов и работы с проектами, что, несомненно, предполагает наличие инженерных, технических и проектных знаний. В контрольно-надзорных органах предусмотрена возможность привлечения внешних экспертов или экспертных организаций в тех случаях, когда оцениваемый проект требует особых знаний, навыков и квалификации.

В Германии государственная экспертиза проектов в строительстве проводится на соответствие проектных решений следующим параметрам:

- 1) устойчивость зданий и сооружений;
- 2) противопожарная защита в строительстве;
- 3) вибро-, звуко- и теплоизоляция конструкций и ограждений;
- 4) проведение статико-конструктивных расчетов.

Чтобы наглядно показать отличия процедур проектирования и строительства объектов в России и Великобритании, приведем поэтапную схему этих процессов (рис. 1-2).



Рисунок 1 - Поэтапная схема создания объекта капитального строительства в РФ

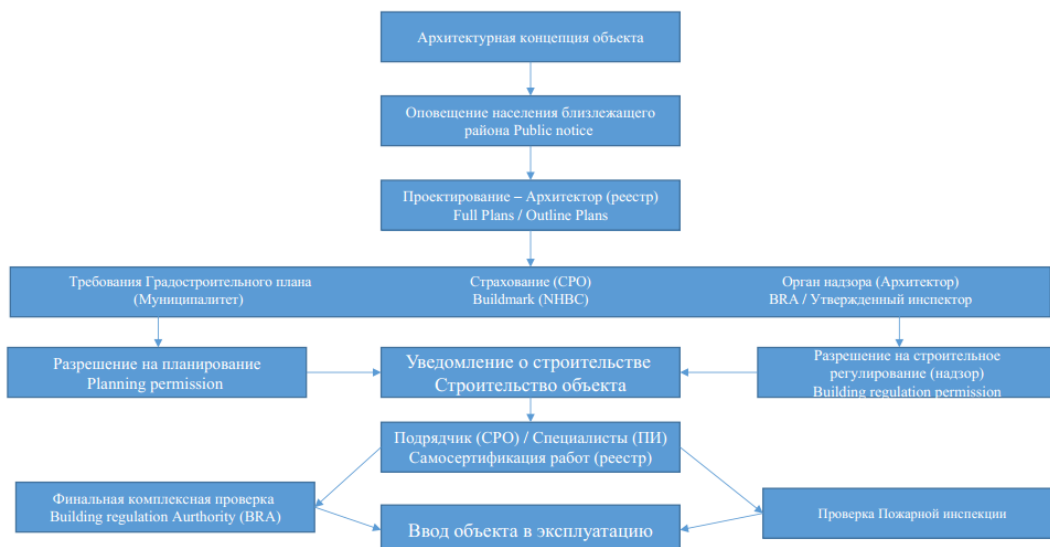


Рисунок 2 - Поэтапная схема создания объекта капитального строительства в Великобритании

Ключевые отличия технического регулирования строительства в Великобритании от России [7]:

1. Отсутствие государственной экспертизы проектной документации.
2. Наличие государственного публичного реестра архитекторов Великобритании, подтвержденной квалификацией Королевского института британских архитекторов – RIBA (44 000 специалистов).
3. Отсутствие обязательного участия участников строительного рынка в саморегулируемых организациях (СРО) или профессиональных институтах специалистов (ПИ).
4. Уведомительный характер начала строительства объекта.

Система и порядок ведения государственной экспертизы проектов и надзора за качеством строительства в Японии аналогичны США или Германии. Также сходны территориальный принцип построения системы государственного контроля за качеством проектной продукции и участие государственных органов в регулировании инвестиционной деятельности в этих странах. Государственной экспертизе проектов и качеству строительства в Японии придана повышенная роль и предъявляются соответствующие требования, обусловленные очень высокой сейсмической опасностью на всей территории страны.

Следует отметить, что в указанных экономически и социально высокоразвитых странах доля государственных инвестиций в строительство составляет всего 4-8%. В этой связи модель привлечения к экспертизе квалифицированных и независимых экспертов видится достаточной.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года (проект), адрес доступа – <http://www.stroystrategy.ru/docs>.
2. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 02.08.2019)
3. <https://rg.ru/2019/07/07/uchastie-pozharnyh-v-ekspertize-proektov-zdanij-budet-obiazatelnym.html>
4. <https://pravdaosro.ru/news/law/zakonoproekt-ob-uchastii-mchs-v-stroite/>
5. <http://www.minstroyrf.ru/docs/18723/>
6. [https://www.professionalconstructor.org/page/About\\_Certification](https://www.professionalconstructor.org/page/About_Certification)
7. [https://www.giprogor-proekt.ru/images/projects/research/2017-09-08-gb\\_analitika.pdf](https://www.giprogor-proekt.ru/images/projects/research/2017-09-08-gb_analitika.pdf)

УДК 699.812:666.972.16+691.6

*О. В. Кочнов*

ООО «ЭСКОРТГРУПП»

## **СООТНОШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОПОВЕЩЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПРЕПЯТСТВЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Намечены методологические подходы к количественной и качественной оценке эффективности систем оповещения, показано их место в общей структуре обеспечения безопасности зданий и сооружений, а также в структуре требований на соответствие и проектирование. В докладе рассмотрены два важных аспекта. Первый, касается постановки вопросов и решения задачи обеспечения беспрепятственной эвакуации людей из зданий и сооружений, повышения эффективности технических средств оповещения, ее места в плане в организационных мероприятиях, повышение роли расчетных мероприятий. Второй касается вопросов не достаточности и неоднозначности требований нормативной документации, не соответствия и противоречия в различных ее формулировках.

**Ключевые слова:** системы оповещения, функциональная безопасность, вероятность эвакуации, организационные мероприятия, расчетные мероприятия, требования к надежности, требования к разборчивости.

*O. V. Kochnov*

## **RELATIONSHIP BETWEEN THE REQUIREMENTS OF DOCUMENTATION AND THE POSSIBILITIES OF ALERT TECHNICAL MEANS IN THE PROBLEM OF ENSURING THE EASY EVACUATION OF PEOPLE FROM BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS**

Methodological approaches to quantitative and qualitative assessment of the effectiveness of warning systems are outlined, their place in the general structure for ensuring the safety of buildings and structures, as well as in the structure of requirements for compliance and design, is shown. The report examined two important aspects. The first one concerns raising questions and solving the problem of ensuring unhindered evacuation of people from buildings and structures, increasing the effectiveness of technical warning equipment, its place in terms of organizational activities, and increasing the role of settlement activities. The second concerns the issues of inadequacy and ambiguity of the requirements of regulatory documentation, non-compliance and contradiction in its various formulations.

**Keywords:** alarm systems, functional safety, probability of evacuation, organizational measures, design measures, reliability requirements, legibility requirements.

Сегодня мы имеем дело с продуктом урбанизации и глобализации – проблемой скопления большого количества людей в закрытых пространствах –

помещениях с массовым (более 50 чел., Требования СП 134.13330.2012) пребыванием людей. В случае возникновения внештатных ситуаций – факторов техногенного, антропогенного характера, людей из замкнутого пространства необходимо эвакуировать. Повысить вероятность эвакуации людей можно если обратить должное внимание на такой фактор, как угроза антропогенного характера, которая в общем представлении (ГОСТ-53195) описывается как неправильная эксплуатация оборудования и действие криминального и террористического характеров. Однако, данное определение нуждается в существенной корректировке, в которую должны быть введены две наиважнейшие составляющие - организационная и расчетная. Намек на необходимость организационных мероприятий появился в 2019 году в формулировке Постановления №390 (20/09/19), где в частности сказано, что при обнаружении пожара или признаков горения в здании, (персоналу) необходимо:

- немедленно сообщить об этом в пожарную охрану;
- принять посильные меры по эвакуации людей и тушению пожара.

Касаемо расчетных мероприятий, следует заметить, что более серьезное внимание стало уделяться расчету пожарных рисков, изложенному в Приказе №382.

При обнаружении пожара, на успешный и самостоятельный процесс эвакуации, например, посетителей гипермаркета лучше не рассчитывать по причинам как объективного, так и субъективного характера.

К объективным причинам следует отнести:

- отсутствие организационных мероприятий;
- отсутствие или неработоспособность технических средств;
- ошибки в расчетах – недостаточная громкость или не разборчивость технических средств оповещения (ТСО).

Согласно методике, изложенной в данном приказе, эвакуация может считаться успешной если выполняются следующие условия:

- эвакуация началась вовремя;
- скопления были минимальными;
- времени для эвакуации в безопасную зону было достаточно.

При отсутствии организационных мероприятий эвакуация может или не начаться или запоздать по дополнительным субъективным причинам:

“Русский авось”: только 15% людей реагируют на информацию о возникновении пожара;

Недостаточная информированность населения о правилах поведения во внештатных ситуациях, о необходимости эвакуироваться и о возможных последствиях. Другая сторона медали – чрезмерная осведомленность, например, о ложных срабатываниях или сбоях в системах пожарной автоматики.

В этой связи можно предложить следующую структурную схему, основанную на рисковом модели, в которую включены три важные составляющие:

- организационные мероприятия;
- технические средства;

расчетные мероприятия.

Проблемы с техническими средствами:

отсутствие технических средств оповещения и управления эвакуацией;  
неисправность (пусть даже временная) технических средств оповещения  
плохое качество оповещения (тихо или неразборчиво);  
неоднозначность смыслового содержания, неразборчивость текстов.

Если эвакуация все же началась, то и это еще не все. Существует высокая вероятность возникновения паники, которая может привести к превышению времени скопления. Причины: недостаточность организационных мероприятий, ошибки в расчетах.

Роль технических средств оповещения, для обеспечения беспрепятственной эвакуации людей

Для грамотной, последовательной и скоординированной эвакуации людей как раз и предназначены системы оповещения и управления эвакуацией людей, называемые СОУЭ. Здесь мы вынуждены дать важный комментарий. Когда речь идет о системе безопасности имеются ввиду две защищаемые категории – имущество и люди. Однако, эти две категории несопоставимы, так как жизнь и здоровье человека ни в каких единицах не измеряются. Люди, как защищаемый контингент, делятся на персонал и посетителей, которых, в свою очередь, необходимо делить на – слаботзащищенный контингент (старики, дети) и маломобильную группу (это отдельная и обширная тема разговора). Системы оповещения оповещают как первую, так и вторую группы, другими словами являются комплексными.

Комплексный подход к обеспечению безопасности зданий и сооружений продемонстрирован в ГОСТ-53195, в котором наиболее полно отражены требования к техническим средствам, а также к обеспечению безопасности людей.

Так, в данном документе определяются риски возникновения опасного события – как сумма вероятностей рисков, связанных с функционированием различных подсистем. В данном ГОСТе речь идет о двух составляющих – жизнеобеспечение и безопасность людей. За жизнеобеспечение отвечают инженерные системы, за обеспечение безопасности – комплексные системы безопасности (КСБ).

ГОСТ-53195 – составляющая федерального закона № 184 ФЗ – “О техническом регулировании”, в свою очередь, являющегося основанием для проектирования объектовых (ОСО) и локальных (ЛСО) систем оповещения. Мы указали на то, что люди, как защищаемый контингент делятся на две категории – персонал и посетители. Для оповещения первой группы достаточно внутри-объектовой системы оповещения (ОСО), устанавливаемой (проектируемой) согласно СП 134.1330.2012. При усложнении задачи, когда необходимо оповещать население (для открытых территорий) или посетителей (помещений), мы уже говорим о ЛСО, проектируемой согласно СП 133.1330.2012. Сложность тут вот в чем: за оповещение второй, наиболее многочисленной и более уязвимой группы, находящейся внутри объекта, отвечает также и СОУЭ, устанавливаемая

(проектируемая) согласно ФЗ-123 (ГОСТ 53325-2012). Поэтому, сложилась практика, когда в одном и том же здании устанавливают уже две системы для оповещения одной и той же группы, что непременно ведет к конфликту. Такая ситуация недопустима и предполагает применение комбинированных решений. Данная тема разговора была начата нами ранее [6].

Все основания считать системы оповещения о пожаре (СОУЭ) и объектовые системы оповещения (ОСО) единым комбинированным средством оповещения содержатся в техническом регламенте (ФЗ РФ). Так в СП 133.13330.2012 - Сети проводного радиовещания и оповещения в зданиях и сооружениях нормы проектирования, указано:

“Проектирование и установку систем оповещения и управления эвакуацией людей следует осуществлять в соответствии с требованиями СП-3.13130.2009. Коммуникации СОУЭ допускается проектировать совмещенными с радиотрансляционной сетью здания”.

Для объединения систем в одном комбинированном решении, не приводящем к конфликту, когда обе системы пытаются одновременно оповещать одну из категорий людей, используются многоприоритетные решения. Межгосударственный стандарт, также подтверждает необходимость в такой комбинации, устанавливая приоритетность, согласно которой оповещение о пожаре имеет наивысший приоритет. На необходимость таких решений обращено внимание в готовящемся стандарте (ЕАСС), где в частности сказано:

Приборы должны обеспечивать трансляцию сигналов исходя из следующей их приоритетности:

- трансляция сообщений через микрофоны;
- автоматическая трансляция сигналов о пожаре;
- автоматическая трансляция сигналов о других чрезвычайных ситуациях;
- трансляция других сигналов.

Недостаточность нормативных требований для проведения испытаний оконечных технических средств

Оконечным элементом любой системы оповещения является громкоговоритель – речевой оповещатель в системах оповещения о пожаре (СОУЭ), оконечное техническое средство в системах оповещения о ЧС. Мы показали, что в настоящее время актуальны комбинированные решения, в которых как раз и используется громкоговоритель, который должен удовлетворять двум техническим требованиям – в области пожарной безопасности (ГОСТ 53325-201) и в области оповещения о ЧС (ГОСТ 42.3.01-2014). В одном из докладов мы уже упоминали о несоответствии требований в области транспортной безопасности, изложенных в Постановлении №969, требованиям к функциональным свойствам и требованиям к техническим средствам оповещения, изложенных в ГОСТ 42.3.01-2014, на который данное постановление ссылается. В частности, о несоответствии требований к речевой (слоговой и словесной) разборчивости. К уже сказанному относительно определения разборчивости, хотелось бы добавить еще один аспект –

недостаточность технических данных для проведения сертификации. Наиболее простым показателем качества громкоговорителя является его частотная характеристика звукового давления (ЧХЗД), определение и методы измерения которой можно найти в ГОСТ-53575-2019 – *Громкоговорители, методы электроакустических испытаний*.

Так, согласно данному ГОСТу, неравномерность  $\leq 16$  дБ применена к диапазону 300-3500 Гц. В требованиях ГОСТ Р 42.3.01-2014 – для окончательных технических средств для более широкого диапазона, неравномерность не указана, поэтому сертификационные органы самостоятельно приняли решение применить данную неравномерность к другому, более широкому диапазону 350-3500 Гц, что технически не грамотно, в силу объективного спада частотной характеристики на НЧ, в частности для рупорных громкоговорителей. И еще один момент: аккредитованные органы по сертификации лишь устанавливают факт соответствия или несоответствия некоторых заявленных характеристик нормативным требованиям, однако, многие другие характеристики, которые приводят в своей технической документации большинство производителей уже точно не соответствуют понятиям и требованиям, изложенным в ГОСТ Р 53575-2009.

Методы, повышающие надежность систем оповещения и, как следствие, вероятность эвакуации

Мы показали, что системы оповещения играют наиважнейшую роль в задаче обеспечения эвакуации людей. Введем такой показатель, как эффективность системы оповещения, который в общем случае можно определить двумя составляющими - качеством и актуализацией, а в частном, производением Надежности и Достоверности. Говоря “произведение”, мы имеем в виду, что одно без другого не имеет смысла, т.е. при нулевой надежности, результат нулевой и наоборот. Кроме надежности и достоверности необходимо учитывать такие составляющие, как соответствие и интеграция, без которых не мыслима современная система оповещения.

Надежность системы оповещения обеспечивается на следующих этапах:

- на этапе разработки - тщательным подбором элементной базы;
- на этапе производства - соблюдением технологических процессов, техническим контролем и тщательным тестированием каждой партии продукции;
- на этапе проектирования - выбором надежных, сертифицированных средств, полностью соответствующих ТЗ и решаемой задаче, выполнением всех требований нормативной документации при их проектировании;
- на этапе закупки - обеспечением монтируемой системы необходимым ЗИПом;
- на этапе эксплуатации - плановым техническим обслуживанием и периодическим тестированием системы.

Существенного повышения надежности можно добиться двумя способами - резервированием и дублированием блоков системы.

Достоверность передаваемой информации можно определить, как произведение двух составляющих – сигнал/шум и формантной разборчивости.

Достоверность передаваемой информации обеспечивается на этапе проектирования:

правильным выбором системы звукоусиления, обеспечивающей не только количественные, но и качественные характеристики звукового тракта – параметры усилителей и речевых оповещателей (громкоговорителей);

грамотным электроакустическим расчетом (ЭАР), учитывающим актуальные значения шумов, присутствующих в защищаемом помещении  
Примечание. Единственным и крайне недостаточным источником здесь является СП 51.13330.2011;

учетом акустических особенностей защищаемого помещения;

учетом психофизических особенностей защищаемого контингента.

Актуализация может быть определена следующими характеристиками:

полным соответствием нормативным требованиям;

выполнением каждой из подсистем своих заявленных функций;

полной информационной совместимостью (при интеграции);

поддержкой единых унифицированных протоколов обмена информацией;

отсутствием взаимовлияния, в том числе, на предмет электромагнитной несовместимости всех действующих подсистем.

В качестве резюме, отметим ключевые моменты вышесказанного.

Повысить вероятность эвакуации людей можно следующими мероприятиями:

повышением надежности технических средств (ТС) на этапе разработки и производства;

полным соответствием технических средств, требованиям нормативной документации (НД), подтвержденное реально-проводимыми испытаниями;

проектированием систем в соответствии с требованиями ТЗ и НД, проработкой вопросов дублирования и резервирование ТС;

соблюдением правил при эксплуатации ТС, с их обязательным тестированием;

обращением самого серьезного внимания на организационные мероприятия, в плане скоординированного управления эвакуацией людей.

Система оповещения, как комплекс организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих эвакуацию людей, имеет очень важное значение. Обеспечить безопасность общественного здания, значит минимизировать урон, наносимый воздействием различного рода опасностями, в том числе ОФП. А повысить вероятность эвакуации хотя бы на 1% - это значит спасти чью-то жизнь. Это возможно только максимально-эффективным, скоординированным взаимодействием всех служб, сил и средств, т.е. человеческим фактором.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.08.02-89. Пособие к проектированию СОУЭ в общественных зданиях. Актуализация от 21.05.2015 - СНиП 2.08.02-89 "Общественные здания и сооружения".
2. ГОСТ Р 53575-2009 (МЭК 60268-5:2003). Громкоговорители. Методы электроакустических испытаний (Москва Стандартиформ 2011).
3. Свод правил СП-3-13130-2009 от 2009 г. "Требования пожарной безопасности к звуковому и речевому оповещению и управлению эвакуацией людей".
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017).
5. *Кочнов О.В.* Особенности проектирования систем оповещения. - Муром: издательство Ковалгин, 2012.
6. *Кочнов О.В.* Проектирование систем оповещения. - Тверь, 2016. - Том 1.

УДК 699.812:666.972.16+691.6

*К. В. Курочкин, Д. Ю. Захаров*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## СОСТОЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

В данной статье предметом исследования является промышленная безопасность опасных производственных объектов, основные положения, регистрация и лицензирование, а также задачи необходимые для совершенствования работ на опасных производственных объектах.

**Ключевые слова:** опасные производственные объекты, промышленная безопасность.

*K. V. Kurochkin, D. Y. Zakharov*

## INDUSTRIAL SAFETY STATUS AT HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES

In this article the subject of the study is the industrial safety of hazardous production facilities, the basic provisions, registration and licensing, as well as the tasks necessary to improve work at hazardous production facilities.

**Keywords:** hazardous production facilities, industrial safety

На протяжении нескольких десятков лет в России обусловлена проблема безопасности опасных производственных объектов, главной задачей которой является неприемлемость аварийных ситуаций при их эксплуатации.

На сегодняшний день в базе данных государственного реестра содержится информация о более 20 тысяч опасных производственных объектов, которые

эксплуатируются более 90 тысячами организаций в Российской Федерации (промышленных предприятий).

Ежегодно на данных предприятиях происходят около пятисот аварий, отказов или повреждений технических систем, которые приводят не только к простоям производства и потерям большей части продукции, а также причиняют ущерб жизни и здоровья гражданам находящимся на данной территории объекта.

С постепенным совершенствованием промышленной деятельности началась увеличиваться потребность в создании нормативно-правовой базы промышленной безопасности. Главная задача промышленной безопасности это недопущение нарушений, с помощью которых аварии на опасных производственных объектах должны сократиться до минимума в стране.

Промышленная безопасность опасных производственных объектов - состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий [1].

Промышленность представляет для людей и общества в целом огромный риск в связи с тем, что на производственных объектах часто используется оборудование, работающее под высоким давлением, температурой и скоростью. Также на этих опасных объектах осуществляется производство, переработка, хранение множества химических веществ, которые могут нанести вред здоровью функционирующего персонала, ущерб организации и среде обитания.

На опасных производственных объектах эксплуатируется большое количество энергии, которая в свою очередь при не правильном обращении приведет к чрезвычайной ситуации (аварии). Авария - разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ[1]. Большие затяжные пожары на производственном объекте или взрыв в результате выброса веществ под воздействием источника зажигания, крупная утечка опасных химических веществ все это относится к крупным авариям.

Для того чтобы организовать слаженную работу по контролю над опасными производственными объектами в Российской Федерации закон предполагает пройти несколько этапов: сертификацию, лицензирование, экспертизу, декларации, страхование. Основным органом деятельность которого заключена в управлении, контроле, регулировании опасных производственных объектов в настоящий момент является Ростехнадзор РФ.

Все виды работ в области промышленной безопасности осуществляются предприятиями, которые имеют необходимые для этого лицензии. Лицензия - специальное разрешение на право осуществления юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем конкретного вида деятельности (выполнения работ, оказания услуг, составляющих лицензируемый вид деятельности)[2]. Она подтверждается документом, который выдается лицензирующим органом на бумажном носителе или в форме электронного документа, подписанного электронной подписью. Для опасных производственных объектов лицензия является одним из главных механизмов

обеспечения безопасности населения и защиты окружающей среды от чрезвычайных ситуаций объекте.

Все техническое оборудование и устройства, имеющиеся на опасных производственных объектах, подлежат сертификации. Сертификация представляет с собой подтверждения соответствия объектов требованиям нормативных документов или условиям договоров. Сертификат промышленной безопасности - это документ, который подтверждает соответствие технического оборудования, используемого на опасных производственных объектах требованиям по промышленной безопасности РФ. Список технического оборудования, для использования которого необходимо оформить сертификат промышленной безопасности:

- оборудование нефтегазодобывающее;
- механизмы подъемные (лифты, краны, эскалаторы и прочие);
- оборудование горно-шахтное (бурение скважин, крепеж горных выработок, заряд и забой скважин, вентиляция и пылеподавление);
- оборудование с избыточным давлением (трубопроводы, котлы и другие);
- металлургическая техника (электрические, индукционные печи и другие нагревательные - плавильные приспособления для плавки металла и прочие);
- подъемная техника (строительные подъемники, грузоподъемные краны, лифты, подвесные канатные дороги и так далее);
- химическое оборудование (токсичное, электролизное, взрыво- и пожароопасное, фильтрующее, смесительное оборудование, средства противоаварийной защиты, насосы вакуумные или жидкостные, контейнеры, компрессорные агрегаты, цистерны и прочие).

Использование сертифицированного оборудования - это гарантии при его использовании и уверенность в безопасности при эксплуатации технического оборудования.

Для совершенствования работ на опасных производственных объектах, необходимо решать следующие задачи:

- анализ нормативно-правовой и методической базы в области обеспечения безопасности опасных производственных объектов позволит определить основные направления и эффективность безопасности;
- статистический анализ аварийности на производственных объектах позволит устанавливать частые причины и уровень ущерба при авариях;
- выявление основных факторов определяющих безопасность на ОПО;
- производить оценку результативности действий по предупреждению и ликвидации аварий;
- необходимо разработать программы первоочередных мероприятий по повышению эффективности работ на опасных производственных объектах.

Подводя итог можно сказать, что предметом изучения промышленной безопасности будут являться объекты, которые имеют высокую степень опасности на производстве. Эффективность выполняемых задач по совершенствованию промышленной безопасности позволит сократить чрезвычайные ситуации на данных объектах. Главная задача промышленной

безопасности, состоит в том, чтобы защитить жизненно важные интересы общества и государства от аварий и их результатов на опасных производственных объектах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (действующая редакция, 2016) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
2. Федеральный закон от 04.05.2011 N 99-ФЗ (ред. от 02.08.2019) «О лицензировании отдельных видов деятельности»

УДК 614.849

*А. А. Лазарев, В. Ю. Емелин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### О РАЗРАБОТКЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ

Проведен анализ причин пожаров на объектах социальной сферы, в том числе и с круглосуточным пребыванием людей, расположенных как на территории Ивановской области, так и на территории России в целом. С учетом проведенного анализа предложен комплекс мероприятий для утверждения нормативным документом в области пожарной безопасности в целях повышения уровня обеспечения пожарной безопасности объектов рассматриваемой категории.

**Ключевые слова:** социальная сфера, пожарная безопасность, анализ причин пожаров, пожарный извещатель, средство индивидуальной защиты.

*A. A. Lazarev, V. Yu. Emelin*

### ABOUT DEVELOPMENT OF NORMATIVE DOCUMENTS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY FOR OBJECTS OF THE SOCIAL SPHERE

The analysis of the reasons of the fires on objects of the social sphere, including with the round-the-clock stay of the people located both in the territory of the Ivanovo region, and in the territory of Russia in general is carried out. Taking into account the carried-out analysis the complex of actions for the statement by the normative document in the field of fire safety for increase of level of ensuring fire safety of objects of the considered category is offered.

**Key words:** social sphere, fire safety, analysis of the reasons of the fires, fire detector, means of individual protection.

Анализ пожаров на объектах социальной сферы на территории Российской Федерации показывает, что более 80% от общего количества пожаров

происходит в результате нарушений правил эксплуатации электрооборудования, огневых работ, в том числе при проведении ремонтов.

Основными условиями, способствовавшими возникновению пожаров, являются отсутствие квалифицированного персонала, ответственного за состояние электроустановок, несвоевременный планово – предупредительный ремонт электрохозяйства, износ автоматических защитных устройств от перепадов напряжения электрической сети, отсутствие нарядов – допусков на проведение огневых работ, а также контроля за их проведением.

Анализируя статистические данные по пожарам в Ивановской области, следует отметить, что происшествия в образовательных учреждениях и в нашей области - не редкость. Основным фактором появления данных событий является аварийный режим работы электрооборудования и неосторожное обращение с огнем.

В 2017 году было зарегистрировано 7 загораний, в 2018 году – 1 загорание, в текущем году зафиксировано 2 аналогичных происшествия (короткое замыкание в детском саду № 194 г. Иваново 02.02.2019; пожар в туалете школы № 41 г.о. Иваново 12.03.2019).

К сожалению, в 2019 году пожары не обошли стороной и объекты здравоохранения. Так, пожар произошел в деревянном строении отдаленного филиала противотуберкулезного диспансера. (V степени огнестойкости; ОБУЗ «Областной противотуберкулезный диспансер им. М.Б. Стоюнина», расположенном по адресу: Тейковский муниципальный район, д. Зиново).

С учетом изложенного сотрудниками федерального государственного пожарного надзора спланирована работа по проведению дополнительных тренировок по эвакуации на случай возникновения чрезвычайной ситуации, в том числе и пожара, расчету необходимого количества для обеспечения средствами индивидуальной защиты персонала и пациентов, обучению персонала приемам оказания первой медицинской помощи, повышению уровня знаний в вопросах обеспечения комплексной, в том числе и пожарной безопасности, а также оказание методической помощи руководителю учреждения в вопросах устранения имеющихся нарушений требований пожарной безопасности.

Кроме того, в настоящее время встает острый вопрос об участвовавших случаях «ложных» срабатываний систем противопожарной защиты на объектах рассматриваемой категории.

Проведенный анализ показывает, что наиболее частые срабатывания данных систем происходит под воздействием кратковременных факторов, не связанных с пожаром, таких, как попадание инородных предметов в дымовую камеру извещателя, наличие конденсата и электромагнитные наводки и др.

Одним из способов борьбы с так называемыми «ложными» срабатываниями систем противопожарной защиты является применение извещателей в указанных системах с более высокой степенью защиты, чем установлены в настоящее время. При этом степень защиты пожарного

извещателя определяется областью его применения и устанавливается в технической документации (ГОСТ Р 53325-2009) [1].

Следует отметить, что выбор пожарных извещателей должен производиться квалифицированными специалистами на основе полученных результатов расчетов суммарного значения времени обнаружения пожара пожарными извещателями и расчетного времени эвакуации людей, которое не должно превышать времени наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара.

Также, в целях исполнения решений, принятых на заседании комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности в Ивановской области 24.12.2018 (протокол заседания от 24.12.2018 №4), в целях недопущения детской гибели на пожарах, распространения знаний в области комплексной, в том числе и пожарной безопасности среди подрастающего поколения Главным управлением МЧС России по Ивановской области подготовлен и реализуется график проведения профилактической работы среди подрастающего поколения в соответствии с сезонными рисками [4].

Данный проект согласован с профильными Департаментами Правительства Ивановской области (Департамент образования Ивановской области. Департамент социальной защиты населения Ивановской области. Департамент здравоохранения Ивановской области) и Уполномоченным по правам ребенка в Ивановской области.

С учетом изложенной проблематики одним из вариантов повышения уровня обеспечения пожарной безопасности объектов социальной сферы может быть утверждение нормативным документом в области пожарной безопасности предлагаемого нами комплекса мероприятий [3]:

- принятие в кратчайшие сроки исчерпывающих мер к устранению выявленных нарушений требований пожарной безопасности, с информированием территориальных подразделений надзорной деятельности управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Ивановской области;

- ежеквартальное проведение занятий по отработке действий персонала в случае возникновения пожара с использованием всех систем противопожарной защиты, первичных средств пожаротушения и средств индивидуальной защиты органов дыхания (далее – СИЗ);

- ежемесячное проведение внутренних ведомственных проверок соблюдения требований пожарной безопасности в целях самоконтроля (самоаудита), а также осуществление контроля деятельности организаций, обслуживающих противопожарные системы;

- осуществление информирования органов внутренних дел по каждому случаю нарушения режима курения пациентами или проживающими лицами;

- проведение перед дежурством инструктажей с ответственными должностными лицами, осуществляющими управление приемно-контрольными

приборами систем противопожарной защиты о действиях при срабатывании данных систем;

- назначение лиц, ответственных за хранение, исправное состояние и эксплуатацию СИЗ;

- определение необходимого количества самоспасателей;

- разработка системы обеспечения пожарной безопасности от опасных факторов пожара в зданиях и сооружениях для постоянного проживания и круглосуточного (или временного) пребывания людей, предусматривающей при необходимости обеспечение СИЗ всех проживающих и пребывающих в зданиях и сооружениях;

- обеспечение СИЗ персонала, ответственного за оповещение, организацию эвакуации людей во время пожара, а также других лиц, задействованных в реализации плана эвакуации людей из зданий и сооружений при пожаре;

- размещение СИЗ в специально отведенных местах;

- обозначение соответствующими знаками мест хранения СИЗ, а также на планах эвакуации;

- организация обучения, тренировок по эвакуации и инструктажа по использованию СИЗ в установленном порядке;

- учет при монтаже пожарных извещателей степени защиты данного технического устройства с целью обеспечения её более высоких значений (не менее IP 40);

- учет при проведении установки систем вентиляции, а также светильников соблюдения необходимых расстояний до пожарных извещателей.

С учетом характера предлагаемых мероприятий ответственность за их выполнение необходимо возложить на руководителей объектов социальной сферы, в том числе с круглосуточным пребыванием людей. При этом данные нормативные документы необходимо утвердить органам исполнительной власти Ивановской области, регулирующих отношения в области здравоохранения, социальной защиты населения, образования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний».

2. *Лазарев А.А., Кокурин А.К., Емелин В.Ю.* Анализ возможностей использования противопожарного образовательного квеста в городе Иваново. *Инновации в образовании.* 2019. № 6 – С.38-43..

3. *Лазарев А.А., Кокурин А.К., Торопова М.В., Цыкало И.Ю.* Трехсторонние отношения между заказчиком, проектировщиком и организацией по монтажу систем противопожарной защиты: судебная практика. Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции Пожарная и аварийная безопасность, посвященной Году культуры безопасности, Иваново. Часть I. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018, - С. 141-145.

4. Решения, принятые на заседании комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности в Ивановской области 24.12.2018 (протокол заседания от 24.12.2018 №4).

УДК 614.849

*А. Н. Клушин\**, *А. А. Лазарев\*\*\**

\*Главное управление МЧС России по Ивановской области, \*\* ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРАВИЛ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА**

Проведен анализ нарушений требований пожарной безопасности в торгово-развлекательных центрах Ивановской области. С учетом вариативности изменения подходов к обеспечению пожарной безопасности на данных объектах предложен комплекс организационных мер, направленных на контроль выполнения требований по ограничению ограничения пожарной нагрузки.

**Ключевые слова:** торгово-развлекательный центр, пожарная нагрузка, специальные технические условия, пожарная безопасность, самоаудит.

*A. N. Klushin, A. A. Lazarev*

## **ABOUT IMPROVEMENT OF TECHNICAL REGULATION WHEN DEVELOPING FIRE SAFETY REGULATIONS FOR SHOPPING CENTER**

The analysis of violations of requirements of fire safety in shopping centers of the Ivanovo region is carried out. Taking into account variability of change of approaches to ensuring fire safety on these objects the complex of the organizational measures directed on control of performance of restriction of fire loading is offered.

**Keywords:** shopping center, fire loading, special specifications, fire safety, self-audit.

Как известно, вопрос ограничения пожарной нагрузки в торгово-развлекательных центрах (далее – ТРЦ) является важным аспектом обеспечения пожарной безопасности [1-5]. Исследования по данной проблематике проводились Мироненко Р.В., Прохоровым В.И., Федотовым В.А., Брусникиной А.Э., Сабуровым П.С., Костиным А.Г., Михайловой С.М. и другими. Вместе с тем не разработаны подходы к составлению специальных правил пожарной безопасности (далее – СППБ), ограничивающих пожарную нагрузку в определенных частях данных объектов.



Анализ статистических данных показывает, что на торговые и развлекательные центры в Ивановской области приходится свыше 50% крупных объектов с массовым пребыванием людей. Сведения о нарушениях требований пожарной безопасности, выявленных в 2018-2019 годах на данных объектах в Ивановской области, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сведения о нарушениях требований пожарной безопасности, выявленных в ТРЦ

Наименование показателя	Количество
Выявлено нарушений требований пожарной безопасности по результатам проведения внеплановых выездных проверок, в том числе, связанных с:	1569
возможной причиной возникновения пожара	0
обеспечением безопасности людей	1512
ограничением распространения пожара	27
созданием условий для успешного тушения пожара	30
Устранено нарушений требований пожарной безопасности, выявленных при проведении внеплановых проверок, в том числе, связанных с:	1563
возможной причиной возникновения пожара	0
обеспечением безопасности людей	1506
ограничением распространения пожара	27
созданием условий для успешного тушения пожара	30

Устраняя вышеуказанные нарушения собственники ТРЦ часто изменяют (корректируют) содержание специальных технических условий (далее – СТУ), что в свою очередь требует изменения и СППБ. Важно при этом организовать должный контроль со стороны администрации объекта за выполнением и действующих и вновь вводимых ограничений на объекте.

Остановимся подробнее на организации островной торговли, размещении лавок, деревьев, кустарников, урн и других подобных элементов интерьера и дизайна, размещаемых в проходах здания таким образом, чтобы не сужать суммарную расчётную ширину эвакуационных проходов ТРЦ. Указанные элементы, как правило, должны быть выполнены из материалов группы горючести НГ или Г1.

В этих условиях при устройстве островной торговли в местах, где в соответствии с требованиями СТУ пожарная нагрузка ограничивается до 50 МДж/м<sup>2</sup> в пересчете на древесину при разработке специальных правил пожарной безопасности на наш взгляд должны быть предусмотрены ряд организационных мер.

Рассмотрим предлагаемые нами меры, направленные на совершенствование технического регулирования при разработке СППБ ТРЦ.

Так, работнику организации или арендатору, обустривающему торговое место, необходимо разработать пояснительную записку с указанием вида, количества и состояния веществ и материалов, из которых предполагается устройство витрин и обращаемых внутри указанных витрин веществ и

материалов. Также в одну из составных частей данной пояснительной записки должен входить расчет пожарной нагрузки указанных горючих материалов в пересчете на древесину. При проведении данного, расчета и разработке пояснительной записки, в том случае, если это удовлетворяет требованиям СТУ, возможна установка горючих материалов в местах, где в соответствии с требованиями СТУ пожарная нагрузка ограничивается до 50 МДж/м<sup>2</sup> в пересчете на древесину.

При этом руководителем ТРЦ назначается лицо, ответственное за контроль и учёт производства огнезащитных работ, а также наличия пояснительных записок (или расчетов), разрабатываемых при наличии пожарной нагрузки в местах, где в соответствии с требованиями СТУ пожарная нагрузка ограничивается до 50 МДж/м<sup>2</sup> в пересчете на древесину. Назначенное лицо контролирует производство огнезащитных работ и ведёт Журнал учёта огнезащитных работ и пояснительных записок (или расчетов), контролирует соответствие установленным требованиям материалов, из которых выполнены оборудование островной торговли, лавочки, деревья, кустарники, урны и другие подобные элементы интерьера и дизайна, размещаемые в проходах здания ТРЦ.

Ответственный за контроль и учёт производства огнезащитных работ и пояснительных записок (или расчетов) работник хранит соответствующую документацию по этим работам:

- договоры подряда на огнезащитные работы;
- акты о приёмке выполненных работ по форме КС-2;
- акты сдачи-приёмки выполненных огнезащитных работ;
- лицензии подрядных организаций, выполнявших огнезащитные работы;
- сертификаты на огнезащитные материалы;
- технологические регламенты или паспорта на огнезащитные материалы;
- пояснительные записки (или расчеты).

Таким образом, предлагаемые организационные меры способствуют осуществлению объективного контроля пожарной нагрузки в определенных частях ТРЦ. Выстраиваемая при этом система самоаудита также является прозрачной. Проверка этой деятельности возможна как со стороны администрации объекта, так и со стороны надзорных органов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мироненко Р.В.* Ограничение распространения пожара через многосветные помещения по зданиям торгово-развлекательных центров: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.26.03 / Мироненко Роман Владимирович; [Место защиты: Акад. гос. противопожарной службы МЧС России]. - Москва, 2017. - 24 с.
2. *Прохоров В.И., Федотов В.А.* Определение средней теплоты сгорания пожарной нагрузки для помещений торговых центров. Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2017. № 11 (191). С. 66-67.
3. *Брусникина А.Э., Сабуров П.С.* Исследование соблюдения норм и правил пожарной безопасности в гипермаркете "Лента"

В сборнике: Мир в эпоху модернизации и глобализации: правовые, политические, экономические и социокультурные аспекты. Сборник статей V Международной научно-практической конференции. Под редакцией Л.С. Аникина, Л.В. Рожковой, Е.С. Козиной. 2018. С. 74-78.

4. *Костин А.Г., Михайлова С.М.* Пожары на объектах торговли с массовым пребыванием людей. В сборнике: Проблемы и перспективы пожарно-технической экспертизы и надзора в области пожарной безопасности. Сборник трудов секции № 11 XXIX Международной научно-практической конференции. Химки, 2019. С. 36-40.

5. *Гордеев В.А.* Пожарная опасность в многосветном помещении (атриуме) торгово-развлекательных центрах. Форум молодых ученых. 2017. № 6 (10). С. 558-592.

УДК 004.023

*С. С. Лапшин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ МЧС РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ОТРАБОТКИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРОЦЕДУР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

На примере административных процедур обеспечения пожарной безопасности рассмотрена структура информационно-аналитической системы поддержки деятельности должностных лиц МЧС России. На основе системного анализа разработана функциональная модель надзорной деятельности в нотации IDEF0.

**Ключевые слова:** функциональная модель, принятие решений, административные процедуры, государственная функция, проверка объекта защиты.

*S. S. Lapshin*

## **STRUCTURE OF THE INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF SUPPORTING THE ACTIVITIES OF EMERGENCY OFFICIALS OF RUSSIA ON THE EXAMPLE OF EXERCISE OF ADMINISTRATIVE PROCEDURES FOR FIRE SAFETY**

On the example of administrative procedures for ensuring fire safety, the structure of the information-analytical system for supporting the activities of officials of the Ministry of Emergencies of Russia. Based on system analysis, a functional model of supervisory activity in the IDEF0 notation has been developed.

**Keywords:** functional model, making decisions, administrative procedures, state function, verification of the object of protection.

Развитие разработанного на кафедре государственного надзора и экспертизы пожаров (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России Интерактивного тренажера «Виртуальный кабинет инспектора ГПН» (авторский коллектив Коноваленко Е.П., Мочалов А.М., Лапшин С.С.) [1] направлено на повышение эффективности подготовки должностных лиц надзорных органов МЧС России. Следует отметить, что эта деятельность неразрывно связана с использованием современных информационных технологий. Реализация данной идеи требует разработки функциональных моделей и создания на их основе информационно-аналитической системы поддержки деятельности при осуществлении соответствующими должностными лицами полномочий (ИАСПД), а также формирования навыков проведения контрольных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности обучающимися [2]. Информационно-аналитическая система должна позволять проводить описание решения задачи принятия решений при проведении административных процедур исполнения государственной функции и оценку эффективности как самого решения, так и процесса обучения.

В текущем исполнении ВКИ позволяет отрабатывать навыки подготовки ряда документов (распоряжение, акт, протокол, предписание) и проверки объекта.

Однако существует ряд проблемных вопросов:

- Разработка подмоделей производится с нуля, например, сейчас разрабатывается Виртуальный кабинет дознавателя ГПН [1].
- Дублирование методов взаимодействия с объектами.

Очевидно, что дальнейшая разработка тренажера в таком ключе приведет к умножению сущностей и невозможности его эффективной поддержки.

По мнению разработчиков необходимо повышение уровня абстракции при работе с данным тренажером. Как вариант решения проблемы – необходима информационная система, позволяющая работать с существующими объектами, разрабатывать подмодели информационных процессов, пользуясь заранее подготовленными свойствами объектов и методами работы с ними.

На основе системного анализа была разработана функциональная модель ИАСПД в нотации IDEF0 [4]. Верхний уровень указанной модели представлен на рис. 1.

Первый уровень функциональной модели информационной системы разделен на 3 части:

1. под запросами понимается вид деятельности, если система используется в практических подразделениях, или конкретные дисциплины, если речь идет об учебном процессе,
2. далее происходит выбор подмодели и отработка конкретных действий (навыков),
3. на выходе данного уровня администратор системы получает информацию о выполнении заданий и принятых решениях, а также формализованный документ, содержащий перечень заранее разработанных

критериев отработки навыков, позволяющий сделать вывод о степени их сформированности.



Рисунок 1 - Первый уровень функциональной модели ИАСПД

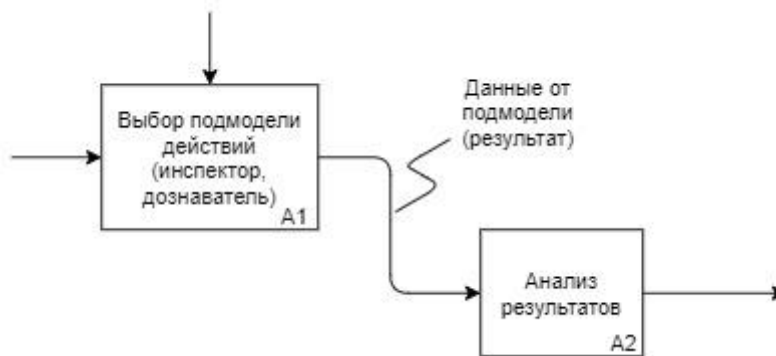


Рисунок 2 - Декомпозиция первого уровня функциональной модели ИАСПД

На втором уровне происходит отработка действий в выбранных подмоделях и обмен информацией между ними. Декомпозиция второго уровня функциональной модели ИАСПД представлена на рис. 3.

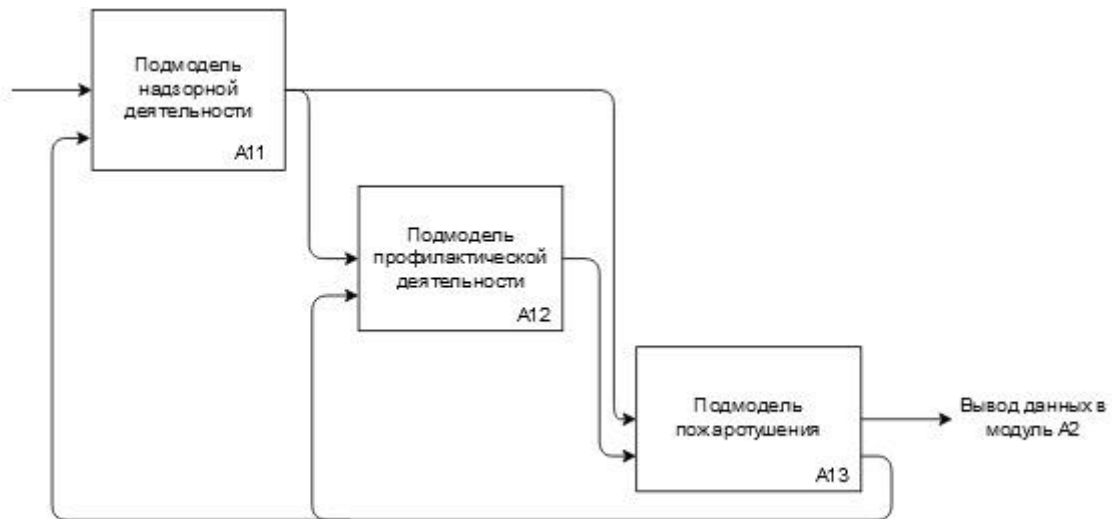


Рисунок 3 - Деконпозиция второго уровня функциональной модели ИАСПД

В подмодели надзорной деятельности работа строится вокруг объекта: используются его свойства (класс функциональной пожарной опасности, этажность и пр.) и методы работы с ним (например, 3D-тур), т.е. что можно сделать с объектом. Результатом работы на данном уровне являются документы: от плана проверок, до журналов учета мероприятий. Разработка данной подмодели базируется на перечне административных процедур исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности [3]. Подмодель надзорной деятельности (декомпозиция третьего уровня функциональной модели ИАСПД) представлена на рис. 4.

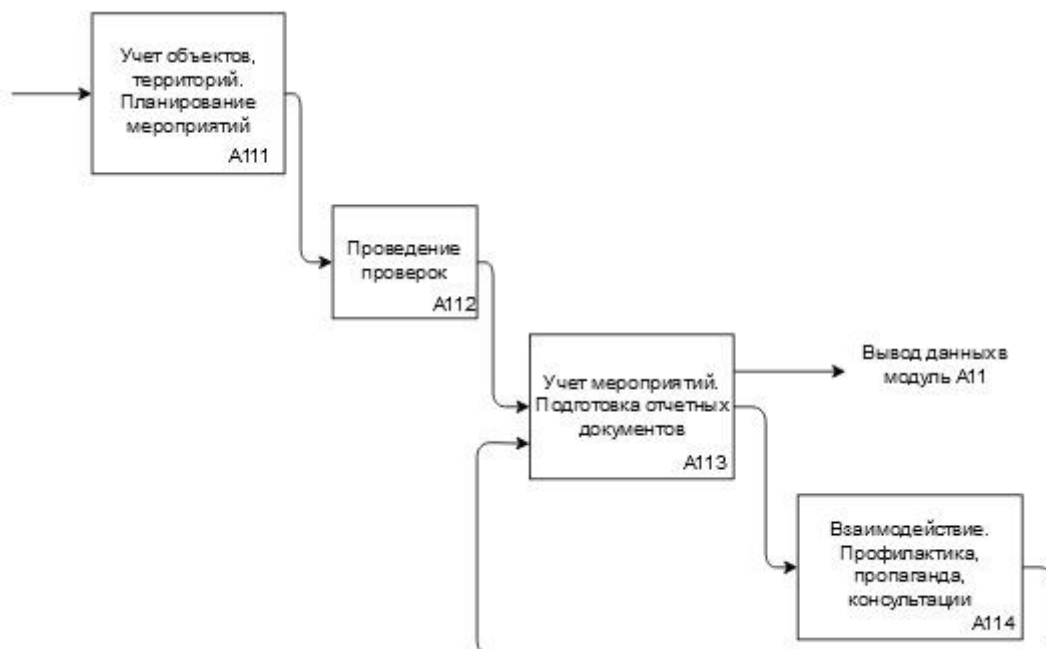


Рисунок 4 - Подмодель надзорной деятельности

Для реализации такого подхода необходимо каждый объект готовить по специальному шаблону, независимо от того, для какой задачи он разрабатывается. Шаблон разрабатывается сразу для всех дисциплин (видов

деятельности). При подготовке объекта для информационной системы должен соблюдаться принцип универсальности его использования. Корректировка (обновление) свойств и методов объекта должна автоматически учитываться во всех модулях. Такой подход позволит создавать кейсы, связанные общим сюжетом, что положительно скажется на восприятии работы с тренажером конечных пользователей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коноваленко Е.П., Мочалов А.М., Лапшин С.С. Интерактивный тренажер «Виртуальный кабинет инспектора ГПН» [Электронный ресурс]. URL: <http://wiki.jwfxdfx.bget.ru> (дата обращения: 21.11.2019).
2. Лапшин С.С. Совершенствование подготовки должностных лиц надзорных органов МЧС России / Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность», посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России, Иваново, 12–13 сентября 2019 г. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 66-68. ISBN978-5-6042853-2-9.
3. Приказ МЧС России от 30.11.2016 г. № 644 «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности».
4. Руководящий документ. Методология функционального моделирования IDEF0 / М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. 75 с.

УДК 614.842.4

*М. А. Леонтьева<sup>2</sup>, А. Лонгобарди<sup>1</sup>, Э.С. Насырова<sup>2</sup>, А. Сергеева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Университет Салерно, Отдел Гражданского Строительства, <sup>2</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет

## АНАЛИЗ РАЗЛИЧИЙ В СИСТЕМЕ ОСНАЩЕНИЯ ЗДАНИЙ ПЕРВИЧНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ В РОССИИ И ИТАЛИИ

В статье проведен анализ особенностей оснащения зданий первичными средствами пожаротушения в России и Италии. Выявлены сходства и различия по применению знаков пожарной безопасности в этих странах.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, эвакуационные знаки, эвакуационный выход.

*M. A. Leonteva<sup>2</sup>, A. Longobardi<sup>1</sup>, E. S. Nasyrova<sup>2</sup>, A. Sergeeva<sup>2</sup>*

## **ANALYSIS OF DIFFERENCES IN EQUIPPING BUILDINGS WITH PRIMARY FIRE EXTINGUISHING MEANS IN RUSSIA AND ITALY**

The article analyzes fire features of equipping buildings with primary fire extinguishing means in Russia and Italy. Similarities and differences of using fire safety signs in these countries are revealed.

**Keywords:** fire safety, evacuation signs, emergency exit.

Italy and Russia are two countries with different cultures, people habits and building typologies. Especially for what concerns this last point, while in Russia most of buildings by date back to 19th-21st century, in Italy there is a massive historical cultural heritage presence, especially in the main cities, which date back to 12th-21st.

Construction materials and number of floors are also different. For example, in Ufa (Russia) high-rise concrete houses and low-rise wooden houses are predominating. In Salerno (Italy), mainly houses are low-rise and built of concrete. The construction features of Italian buildings are strongly influenced by the climate and seismic activity. In total, about 1000 mm of precipitation falls annually. Over the past year, 45 earthquakes of magnitude from 1,8 to 5,0 have occurred according to USGS [1].

All these points affect building practices, material and number of floors, as well as on particular occurrence and spread of fire and evacuation of people from buildings. According to the national corps of firefighters in civil buildings in Italy, an average of 30,000 to 60,000 fires per year occurs [2].

Among the rescue operations carried out in 2016, 25,8% of the total number are associated with fires and explosions. In total, these incidents amount to 245727 fires per year, which are approximately 673 fires per day [3].

If we go into details, then in 2016 there were 52300 fires in residential buildings (apartments, condominiums, etc.) and public buildings and 2060 fires in stores (bars, cafes, canteens, restaurants, etc.) [4]. In 2017, 58986 fires in residential buildings and 979 in bars and restaurants. The number of deaths in the fires were 1609 in 2016 and 1904 in 2017 [5].

For comparison, in Russia in 2016 97049 fires occurred in residential buildings and 5613 in public buildings. In 2017 there are 92929 and 5116 fires respectively. Because of fires in Russia 8760 people died in 2016 and 7782 in 2017.

The strong contrast in numbers is caused by difference in fire safety systems. In this work we consider similarities and differences of equipping buildings with primary fire extinguishing equipment in Russia and Italy.

In Russia fire safety signs and other information are made in accordance with state standard 12.4.026-2015. All signs have a certificate of conformity.

The main fire safety signs are red and green. Red color indicates the location of fire protection equipment and their elements. Red color should be used for example, for ornamentation of building construction elements (walls, columns). The location of a fire extinguisher and fire alarm button is indicated by horizontally located strip. The width of strips is 150-300 mm. The strips are located in the upper part of the walls and



columns at a height convenient for visual perception from workplaces, walkways, etc. As a rule, the fire safety sign with the corresponding graphic symbol of fire protection equipment should be included in the composition of the ornament.

Green color indicates:

- direction of movement during evacuation;
- rescue;
- first aid in case of accidents and fires;
- inscription, safety information.

The state standard also provides sizes of fire safety signs and evacuation signs. However, the standard sizes of signs are commercially available: 150x150, 150x300, 100x100, 50x150, 200x200 mm. Therefore, the distance to the sign can be 7-8 meters. In Russia, corridors and halls are mainly of this length and do not require the installation of larger signs.

The rules for installing fire escape signs are regulated by set of rules 3.13130.2009. In accordance with rules: fire safety evacuation signs indicating the direction of movement are installed: in corridors longer than 50 m, as well as in campus corridors with capacity more than 50 people per floor. At the same time, fire safety evacuation signs are installed along the length of the corridors. They are installing at a distance no more than 25 m from each other, as well as:

- in places of corridor turns;
- in non-smoke stairwells;
- in other places, if the building requires the installation of fire escape signs.

Fire safety evacuation signs indicating the direction of movement should be installed at a height of at least 2 m. The most common evacuation signs are shown in Figure 1.



Figure 1 – An example of evacuation signs in Russia

Arriving in Italy, the first thing you notice is the large, even huge signs protruding from the wall (figure 2).



Figure 2 - The use of fire safety signs in Italian buildings

Unfamiliar are signs of the defibrillator (DAE) and the alarm (Allarme antincendio). These signs are found both at the University of Salerno and IKEA Shopping Center (address: Orignano Baronissi Provincia di Salerno, Via Salvador Allende).

According to legislative decree 81/08 (Consolidated Law on Occupational Safety and Health) and subsequent amendments by the DM (Ministry of the Interior) 09/18/2002 (Approval of the technical fire prevention rule for the design, construction and operation of public and private medical institutions), the signs relate to signals not defined in the standard. Signs are made in accordance with UNI (Italian Association Authority) standards. Here are some examples of standards:

- UNI 7546-5 Route to the emergency exit.
- UNI 7546-6 Location of the fire extinguisher.
- UNI 7546-8 Hydrant.
- UNI 7546-9 Emergency exit.
- UNI EN 81-72 Fire Lifts.

Evacuation signs in Italy are called signals (segnali) and denoted by the sign S or SL. The designation SL in the identification codes of some characters serves to highlight their characteristics of "glow". They are usually located in places with poor lighting (tunnels, underground rooms, etc.). L in this case means the word luminescent (luminescenze) or light (luce).

All signals (S and SL) from 1 to 7, from 9 to 11 must have a minimum size of a square pictogram 230x230 mm in order to be visible from a distance of at least 10 m. Signals from 1 to 5, from 8 to 10 are placed so as to guarantee their best visibility. When installing them, choose between various installations methods (flat surface, flag, ceiling, etc.). The placement height is from 2,10 to 2,20 m from the floor, i.e. with the base in line with the door jamb. If the ceiling height does not allow (it is too low), then it is necessary to place the signals as high as possible, avoiding the creation of an obstacle or danger. Signals (S and SL) 1, 2, 3 should be visible from a distance of about

10 m, in the case of a low ceiling they can have a rectangular shape. It should be understood that the long side is at least 345 mm [6].

Most signs in Russia and Italy look the same. Examples of fire safety signs in Italy are shown in Figure 3.



Figure 3 - Example of fire safety signs and evacuation signs

Comparing Figure 1 and Figure 3, we can see differences in the signs of the emergency exit, which in Italy is called “Uscita di emergenza”. In Russia, this sign has a rectangular shape and is mounted above the door. Often, instead of this sign, a luminous rectangular board is installed. In Italy, this sign, in addition to the rectangular one, has a square shape and is usually mounted above the door (Figure 2). The “Allarme antincendio” sign in Russia is identical to the sign “Button for switching on fire automatics installations” and can be indicated in two different ways (Figure 2 and 3).

In Italy there is no sign "Placement of fire protection." The Fire Faucet (fireplug) sign in Italy has 2 types: “Lancia antincendio idrante” and “Lancia antincendio” (Figure 2 and 3). Most often, the first option is used.

Summing up, we can conclude that the signs in Russia and Italy have differences on some points, namely:

- different sizes (in Italy there are bigger);
- a variety of installation methods (in Italy there are several ways, in Russia basically only one - the sign is attached to a flat surface);
- difference in the images of signs;
- the absence of any signs that are in another country (in Russia there is no fire hydrant installed on a hydrant, in Italy there is no sign “Placement of fire protection equipment”);
- the presence of a defibrillator installed for general use (in Italy).

## REFERENCE

1. USGS science for a changing world. [Electronic resource] – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>

2. Speciale Antincendio – incendi in Italia: quali i numeri a quali le cause? [Electronic resource] – URL: <https://www.sicurezzamagazine.it/antincendio-incendi-italia-numeri-cause/>
3. Ecco svelate le tristi statistiche relative agli incendi in Italia. [Electronic resource] – URL: <https://www.antincendionatalini.com/svelate-le-tristi-statistiche-relative-agli-incendi-italia/>
4. Annuario statistico del corpo nazionale dei vigili del FUOCO 2017 Periodo di riferimento: 01/01/2016 – 31/12/2016. [Electronic resource] – URL: <http://www.vigilfuoco.it/asp/ReturnDocument.aspx?IdDocumento=12498>
5. Annuario statistico del corpo nazionale dei vigili del fuoco Periodo di riferimento: 01/01/2017 – 31/12/2017 [Electronic resource] – URL: <http://www.vigilfuoco.it/asp/ReturnDocument.aspx?IdDocumento=13033>
6. LA SEGNALETICA DI SICUREZZA. [Electronic resource] – URL: [https://webs.rete.toscana.it/lso/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c74f3132-a160-46cc-a456-82912a8577c6&groupId=68176](https://webs.rete.toscana.it/lso/c/document_library/get_file?uuid=c74f3132-a160-46cc-a456-82912a8577c6&groupId=68176)

Италия и Россия – это две страны с различной культурой, народами, строениями. Если в России большинство зданий датируется XIX-XXI веком постройки, то в Италии существует огромное историческое культурное наследие, особенно в крупных городах, которые восходят к XII-XXI векам.

Различны также материалы строительства и этажность зданий. Например, в г. Уфа (Россия) преобладают высотные дома из бетона и встречаются малоэтажные деревянные дома. В г. Салерно (Италия), в основном, дома малоэтажные и построены из камня. На особенности строительства итальянских зданий сильно влияет климат и сейсмическая активность полуострова. Суммарно здесь выпадает около 1000 мм осадков в год. За последний год произошло 45 землетрясений магнитудой от 1,8 до 5 по данным USGS [1].

Все эти моменты влияют на материал и этажность зданий, а также на особенность возникновения и распространения пожара, эвакуацию людей из зданий. По данным национального корпуса пожарных в гражданских зданиях Италии в среднем происходит от 30 000 до 60000 пожаров в год [2].

Среди спасательных работ, проведенных в 2016 году, 25,8% от общего числа связаны с пожарами и взрывами. В сумме эти происшествия составляют 245,727 пожаров год, а это примерно 673 пожара в день [3].

Если вдаваться в подробности, то в 2016 году произошло 52 300 пожара в жилых домах (квартирах, кондоминиумах и т.д.) и общественных зданиях и 2060 пожаров в магазинах (барах, кафе, столовых, ресторанах и т.д.) [4]. В 2017 году 58986 пожаров в жилых домах и 979 в барах и ресторанах. Число погибших на пожарах: 1609 в 2016 и 1904 в 2017 годах [5].

Для сравнения, в России за 2016 год произошло 97049 пожаров в жилых зданиях и 5613 в зданиях общественного назначения. В 2017 году 92929 и 5116 соответственно. На пожарах в России погибло 8760 человек в 2016 и 7782 в 2017 году.

Сильное отличие в цифрах, скорее всего, обусловлено отличием в системах пожарной безопасности. Рассмотрим же сходства и различия в системе оснащения зданий первичными средствами пожаротушения в России и Италии.

В России знаки пожарной безопасности и другие информационные знаки изготавливаются согласно ГОСТ Р 12.4.026-2015. Все знаки имеют сертификат соответствия.

Основные знаки пожарной безопасности красного и зеленого цветов. Красный цвет обозначает место нахождения средств противопожарной защиты и их элементов. Красный цвет следует применять, например, для орнаментовки элементов строительных конструкций (стен, колонн) в виде отрезка горизонтально расположенной полосы для обозначения мест нахождения огнетушителя, установки пожаротушения с ручным пуском, кнопки пожарной сигнализации и т.п. Ширина полос – 150-300 мм. Полосы располагаются в верхней части стен и колонн на высоте, удобной для зрительного восприятия с рабочих мест, проходов и т.п. В состав орнаментовки, как правило, следует включать знак пожарной безопасности с соответствующим графическим символом средства противопожарной защиты.

Зеленый цвет обозначает:

- направление движения при эвакуации;
- спасение;
- первую помощь при авариях и пожарах;
- надпись, информация для обеспечения безопасности.

В ГОСТе также приводится таблица размеров знаков пожарной безопасности и эвакуационных знаков. Однако стандартные размеры знаков, которые имеются в продаже или на заказ: 150x150, 150x300, 100x100, 50x150 мм, 200x200 мм. Следовательно, расстояние до знака может составлять 7-8 метров. В России коридоры и холлы, в основном, именно такой длины и не требуют установки знаков большего размера.

Правила установки эвакуационных знаков пожарной безопасности регламентируются по СПЗ.13130.2009. В соответствии с п. 5.4. эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения, устанавливаются: в коридорах длиной более 50 м, а также в коридорах общежитий вместимостью более 50 человек на этаже. При этом эвакуационные знаки пожарной безопасности устанавливаются по длине коридоров на расстоянии не более 25 м друг от друга, а также:

- в местах поворотов коридоров;
- в незадымляемых лестничных клетках;
- в других местах, если в здании требуется установка эвакуационных знаков пожарной безопасности.

По пункту 5.5. эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения, следует устанавливать на высоте не менее 2 м. Наиболее распространенные эвакуационные знаки приведены на рисунке 1.





Рисунок 1 – Пример знаков эвакуации в России

Прибыв в Италию, первым делом обращаешь внимание на большие, даже огромные знаки, выступающие из стены (рисунок 2).

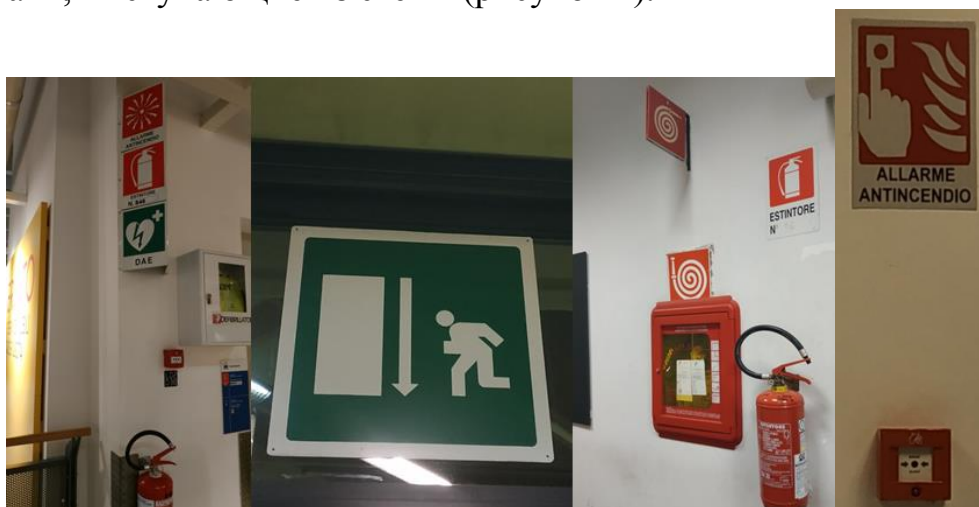


Рисунок 2 – Применение знаков пожарной безопасности в зданиях Италии

Незнакомыми являются знаки дефибриллятора (DAE) и сигнала тревоги (Allarme antincendio). Данные знаки встречаются как в Университете Салерно, так и в ТЦ IKEA (адрес: Orignano Baronissi Provincia di Salerno, Via Salvador Allende).

Согласно законодательному декрету 81/08 (Сводный закон о безопасности и гигиене труда) и последующих поправках DM (Министерство внутренних дел) 18/09/2002 (Утверждение правила технической профилактики пожаров на проектирование, строительство и эксплуатацию государственных и частных медицинских учреждений) знаки относятся к сигналам, не определенным в стандарте. Знаки изготавливают в соответствии со стандартами UNI (итальянский орган объединения). Вот некоторые примеры стандартов:

- UNI 7546-5 Маршрут к эвакуационному выходу.
- UNI 7546-6 Расположение огнетушителя.
- UNI 7546-8 Гидрант.
- UNI 7546-9 Аварийный выход.
- UNI EN 81-72 Пожарные лифты.

Эвакуационные знаки в Италии называются сигналы (segnali) и обозначаются знаком S или SL. Обозначение SL в идентификационных кодах некоторых знаков, служит для выделения их характеристик "свечения". Они обычно размещаются в местах с плохим освещением (туннели, подземные помещения и т. д.). L в данном случае обозначает слово люминесцентный (luminescenze) или свет (luce).

Все сигналы (S и SL) от 1 до 7, от 9 до 11 должны иметь минимальный размер квадратной пиктограммы 230x230 мм, чтобы быть видимыми с расстояния не менее 10 м. Сигналы от 1 до 5, от 8 до 10 размещают так, чтобы гарантировать их наилучшую видимость. При их установке выбирают между различными способами монтажа (плоская поверхность, флажок, потолок и т.д.). Высота размещения от 2,10 до 2,20 м от пола, т.е. с основанием на одной линии с дверным косяком. Если высота потолка не позволяет (он слишком низкий), то необходимо разместить сигналы как можно выше, избегая создания ими препятствия или опасности. Сигналы (S и SL) 1, 2, 3 должны быть видны с расстояния около 10 м, в случае низкого потолка могут иметь прямоугольную форму, при этом следует понимать, что длинная сторона минимум 345 мм [6].

Большинство знаков в России и Италии выглядят одинаково. Примеры знаков пожарной безопасности в Италии приведены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Пример знаков пожарной безопасности и эвакуационных знаков

Сравнивая рисунок 1 и рисунок 3, видны различия в знаках запасного выхода, который в Италии называется *Uscita di emergenza*. В России данный знак имеет прямоугольную форму и крепится над дверью. Часто вместо этого знака устанавливается светящееся прямоугольное табло. В Италии этот знак помимо прямоугольной, имеет и квадратную форму и обычно крепится над дверью (рисунок 2). Знак *Allarme antincendio* в России идентичен знаку «Кнопка включения установок пожарной автоматики» и может обозначаться двумя разными способами (рисунок 2 и 3).

В Италии отсутствует знак «Место размещения средств противопожарной защиты». Знак «Пожарный кран» в Италии имеет 2 вида: *Lancia antincendio idrante* и *Lancia antincendio* (Рисунок 2 и 3). Чаще всего используется 1 вариант.

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что знаки в России и Италии имеют различия по некоторым пунктам, а именно:

- разные размеры (в Италии знаки больше);
- многообразии способов монтажа (в Италии несколько способов, в России в основном только 1 – знак крепится на плоскую поверхность);
- различие в изображении знаков;
- отсутствие каких-либо знаков, которые имеются в другой стране (в России нет пожарного крана, устанавливаемого на гидрант, в Италии нет знака «Место размещения средств противопожарной защиты»;
- наличие дефибриллятора, установленного для общего пользования (в Италии).

УДК 303.642.022

*П. А. Мельников, Е. К. Масловская*

Дальневосточный Федеральный университет

## **АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ И НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ РФ В ОБЛАСТИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

В статье рассмотрены законодательные и нормативные документы, в которых установлены требования в области пожарной безопасности. Рассмотрен процесс сертификации средств пожаротушения. Сделан вывод о важности и значимости требований пожарной безопасности, как для населения страны, так и для государства в целом.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, федеральный закон, технический регламент, сертификации.

*P. A. Melnikov, E. K. Maslovskaja*

## **ANALYSIS OF LEGISLATIVE AND REGULATORY DOCUMENTS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE FIELD OF FIRE FIGHTING**

The article discusses legislative and regulatory documents that establish requirements in the field of fire safety. The process of certification of fire extinguishing agents is considered. The conclusion is made about the importance and significance of fire safety requirements, both for the population of the country and for the state as a whole.

**Keywords:** fire safety, federal law, technical regulations, certification.

В настоящее время производится огромное количество быстро-воспламеняемых и взрывоопасных вещей. Для того чтобы жизнь и здоровье человека находились в безопасности существует такой термин как пожарная безопасность.



В различных источниках даются абсолютно разные определения термину «пожарная безопасность», однако наиболее правильное и точное определение этому термину дано в официальных законодательных документах данной области. Так, согласно ФЗ № 69 «О пожарной безопасности» и ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», пожарная безопасность – это то состояние человека, его имущества, иного общества или государства в целом, при котором ощущается защищенность от пожаров. Процесс обеспечения такого состояния включает в себя систему обеспечения пожарной безопасности, в которую входят определённые силы и средства, а также меры правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленные на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ [1].

Согласно официальным статистическим данным, которые были опубликованы МЧС РФ, за 2018 год общее количество пожаров на территории страны составило 132 тысячи, в которых пострадало 7913 человек. Более того, государственная структура в своем отчете назвала и описала основные причины возникновения самых масштабных пожаров, в числе таких причин несоблюдение правил устройства и использования оборудования, а также неосторожное обращение с огнем [2].

Одним из наиболее важных факторов при положительном результате тушения пожара являются средства тушения. Для быстрого устранения возгорания все средства пожаротушения должны соответствовать требованиям качества и безопасности. На данный момент этот вопрос регулируется несколькими законодательными документами РФ, кроме того, относительно недавно был разработан и принят Технический регламент Евразийского экономического союза (ТР ЕАЭС) № 043/2017 «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения», который начнет действовать с 1 января 2020 года. Благодаря принятию этого документа будут установлены общие и единые требования, которые распространятся для применения на всех стран-участниц Евразийского экономического союза [3].

Особо важным и интересным вопросом в области пожарной безопасности является процесс сертификации устройств и материалов. На сегодняшний день существует Приказ Главного управления государственной противопожарной службы «Об утверждении Перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации в области пожарной безопасности». В этом приказе приведены названия продукции, которые в обязательном порядке должны быть сертифицированы. Кроме того, подобный перечень имеется в ФЗ № 69 «О пожарной безопасности». Однако в данном законе не установлены формы подтверждения соответствия для конкретных средств пожаротушения. Новый ТР ЕАЭС 043/2017 в области пожарной безопасности будет устанавливать такие схемы для всех средств пожаротушения. Изучив более подробно ФЗ № 69 «О пожарной безопасности» и требования нового технического регламента был проведен анализ требований, в целях рассмотрения, систематизации и выявления

всех форм подтверждения соответствия средств пожаротушения. Фрагмент результата анализа представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа подтверждения соответствия средств пожаротушения

Продукция	Документ об оценке соответствия
1	2
Огнетушащие вещества, кроме: Смачиватели Газовые огнетушащие вещества	Сертификат соответствия
Смачиватели	Декларация о соответствии
Газовые огнетушащие вещества	Декларация о соответствии
Средства огнезащиты	Сертификат соответствия
Изделия погонажные электромонтажные	Сертификат соответствия
Огнетушители	Сертификат соответствия
Устройства пожаротушения автономные	Сертификат соответствия
Пожарные шкафы, краны	Декларация о соответствии
Мобильные средства пожаротушения	Декларация о соответствии
Технические средства, функционирующие в составе систем пожарной автоматики	Сертификат соответствия
Технические средства, функционирующие в составе установок пожаротушения автоматических П.35,38-39,44,49-55,57 П.36-37,40-43,45-48,56	Сертификат соответствия Декларация о соответствии
Установки пожаротушения роботизированные	Сертификат соответствия
Средства индивидуальной защиты пожарных	Сертификат соответствия
Специальная защитная одежда пожарного	Сертификат соответствия
Средства индивидуальной защиты рук, ног и головы пожарного	Сертификат соответствия
Инструмент для проведения специальных работ на пожарах	Декларация о соответствии
Дополнительное снаряжение пожарных	Декларация о соответствии
Пожарное оборудование П.85-92,94 П.93,95-97	Декларация о соответствии Сертификат соответствия
Заполнение проемов противопожарных преград	Сертификат соответствия
Технические средства, функционирующие в составе систем противодымной вентиляции	Сертификат соответствия

Таким образом, из результатов анализа можно сказать, что большинство средств пожаротушения, которые установлены в перечне, нельзя использовать без сертификата соответствия. Для получения сертификата соответствия производителю необходимо обратиться в аккредитованный в системе национальной аккредитации орган в области пожарной безопасности и пройти следующие этапы:

- 1) подать заявку на проведение процесса сертификации, изготавливаемых заявителем средств в области пожарной безопасности;
- 2) ожидать результатов рассмотрения заявки на предмет проведения сертификации в соответствии со схемой, указанной заявителем;
- 3) ожидать результатов оценки соответствия средств требованиям пожарной безопасности;
- 4) получить сертификат соответствия.

Пожарная безопасность – это важная составляющая, которая играет важную роль, как для населения страны, так и для ее сохранности в целом. В целях организации мероприятий и действий, обеспечивающих пожарную безопасность, на сегодняшний день актуализируются и издаются новые документы, которые подстроены под современные условия и факторы. Такими документами в нашей стране являются ФЗ № 69 «О пожарной безопасности» и ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Кроме того, понимая важность и значимость требований в области пожарной безопасности, Евразийский экономический союз принял единый документ ТР ЕАЭС № 043/2017, действовать который начнет уже в следующем году.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О пожарной безопасности : Федеральный закон № 69–ФЗ : [принят Гос. думой 18 ноября 1994 года : одобрен Советом Федерации 21 декабря 1994 года]. – М. : Российская газета, 1994. – 123 с.
- 2 РБК : Российское информационное агентство: [сайт]. – М, 2014 – URL: <https://www.rbc.ru> (дата обращения: 22.11.2019).
- 3 О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения : ТР ЕАЭС 043/2017 : Технический регламент Евразийского экономического союза : утвержден и введен в действие Решением Комиссии Таможенного союза от 23 июня 2017 года № 40 : дата введения 2020-01-01. – Официальный сайт Евразийского экономического союза - URL : [www.eaeunion.org](http://www.eaeunion.org).

УДК 614.835.3

***В. Н. Михалин, А. Г. Азовцев***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## АНАЛИЗ ПРЯМОГО УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ НА РВС ОТ САМОВОЗГОРАНИЯ ПИРОФОРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В работе проведен анализ прямого ущерба от пожаров на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами от самовозгорания пирофорных отложений. Приведены графики распределения материального ущерба от пожаров, произошедших на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами по причине самовозгорания пирофорных отложений.

**Ключевые слова:** пожарная опасность, пирофорные отложения, резервуар вертикальный стальной, нефтегазовая отрасль, материальный ущерб.

*V. N. Mihalın, A. G. Azovtsev*

## **ANALYSIS OF MATERIAL DAMAGE FROM FIRE AT OIL TANK FROM SELF-IGNITION OF PYROPHORIC DEPOSITS**

The work provides statistics of fires on vertical steel tanks for storing oil and oil products from spontaneous combustion of pyrophoric deposits. The distribution by months from such fires is shown, the months in which fires most often occur from spontaneous combustion of pyrophoric deposits are determined.

**Keywords:** fire hazard, pyrophoric deposits, vertical steel tank, oil and gas industry

Для оценки возможных последствий от аварий могут применяться статистические методы оценки. В данной работе будет представлен анализ прямого ущерба от пожаров на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами (далее – РВС) от самовозгорания пирофорных отложений.

Пожары на РВС происходят довольно часто, так в работах [1, 2] говорится о том, что с 1950 по 2010 произошло 150 инцидентов на РВС, при том пожаров от самовозгорания пирофорных отложений около 30%. Согласно другим данным [3] самовозгорание пирофорных отложений выступало источником зажигания в 12,8 % случаев.

На рисунке 1 представлена информация по пожарам на РВС от самовозгорания пирофорных отложений с 2000 по 2018 гг.

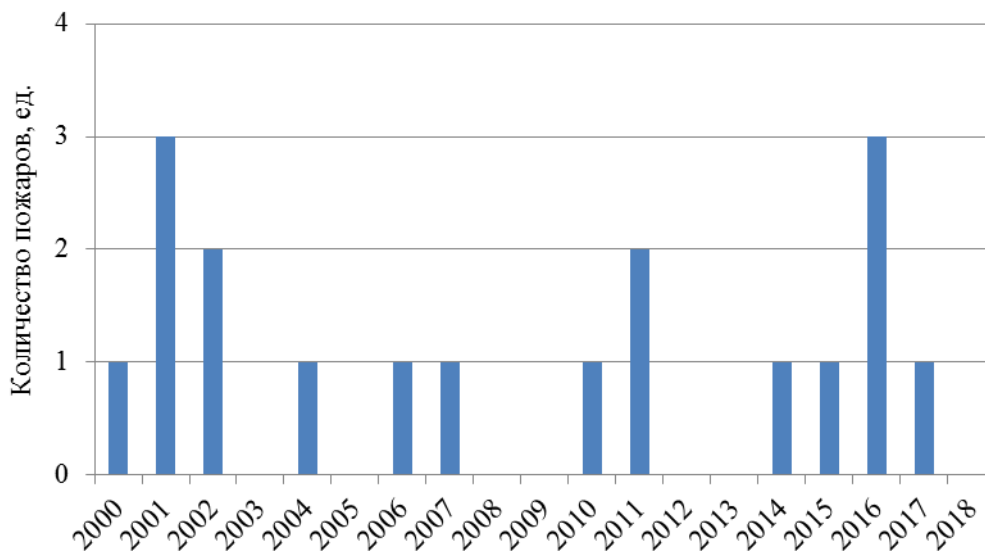


Рисунок 1 – Распределение количества пожаров РВС от самовозгорания пирофорных отложений с 2000 по 2018 гг.

В работе попытались рассмотреть, какое же количество ущерба приносят пожары на РВС от самовозгорания пирофорных отложений. По данным ВНИИПО [4] с 2000 по 2013 года общий материальный ущерб от всех пожаров на РВС составил 271461 тыс. руб. Распределение прямого ущерба от пожаров на

объектах нефтепродуктообеспечения с 2000 по 2013 гг. представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Распределение прямого ущерба от пожаров на объектах нефтепродуктообеспечения с 2000 по 2013 гг.

На рисунке 3 представлено распределение прямого ущерба от пожаров на РВС по причине самовозгорания пирофорных отложений с 2000 по 2018 гг., однако не по всем пожарам был приведен прямой ущерб.

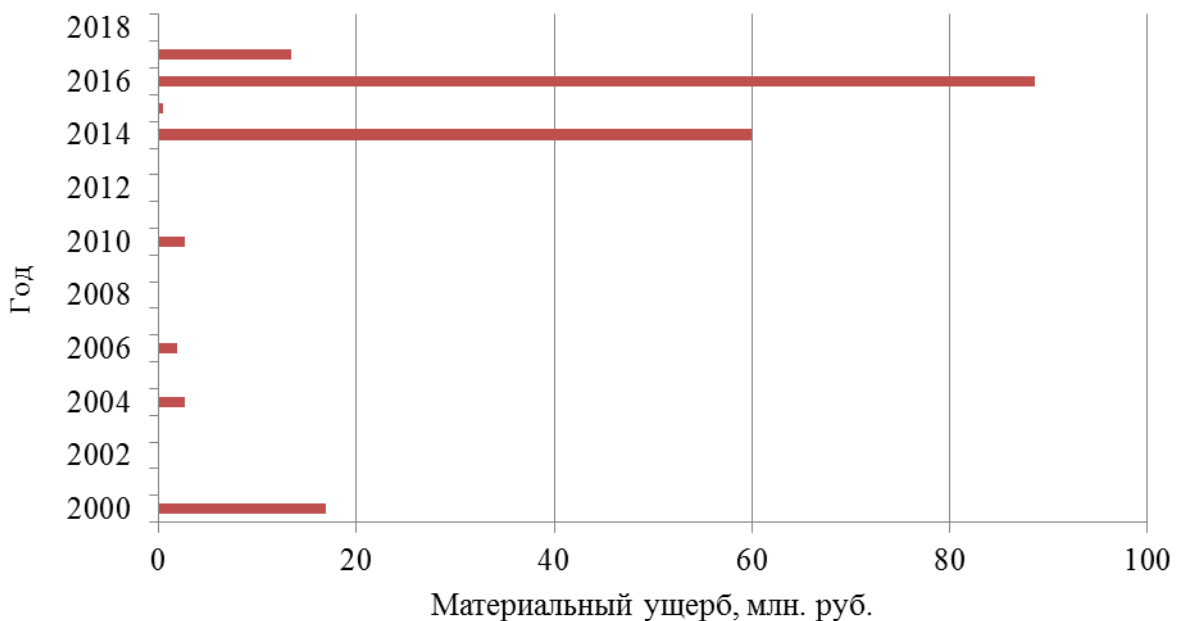


Рисунок 3 – Распределение прямого ущерба от пожаров на РВС по причине самовозгорания пирофорных отложений с 2000 по 2018 гг.

Если сравнивать промежутки времени с 2000 по 2013 гг., то доля прямого ущерба от самовозгорания пирофорных отложений составляет 8,79 %. Такое значение обосновывается тем, что в основном ущерб наносится только тому

резервуару, на котором произошел взрыв. Учитывая то, что такие пожары происходят на опорожненных резервуарах, где практически нет горючих жидкостей, то площадь пожара ограничена размерами РВС.

Если рассмотреть оставшийся период с 2014 по 2018 гг., то только за этот период прямой ущерб больше предыдущего периода в 6,788 раз, что может говорить о недостаточном сборе статистических данных по пожарам в период с 2000 по 2013 гг. Однако такой разброс можно объяснить и наличием человеческих жертв при взрыве и возникновением пожаров на РВС больших размеров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швырков С.А., Горячева М.Н., Воробьев В.В., Петров А.П. Дифференцированный подход к определению частоты разрушений резервуаров для оценки пожарного риска на объектах ТЭК // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2012. – №3 (12). – с. 48-53.
2. Швырков С.А., Батманов С.В. Анализ статистических данных квазимгновенных разрушений вертикальных стальных резервуаров // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2008. – №1 (9). – с. 56-67.
3. Петрова Н.В., Чешко И.Д., Галишев М.А. Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» Выпуск №3, 2016. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V83/7.pdf> (дата обращения 12.06.2019).
4. Письмо ВНИИПО МЧС России от 31.01.2014 №408-11-6-02 «О предоставлении статистической информации по пожарам».

УДК 614.841

**С. Н. Наконечный, С. А. Шабунин, В. Н. Михалин, М. В. Винокуров**  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Изменения социально-экономической обстановки в России и современные производственные условия направляют на поиск новых путей решения задач по обеспечению пожарной безопасности на промышленных предприятиях. Эти задачи могут быть решены путем создания и внедрения на предприятиях систем менеджмента пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** промышленный объект, пожарная безопасность, система менеджмента.

*S. N. Nakonechnyy, S. A. Shabunin, V. N. Mikhailin, M. V. Vinokourov*

## **TO THE QUESTION OF CREATION OF FIRE SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS AT PRODUCTION ENTERPRISES**

The changes in the socio-economic situation in Russia and modern production conditions are aimed at finding new ways to solve the problems of ensuring fire safety at industrial enterprises. These tasks can be solved by creating and implementing fire safety management systems at enterprises.

**Keywords:** industrial facility, fire safety, quality management system.

Пожары в России – это национальное бедствие еще с давних времен. Например, в дореволюционные времена от их губительного действия выгорали дотла полностью крупные города. В современной России обеспечение пожарной безопасности является актуальной проблемой и по сей день, что подтверждается возникновением пожаров с уничтожением опасными факторами пожаров (далее ОФП) большого количества населенных пунктов в ряде регионов страны (особенно в весенне-летний период от неконтролируемого пала травы и сжигания мусора). Гибнут люди, животные, тысячи людей остаются без своего жилья, экономике регионов наносятся огромные многомиллиардные ущербы. Официальная мировая пожарная статистика свидетельствует о нахождении современной России на одном из лидирующих мест по количеству погибающих и травмируемых людей от воздействия на них ОФП.

Согласно национальной статистике более 80 % от общего количества погибших и травмированных людей на пожарах приходится на пожары в жилых помещениях. Пусть в производственных помещениях людей от воздействия ОФП погибает и травмируется гораздо меньше, но отрицательный эффект от этих пожаров имеет достаточно большое значение. Кроме того, при пожарах и взрывах на промышленных предприятиях уничтожаются громадные материальные ценности.

Тенденция последних десятилетий – применение комплексного подхода в обеспечении безопасности на производственных объектах и предприятиях в целом, вне зависимости от отрасли и вида деятельности организации. Это выражается, в первую очередь, в создании системы совокупно взаимосвязанных элементов управления бизнесом, в том числе организационной структуры, технологии, процедуры, ресурсов и комплекса мер, направленных на:

- предупреждение травматизма и профессиональных заболеваний;
- предотвращение негативного воздействия на природную и социальную среду,
- обеспечение соблюдения законодательных и других требований в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности, транспортной безопасности, электробезопасности, гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, которые компания приняла на себя обязательства соблюдать (например, международные стандарты, стандарты международных финансовых систем и т. п.)

- предотвращение любых видов происшествий и ущерба репутации компании;
- повышение производственной эффективности за счет высокого уровня культуры безопасности производств.

27 декабря 2002 года был принят федеральный закон РФ «О техническом регулировании» [1], который с первого июля 2003 года изменил статус многих нормативных документов, переведя их в разряд исполняемых в добровольном порядке, за исключением обязательных требований, обеспечивающих достижение целей технического регулирования. Переходный момент в экономике России связан с появлением качественно новых технологических процессов, обладающих порой повышенной взрывопожароопасностью – это и создание большого количества мелких предприятий производства непищевой продукции, предприятий сферы обслуживания, минипекарен и т.д.

Поэтому в целях повышения эффективности мер, связанных с обеспечением пожарной безопасности промышленных предприятий России, на них должна быть создана система управления с соответствующими задачами – система менеджмента пожарной безопасности. Этот вид менеджмента должен быть интегрирован в производственный менеджмент (находиться в симбиозе с действующей на предприятии системой менеджмента качества (СМК), сертифицированной на соответствие требованиям [3]) и организовываться высшим руководством предприятия, совместно с представителями противопожарных служб.

Но, если задачей СМК на предприятии является обеспечение непрерывного и стабильного выпуска готовой продукции с заданными параметрами (без отклонений от необходимого уровня качества выпускаемой продукции или оказываемых услуг), то задачей менеджмента пожарной безопасности является мониторинг и оценка пожаровзрывоопасности существующих технологических процессов.

Достаточно верным решением при создании новых систем менеджмента пожарной безопасности является сочетание сложившейся еще в СССР методологии анализа пожарной опасности технологических процессов и новых подходов к этому анализу, основанных на происходящих преобразованиях социально-экономической жизни России.

Практически все технологические процессы связаны с использованием различных видов энергии (физической, химической, биологической, электрической) для обработки и переработки ресурсов (сырья и материалов) в готовый продукт. Ошибки в исполнении трудовых обязанностей персонала предприятий, другие субъективные или объективные обстоятельства производственной деятельности иногда приводят к незапланированному выходу какой-либо энергии и возникновению пожара как внутри, так и снаружи технологического оборудования, что может привести к гибели и травмированию людей, утрате или повреждению средств производства.

При внедрении систем менеджмента пожарной безопасности на предприятии с экономической точки зрения существует определенная дилемма:



с одной стороны, существует потенциальная опасность возникновения пожара в них, а с другой – есть необходимость в устройстве такой эффективной системы пожарной безопасности, которая по своим затратам не должна превышать определенные параметры прибыли конкретного предприятия. Иначе внедрение такой системы будет совершенно бессмысленным.

Анализ причин пожаров на производственных объектах СССР и современной России за многие десятилетия показывает, большинство пожароопасных ситуаций произошло из-за человеческого фактора. Например, А. Файоль в своей работе «Общее и промышленное управление» определил, что:

1) во время рабочей смены рабочий занимается (от общего рабочего времени) следующими видами операций (рис. 1):

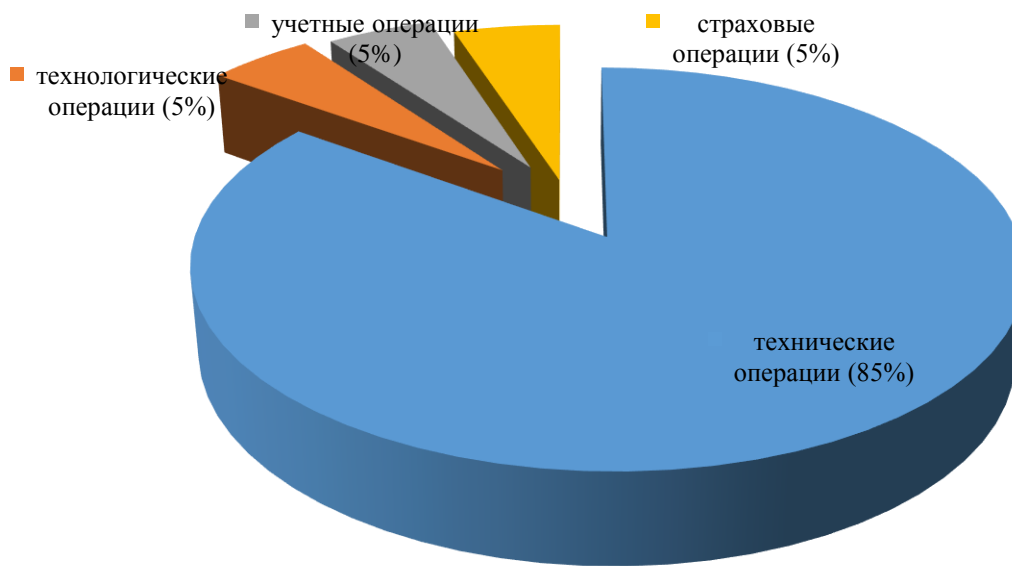


Рисунок 1 - Виды операций рабочего в течение рабочей смены

2) за этот же промежуток времени мастер занят следующими делами (рис. 2):

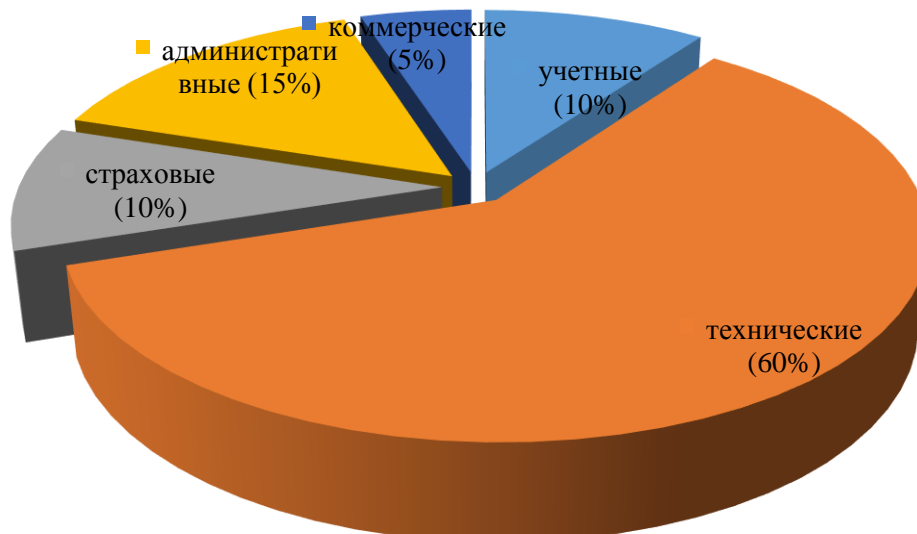


Рисунок 2 - Виды операций мастера в течение рабочей смены

3) начальник мастерской (цеха) занят следующими операциями (рис. 3):

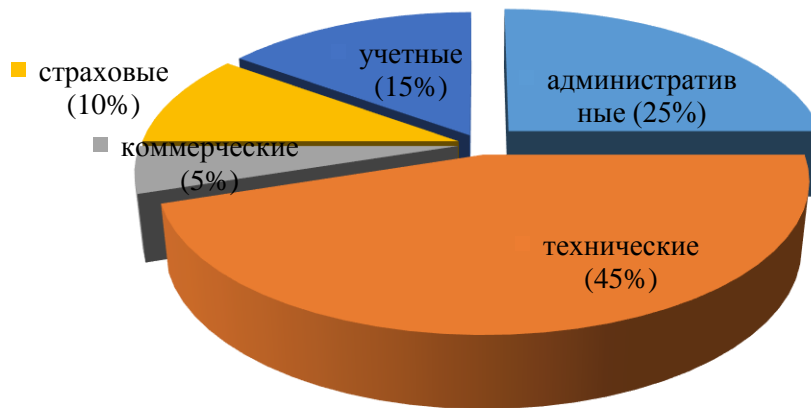


Рисунок 3 - Виды операций начальника мастерской в течение рабочей смены

Отсюда видно, что рабочий на производстве из трех основных категорий персонала цеха больше всех связан непосредственно с обслуживанием технологического процесса, работой машин и аппаратов, то есть с постоянно действующими и потенциально возможными источниками пожаров в производственных условиях.

И то, что на каждом предприятии существуют социально-трудовые отношения работодателей и работников (от создания санитарно-гигиенических и пожаробезопасных условий труда на рабочем месте до наличия пенсионной системы) уже говорит о том, что менеджмент пожарной безопасности на предприятии является составной частью всего производственного менеджмента.

Работник, который обучен, подготовлен, заинтересован в результатах своего труда не будет допускать ошибок, которые могут привести к аварийным ситуациям, и вытекающим отсюда последствиям.

Согласно материалам официальных статистических данных о пожарах в современной России: в производственных зданиях происходит около 2 % пожаров от общего их числа; гибнет людей – 1,6 % (травмируется – 1,8 %) от общего числа погибших от воздействия ОФП. По этим же данным, причина более 40 % пожаров – неосторожное обращение с огнем, и по этой причине в России от воздействия ОФП погибает около 70 % людей. Таким образом, неосторожное обращение с огнем – это ошибочные действия людей с материальными предметами (машины, техника, оборудование; в домохозяйствах – бытовые приборы и вспомогательная техника). Основную роль часто играет техническая неграмотность. Приобретение работниками пожаробезопасного навыка в работе с техникой, машинами и оборудованием – одна из основных задач менеджмента пожарной безопасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.

УДК 796/799

*Е. А. Орлов, Л. С. Самойлова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **МЕТОДИКА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНО-КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО СПОРТА ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАРЬЕРНЫХ УПРАЖНЕНИЙ ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКИ**

Разработан комплекс упражнений, направленный на совершенствование двигательного-координационных способностей спортсменов пожарно-спасательного спорта. Данный комплекс обеспечит дополнительный двигательный потенциал в технической подготовке спортсменов-пожарных, что в свою очередь должно положительно влиять на результативность их соревновательной деятельности.

**Ключевые слова:** пожарно-спасательный спорт, двигательно-координационные способности, совершенствование, барьерные упражнения, легкая атлетика.

*E. A. Orlov, L. S. Samoilo*

### **METHODOLOGY OF IMPROVEMENT OF MOTOR-COORDINATION ABILITIES OF FIRE-RESCUE SPORTSMEN BY USING BARRIER EXERCISES OF ATHLETICS**

A set of exercises has been developed aimed at improving the motor-coordination abilities of fire-rescue sports athletes. This complex will provide additional motor potential in the technical training of firefighters, which in turn should positively affect the effectiveness of their competitive activities.

**Keywords:** fire and rescue sport, motor coordination skills, improvement, barrier exercises, athletics.

Для ряда профессий существуют профессионально-прикладные виды спорта. Для пожарных таковым является пожарно-спасательный спорт, содержание которого составляют наиболее важные профессиональные умения и навыки, необходимые для борьбы с огнем.

В настоящее время пожарно-спасательный спорт распространен в 30 странах. Активисты Международной федерации спорта пожарных и спасателей

борются за включение пожарно-спасательного спорта в олимпийскую программу. В нашей стране им регулярно занимается около 100 тыс. человек. Данный вид спорта включает в себя следующие дисциплины:

- подъем по штурмовой лестнице в окно 4-го этажа учебной башни;
- преодоление 100-метровой полосы с препятствиями;
- двоеборье;
- пожарная эстафета 4×100 метров;
- боевое развертывание от мотопомпы.

Для выполнения элементов данных дисциплин пожарно-спасательного спорта спортсмен должен обладать высоким уровнем двигательных-координационных способностей. Проблемная ситуация исследования определилась тем, что большинство спортсменов данного вида спорта не имеют базовой легкоатлетической подготовки и высокого уровня двигательной координации, что безусловно сказывается на общем результате.

*Результаты исследований.* Целью нашего эксперимента было повышение у спортсменов пожарно-спасательного спорта двигательных-координационных способностей посредством использования в учебно-тренировочном процессе барьерных упражнений, взятых из легкой атлетики. Эксперимент проводился на сборной команде Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России по пожарно-спасательному спорту и длился 1 год. Из спортсменов данной команды были выбраны контрольная и экспериментальная группы количеством по 10 человек. Контрольная группа продолжала заниматься по стандартному рабочему плану подготовки сборной команды академии по пожарно-спасательному спорту, а в план подготовки экспериментальной группы был добавлен комплекс следующих барьерных упражнений: 1) зашагивание с боку на одну ногу (левая/правая); 2) зашагивание через середину на одну ногу (левая/правая); 3) зашагивание боком через середину (правым/левым); 4) зашагивание через середину на две ноги. Спортсмены выполняли данный комплекс барьерных упражнений 2 раза в неделю в подготовительный и предсоревновательный тренировочные периоды.

Анализируя результаты позапрошлого летнего соревновательного сезона (2018 год) с настоящим (2019 год), мы получили результаты, представленные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Показатели и их прирост в контрольной группе

Вид упражнения	Средние арифметическое		Стандартное отклонение		Коэффициент вариации		Прирост в %
	до	после	до	после	до	после	
Подъем по штурмовой лестнице в окно 4-го этажа учебной башни	14,38	14,24	0,29	0,31	1,99	2,20	0,98
Преодоление 100-метровой полосы препятствий	16,86	16,76	0,25	0,24	1,46	1,43	0,60

Таблица 2 - Показатели и их прирост в экспериментальной группе

Вид упражнения	Средние арифметическое		Стандартное отклонение		Коэффициент вариации		Прирост в %
	до	после	до	после	до	после	
Подъем по штурмовой лестнице в окно 4-го этажа учебной башни	14,42	13,98	0,26	0,20	1,83	1,42	3,1
Преодоление 100-метровой полосы препятствий	16,86	16,46	0,28	0,30	1,65	1,83	2,4

В заключении можно сказать, что акцентированное использование в учебно-тренировочном процессе упражнений двигательно-координационной направленности обеспечит дополнительный двигательный потенциал в технической подготовке спортсменов-пожарных, что в свою очередь должно положительно влияет на результативность их соревновательной деятельности [2].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дружинин А. В. Совершенствование координационных способностей курсантов вузов МВД России в процессе профессионально-прикладной физической подготовки. – Екатеринбург, – 2003.
2. Стрельникова И. В. Акцентированное развитие координационных способностей у юношей 15-17 лет, занимающихся пожарно-прикладным спортом на этапе углубленной подготовки: дис... канд. пед. наук. – Ярославль, – 2008.

УДК 614.84

**К. С. Пак**

Дальневосточный федеральный университет

### ПРОБЛЕМЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИИ

Рассмотрены проблемные аспекты законодательства в области пожарной безопасности. Проведен анализ нормативно-технических документов по обеспечению пожарной безопасности, в частности, проект технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения».

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, технический регламент, Евразийский экономический союз, ТР ЕАЭС.

*K. S. Pak*

## PROBLEMS OF LEGISLATIVE SUPPORT FIRE SAFETY IN RUSSIA

Problematic aspects of legislation of fire safety. The analysis of regulatory and technical documents to provide fire safety, in particular, the project of Technical Regulations of the Eurasian Economic Union “On Requirements for fire safety and extinguishing devices”

**Keywords:** fire safety, technical regulation, The Eurasian Economic Union, EAEU TR.

Обеспечение пожарной безопасности является одним из приоритетных направлений развития стандартизации в Российской Федерации. Принятие Федерального закона от 15 декабря 2002 г. «О техническом регулировании» и Федерального закона от 22 июня 2008 года «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» положило основу для реформирования системы пожаробезопасности, а также является принципиально значимым шагом в области государственного регулирования обеспечения пожарной безопасности [1, 2]. По статистическим данным МЧС России за последние 5 лет в стране можно наблюдать следующую тенденцию в отношении частоты возникновения пожаров (см. рисунок 1) [3].

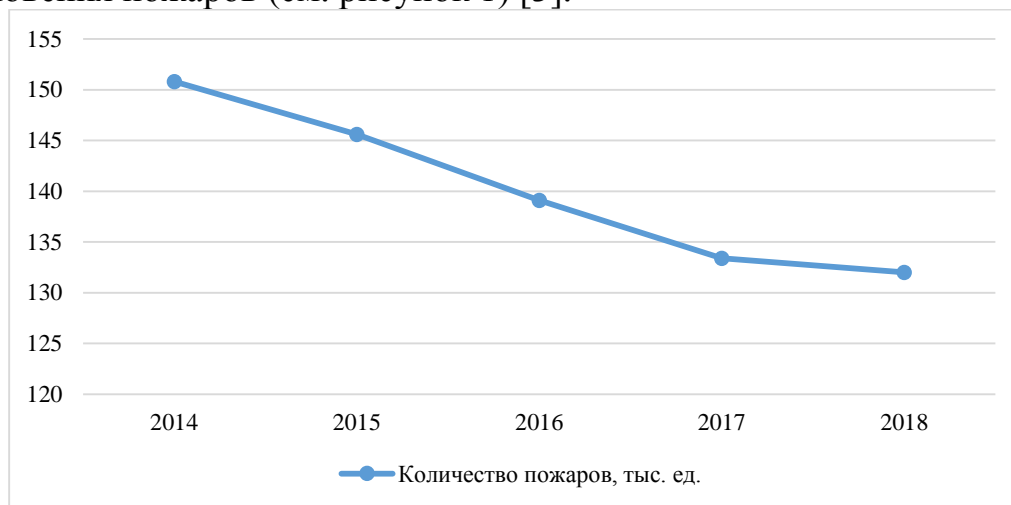


Рисунок 1 – Динамика показателей обстановки с пожарами в РФ 2014-2018 гг.

Данные показатели позволяют прогнозировать, что в 2019 году чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, будет значительно меньше. Тем не менее существует ряд проблем, связанных с установлением требований пожарной безопасности в рамках действующего законодательства РФ. Данные проблемы обусловлены внутренними противоречиями в нормативно-правовых документах, разработкой межгосударственных стандартов, необходимостью гармонизации требований к различным видам пожарной техники и средств, а также разработкой технических регламентов Таможенного союза.

В связи с этим целью научной статьи является проведение анализа законодательной базы в области пожарной безопасности, в частности, проекта технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (далее – ТР ЕАЭС 043/2017), который вступает в силу 1 января 2020 года [4].

После принятия Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» были выявлены следующие проблемные аспекты:

- организационно-правовое взаимодействие заявителя и надзорного органа при регистрации документов подтверждения соответствия;
- отсутствие связи между нормами пожарной безопасности и уровнем пожарного риска объектов;
- проблема качества проведения проверок по причине отсутствия систематизации норм и требований пожарной безопасности;
- уровень подготовки и компетентности специалистов МЧС.

Анализ нормативно-технических документов, действующих на территории стран Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС), показал, что национальные стандарты в большинстве случаев содержат аналогичные требования к объектам пожарной безопасности. Это позволит обеспечить единство норм и правил, сопоставить результаты испытаний, а также значительно упростит процедуру подтверждения соответствия на территории ЕАЭС. В этой связи с учетом экономических интересов государств-членов ЕАЭС согласно решению Коллегии Евразийской экономической комиссии, проводится комплекс мероприятий для вступления в силу технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017).

Данный нормативный документ содержит обязательные для применения и исполнения на территории ЕАЭС требования к объектам технического регулирования в сфере пожарной безопасности, а именно [4]:

- технический регламент будет устанавливать требования к системе обеспечения пожаробезопасности, включая комплекс систем по предотвращению пожаров, противопожарной защите и общих организационно-технических мер безопасности;
- на межгосударственном уровне устанавливает требования к техническим средствам, применяемых для создания вышеперечисленных систем обеспечения противопожарной безопасности;
- технический регламент будет обеспечивать свободное обращение пожарно-технической продукции на территории государств-членов ЕАЭС.

Проект ТР ЕАЭС 043/2017 взаимосвязан со следующими законодательными актами стран ЕАЭС:

- Закон Республики Беларусь от 5 января 2004 г. № 262-З «О техническом нормировании стандартизации» [5];
- Закон Республики Казахстан от 9 сентября 2004 г. № 603-ІІ «О техническом регулировании» [6];

- Федеральный закон РФ от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1].

Отдельно стоит отметить, что данный проект технического регламента содержит существенные отличия от положений международных и региональных стандартов, действующих на территории ЕАЭС, заключающиеся главным образом, в отсутствии требований к зданиям, сооружениям, строительным материалам и изделиям.

Таким образом, решение проблем обеспечения пожарной безопасности путем совершенствования законодательной базы будет способствовать гармонизации требований в стандартизации, обеспечению соответствия отечественной продукции международным требованиям, повышению ее конкурентоспособности и пожарной безопасности в целом. Кроме того, значительно увеличится уровень взаимодействия технических комитетов по стандартизации, согласованности программ и планов работ, а также позволит обмениваться опытом и актуальной информацией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О техническом регулировании : федеральный закон № 184–ФЗ : [принят Гос. думой 15 декабря 2002 года : одобрен Советом Федерации 18 декабря 2002 года]. – М. : Российская газета, 2002. 3245.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федеральный закон № 123–ФЗ : [принят Гос. думой 4 июля 2008 года : одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года]. – М. : Российская газета, 2008. 4720.
3. МЧС России : Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий : [сайт]. – М., 2019 – URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-gossii> (дата обращения: 10.11.2019).
4. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения : ТР ЕАЭС 043/2017 : Технический регламент Евразийского экономического союза : принят Решением Комиссии Таможенного союза от 23 июня 2017 № 40. – Официальный сайт Евразийского экономического союза – URL: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/tehnreg/deptexreg/tr/Pages/TR\\_EAEU\\_043-2017.aspx](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/tehnreg/deptexreg/tr/Pages/TR_EAEU_043-2017.aspx) (дата обращения: 13.11.2019).
5. О техническом нормировании и стандартизации : закон Республики Беларусь № 262-3 : [принят Палатой представителей 26 ноября 2003 года : одобрен Советом Республики 18 декабря 2003 года]. – Законодательство стран СНГ – URL: [http://base.spinform.ru/show\\_doc.fwx?rgn=5547](http://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=5547) (дата обращения: 15.11.2019).
6. О техническом регулировании : закон Республики Казахстан № 603-III : [введен в действие 13 мая 2005 года]. – Законодательство стран СНГ – URL: [http://base.spinform.ru/show\\_doc.fwx?rgn=7035](http://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=7035) (дата обращения: 18.11.2019).



УДК 614.8

*О. В. Пак, А. Х. Салихова, Д. Б. Самойлов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РАЗВИТИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В МЧС РОССИИ НА ПРИМЕРЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО ЧС В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД С 1990 ПО 2018 ГОДЫ**

Предмет статьи – история статистического наблюдения за ЧС в России, последовательно рассматриваются нормативно-правовые документы по учету чрезвычайных ситуаций, действовавшие в период с 1990 по 2018 годы. Приводятся статистические данные по чрезвычайным ситуациям, произошедшим на территории Нижегородской области за 1990 – 2018 гг. Рассматривается необходимость создания нормативно-правового документа и системы учета чрезвычайных ситуаций.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, учет ЧС, статистика ЧС, режим ЧС, критерии ЧС, МЧС России, система учета ЧС.

*O. Park, A. H. Salikhova, D. B. Samoylov*

## **DEVELOPMENT OF REGULATORY FRAMEWORK FOR EMERGENCY REGISTRATION IN THE RUSSIAN EMERGENCY MINISTRY ON THE EXAMPLE OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION IN 1990 – 2018**

The subject of the article is the history of statistical monitoring of emergencies in the Russian Federation, the main statutes and regulations that were actual in 1990 – 2018 are consistently reviewed. The emergency statistics for the Nizhny Novgorod region in 1990-2018 is given. The need to release normative legal document and to create the emergency accounting system is considered.

**Keywords:** emergency, emergency registration, emergency statistics, emergency mode, emergency criteria, Russian Emergency Ministry, emergency accounting system.

Еще во второй половине прошлого века стало очевидным нарастание техногенных угроз, частоты и тяжести последствий природных катаклизмов и бедствий, что и привело к созданию в 1990 году Государственной комиссии Совета Министров СССР по чрезвычайным ситуациям. В дальнейшем, структура, функции и само название органа власти, в чьей юрисдикции находилось реагирование на чрезвычайные ситуации и природные бедствия, претерпели довольно много изменений. Тем не менее, есть неизменные задачи МЧС России, которые и воплотились в девиз «Предотвращение. Спасение. Помощь».

И действительно, предотвращение или предупреждение чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) всегда остается одной из главных задач. Федеральный

закон №68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" определяет предупреждение чрезвычайных ситуаций как комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь в случае их возникновения. Планирование же и проведение мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций согласно этому же документу всегда проводятся не только с учетом экономических, природных характеристик и других особенностей территорий, но всегда – с учетом степени реальной опасности возникновения чрезвычайных ситуаций, которая в свою очередь может быть оценена в том числе и с помощью статистического наблюдения за частотой возникновения и тяжестью последствий ЧС на той или иной территории. При этом становится очевидным, что чем более точным будет это статистическое наблюдение, тем более адекватными будут и проводимые мероприятия по предупреждению ЧС.

Таким образом, при создании государственного органа, главными задачами которого были поставлены предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций, создалась необходимость наблюдения за чрезвычайными ситуациями различных видов и типов на территории страны, описание их последствий и сбор сведений о чрезвычайных ситуациях от различных министерств и ведомств.

Необходимость принятия документа, регламентирующего порядок обмена информацией по ЧС, привела к созданию Инструкции о порядке обмена в Российской Федерации информацией о чрезвычайных ситуациях, которая была утверждена Приказом ГКЧС России от 23.04.1992 г. №49 (далее – Инструкция). Данная инструкция определяла порядок обмена в Российской Федерации информацией между органами государственного управления, а также международными организациями и органами государственного управления других стран о ЧС.

Уже в этом документе в качестве необходимых для учета данных по ЧС были достаточно хорошо отражены основные информационные блоки, которые и по сей день используются для описания ЧС на территории РФ:

- прогноз и факты возникновения чрезвычайных ситуаций;
- масштабы чрезвычайных ситуаций, ход и итоги их ликвидации;
- состояние природной среды и потенциально опасных объектов;
- сейсмические, гелиогеофизические, стихийные, гидрометеорологические и другие природные явления;
- управление силами и средствами наблюдения, контроля и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- справочные данные и результаты решения информационно-расчетных задач.

В Приложении 1 к Инструкции был определен и состав показателей формализованной информации, необходимых для обмена информацией о ЧС, а, следовательно, и для их учета.

В качестве таких показателей были предложены:

- 1). Общие сведения о ЧС (дата, время ЧС, место ЧС, объект, принадлежность объекта, масштаб ЧС, ущерб);
- 2). Характеристика объекта ЧС (характеристика собственно объекта ЧС, а также особенности окружающего ландшафта и рельефа местности);
- 3). Сведения о пострадавших и нанесенном ущербе;
- 4). Сведения о населении в зоне ЧС;
- 5). Оказание помощи населению (оказание первой медицинской помощи населению, персоналу промышленных объектов, сведения о госпитализированных);
- 6). Силы и средства, привлекаемые к работам (состав и количество сил и средств, объем работ по ликвидации ЧС);
- 7). Причины ЧС и т.д.

Также были описаны показатели, необходимые для обмена информацией о различных видах ЧС, о ходе работ по ликвидации ЧС, привлекаемых силах и средствах, о масштабах и характере поражения, состоянии с/х животных и посевов, количестве выброшенных опасных веществ, зоне затопления, повреждении объектов экономики и линейных объектов при ЧС, метеоусловиях и т.д. То есть уже в этом документе были описаны почти все составляющие информации о чрезвычайных ситуациях, которые до сих пор используются при учете ЧС.

В качестве Приложения 2 к Инструкции был определен состав информации и впервые предложены критерии, согласно которым определенное происшествие и должно было быть квалифицировано как чрезвычайная ситуация. Различные критерии были установлены для основных источников ЧС по видам ЧС (ситуации техногенного характера, такие как транспортные аварии, пожары и взрывы, аварии с выбросом опасных веществ и т.п., ситуации природного характера и ситуации экологического характера).

Принимая во внимание современные нормативные документы, касающиеся учета ЧС, можно сделать вывод о том, что хотя и имеются некоторые изменения в критериях и формах отчетности, но состав информации о ЧС (показатели) практически не изменился.

В 1997 году в свет вышло Постановление Правительства РФ от 24.03.1997 №334 "О Порядке сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера", в котором перед МЧС России были поставлены задачи по координации работы по сбору и обмену информацией в области ЧС, осуществлению сбора и обработки информации, представляемой федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и Государственной корпорацией по атомной энергии "Росатом", установлению критериев информации и ведению учета ЧС.

Вместо вышеуказанной инструкции был издан Приказ МЧС России от 07.07.1997 № 382 "О введении в действие Инструкции о сроках и формах представления информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера". В приказе определен состав информации, представляемой федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации и органами исполнительной власти субъектов РФ в МЧС России, и приведены формы донесений о ЧС, по которым должен быть организован сбор информации об угрозе или произошедших ЧС от различных органов власти и организаций:

- Форма № 1/ЧС – информация (донесение) об угрозе (прогнозе) ЧС;
- Форма № 2/ЧС – информация (донесение) о факте и основных параметрах ЧС;
- Форма № 3/ЧС – информация (донесение) о мерах по защите населения и территорий, ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ;
- Форма № 4/ЧС – информация (донесение) о силах и средствах, задействованных для ликвидации ЧС.

Данные формы вошли в состав Табеля срочных донесений МЧС России.

Также в Приложении №1 были предложены новые Критерии информации о чрезвычайных ситуациях, в которых, во-первых, отсутствовали ЧС экологического характера, зато были введены биолого-социальные чрезвычайные ситуации (чрезвычайные ситуации эпидемиологического характера), куда вошли ЧС, связанные с инфекционной заболеваемостью людей и с/х животных и поражением с/х растений и лесов болезнями и вредителями, во-вторых, были установлены различные критерии доклада о ЧС в МЧС России и органы управления ГОЧС при органах исполнительной власти субъектов РФ и региональные центры. Это, по мнению автора, привело к крайней неоднозначности критериев, и как следствие – к двойной и тройной статистике чрезвычайных ситуаций на различных уровнях управления системы РСЧС.

Надо сказать, что в 90-х годах прошлого века учет ЧС хотя и велся, но работа в этом направлении была налажена очень слабо, почти во всех территориальных органах МЧС России статистические сведения о ЧС за этот период утрачены полностью или частично. Сведения о ЧС этих лет хотя и имеются, но имеют отрывочный характер. Например, сведения о ЧС на территории Российской Федерации с 1988 года имеются в Автоматизированной информационно-управляющей системе единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – АИУС РСЧС), которая была создана для обеспечения управленческой деятельности системы РСЧС и до сих пор успешно используется, но сведения эти явно неполные и отражают только основные, наиболее резонансные ЧС на территориях субъектов.

Так, например, при запросе информации за 1988 год по Нижегородской области отображается информация только по 1 ЧС – взрыв грузового состава с гексогеном на ж/д станции Арзамас-1 04.06.1988 года, в результате которого

погиб 91 человек, в т.ч. 17 детей (сведения о количестве пострадавших и погибших в системе также не отражаются).

Сведения о количестве ЧС по Нижегородской области за этот период, представленные в выборке из АИУС РСЧС, представлены на диаграмме 1.

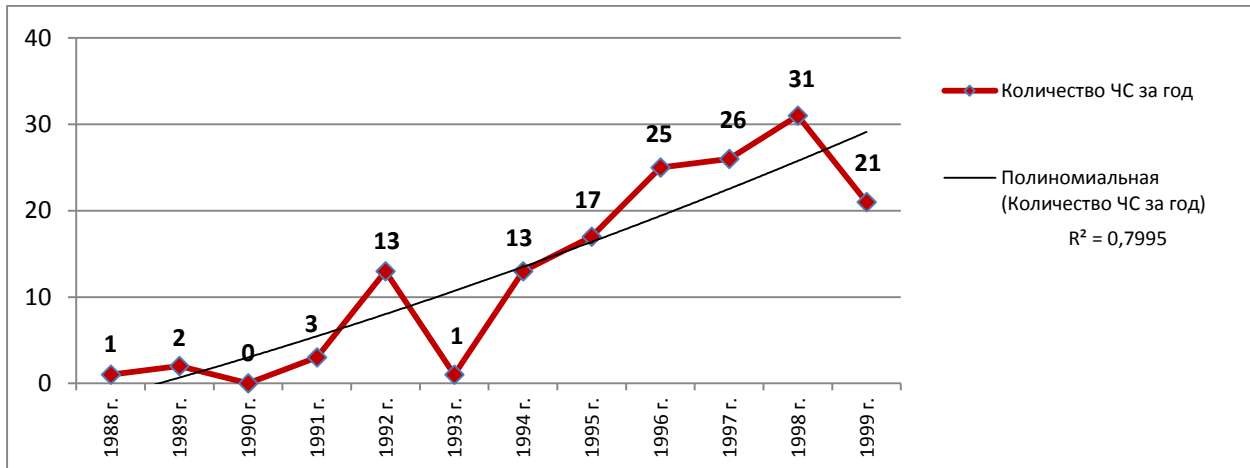


Диаграмма 1 - Количество ЧС в Нижегородской области за период с 1988 по 1999 гг. (выборка из АИУС РСЧС).

Общая линия тренда в этом случае, конечно, показывает не рост ЧС в Нижегородской области, а усовершенствование системы учета ЧС в целом.

В начале 2000-х годов разрабатываются и совершенствуются формы отчетных документов по оперативной обстановке (оперативные сводки по субъекту), различные формы отчетных донесений по ЧС за неделю (16/ЧС), месяц (5/ЧС), год (6/ЧС), итоговые формы отчетности по ЧС (формы 7/ЧС, 8/ЧС, 9/ЧС)<sup>144</sup>. Статистическая отчетность по ЧС становится более удобной для восстановления в случае утраты, учет ЧС в этот период становится более прозрачным и статистические данные по ЧС за этот период есть во многих территориальных органах МЧС России [7].

Очередным этапом развития статистического учета ЧС стало принятие в 2004 году Приказа МЧС России №329, которым до сих пор руководствуются в системе МЧС России. В соответствии с Постановлениями Правительства Российской Федерации от 24 марта 1997 г. №334, и №794 от 30 декабря 2003 г., Приказом МЧС России от 07.07.1997 №382 в целях совершенствования статистического учета чрезвычайных ситуаций были утверждены в очередной раз измененные критерии информации о чрезвычайных ситуациях, представляемой в МЧС России. Основным достоинством этого документа, по мнению автора, явилось то, что критерии были упорядочены, установлены одни и те же для всех уровней управления РСЧС, а также были введены «общие критерии» для каждого вида ЧС.

Тем не менее, документ имел и ряд недостатков: отображены не все основные источники ЧС, что сделало отнесение таких ситуаций к чрезвычайным невозможным, несмотря на тяжелые последствия и большие потери, отсутствие

<sup>144</sup> Формы 16/ЧС, 5/ЧС (за месяц), 7/ЧС, 8/ЧС, 9/ЧС были отменены и сейчас не представляются.

возможности зафиксировать как ЧС ситуации, по которым в муниципальных образованиях, а нередко и в субъектах Российской Федерации был введен режим функционирования «Чрезвычайная ситуация», если они «не дотягивали» до критериев ЧС.

Большим недостатком этого приказа является и то, что он имеет четко выраженный внутриведомственный характер и адресован «начальникам региональных центров по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и начальникам органов, специально уполномоченных решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъектам Российской Федерации» [4].

Кроме того, Критерии ЧС, изложенные в Приказе МЧС России от 08.07.2004 № 329 были утверждены взамен уже рассмотренной Инструкции, приведенной в Приказе МЧС РФ от 07.07.1997 №382 (ред. от 08.07.2004) "О введении в действие Инструкции о сроках и формах представления информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера", который в свое время представлялся в Министерство юстиции Российской Федерации для государственной регистрации, но в которой было отказано (по заключению Минюста России в государственной регистрации не нуждается (исх. № 07-02-1277-97 от 12.08.1997)). Таким образом, правовые основы для повсеместного использования этого приказа, в том числе и в судебной практике, а также утвержденных им Критериев ЧС попросту отсутствуют.

Так как единой системы учета ЧС до сих пор не разработано, территориальные органы МЧС России сами устанавливают форму ведения статистического наблюдения за ЧС. В Главном управлении МЧС России по Нижегородской области статистика ЧС ведется с 2000 года и организована в форме статистических таблиц Excel, где учитываются основные показатели ЧС:

- вид источника ЧС,
- масштаб (классификация ЧС),
- место и время ЧС,
- размер материального ущерба и понесенные затраты на ликвидацию,
- состав привлекавшихся сил и средств,
- время, затраченное на ликвидацию,
- последствия ЧС (человеческие потери, сведения о спасенных и эвакуированных).

Основные показатели по ЧС на территории Нижегородской области представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные показатели обстановки с ЧС в Нижегородской области в период с 2000 по 2018 годы

год	Количество ЧС, в т.ч.:	Техногенного характера	Природного характера	Биолого-социального характера	Количество погибших в ЧС	в т.ч. дети	Количество пострадавших в ЧС	в т.ч. дети	Количество пораженных	в т.ч. дети	Количество спасенных	в т.ч. дети	Количество участвующих в ликвидации ЧС РСЧС/	от МЧС	Техника РСЧС/	от МЧС	Материальный ущерб (млн.руб.)	Финансовые затраты (млн.руб.)
2000 г.	47	44	3	0	84	7	60	17	18	3	14	4	1900	174	532	55	3,82	0,67
2001 г.	99	92	6	1	128	16	1165	68	40	4	382	38	3648	486	1017	155	9,53	2,75
2002 г.	116	100	15	1	55	4	688	47	79	5	175	5	5048	3115	1279	795	27498,54	3,64
2003 г.	131	130	1	0	28	2	302	18	42	0	153	3	4698	3287	1337	874	21,3	2,02
2004 г.	111	96	11	4	89	3	415	146	132	83	1271	15	3945	2270	1086	615	46,9	18,98
2005 г.	114	106	1	7	209	28	4622	913	4553	907	188	8	3938	1996	1152	587	16,14	46,38
2006 г.	89	80	5	4	184	7	106	24	51	3	209	16	3608	1970	1227	566	93,95	2,55
2007 г.	76	76	0	0	169	9	160	27	72	1	285	29	5931	1939	2146	579	27,13	2,01
2008 г.	70	68	0	2	143	7	49	3	22	1	175	16	2903	1845	1061	517	34,31	0,62
2009 г.	5	5	0	0	20	4	45	9	30	8	45	4	790	291	199	66	0	0,32
2010 г.	8	3	5	0	2	0	9	0	9	0	9	0	83188	19040	13285	4393	4882,81	1812,68
2011 г.	3	1	0	2	0	0	24	0	24	0	3	0	576	59	283	16	2,13	9,22
2012 г.	6	6	0	0	20	1	29	1	29	1	28	1	283	171	95	44	0	0
2013 г.	5	4	1	0	17	1	54	8	9	0	42	8	599	175	259	53	19,48	0
2014 г.	6	5	1	0	25	3	68	12	43	9	43	9	1516	718	309	147	2,58	6,12
2015 г.	3	3	0	0	8	1	46	10	38	9	38	9	191	70	59	13	0	0
2016 г.	6	2	0	4	5	3	5	3	0	0	0	0	768	87	258	29	16,78	3,4
2017 г.	3	1	0	2	5	1	106	1	3	0	3	0	189	16	70	6	4,25	0,26
2018 г.	5	4	0	1	11	0	70	0	4	0	4	0	620	148	206	39	61,8	22,15

В 2009 году Приказом МЧС России от 24 февраля 2009 г. № 92 в Приказ №329 были внесены существенные изменения: «Учет пожаров и последствий от них осуществляется в соответствии с Порядком учета пожаров и их последствий, утвержденным Приказом МЧС России от 21.11.2008 №714 (зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 2 декабря 2008 г., регистрационный №12842), и в информации о чрезвычайных ситуациях не отражается». Таким образом, количество ЧС за год, в которое до этого входило большое количество техногенных пожаров с 2 и более погибшими, с 2009 года значительно уменьшилось, и счет ЧС за год по субъекту сразу уменьшился с десятков на единицы. Это наглядно изображено на диаграмме 2.

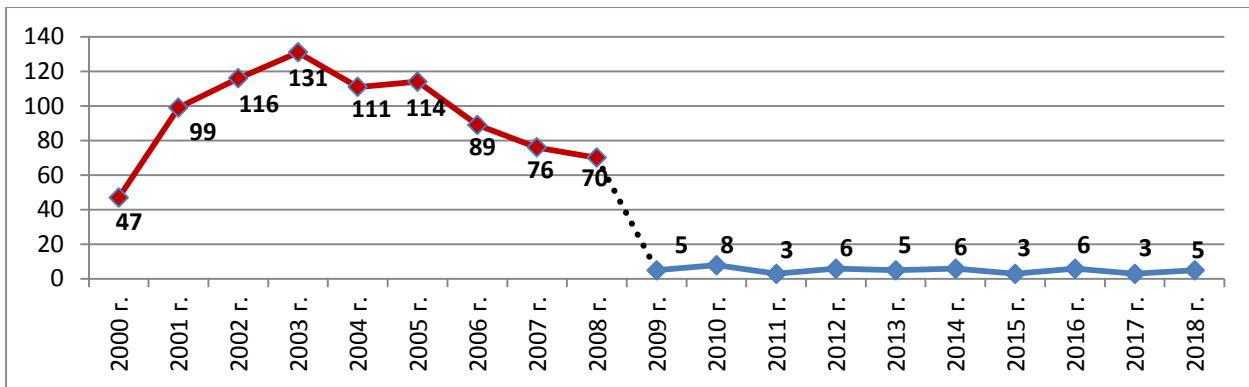


Диаграмма 2 - Количество ЧС в Нижегородской области за период с 2000 по 2018 гг. (статистические данные ГУ МЧС России по Нижегородской области).

Впрочем, если проанализировать статистику ЧС по всей Российской Федерации, то можно заметить, что случаи учета техногенных пожаров как ЧС все-таки встречаются. В числе ЧС учтены крупные пожары с наиболее серьезными последствиями (например, пожар 21.08.2017 в г. Ростов-на-Дону Ростовской области, в результате которого огнем были уничтожены 107 строений, в т.ч. 83 жилых дома, пострадали 560 человек), с большими людскими потерями (пожар 25.03.2018 в ТРЦ «Зимняя вишня» г. Кемерово Кемеровской области, на котором пострадали 142 человека, из которых 60 человек погибли). Также учитываются пожары на складах боеприпасов, которые привели к взрывам, пожары в шахтах, пожары в жилых домах, возникшие в результате взрывов бытового газа.

Самый главный статистический документ, отражающий все зарегистрированные на территории Российской Федерации ЧС, – ежегодный «Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», а точнее «Глава 1. Потенциальные опасности для населения и территорий при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Подготовка этого объемного документа проводится в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 29 апреля 1995 г. № 444 «О подготовке ежегодного государственного доклада о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» с учетом информации и аналитических разработок федеральных органов исполнительной власти, материалов органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и данных научных исследований в этой области. Доклад ежегодно публикуется, начиная с 1996 года, и содержит научный анализ статистических данных по чрезвычайным ситуациям с выявлением положительных и отрицательных тенденций в их динамике. Динамический анализ статистических данных о чрезвычайных ситуациях, по словам разработчиков доклада (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)), «имеет большое значение в оценке общей эффективности



деятельности по повышению безопасности жизнедеятельности и выявлению негативных тенденций, которые могут проявляться в ближайшем будущем» [12].

В докладе приводятся статистические данные по ЧС, зарегистрированным за год на территории Российской Федерации, с детализацией по округам и субъектам РФ. В отдельных разделах приводятся статистические показатели по техногенным, природным и биолого-социальным ЧС, рассматриваются наиболее крупные и резонансные чрезвычайные ситуации за отчетный год.

Но в этом докладе мы также видим уже готовую выкладку по ЧС за год, сама же система учета, ее принципы и допущенные исключения в текущем году не рассматриваются.

На данный момент, надо признаться, что в МЧС России нет ни одного документа, четко и последовательно описывающего систему учета ЧС, подобного, например, Приказу МЧС России от 21.11.2008 №714 (в ред. приказа МЧС России от 08.10.2018 №431) «Об утверждении порядка учета пожаров и их последствий» или Приказу МЧС России от 24 декабря 2018 г. № 625 «О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий». Можно сказать, что кроме Приказа МЧС России №329 о критериях ЧС и нескольких ГОСТов нет иной нормативной базы.

Все определения, термины, обозначения, касающиеся учета различных техногенных и природных происшествий в качестве ЧС, раскиданы по разным приказам, ГОСТам, регламентам (что вполне объяснимо тем, что в число ЧС попадают совершенно различные ситуации, ДТП, природные явления, опасные метеорологические явления, взрывы, инфекционные заболевания людей, эпизоотии и т.д.), не систематизированы, поэтому довольно часто можно наблюдать случаи различного толкования терминов, отхождения от формулировок и, как следствие, учет ЧС и их последствий становится более субъективным, чем это может быть допущено при представлении официальных сведений.

Согласно Указу Президента РФ от 11.07.2004 № 868 "Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий" МЧС России должно разрабатывать и утверждать методику учета чрезвычайных ситуаций. Между тем, единственная разработанная с того времени межведомственная методика [9] практически полностью посвящена методике учета оценки ущерба от ЧС. Классификация ЧС вошла просто как небольшой раздел (3 с половиной страницы) в состав общей методики оценки ущерба от ЧС, а самой методике учета ЧС внимания не уделено совсем.

Из всего вышесказанного следует закономерный вывод: необходима разработка нормативного документа, содержащего общую методику и порядок учета ЧС, в котором были бы сведены воедино понятийный аппарат, порядок регистрации ЧС и их последствий. Как пример подобного документа можно привести Приказ МВД Республики Казахстан от 03 марта 2015 года №175, которым утверждены «Правила осуществления государственного учета чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Данный приказ

согласован с главами всех заинтересованных министерств и ведомств и зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан (от 08.05.2015 №10983).

В документе должны быть созданы формализованные карточки ЧС по различным видам ЧС, в которых сохранялись бы основные показатели ЧС, на основе которых впоследствии можно было бы строить прогнозирование ЧС на конкретных территориях статистическими методами.

Идеальным решением было бы создание электронной базы данных по ЧС на территории Российской Федерации подобной той, что создана ФГБУ ВНИИПО МЧС России для учета техногенных пожаров и их последствий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 24.03.1997 № 334 (ред. от 20.09.2017) "О Порядке сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера".

2. "Инструкция о порядке обмена в Российской Федерации информацией о чрезвычайных ситуациях" (Приложение к Приказу по ГКЧС РФ от 23.04.1992 № 49).

3. Приказ МЧС РФ от 07.07.1997 № 382 (ред. от 08.07.2004) "О введении в действие Инструкции о сроках и формах представления информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера".

4. Приказ МЧС России от 08.07.2004 № 329 (ред. от 24.02.2009) "Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях".

5. Приказ МЧС России от 21.11.2008 № 714 (ред. от 08.10.2018) "Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий" (Зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2008 № 12842).

6. Приказ МЧС РФ от 26.08.2009 № 496 "Об утверждении Положения о системе и порядке информационного обмена в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 15.10.2009 № 15039).

7. Приказ МЧС России от 24.12.2018 № 625 "О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий" (вместе с "Порядком заполнения и представления карточки учета пожара").

8. Приказ Министра внутренних дел Республики Казахстан от 03.03.2015 год №175 «Об утверждении Правил осуществления государственного учета чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан от 08.05.2015 года № 10983).

9. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций (утв. МЧС России 1 декабря 2004 г., согл. Минздравсоцразвития РФ (15.10.2004 № 621-ВС), Минобрнауки РФ (15.10.2004 № 10-396), МПР РФ (08.10.2004 № 21-36/4554), Минпромэнерго РФ (28.09.2004 № 01-01-538), Минтранс РФ (01.10.2004 № АМ-30/2279), Мининформсвязи РФ (27.09.2004 № ДМ-П10-274), Минфином РФ (20.10.2004 № 10-4-1/3295), Росстроем

(15.10.2004 № 7-715), Росатомом (20.10.2004 № 30-660), Ростехнадзором (22.10.2004 № 2-18/1002), РАН (12.10.2004 № 2-10103-2114.2/929)).

10. "Рекомендации по организации и ведению органами управления РСЧС мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций" (утв. МЧС России 18.02.2015 № 2-4-87-10-14).

11. *Архипова Н.И., Кульба В.В.* Управление в чрезвычайных ситуациях. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Рос. Гуманит. Ун-т, 1998 г.

12. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2016 году» / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2017, 360 с.

13. *Мелехин А.В.* Чрезвычайное законодательство РФ: теоретические, правовые и организационные проблемы его реализации: монография. М.: Академия управления МВД России, 2013 г.

УДК 614.849

*А. С. Плюсков, С. Н. Никишов\**

ГУ МЧС России по Республике Мордовия

\*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНОГО СОЦИАЛЬНО – ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПОЖАРНОГО РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНО – ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ**

В работе проведен анализ статистических данных и произведены расчеты интегральных социально – экономических показателей пожарных рисков для населения административно – территориальных единиц Республики Мордовия.

**Ключевые слова:** пожар, пожарный риск, интегральный социально – экономический показатель уровня пожарного риска.

*A. S. Plyuskov, S. N. Nikishov*

## **CALCULATION OF THE INTEGRAL SOCIO-ECONOMIC INDICATOR OF FIRE RISK FOR THE POPULATION OF ADMINISTRATIVE - TERRITORIAL UNITS OF THE REPUBLIC OF MORDOVIA**

The paper analyzes statistical data and calculates the integral socio - economic indicators of fire risks for the population of the administrative - territorial units of the Republic of Mordovia.

**Keywords:** fire, fire risk, integral socio - economic indicator of the level of fire risk.

В целях совершенствования системы управления пожарной безопасности объектов экономики и территорий в последние десятилетия в Республики

Мордовия активно используются методики по оценке пожарных рисков. Оценка пожарных рисков различных объектов экономики осуществляется по методикам, на основании которых проводится сопоставление расчетных значений пожарных рисков ( $R_p$ ) их нормативным значениям ( $R_n$ ) [5].

Оценку пожарных рисков для территорий проводят с помощью ряда частных пожарных рисков [1].

К таким рискам относится [3]:

1) Риск  $R_1$  – риск для человека столкнуться с пожаром (опасными факторами пожара) за единицу времени. Следуя данной методике этот риск изменяется в единицах, [пожар/ $10^3$  чел.год].

2) Риск  $R_2$  – риск для человека погибнуть при пожаре (оказаться жертвой пожара), [жертва/ $10^2$  пожаров].

3) Риск  $R_3$  – риск для человека погибнуть от пожара за единицу времени, [жертва/ $10^5$  чел.год].

Используемые выше показатели имеют взаимосвязь соотношением:

$$R_3 = R_1 \cdot R_2 \quad (1)$$

Если риски  $R_2$  и  $R_3$  характеризуют последствия реализации пожарной опасности, то риск  $R_1$  олицетворяет саму возможность реализации этой опасности.

Для выражения материального ущерба от пожара используются пожарные риски  $R_4$  и  $R_5$  [2].

Риск  $R_4$  – риск уничтожить строение в результате пожара, [уничт. строение/пожар].

Риск  $R_5$  – риск прямого материального ущерба от пожара, [денежная единица/пожар].

Все перечисленные риски хорошо зарекомендовали себя в практическом применении, они удобны и, учитывая многогранную апробацию, ни у кого не вызывает сомнений. Главной заслугой рисков  $R_1$ - $R_5$  является возможность сопоставления выявленных опасностей на исследуемой территории рисками других территорий, что дает возможность совершенствования системы управления пожарной безопасности различных территорий [4].

Пожарный риск, есть ничто иное, как «мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствия для людей и материальных ценностей» [2]. Следовательно, у данного показателя имеется социальная и экономическая составляющая.

В нашем случае риски  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  относятся к социальным рискам, а риски  $R_4$  и  $R_5$  к экономическим рискам.

С целью совершенствования системы пожарной безопасности в муниципальных образованиях Республике Мордовия посредством управления пожарными рисками, необходимо в первую очередь выразить единым показателем пожарного риска. Для выполнения этой задачи, целесообразно применить методику расчета интегрального социально – экономического

показателя уровня пожарного риска, который сочетает в себе экономическую и социальную составляющие.

Расчеты по определению интегрального социально – экономического показателя пожарного риска (ИСЭППР) для территорий муниципальных образований Республики Мордовия проводятся поэтапно [2].

На *I этапе* формируется определенная совокупность показателей – частных пожарных рисков, из которых в дальнейшем складывается интегральный показатель. При проведении расчетов, для обеспечения их качества, необходимо придерживаться определенным принципам, к числу которых можно отнести: максимальную информативность, одинаковую направленность, упор на официальную отчетность, возможность пространственной и временной оценки, соответствие целевым установкам, компактность, наличие наиболее значимых аспектов интегрального показателя, недопустимость одинаковых (взаимозаменяемых) показателей решающего фактора.

Исходя из изложенного, для решения задачи по определению ИСЭППР применим следующие частные пожарные риски:

$R_r$  – риск человека погибнуть в результате пожара за единицу времени,  $\left[ \frac{\text{жертва}}{10^5 \text{чел.год}} \right]$ ;

$R_t$  – риск человека быто травмированными в результате пожара за единицу времени,  $\left[ \frac{\text{травмированный}}{10^5 \text{чел.год}} \right]$ ;

$R_y$  – риск материального ущерба (экономического) ущерба за единицу времени,  $\left[ \frac{\text{денежная единица}}{\text{чел. год}} \right]$ .

На *II этапе* выбранные частные пожарные риски необходимо стандартизировать, так как показатели имеют, как и разную размерность, так и разную значимость. Используя метод линейного преобразования исходных показателей, можно достичь условия приведения показателей к безразмерному виду, общему началу отсчета, единому интервалу измерения, что позволит интегрировать показатели. Таким образом, для стандартизации частных пожарных рисков использована следующая формула:

$$R_i^* = \frac{R_{ij} - R_{i \min}}{R_{i \max} - R_{i \min}}, 0 \leq R_i^* \leq 1, \quad (2)$$

где  $R_i^*$  - стандартизированный  $i$ -й пожарный риск. В нашем случае  $i = 1, 2, 3$ ;  $R_{ij}$  – показатель  $i$ -го пожарного риска по  $j$ -й анализируемой территории в соответствующих ему единицах измерения;  $R_{i \min}$  – минимальное значение  $i$ -го пожарного риска в анализируемой совокупности территорий в соответствующих ему единицах измерения (его можно принимать равным 0, что принципиально не повлияет на результирующий показатель);  $R_{i \max}$  – максимальное значение  $i$ -го пожарного риска в анализируемой совокупности территорий в соответствующих ему единицах измерения.

На *III этапе* определяются весовые коэффициенты значимости стандартизируемых пожарных рисков. Необходимость учета таких коэффициентов исходит из значимости показателей, то есть одни показатели являются более весомыми, а другие менее весомыми (менее значимы). Для этого применим правило точечных оценок Фишберна:

$$kNi = \frac{2(N-j+1)}{(N+1)N}, \quad (3)$$

где  $kNi$  - вес  $i$ -го показателя;  $N$  – число показателей в анализируемой совокупности (в нашем случае  $N=3$ );  $i$  – порядковый номер в группе показателей.

Чтобы использовать точечные оценки, нужно упорядочить набор стандартизированных показателей, начиная с самого весомого и заканчивая наименее весомым.

В данном случае стандартизированные риски упорядочиваются следующим образом:

$$R_z^* - i = 1; \quad (4)$$

$$R_m^* - i = 2; \quad (5)$$

$$R_y^* - i = 3. \quad (6)$$

Тогда, для  $R_z^*$  - коэффициент  $k_1=0,5$ , для  $R_m^*$ - $k_2 = 0,33$ , а для  $R_y^*$ - $k_3= 0,17$ .

На *IV этапе* выберем способ интеграции отдельных частных характеристик в сводную оценку показателей пожарного риска. В нашем случае, чтобы искомым показатель находился в отрезке от 0 до 1, предлагается формула для определения ИСЭППР:

$$R_{cэ} = R_z^* \cdot k_1 + R_m^* \cdot k_2 + R_y^* \cdot k_3; \quad 0 \leq R_{cэ} \leq 1, \quad (7)$$

где  $R_{cэ}$  – ИСЭППР.

ИСЭППР определяется по отдельным регионам, а также любым другим территориальным единицам за один год. С помощью него также определяются средние значения на несколько лет, выявляется степень роста или снижения рассматриваемого показателя. Показатель материального ущерба необходимо приводить к расчетному году. По ИСЭППР можно оценивать отдельно сельскую городскую территорию, отдельные группы населения и др.

Таким образом, с помощью, приведенной выше методики, проведем расчеты по определению ИСЭППР за 2017 год для г.о. Саранск и административно – территориальных единиц Республики Мордовия.

Используя статистические данные о численности населения, данные по пожарной обстановке на территории Республики Мордовия за 2017 года производим расчет частных пожарных рисков  $R_r$ ,  $R_t$ ,  $R_y$  в административно – территориальных единицах Республики Мордовия. Результаты расчетов показаны в таблице 1.

Таблица 1 - Расчеты по оценке ИСЭППР на исследуемой территории за 2017

ГОД

№ п/п	Наименование муниципального района	Население, чел.	Погибло, чел.	$R_T \times 10^{-5}$	$R_T^*$	$R_{сэ}$
			Травмировано, чел.	$R_T \times 10^{-5}$	$R_T^*$	
			Прямой материальный ущерб, руб.	$R_y \times 10^{-3}$	$R_y^*$	
1.	г.о. Саранск	344367	10	2,90	0,1	0,151
			20	5,81	0,23	
			41400200	120221	0,15	
2.	Ардатовский район	25694	1	3,89	0,13	0,200
			2	7,78	0,31	
			3769400	146704	0,19	
3.	Атюрьевский район	8336	0	0	0	0,058
			0	0	0	
			2250000	269914	0,34	
4.	Атяшевский район	17522	1	5,71	0,19	0,227
			1	5,71	0,23	
			4574700	261083	0,33	
5.	Большеберезниковский район	12635	0	0	0	0,130
			1	7,91	0,31	
			1589800	125825	0,16	
6.	Большеигнатовский район	7040	0	0	0	0,027
			0	0	0	
			890400	126477	0,16	
7.	Дубенский район	12009	1	8,33	0,28	0,290
			0	0	0	
			8350200	695329	0,88	
8.	Ельниковский район	10027	3	29,92	1	0,515
			0	0	0	
			697700	69582	0,09	
9.	Зубово - Полянский район	55281	6	10,85	0,36	0,315
			4	7,24	0,29	
			10121000	183083	0,23	
10.	Инсарский район	12491	1	8,01	0,27	0,212
			0	0	0	
			4390000	351453	0,45	
11.	Ичалковский район	18559	2	10,78	0,36	0,283
			1	5,39	0,21	
			2880000	155181	0,20	
12.	Кадошкинский район	6958	0	0	0	0,097
			0	0	0	
			3130000	449842	0,57	
13.	Ковылкинский район	39444	3	7,61	0,25	0,192
			1	2,54	0,10	
			6083000	154219	0,20	
14.	Кочкуровский район	9899	0	0	0	0,264
			2	20,20	0,80	
			0	0	0	
15.	Краснослободский район	23531	0	0	0	0,122
			1	4,25	0,17	
			7282000	309464	0,39	
16.	Лямбирский район	34323	1	2,91	0,10	0,131
			2	5,83	0,23	
			877300	25560	0,03	

17.	Ромодановский район	19705	5	25,37	0,85	0,842
			5	25,37	1	
			7983600	405156	0,51	
18.	Рузаевский район	64435	10	15,52	0,52	0,561
			13	20,18	0,80	
			11180400	173514	0,22	
19.	Старошайговский район	12173	3	24,64	0,82	0,626
			1	8,21	0,32	
			6220000	510967	0,65	
20.	Темниковский район	14304	3	20,97	0,70	0,520
			0	0	0	
			11294000	789569	1	
21.	Теньгушевский район	10457	0	0	0	0,019
			0	0	0	
			889800	85091	0,11	
22.	Торбеевский район	18973	0	0	0	0,119
			1	5,27	0,21	
			4394100	231598	0,29	
23.	Чамзинский район	30378	1	3,29	0,11	0,152
			1	3,29	0,13	
			7694700	253298	0,32	

Наивысшее ИСЭППР зафиксирован в Ромодановском (0,574), муниципальном районе Республики Мордовия, наименьший в Теньгушевском муниципальном районе Республики Мордовия.

С помощью полученных расчетных данных целесообразно составление рейтинга административно – территориальных единиц Республики Мордовия по величине комплексного ИСЭППР, а также выделить из них наиболее опасные административно – территориальные единицы для проживания населения (Рис. 1).



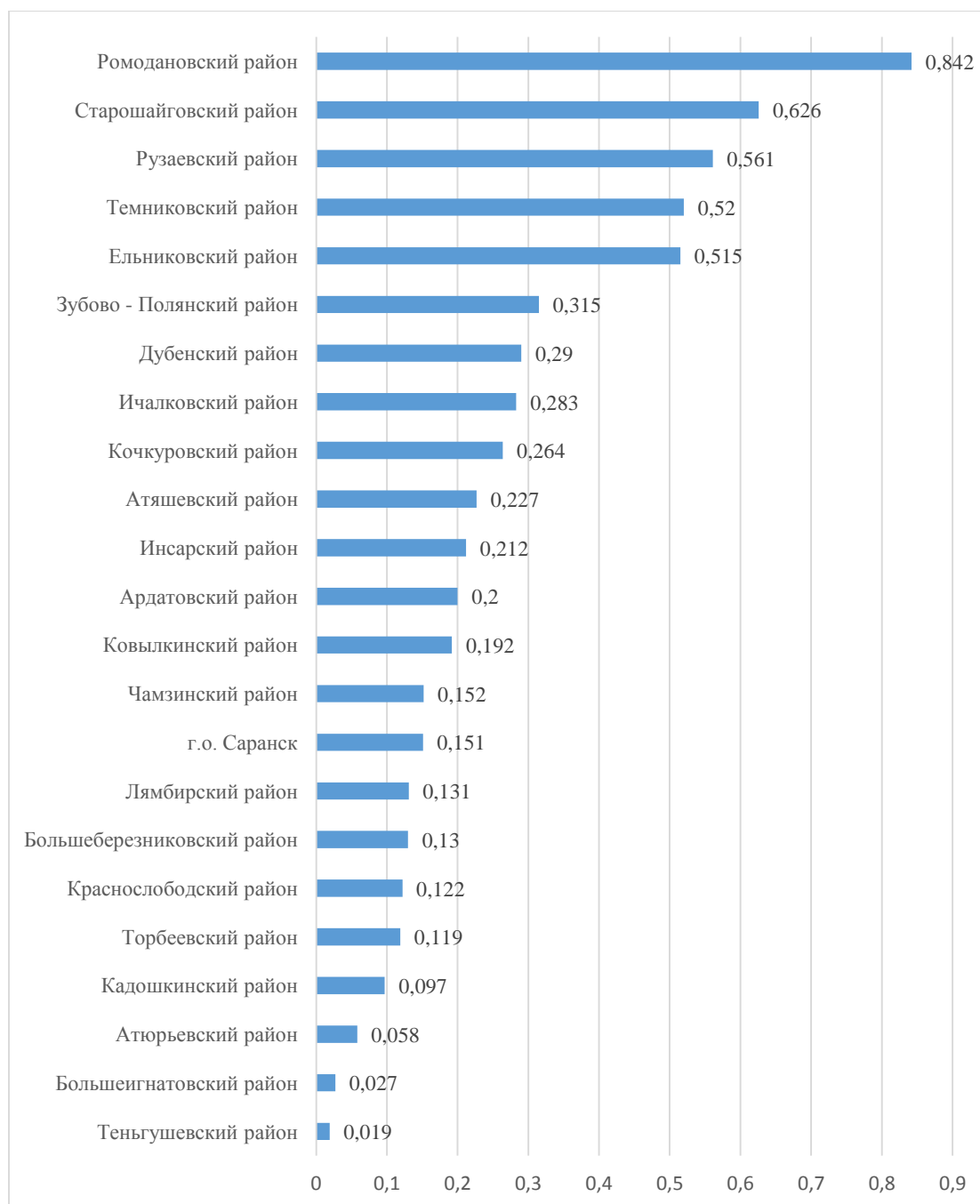


Рисунок 1 - Диаграмма распределения ИСЭППР (Rсэ) за 2017 год

Результаты проведенной работы будут способствовать принятию объективных управленческих решений для качественного обеспечения пожарной безопасности на территории Республики Мордовия.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Кленко Е.А., Белов В.А., Иванова О.В., Попков С.Ю. Основы теории пожарных рисков и её приложения: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 192 с.
2. Кленко Е.А. Обеспечение пожарной безопасности городов и регионов на основе оценки и управления пожарными рисками: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10. М., 2007. 25 с.

3. Малько В.А., Присяжнюк Н.Л. Расчет интегрального социально-экономического показателя пожарного риска по субъектам Российской Федерации // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017 С. 142-146.

4. Присяжнюк Н.Л., Малько В.А. Интегральный социально-экономический показатель пожарного риска // Социально-экономические аспекты принятия управленческих решений: матер. первого межвузовского научного семинара. М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. С. 14-20.

5. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

УДК 699.812:666.972.16+691.6

***В. И. Попов, А. Н. Песикин, М. В. Пуганов***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОЦЕНКА ПОМЕЩЕНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЯХ**

Категории производственных и складских помещений в общественных и жилых зданиях определяют по обращающимся веществам и материалам. При определении категорий производственных и складских помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в гражданских зданиях и обеспечение их пожарной безопасности вызывает многочисленные проблемы и неоднозначность понимания некоторых требований нормативов у специалистов надзорных органов и владельцев объектов.

**Ключевые слова:** общественные здания, помещения производственные, помещения складские, кладовые, категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

***V. I. Popov, A. N. Pesikin, M. V. Puganov***

## **ASSESSMENT OF PREMISES ON EXPLOSION AND FIRE HAZARD IN CIVILIAN BUILDINGS**

Categories of production and storage facilities in public and residential buildings are determined by the circulating substances and materials. At definition of categories of production and warehouse premises on explosion and fire danger in civil buildings and ensuring their fire safety causes numerous problems and ambiguity of understanding of some requirements of standards at experts of supervising bodies and owners of objects.

**Keywords:** public buildings, industrial premises, warehouse premises, storerooms, category of premises for explosion and fire hazard.

Категория производственных и складских помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в общественных зданиях является важным параметром в обеспечении пожарной безопасности зданий, в обеспечении безопасности людей в случае пожара.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности определяются исходя из пожароопасных свойств находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и особенностей технологических процессов.

Классификация помещений в гражданских зданиях применяется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара.

Методика определения категорий по взрывопожарной и пожарной опасности наружных установок, помещений и зданий приведенная в своде правил СП 12.13130.2009 [1]. В указанной методике не установлены особенности определений категорий производственных и складских (кладовых) помещений в гражданских зданиях.

Обеспечение пожарной безопасности гражданских зданий при наличии в них производственных и складских помещений вызывает определенные проблемы при проектировании и эксплуатации. Так, например, какие помещения следует категорировать по взрывопожарной и пожарной опасности. Во многих административных зданиях размещают кухни для приготовления пищи, помещения приготовления пищи кафе, столовых, буфетов. Если эти помещения относить к производственным, то возникает много условий обеспечения пожарной безопасности: обозначение категорий на дверях помещений, выделение противопожарными преградами и др. Возникает различный подход к обеспечению пожарной безопасности помещений лабораторий в зданиях образовательных организаций у специалистов надзорных органов и руководителей этих объектов: некоторые инспекторы ГПН относят учебные лаборатории к производственным помещениям, руководствуясь положениями ст. 32 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [2]. Руководители образовательных организаций относят помещения лабораторий к учебным аудиториям относящимся к классу функциональной пожарной опасности Ф4.1, Ф4.2, обосновывая тем, что разделение на классы функциональной пожарной опасности согласно ст. 32 [2] предусмотрено только зданий, а не помещений.

В гражданских зданиях нередко устраивают встроенные и пристроенные гаражи. В соответствии с документом «Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»» [3] определение категории помещений гаражей следует начинать с определения расчетного избыточного давления взрыва. Пример № 2 и пример № 17 [3].

В приведенных примерах определения категорий помещений гаража по взрывопожарной и пожарной опасности не известно по каким причинам не

учитывается особенности технологии – газ, дизельное топливо, бензин сжигается в виде топлива. Следовательно, не учитываются требования ст. 27 «Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов». Согласно определения ст. 27 помещение гаража должно относиться к категории Г, так как «к категории Г относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива» [2].

В настоящее время помещения гаражей, как правило, относят к категориям В3 или В2. Основанием являются расчеты избыточного давления взрыва, которые подстраивают различными ухищрениями: уменьшают площадь разлива жидкости, увеличивают объем помещения, учитывают работу вентиляции и т.п.

Руководствуясь документом «Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»» [3] следует не учитывать, что бензин, газ, дизельное топливо в автомобилях сжигается в качестве топлива и в качестве расчетного варианта аварии принимать разгерметизация баллона с газом или топливного бака и все содержимое поступает в помещение, при этом образуется паровоздушная смесь.

Расчеты показывают, что при этом, избыточное давление, для большинства помещений гаражей в гражданских зданиях (встроенных, пристроенных, размещенных в повальных помещениях) превышает 5 кПа, следовательно, указанные помещения должны быть отнесены к категории А по взрывопожарной и пожарной опасности.

К примеру, чтобы помещение гаража для легковых автомобилей было отнесено к одной из категорий В1-В4, необходимо чтобы объем помещения был такой, при котором расчетное избыточное давление взрыва было бы меньше 5 кПа. Из формулы 39 [3]:

$$\Delta P = 1027,6 \cdot \frac{m}{V_{св}} \quad \text{кПа} \quad (1)$$

Минимальный объем помещения должен составлять (при использовании бензина А-93, при объеме бензобака 45 л):

$$V_{св} = 1027,6 \cdot \frac{m}{\Delta P} = 1027,6 \cdot \frac{34}{5} = 6987,7 \quad \text{м}^3 \quad (2)$$

При высоте помещения 3,0 м площадь помещения должна превышать 2329,2 м<sup>2</sup>. При меньшей площади стоянки легковых автомобилей должны быть отнесены к категории А. Если легковые автомобили в качестве топлива используют газ, площадь помещений должна быть значительно больше, при которой избыточное давление взрыва будет меньше 5 кПа.

Следовательно, руководствуясь пособием [3] при определении категории помещений стоянки автомобилей, практически все гаражи на один, два или три автомобиля (где-то до 50 автомобилей), относятся к категории А.

В помещениях гаражей отнесенных к категории А, согласно п. 7.3.39 ПУЭ [4] «электрооборудование должно удовлетворять требованиям гл. 7.3 к электроустановкам во взрывоопасных зонах». Следовательно, электрооборудование должно иметь взрывозащиту. Значит, автомобилям въезжать в помещения недопустимо.

Аналогичная проблема возникает по котельным.

Оценка пожарной опасности производственных и складских помещений на практике вызывает ряд проблем из-за недостатков нормативных документов. Целесообразно дополнить «Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» рекомендациями по особенностям определения категорий по взрывопожарной и пожарной опасности помещений гражданских зданий.

Следует учитывать требования технического регламента [2], при классификации учебных лабораторий, гаражей, котельных. Если приводится в определении категории помещений Г «к категории Г относятся помещения, в которых находятся (обращаются) ... горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива» [2], то следует относить помещения стоянки автомобилей к категории Г. При этом не уместна произвольная трактовка положений регламента [1], которая приводит к абсурдному итогу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. // Сборник НСИС ПБ. – 2015. (электронный ресурс).
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07 2008 г.; одобрен Советом Федерации 11.07.2008 г. // Сборник НСИС ПБ. – 2015. (электронный ресурс).
3. «Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»» / И.М. Смолин, Н.Л. Полетаев, Д.М. Гордиенко и др. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2014. 147 с.
4. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М.: Омега-Л. 2009. 268 с.

УДК 621.31:614.84

*Г. И. Смелков, В. А. Пехотиков, О. И. Грузинова*  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

## **К ВОПРОСУ О НОРМИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПЕРЕХОДНЫХ КОНТАКТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЯХ**

На основании статистических данных обосновывается актуальность проблемы оценки пожарной опасности контактных соединений электроустановочных изделий. По результатам анализа нормативно-технической документации делается вывод о существующих различиях в части критериев оценки и методов испытаний переходных контактных сопротивлений различных групп изделий. Проведенные исследования показали, что существует серьезная проблема унификации требований и необходимость разработки единых научно-обоснованных методов испытаний контактных сопротивлений в части оценки их пожарной опасности.

**Ключевые слова:** электроустановочные изделия, контактные соединения, пожарная опасность, критерии оценки, методы испытаний.

*G. I. Smelkov, V. A. Pekhotikov, O. I. Gruzinova*

## **ON THE ISSUE OF NORMALIZATION OF FIRE HAZARD INDICATORS OF TRANSIENT CONTACT RESISTANCES IN ELECTRICAL PRODUCTS**

On the basis of statistical data, the urgency of the problem of assessing the fire hazard of contact connections of electrical products is substantiated. According to the results of the analysis of normative and technical documentation, it is concluded that there are differences in the evaluation criteria and test methods of transient contact resistances of different groups of products. The conducted researches have shown that there is a serious problem of unification of requirements and necessity of development of uniform scientifically-proved methods of tests of contact resistances regarding an assessment of their fire danger.

**Keywords:** wiring products, contact connections, fire hazard, evaluation criteria, test methods.

Институт в своих публикациях неоднократно информировал читателей о высокой пожарной опасности электропроводок, традиционно лидирующих среди других видов электроустановок по количеству пожаров (в 2018 г. – 70,3%), по ущербу от них (74,6 %), числу погибших на пожарах людей (50,6%).

Второе место по количеству пожаров в стране (в 2018 г. – 3771) занимают электроустановочные изделия (ЭУИ): штепсельные розетки, выключатели, переключатели, звонки электрические и т.п. Хотя в стандартизованный термин [1] «электропроводки» ЭУИ не входят, но функционально они тесно связаны между собой: кабельные изделия электропроводок непосредственно подключаются к контактными соединениям выключателей, розеток и др. изделий.

Пожарная опасность электроустановочных изделий в основном связана с увеличением, в процессе эксплуатации, переходного сопротивления в контактных соединениях («плохой контакт») с последующим повышением их нагрева, вплоть до температуры воспламенения материала основания ЭУИ или изоляции присоединяемого проводника. Высокий ранг пожарной опасности ЭУИ в статистике пожаров страны объясняется огромным количеством этих изделий, находящихся в эксплуатации в зданиях и сооружениях.

О причастности к пожарам «плохих контактов» свидетельствуют и указываемые в статистических отчетах (табл.) основные причины и обстоятельства, способствующие возникновению пожаров.

Таблица 1 - Основные причины и обстоятельства, способствующие возникновению пожаров

Причины и обстоятельства, способствующие возникновению пожаров	Количество пожаров
Недостатки конструкции и изготовления	1067
Нарушение правил технической эксплуатации	588
Нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации	300
Нарушение правил монтажа	388

Коварство «плохих контактов» заключается в том, что пожар возникает при нормальном (рабочем) токе и существующие в сетях аппараты защиты, конечно, не реагируют на разогрев контактов и возникновение аварийного режима.

Актуальность проблемы по снижению пожарной опасности контактных соединений увеличилась с марта 2019 г., когда Правительством России было принято решение о расширении области применения на объектах кабелей с токопроводящими жилами (ТПЖ) из сплавов алюминия.

В настоящее время действует несколько стандартов, устанавливающих требования к контактным соединениям по данным параметрам.

ГОСТ 10434-82 [1] устанавливает требования к контактным соединениям в части их нагрева и изменения электрического сопротивления.

В соответствии с п. 2.2.4 ГОСТ 10434-82, наибольшая допустимая температура в установках до 1000 В для рассматриваемых контактных соединений при протекании номинального (длительного допустимого) тока для проводников из алюминия и его сплавов без защитных покрытий рабочих поверхностей не должна превышать 95 °С. Токковые нагрузки проводников при этом принимают согласно ПУЭ, а также по стандартам или техническим условиям на конкретные виды электротехнических устройств. Электрическое сопротивление контактных соединений (кроме сварных и паяных), прошедших испытание по методике, указанной в ГОСТ 17441-84 [2], не должно превышать начальное значение более чем в 1,5 раза.

В свою очередь ГОСТ 17441-84 предусматривает следующие условия проведения испытаний:

- сопротивление (падение напряжения) соединений следует измерять методом вольтметра-амперметра на постоянном токе. При определении сопротивления измерительный ток рекомендуется принимать не более 0,3 номинального тока проводника. Сопротивление измеряют при температуре окружающей среды. Соединения считают выдержавшими испытания, если среднее значение сопротивления выборки соответствует требованиям ГОСТ 10434-82;

- при испытании на нагревание регламентировано использование постоянного или переменного тока номинальной величины. При отсутствии в стандартах и технических условиях на конкретные виды электротехнических устройств значений номинального тока следует проводить испытания на испытательном токе, значение которого приведено в настоящем стандарте.

Кроме цитируемых основополагающих стандартов в данной области, в настоящее время действует еще ряд документов [3-5], имеющих существенные отличия в части методов испытаний и критериев оценки работоспособности контактных соединений и, соответственно, показателей их пожарной опасности.

Проведенные в ФГБУ ВНИИПО МЧС России в 2018-2019 годах исследования, показали, что в настоящее время существует серьезная проблема унификации требований и разработка единой научно-обоснованной методики испытаний контактных соединений в части оценки их пожарной опасности. Основные этапы испытаний должны предусматривать определение переходных сопротивлений контактных соединений электроустановочных изделий в циклическом режиме работы при максимально допустимых токах нагрузки для данных изделий и измерение превышения температуры контактных соединений электроустановочных изделий в установившемся тепловом режиме при нагреве испытательным током.

Особая актуальность этого вопроса связана с тем, что с 20 марта 2019 г. вступило в действие Изменение №2 в СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» [6], которое допускает монтаж электропроводки в жилых и общественных зданиях с применением кабелей с токопроводящими жилами из алюминиевых сплавов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования».
2. ГОСТ 17441-84 «Соединения контактные электрические. Приемка и методы испытаний».
3. ГОСТ Р 51324.1-2012 «Выключатели для бытовых и аналогичных стационарных электрических установок. Часть 1. Общие требования».
4. ГОСТ 31195.1-2012 «Соединительные устройства для низковольтных цепей бытового и аналогичного назначения. Часть 1. Общие требования».



5. ГОСТ 31604-2012(IEC 61545:1996) «Соединительные устройства. Устройства для присоединения алюминиевых проводников к зажимам из любого материала и медных проводников к зажимам из алюминиевых сплавов. Общие требования и методы испытаний»

6. СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».

УДК 547-3: 54.384.2.: 54-41.: 339.543

*М. Р. Содикова*

Ташкентский химико-технологический институт, г.Ташкент, Узбекистан

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ – ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ**

Научная значимость результатов исследований определяется совершенствованием системы стандартизации и сертификации антикоррозионных материалов– ингибиторов коррозии и классификации ингибиторов коррозии на основе их физико-химических свойств. Практическая значимость результатов исследований определяется правильной классификацией ингибиторов коррозии, созданием технического регламента с обязательными требованиями к продукции или к связанным с ними процессами: эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, правилам и формам оценки соответствия.

**Ключевые слова:** ингибитор коррозии, стандартизация, классификация, технологическое оборудование, оценки соответствия, промышленная безопасность, пожаровзрывоопасные вещества.

*М. R. Sodikova*

## **IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF STANDARDIZATION AND CERTIFICATION OF ANTI-CORROSION MATERIALS - METAL CORROSION INHIBITORS**

The scientific significance of the research results is determined by the improvement of the standardization and certification system of anticorrosive materials - corrosion inhibitors and the classification of corrosion inhibitors based on their physicochemical properties. The practical significance of the research results is determined by the correct classification of corrosion inhibitors, the creation of technical regulations with mandatory requirements for products or related processes: operation, storage, transportation, sale and disposal, rules and forms of conformity assessment.

**Keywords:** corrosion inhibitor, standardization, classification, processing equipment, conformity assessment, industrial safety, fire and explosion hazard substances.

Научно-технический, технологический и инновационный прогресс требует разработки и создания принципиально новых антикоррозионных материалов, позволяющих сократить применение дефицитных и дорогостоящих сырьевых ресурсов, а также совершенствования способов переработки и применения вторичных полимерных материалов, предназначенных для получения эффективных ингибиторов коррозии с заданными эксплуатационными свойствами.

Расширение областей применения ингибиторов коррозии и повышение требований к их эксплуатационным характеристикам диктуют необходимость совершенствования состава композиций, их строения с учетом требования пожарно-технической безопасности продукции, а также идентификации применяемых сырьевых ресурсов и классификации [1-3,4-5] получаемых антикоррозионных материалов [6-7].

Одним из путей решения этой проблемы является:

первое – изыскание и создание высокоэффективных олигомерных ингибиторов коррозии полифункционального действия с многоцелевым назначением;

второе – создания технического регламента с обязательными требованиями к продукции или к связанным с ними процессами: эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, правилам и формам оценки соответствия, правила идентификации, требования к терминологии, упаковке и маркировке.

Нами разработана техническая документация на ингибитор коррозии **ИК–ВПК, ИК-ГС** содержащую информацию о безопасном его применении и показателях пожарной опасности, а также включены обязательные показатели от агрегатного состояния материала, технологической среды и др.

В этой связи исследование, разработка и последующее апробирование новых высокоэффективных олигомерных ингибиторов коррозии на основе доступных и вторичных продуктов производства, а также идентификации и классификации [3-4] используемых сырьевых и реализуемых антикоррозионных материалов представляется весьма актуальной задачей.

Целью проводимых нами исследований является:

- комплексное исследование кодов антикоррозионных материалов в т.ч. ингибиторов коррозии применяемых ныне в товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности;

- изучение применяемых в настоящее время технических условия и O'z DSt и совершенствование системы стандартизации по антикоррозионным материалам – ингибиторам коррозии, определить основные физико-химические параметры, влияющие на определение кода товара по товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности;

- разработка новых товарных кодов на основе результатов исследования химического состава антикоррозионных материалов – ингибиторов коррозии.

Нами проведены исследования по идентификации и количественному определению антикоррозионных материалов – ингибиторам коррозии методом

ИК-спектроскопии. Качественное сравнение ИК-спектров исследуемых проб со справочными спектрами производили путем их сопоставления. Было установлено, что соответствующие спектры совпадают между собой по общему виду, числу, положению и относительной интенсивности полос поглощения. Это позволяет сделать предварительную идентификацию исследуемых проб и совершенствовать систему стандартизации.

В качестве образцов для исследования были отобраны порядка 20 разработанных составов – ингибиторов коррозии относящихся к различным группам. ИК спектры получали на ИК спектрометрах в интервале волновых чисел 400-4000 см<sup>-1</sup>. Для этого навеску 1-2 мг каждого образца тщательно перемешивали с 200 мг тонкодисперсного высушенного KBr и прессовали таблетки.

Используя ИК спектроскопию как составную часть исследований по выяснению строения ингибиторов коррозии, можно с помощью характеристических частот, обнаруженных в ИК–спектре, с большой вероятностью идентифицировать имеющиеся в соединении функциональные группы и структурные элементы.

Проведенные исследования способствуют получения композиционных и олигомерных материалов (ингибиторов коррозии) с заданными физико-химическими и эксплуатационными свойствами, а также решению вопросов совершенствования системы их стандартизации, идентификации и разработки технического регламента с обязательными требованиями к продукции и исходя из химического состава антикоррозионных материалов и технического регламента определить дополнительно введенные товарные коды к действующим товарным кодам на основе их химической структуры и состава.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреева Е.И.* Идентификация товаров при проведении таможенной экспертизы: монография. -М.: Изд-во РТА, 2013.170 с.
2. *Федотова Г.Ю.* Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности: уч. пособие. – С-Пбг.: Троицкий мост. 2013. 408 с.
3. *Islomova S.T., Xamraqulov G., Baxtiyorova L., Xamraqulov M.* Identification and classification of goods 32 groups of the commodity nomenclature of foreign economic activity of the Republic of Uzbekistan // «Austrian Journal of Technical and Natural Sciences», -№7-8. –Vienna .-2015. -P. 46-52.
4. *Р.К.Мурзаев, А.Т.Джалилов, М.Р.Содикова и др.,* К вопросу о классификации переработанного сырья и реализуемой на их основе продукции по товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности // Международный научно-технический журнал, Химическая технология. Контроль и управление, 2018, №3(81)
5. *Исломова С.Т., Хамракулов Г.* Классификация и основные свойства пигментов // Журнал научных публикации аспирантов и докторантов 2015. - №1. Курск. -2015. С. 95-98.
6. *Бурлов, В.В.* Защита от коррозии оборудования НПЗ / В.В. Бурлов, А.И. Алцыбеева, И.В. Парпуц. - СПб. : Химиздат, 2005. - 248 с.

7. *Altsybeeva A.I., Burlov V.V., Kuzinova T.M. et al. Amide-imidazoline Corrosion Inhibitors: Peculiarities of Behavior in Water-Petroleum Environments // Proc. of 10th Europ. Symp. on Corrosion Inhibitors. Ann. Univ. Ferrara, N. S. - 2005. - V.2. - P. 551-558.*

УДК 614.8

*Н. А. Таратанов, Е. В. Карасев, В. В. Локтионов, И. А. Бирюкова*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ**

В статье раскрывается необходимость выработки подходов к оценке результативности и эффективности работы сотрудников экспертных подразделений для формирования объективного представления о профессиональных и личностных недостатках и достоинствах сотрудников, возможности целенаправленного исправления этих недостатков, целостного формирования, развития сотрудника как высококвалифицированного специалиста и его дальнейшего профессионального роста.

**Ключевые слова:** оценка деятельности, критерии, испытательная пожарная лаборатория, деятельность эксперта, судебно-экспертное учреждение.

*N. A. Taratanov, E. V. Karasev, V. V. Loktionov, I. A. Biryukova*

## **THE ESTIMATION OF EFFICIENCY OF ACTIVITY OF JUDICIAL-EXPERT ESTABLISHMENT**

The article reveals the need to develop approaches to assessing the effectiveness and efficiency of the staff of expert units for the formation of an objective view of the professional and personal shortcomings and advantages of employees, the possibility of purposeful correction of these shortcomings, holistic formation, development of the employee as a highly qualified specialist and his further professional growth.

**Keywords:** assessment of activity, criteria, test fire laboratory, expert activity, forensic unit.

Развитие экспертных учреждений, как любых других организаций, затруднительно без чёткого представления о возможностях, потенциале и слабых местах сотрудников и становится ключевым аспектом в реализации стратегии всего учреждения. Осознание руководством необходимости иметь подобное представление зачастую является стимулом для сотрудников.

Рейтинговый метод оценки в мире используется уже очень давно. Тем не менее, возможности рейтинговой системы оценки в управлении организацией в России используются достаточно ограниченно, чаще всего исключительно при проведении аттестации [1-6].

Рейтинг, дословно с английского, это оценка, некоторая численная характеристика какого-либо качественного понятия. Обычно под рейтингом понимается «накопленная оценка» или «оценка, учитывающая предысторию». Принят и такой термин – индивидуальный, кумулятивный индекс. В нашей же практике рейтинг – это некоторая числовая величина, выраженная, как правило, по многобалльной шкале и интегрально характеризующая личностную характеристику, профессиональные знания, умения, навыки по одному или нескольким показателям, критериям оценки в течение определённого периода.

Показатели оценки – виды деятельности работника. Критерии оценки – сами действия. Основные требования к выставляемым критериям: достижимость, объективность: разработка критерия проводится для конкретной должности, а не для человека, прозрачность: какие именно результаты ожидаются от сотрудника, соответствие содержанию работы, мотивация сотрудника на достижение результатов, понятность и связанность с важнейшими результатами работы, динамичность: способность развиваться в соответствии с текущими изменениями в подразделении.

Актуальность выполнения данной работы обусловлена необходимостью разработки и обоснования рейтинговой системы оценки сотрудников экспертных подразделений для формирования объективного представления о профессиональных и личностных недостатках и достоинствах сотрудников, возможности целенаправленного исправления этих недостатков, целостного формирования, развития сотрудника как высококвалифицированного специалиста и его дальнейшего карьерного роста.

Использование рейтинговой системы оценки для анализа деятельности судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» обусловлена практической значимостью результатов работы [7-10].

Оценка сотрудников экспертного подразделения основана на показателях, отражающие виды деятельности [11, 12], представленные на рисунке 1.

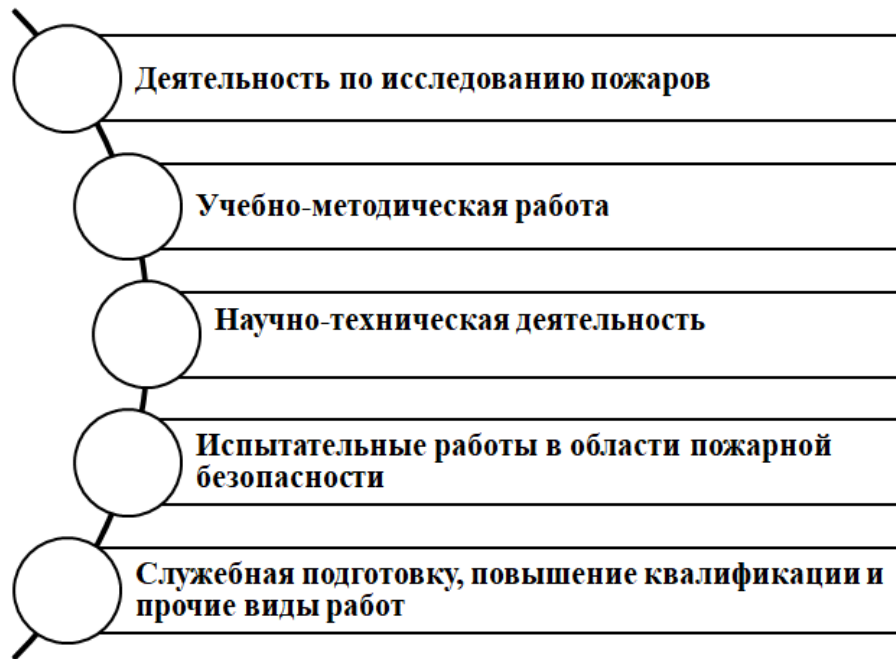


Рисунок 1 - Виды деятельности сотрудников и работников судебно-экспертного учреждения

Результативность сотрудников экспертного подразделения определяется в количественных показателях (баллах) путем формирования списка по принципу уменьшения количества баллов и по четырем категориям (рис. 2).

**Категория № 1** – начальники и заместители начальника экспертного учреждения;

**Категория № 2** – сотрудники сектора судебных экспертиз;

**Категория № 3** – сотрудники сектора исследовательских и испытательных работ;

**Категория № 4** – сотрудники сектора аттестации экспертов.

Рисунок 2 - Квалификационные категории сотрудников и работников судебно-экспертного учреждения

Для подведения итогов экспертной деятельности необходимо создание комиссии, которая составляет итоговую ведомость сотрудников экспертного подразделения по категориям.

Сотрудники (работники), занявшие первые три призовых места, имеют право участвовать в конкурсе «Лучший по профессии» [13].

Оценка результативности – чрезвычайно полезный вид анализа. Комплексно оформленная и грамотно спланированная система оценки

результатов деятельности экспертного подразделения является показателем того, насколько успешно исполняются требуемые от них функции. На основе такой оценки могут быть не только разработаны или обоснованы кадровые решения, но и проведены различного рода исследования, нацеленные на улучшение системы экспертной деятельности в целом.

Залог целесообразности и рациональности оценки результативности лежит в постоянном ее совершенствовании, актуализации и проверке практикой.

Таким образом, учитывая применяемую в мире практику, можно создать эффективный инструмент повышения качества экспертной деятельности должностных лиц Федерального государственного бюджетного учреждения «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по субъекту Российской Федерации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Носов В.В., Уманская О.П.* Рейтинговая оценка деятельности организаций // Сибирская финансовая школа. 5 (88). 2011. с. 38-42.
2. *Организационно-экономическое моделирование : учебник: в 3 ч. / А.И. Орлов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. Ч. 2 :Экспертные оценки. 2011. - 486 с.*
3. *Проничкин С.В., Мамай И.Б., Бафоев Р.Н.* Проблемы и перспективы оценки эффективности научной деятельности в химико-технологической сфере // Экономика в промышленности. 2019;12(2):167-177. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-2-167-177>
4. *Моисеева Т.В.* Основы судебно-экспертной деятельности: Конспект лекций. М.: РГУП. 2016. -190 с.
5. *Мандриченко А. Д.* Зарубежный опыт оценки эффективности деятельности органов государственного управления на региональном уровне // Ученые записки Тамбовского отделения РoСМУ. 2019. №. 14. с. 165-171.
6. *Родионов О. В.* и др. Методика оценки деятельности научно-педагогических работников с использованием функции желательности Харрингтона // Научная мысль. 2019. Т. 8. №. 2. с. 23-30.
7. *Судебная экспертиза: Курс общей теории. / Т.В. Аверьянова. М.: Норма. 2006. - 480 с.*
8. *Хомутов С.В.* По вопросу различных подходов к оценке заключения эксперта. Вестник Восточно-сибирского института МВД России. 1 (88). 2019.с. 264-274.
9. *Можяева И. П.* Создание и совершенствование условий, способствующих повышению эффективности экспертной деятельности //Вестник Московского университета МВД России. 2019. №. 1. с. 62-65.
10. *Когосов А. П.* Некоторые актуальные вопросы экспертной деятельности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Право. 2019. Т. 19. №. 2. с. 103-107.
11. *Федеральный закон от 31 мая 2001 г. № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации»; Федеральный закон от 23 мая 2016 № 141-ФЗ «О службе в федеральной противопожарной службе*

Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

12. Приказ МЧС России от 19.08.2005 № 640 «Об утверждении Инструкции по организации и производству судебных экспертиз в судебно-экспертных учреждениях и экспертных подразделениях федеральной противопожарной службы»;

13. Приказ МЧС РФ от 09 октября 2014 № 560 «О конкурсах на звание «Лучший сотрудник судебно-экспертного учреждения федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы и «Лучшее судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы»».

УДК 614.8

*К. С. Фариняк, А. Х. Салихова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ**

Рассмотрены методы управления пожарной безопасностью на объектах защиты. Предложено использование экспертных оценок при неполных данных для прогнозирования ущерба при пожарах или ЧС. Детально разработана общая теория управления случайными процессами.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, управление пожарной безопасностью, прогнозирование, методы, чрезвычайная ситуация.

*K. S. Farinyak, A. H. Salikhova*

## **METHODS OF SECURITY MANAGEMENT OF OBJECTS OF PROTECTION**

The methods of fire safety management at the objects of protection are considered. The usage of expert assessments with incomplete data to forecast the damage in case of fire or emergency is proposed. The General theory of control of random processes is developed in detail.

**Keywords:** fire safety, the management of fire safety, prediction, methods, emergency situation.

Актуальность разработки принципов управления безопасностью потенциально опасных объектов вызвана появлением новых технологий. Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства, которая осуществляется системой обеспечения пожарной безопасности, объединяющая различные структуры для выполнения определенных функций. К ним относятся государственный контроль и надзор, ведомственный контроль за обеспечением пожарной безопасности, внутренний контроль организаций, система экспертизы пожарной безопасности, система



подготовки и аттестации персонала в области пожарной безопасности, система сертификации технических устройств систем противопожарной защиты, система страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации объектов и другие.

Проблема повышения эффективности управления пожарной безопасностью (далее – УПБ) и повышения точности и достоверности прогнозов пожаров и чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) является актуальной для принятия решений в процессе УПБ.

УПБ на объектах защиты осуществляют по комплексным показателям безопасности (степени пожарного риска, уровню безопасности и др.) с учётом экономического фактора (выгоды затрат на предотвращение или снижение ущерба при пожарах или чрезвычайных ситуациях) на основе прогноза в условиях стохастической и/или нечёткой неопределённости.

При УПБ объекта не приемлемы методы последовательного анализа по реакции системы на управляющее воздействие, так как инициация аварий для настройки системы не допустима. Возможен только прогноз. Эти особенности УПБ необходимо учитывать при прогнозе поведения системы и принятии решений при УПБ объекта.

Научной основой УПБ объекта служат модели и методы, детально разработанной и апробированной общей теории управления случайными процессами.

Эта общая теория основана на следующих классических теориях:

– детерминистической теории оптимального управления (теории систем с управлением, вариационном исчислении, математическом программировании, принципе максимума Понтрягина); – теории случайных процессов (теории марковских процессов, теории нестационарных гауссовских процессов, теории корреляционного и других видов многомерного анализа статистически устойчивых закономерностей);

– многомерной математической статистике (теории оценок, теории связей и теории структур).

При неполных данных для прогнозирования ущерба при пожарах или ЧС используют экспертные оценки. Для этого предварительно задают интервалы интенсивностей вероятных воздействий. На этих интервалах с использованием экспертных оценок строят матрицу воздействий (пожар (ЧС) – интенсивность – ущерб) по аналогии с платёжными матрицами (план – доход – затраты) при принятии технико-экономических решений при неопределённой информации.

При неполных данных для прогнозирования ущерба при пожарах или ЧС используют экспертные оценки. Для этого предварительно задают интервалы интенсивностей вероятных воздействий. На этих интервалах с использованием экспертных оценок строят матрицу воздействий (пожар (ЧС) – интенсивность – ущерб) по аналогии с платёжными матрицами (план – доход – затраты) при принятии технико-экономических решений при неопределённой информации.

Экспертные методы находят применение при прогнозах внешних воздействий не только в комплексе с другими методами, но и самостоятельно:

- метод бальных оценок – каждому критерию присваиваются весовые коэффициенты;

- метод предпочтений – последовательно на основе ранжирования осуществляется одноцелевая оптимизация по наиболее важному критерию, затем вновь ранжируют оставшиеся критерии и повторяют процедуру оптимизации по очередному важному критерию;

- вероятностный метод Борда–Лапласа – матрица экспертных оценок рассматривается как вероятностная модель, и оцениваются доверительные вероятности предпочтений среди наличных альтернатив;

- метод дерева целей (или этапов сценария) – разделение сложных задач, когда эксперты не могут дать оценку, на последовательность более простых задач, находящихся в компетенции экспертов. Метод применим при условии зависимости цели (этапа сценария) только от одной вышестоящей цели (этапа сценария) и отсутствии замкнутых контуров (в ином случае необходимо использовать другой более подходящий метод, например, метод решающих матриц);

- метод решающих матриц – заключается в переходе к сложному графу с последующим построением и анализом экспертами матрицы целей (этапов сценария) с их ранжированием по важности и выбором решения и применяется, когда формирование дерева целей невозможно из-за наличия пересекающихся связей.

В наличном знании нет конкретных рекомендаций по разделению сложных сценариев (или целей) на более простые. Задача остаётся эвристической, а качество принимаемого решения зависит от способностей, знаний, опыта, степени однородности взглядов и обмена мнений экспертов, принимающих решения.

По этой причине методы, применяющие экспертные оценки, отличаются низкой сходимостью и воспроизводимостью из-за невысокой точности и достоверности экспертных оценок. Это связано с тем, что не всегда удаётся обеспечить представительность оценок из-за отсутствия необходимого количества экспертов с достаточно высокой квалификацией, а управление экспертами на основе итерационной стратегии организации взаимодействия экспертов, например, в дельфийском методе характеризуется тенденцией к получению средних оценок и нормальному распределению мнений экспертов.

В результате средней статистической оценки исключают нестандартные вероятно правильные оценки талантливых экспертов.

Однако в настоящее время нет способов выделения эффективных творческих решений малого числа прогрессивных экспертов, мыслящих обобщениями.

Известные методы экспертных оценок способствуют исключению оригинальных решений путём естественного доминирования большого числа решений экспертов, мыслящих аналогиями. Опыт таких экспертов зачастую имеет многолетнюю давность и основан на прежних быстро устаревающих

научно-технических решениях, которые в других условиях могли быть менее затратными и более эффективными.

К основным методам многоцелевой оптимизации, которые нашли широкое применение для многомерных экономических систем при поиске компромиссных решений, относятся следующие:

1. Метод оптимальных решений по Парето, определяющий множество таких решений по каждому критерию оптимизации, которые не ухудшают решения по другим критериям. Поэтому каждое решение, принадлежащее Парето-оптимуму, лучше других по одному критерию, но хуже по другим критериям. Для выбора лучшего решения иногда используют метод последовательных уступок и метод скаляризации.

2. Метод последовательных уступок предусматривает предварительное отыскание множества Парето-оптимальных решений. После чего последовательно в границах ядра Нэша на поверхности Парето-оптимальных решений, например, методом экспоненциального сглаживания, снижают требования по критериям оптимизации в допустимых пределах до тех пор, пока не останется один критерий. Затем принимают решение с использованием одного из методов однопараметрической оптимизации. Метод последовательных уступок позволяет перейти к одному доминирующему критерию, отбрасывая все остальные. Если требуется учёт влияния на решение задачи всех критериев оптимизации, прибегают к их обобщению методом скаляризации.

3. Метод скаляризации предусматривает аддитивную или мультипликативную свёртку оптимальных по Парето критериев в один обобщённый критерий с применением весовых коэффициентов или показателей. Решение при этом принимают также известными методами однопараметрической оптимизации.

Известны и другие методы многоцелевой оптимизации с использованием на каком-либо этапе экспертных оценок. Использование в методах экспертного произвола указывает на несовершенство таких методов. Кроме того, оптимум Парето и свёртку с применением весовых коэффициентов можно применять только при условии независимости критериев оптимизации (правило Парето).

Поэтому при УПБ объектов методы, основанные на Парето-оптимуме, не применимы из-за функциональной зависимости уровня затрат на предотвращение ущерба при пожаре или ЧС от требуемой степени защиты объекта для обеспечения заданного уровня пожарной безопасности (или уровня пожарного риска).

Следовательно, несмотря на детально разработанную общую теорию управления случайными процессами, требуется разработка специализированной адекватной специфике применяемых критериев теории УПБ.

Теория УПБ должна учитывать оптимизацию управления по двум зависимым показателям пожарной безопасности и выгоды затрат на её обеспечение в условиях неопределённости свойств и законов распределения случайных внешних воздействий и, соответственно, реакции системы на них, а

также ёмкостного и передаточного запаздывания принятия и исполнения управляющих решений.

Для эффективного УПБ объекта целесообразно также разрабатывать систему управления, объединяющую все виды безопасности (промышленную безопасность, пожарную безопасность, безопасность труда и экологическую безопасность) – с одной стороны, и производственный контроль – с другой.

Проблема обеспечения пожарной безопасности на промышленных предприятиях является одной из составляющих проблемы критических и аварийных ситуаций в технической системе. Большинство работ по проблеме обеспечения пожарной безопасности затрагивают законодательную часть в области обеспечения ПБ на промышленных предприятиях и производствах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гвоздев Е.В.* Об эффективности управления системой обеспечения пожарной безопасности на предприятии // Технологии техносферной безопасности. Вып. 3 (55). 2014. 6 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.

2. ГОСТ Р 22.1.01-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения.

УДК 641.841.48:656.223.1

*И. И. Черевко*

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

## ОБУЧЕНИЕ ПОЕЗДНОЙ БРИГАДЫ ДЕЙСТВИЯМ ПРИ ПОЖАРЕ

Предлагается модель тренажера, которая может быть использована для проведения тренировок поездной бригады действиям в условиях пожара.

**Ключевые слова:** пожар в подвижном составе, безопасность, обучение поездной бригады действиям в условиях пожара.

*I. I. Cherevko*

## TRAINING OF TRAIN CREW ACTIONS UNDER FIRE CONDITIONS

The model of the simulator which can be used for carrying out trainings of train crew even in the conditions of fire is offered.

**Key words:** fire in rolling stock, safety, train crew training in fire conditions.

В последнее время, к счастью, пожары на подвижном пассажирском составе случаются достаточно редко. Так на Октябрьской железной дороге в год

в среднем происходит около одного возгорания [1], которые в случае непринятия своевременных мер могут привести к серьезным последствиям, в том числе к человеческим жертвам.

Автоматика позволяет своевременно определить возгорание в вагоне, но вся последующая деятельность по борьбе с огнем и эвакуацией пассажиров возложена на поездную бригаду. Действия поездной бригады должны быть доведены до автоматизма, которого теоретическими занятиями не достичь. Для этих целей на Октябрьской железной дороге разработан тренажер «Искра 14С», позволяющий моделировать разные ситуации при пожаре в вагоне. На данном тренажере проходят обучение действиям при возгорании и задымлении поездные бригады. Однако он не учитывает ряд важных моментов, в частности, размеры комплекса не соответствуют реальным размерам вагона, проводник лишен возможности понять, где в данный момент находится поезд, чтобы принять решение об его остановке, нет возможности имитации пожара при крушении состава [1]. В состав существующего блока «Вагон» тренировочного комплекса Искра – 14 входят по одному примеру купе проводника и купе пассажиров, что недостаточно для тренировки проводников поездной бригады.

Конструирование тренажера «Вагон», в состав которого будут входить все возможные помещения, существенно повысит качество тренировки благодаря тому, что проводники будут проходить её в уже знакомых для себя помещениях.

Количество купе для пассажиров следует увеличить до стандартных 9 для того, чтобы можно было расположить в одном блоке тренировочного комплекса все возможные варианты (купе, купе СВ и плацкарт). Боковые полки плацкартного вагона в данном случае не следует конструировать. Добавление боковых полок приведёт к искажению формы купейного вагона. Помимо этого, такая конструкция вагона позволит отрабатывать ситуации при возникновении сразу нескольких очагов пожара. Руководитель занятий с пульта управления может подать сигнал, для начала пожара сразу в нескольких купе для пассажиров или купе проводников.

Как альтернативный вариант рассматривается гибридный тренажер, который будет служить для тех же целей. Данный вариант представляет собой практически стандартный блок комплекса «Вагон» (плацкартный вагон), за исключением существенно более толстых стен перегородок купе для пассажиров. Это позволяет предусмотреть в перегородках полости, где будут располагаться элементы конструкции перегородки между купе и коридором, для трансформации плацкартного вагона в купейный. Перегородки и столы на боковых местах, имитирующих в разложенном виде плацкартный вагон, необходимо разместить на подвижных шарнирах, чтобы, в случае необходимости, стены и столы можно было бы сложить.

В условиях возникновения очага пожара не все люди способны здраво действовать согласно должностным инструкциям. Для избегания этого требуемые действия должны быть отработаны до автоматизма. Так, работники поездной бригады, обнаружив очаг пожара, могут сразу же остановить поезд, не

учитывая его местоположения. Это может существенно затруднить мероприятия по тушению пожара и эвакуации пассажиров.

Для того чтобы работники поездной бригады осмысленно останавливали поезд в безопасных местах, на месте окна купе проводника в разрабатываемом тренажере, предлагается установить монитор, показывающий текущую обстановку за окном. Работники поездной бригады должны предпринять действия по остановке поезда только в безопасных местах, то есть не на железнодорожных мостах, в тоннелях, под мостами, вблизи трансформаторных подстанций, тяговых подстанций, сгораемых строений или других местах, создающих угрозу быстрого распространения огня или препятствующих организации тушения пожара и эвакуации пассажиров.

Нередки случаи, когда в условиях развития пожара вагон может сойти с рельсов или даже опрокинуться. В таких условиях мероприятия по эвакуации пассажиров, которые проводят проводники, усложняется. Помимо эвакуации работники также должны предпринимать действия по тушению самого пожара.

Для того чтобы работники поездной бригады могли заранее начать адаптироваться работать в таких условия, предлагается использовать два гидравлических домкрата, установленных по краям тренажёра. Это позволит создавать различные углы наклона вагона-тренажера и даст возможность работникам поездной бригады отрабатывать ситуации борьбы с огнем в условиях схода подвижного состава с рельсов. Помимо этого, это поможет выработать у работников психофизическую устойчивость к работе в нестандартных ситуациях, к которым они не могут подготовиться, лишь ознакомившись с теорией.

В условиях начала распространения пожара, пассажиры в виду опасности ситуации, могут поддаться панике и серьёзно затруднить мероприятия по эвакуации, проводимые работниками поездной бригады. Этого стараются избегать, повышая уровень осведомленности пассажиров либо созданием наглядного материала по действиям в условиях пожара. Если благодаря этому удастся избежать паники, то работа проводников существенно облегчится в виду того, что эвакуация будет проходить проще и быстрее. Поэтому предлагается, при проектировании вагонов (как данного рассматриваемого блока комплекса «Вагон», так и стандартных вагонов в целом) предусмотреть визуальное средство отображения информации в виде мигающих либо в верхней части стены коридора (купейный вагон), либо в потолочной части (плацкартный вагон) зелёных стрелок, показывающих направление безопасного движения к эвакуационному выходу в случае пожара, сопровождающихся звуковой сигнализацией, и красных стрелок, предупреждающих о том, что движение в данном направлении запрещено. Информация о направлении эвакуации пассажиров появляется после обработки данных пожарных извещателей специальным модулем. Пассажиры, услышав звуковую сигнализацию и получив оповещение о пожаре, по выходу из своих купе смогут быстро и наглядно получить необходимую информацию о направлении движения в безопасном для жизни направлении, а проводники получают выигрыш во времени из-за отсутствия необходимости указывать это направление. Полученное время можно будет использовать для улучшения

реализации эвакуации пассажиров или на начальные меры по тушению пожара.

Для обучения и закрепления навыков оказания первой доврачебной помощи предлагается в качестве «пострадавшего» использовать тренировочный имитационный манекен «МИТя». Достоинства данного манекена делают его выбор наилучшим для достижения поставленных целей. Заказчик заранее может указать требуемый вес в диапазоне от 30 до 70 кг. Это позволяет использовать манекен максимально выгодно в предложенном ранее макете вагона. Манекен может быть расположен как в одном из купе для пассажиров, так возможна установка и нескольких манекенов для имитации угрозы жизни сразу нескольким пассажирам. Манекен полностью укомплектован современным электронным оснащением, что позволяет руководителю занятий производить контроль за манекеном с пульта управления, где он может воспроизводить звуковые оповещения, имитирующие крики о помощи. При необходимости конструкция имитационного манекена позволяет производить его утяжеление. Помимо этого, при заказе манекена можно указать желаемую модель – взрослый или ребёнок.

Тестирование в данном комплексе должно быть максимально безопасно, а значит нужен тщательный отбор горючих веществ, которые будут использоваться для имитации пожара.

В качестве горючего предлагается использовать газ «Пропан». Преимущества данного газа в том, что выбросы вредных химических веществ при его использовании гораздо меньше в сравнении с аналогами. Также следует отметить относительную дешевизну газа, что означает простоту его использования. Газ в баллонах предполагается расположить в техническом помещении проводников с подачей через коллектор и систему трубопроводов к огневому модулям. В данном помещении помимо стандартной вентиляции необходимо оборудовать естественную приточно – вытяжную, газовый анализатор и использовать взрывобезопасное помещение.

Однако, самый безопасный вариант для имитации настоящего пожара посредством пропана, это использование светодиодных ламп, имитирующих огонь. Таким образом, можно будет сократить потребления газа, сохранив возможность имитации пожара. Данный метод рекомендован МЧС для использования в тренировках пожарной безопасности на предприятиях.

При конструировании блока комплекса должно быть учтено то, что материал, который будет использоваться должен обладать значительной устойчивостью к агрессивной среде. Длительное воздействие высоких температур или появление коррозии при быстром охлаждении и воздействии влажной среды может привести к ухудшению прочности, надежности или других технических характеристик.

Одна из марок стали, которую можно использовать при конструировании – 08X18H10T. Данная сталь характерна тем, что в её состав входит титан, содержание которого существенно повышает прочность и другие технические характеристики. Доля содержания титана в рассматриваемом случае составляет порядка 0,7 %.

Характеристики данной марки позволяют использовать её и длительное время не терять все её положительные свойства. Одним из самых важных качеств стали является её жаропрочность. Это качество определяет то, что создаваемые конструкции смогут выдерживать воздействия высоких температур. Рекомендуемой температурой, при которой сталь может использовать без снижения эксплуатационных характеристик – 800 градусов Цельсия. Для улучшения этой характеристики часто применяют способ термической обработки. Сталь подвергают закалке при температуре до 1000 градусов и затем сразу охлаждают.

Сталь достаточно устойчива к воздействию коррозии. Данное свойство необходимо в виду того, что сталь будет подвергаться воздействию влажной среды и химических веществ во время тренировки с средствами тушения пожара. Значительные перепады температур могут повлиять на характеристики стали, если она не прошла специальную обработку.

При использовании сварки, для соединения конструкций, плюсом будет являться высокая степень свариваемости стали. Для получения качественного шва структура не нуждается в дополнительном подогреве.

Данный тренажер можно также использовать в обучении студентов специальности «Подвижной состав железных дорог», специализации «Вагоны» при изучении курса «Безопасность жизнедеятельности» при изложении материала по пожарной безопасности [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канонин Ю.Н., Лыщик А.В., Лопаткина А.В. Тренажер для обучения проводников пассажирских вагонов действиям при пожаре //Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2018): Материалы VI Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург. 2018. С.67-69.

2. Бузунов О.В., Канонин Ю.Н., Лыщик А.В. Совершенствование подготовки по специальности «Подвижной состав железных дорог» по вопросам безопасности жизнедеятельности // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2012): Материалы III Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург. 2012. С.263-266.



УДК 796

*П. В. Чистов, А. С. Кошин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АКТУАЛЬНОСТЬ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНЫМ ФИЗИЧЕСКИМ УПРАЖНЕНИЯМ**

В статье рассматривается процесс обучения двигательным действиям на различных этапах, которые помогут обучающимся в освоении профессионально-прикладных упражнений

**Ключевые слова:** двигательные действия, физические упражнения, совершенствование техники

*P. V. Chistov, A. S. Koshin*

## **RELEVANCE OF METHODS OF TEACHING PROFESSIONAL AND APPLIED PHYSICAL EXERCISES**

The article discusses the process of learning motor actions at different stages, which will help students in the development of professional and applied exercises

**Keywords:** motor actions, physical exercises, improvement of technique

Процесс обучения двигательным действиям во многом определяется тем, что в нем сочетаются закономерности формирования двигательных умений и навыков с законами теории управления и требованиями дидактических принципов.

На первом этапе происходит начальное разучивание профессионального упражнения, создается умение выполнять основу техники двигательного действия, т.е. воспроизводить технику в «грубой форме», концентрируя внимание на ее звеньях. Для достижения этой цели вначале создается общее представление о значении упражнения и его рациональной технике, а затем о том образце техники, которым предстоит овладеть обучаемым. Если занимающийся после создания у него умственного и зрительного представления об изучаемом физическом упражнении сумеет самостоятельно воспроизвести основу его техники, то на этом и завершается первый этап обучения. Подобное явление обычно наблюдается при разучивании многих общеподготовительных, порядковых и других несложных упражнений.

Начальное разучивание двигательных действий, имеющих сложную структуру и особенно тех из них, которые связаны с непривычным перемещением тела в пространстве или с проявлением значительных физических и волевых усилий, требует решения ряда дополнительных задач. Во-первых, следует повторить те из ранее освоенных профессиональных упражнений, которые включают в себя части разучиваемого действия. Во-вторых, разучить новые звенья основы техники, вычлняя их из двигательного действия, если это

необходимо и возможно, или включая их в состав других, более простых физических упражнений. Попутно предупреждается возникновение грубых ошибок. В-третьих, добиться самостоятельного выполнения занимающимися основы техники двигательного действия в целом путем облегчения условий его выполнения, постепенно уменьшая при этом оказываемую помощь. При начальном разучивании нецелесообразно делать перерывы между занятиями и не следует давать большого количества повторений изучаемого двигательного действия на каждом из них, так как изучение новых звеньев требует большого внимания и значительных нервных напряжений.

На втором этапе упражнение разучивается углубленно, создается умение выполнять его относительно совершенно, в объеме намеченных технических требований. Некоторые элементы двигательного действия при этом частично закрепляются и автоматизируются. Внимание занимающихся избирательно сосредоточивается педагогом на анализе отдельных деталей техники целостного двигательного действия, осознании его пространственных, временных и динамических характеристик. При этом мыслительная деятельность занимающихся направляется на понимание смысла разучиваемых движений и причин возникновения значительных ошибок, создаются соответствующие условия при выполнении профессионально-прикладного физического упражнения, вынуждающие занимающихся последовательно сосредоточивать внимание на уточняемых деталях.

С появлением слитности в движениях и закреплении отдельных элементов действия внимание занимающихся постепенно переключается на овладение рациональным ритмом целостного действия и на более обобщенную форму сознательного контроля за качеством выполнения двигательного действия в целом.

На третьем этапе обеспечивается совершенствование техники выполнения физического упражнения, создается навык и формируется способность целесообразно применять двигательное действие в реальных условиях практической деятельности. Закрепление происходит в процессе многократного повторения разученного действия в относительно постоянных внешних условиях. Попутно осуществляется дальнейшее совершенствование деталей, прежде всего их временных и динамических характеристик. Таким образом, достигается необходимая прочность навыка, основным критерием которой является стабильность техники выполнения упражнения. Продолжительность этой части третьего этапа обучения зависит от цели и характера изучаемых двигательных действий, подготовленности занимающихся и многих других факторов. В целом совершенствование техники выполнения физических упражнений должно приобретать на данном этапе все более индивидуализированный характер. Это требует от преподавателя изучения особенностей телосложения, уровня развития физических и других качеств занимающихся.

Если на первых двух этапах обучения непрерывность занятий, на которых разучивалось двигательное действие, являлась важным условием успеха в

учебном процессе, то на этапе закрепления и совершенствования непродолжительные перерывы становятся возможными. Количество повторений совершенствуемых двигательных действий возрастает от занятия к занятию. Здесь реализуется принцип развивающего обучения путем органического слияния процессов совершенствования техники и направленного развития физических способностей, обеспечивающих необходимую эффективность действия.

Вывод по статье: Для того, чтобы освоить профессионально-прикладные физические упражнения, обучающемуся необходимо пройти, условно, несколько этапов разучивания и совершенствования изучаемой техники. Освоение данными упражнениями зависит от множества различных факторов, таких как: физическая подготовка обучаемого, цель и характер изучаемых действий, контроль за качеством выполнения двигательных действий и т.д. В конкретной практике эта модель конкретизируется каждый раз по-разному, в зависимости от цели обучения, особенностей изучаемых физических упражнений и состава занимающихся.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балай А.А.* Управление физической подготовленностью спортсменов высокой квалификации по морскому многоборью на основе использования модельных характеристик: Физкультура и спорт. - Л., 2004. 384 с.
2. *Вайцеховский С.М.* Книга тренера. - М.: Физкультура и спорт, 2009. 312 с.
3. *Матвеев Л.П.* Основы спортивной тренировки: Учебное пособие для студентов институтов физической культуры. - М.: Физкультура и спорт, 1997. 280 с.

УДК 614.84

***Е. А. Шварев***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **К ВОПРОСУ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА В СЛУЧАЕ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТА ПО ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОГО РИСКА**

Проанализированы нормативные документы, регламентирующие проведение расчетов в области определения пожарных рисков на объектах защиты, а также определяющие зону ответственности должностных лиц органов ГПН при проверке объектов защиты на предмет обеспечения пожарной безопасности в случае проведения расчетов пожарных рисков.

**Ключевые слова:** пожарный риск, объект защиты, пожарная безопасность.

*E. A. Shvarev*

## **ON THE RESPONSIBILITY OF OFFICIALS BODIES OF STATE FIRE SUPERVISION IN CASE OF CALCULATION FIRE RISK ASSESSMENT**

The normative documents regulating carrying out calculations in the field of definition of fire risks on objects of protection, and also defining a zone of responsibility of officials of bodies of state fire supervision at check of objects of protection for ensuring fire safety in case of carrying out calculations of fire risks are analyzed.

**Keywords:** fire risk, object of protection, fire safety.

Важнейшей функцией государства является обеспечение безопасности жизни и здоровья граждан. Обеспечение пожарной безопасности, как отдельной составляющей безопасности в целом, находится в ведении МЧС России.

Согласно п.1 ст.6 [1] пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной при выполнении одного из следующих условий:

1) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом;

2) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и нормативными документами по пожарной безопасности.

Таким образом, у собственника объекта защиты есть выбор между выполнением требований пожарной безопасности, установленных нормативными документами по пожарной безопасности и проведением расчета по оценке пожарного риска (рис. 1).

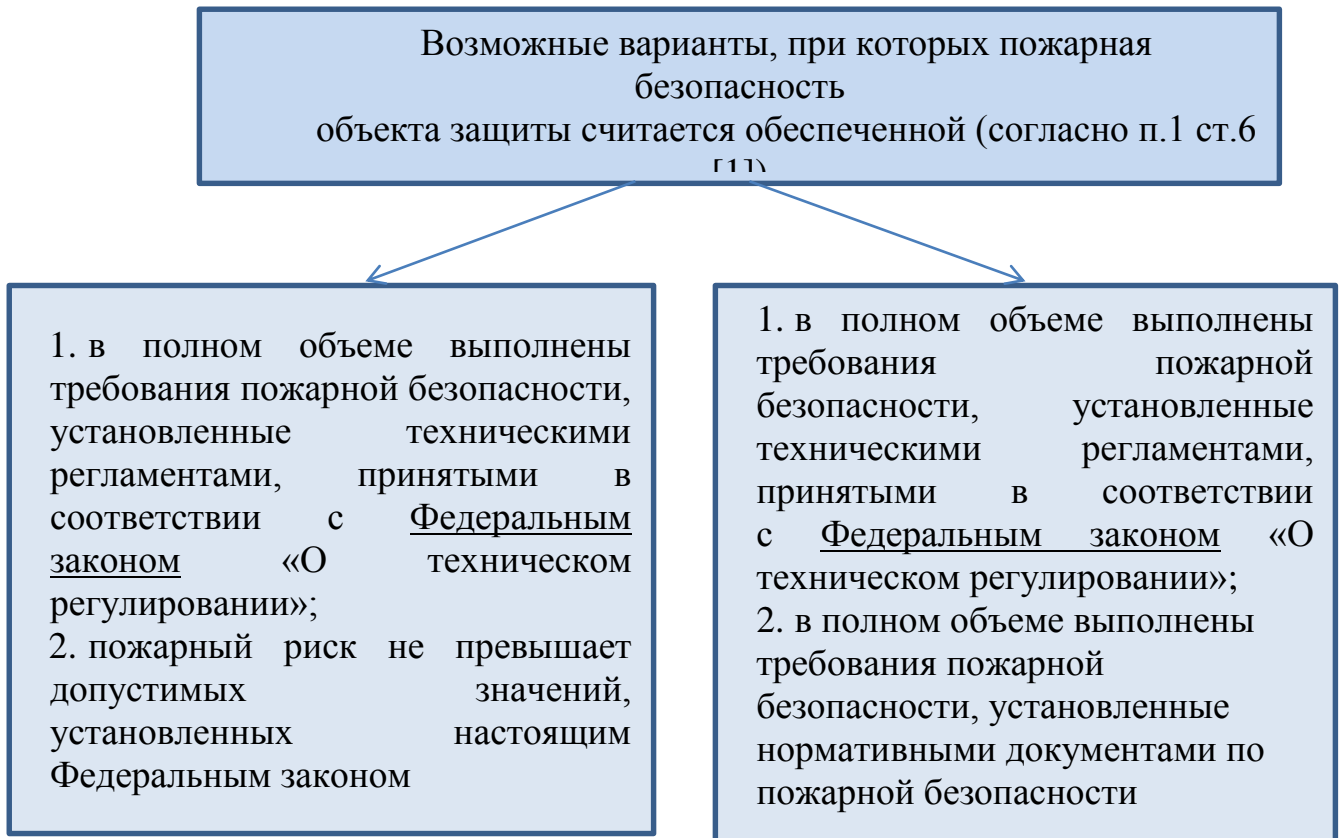


Рисунок 1 - Возможные варианты, при которых согласно [1] пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной

В соответствии с [2] в случае проведения расчета по оценке пожарного риска на объект защиты проверяется:

- соответствие исходных данных, применяемых в расчете, фактическим данным, полученным в ходе его обследования;
- соответствие требованиям, установленным Правилами проведения расчетов по оценке пожарного риска на объект защиты, утвержденными [3].

В соответствии с [3] определение расчетных величин пожарного риска проводится по методикам Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, которые утверждены [4], [5].

Согласно [4] определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании:

- а) анализа пожарной опасности зданий;
- б) определения частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- в) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- г) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;
- д) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий.

Действующая формулировка о необходимости проверки соответствия требований, установленных Правилами проведения расчетов по оценке пожарного риска на объект защиты [3] и отсылка в данном документе к

существующим методикам [4], [5] создает возможность различного ее толкования.

С одной стороны ее можно трактовать, как необходимость проверки только основных положений, которые должны соблюдаться при проведении расчетов по определению величины пожарного риска. С другой стороны, возможна и другая трактовка положений вышеперечисленных документов, которая значительно отличается от первого варианта.

Второй вариант трактовки предполагает, что поскольку расчет пожарного риска должен быть выполнен по утвержденной методике, то и наличие различных отклонений от нее недопустимо, что автоматически может означать возможность непринятия соответствующих расчетов. Такие отклонения могут носить различный характер: это может быть как отсутствие целых блоков, необходимых для проведения расчета, так и определенные вычислительные ошибки, которые могут быть выявлены только путем построения соответствующих компьютерных моделей (моделирование динамики опасных факторов пожара+эвакуация).

Например, в [4] изложено, что оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей заключается в определении вероятности эвакуации людей из здания при пожаре.

Вероятность эвакуации людей определяется на основе сопоставления значений времени эвакуации людей и времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Для определения расчетного времени эвакуации людей в соответствии с приложениями NN 2-5 к [4] определяется модель эвакуации людей из здания, проводится построение расчетной схемы эвакуации и осуществляется моделирование эвакуации людей.

Таким образом, инспектор ГПН, проверяющий представленный расчет, должен проверить:

- правильность определения вероятности эвакуации людей (путем сопоставления значений времени эвакуации людей и времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара);
- правильность определения модели эвакуации людей из здания (путем проверки построения расчетной схемы эвакуации и осуществления моделирования эвакуации людей).

Аналогичная ситуация и в части построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития.

Таким образом, положения [2], [3], [4], могут трактоваться, как обязанность инспектора ГПН проверки всех расчетов пожарных рисков, которые предоставляются в органы ГПН, что на практике выполнить практически невозможно.

На основании проведенного анализа предлагается:

1. более четко прописать зону ответственности должностных лиц органов ГПН при проверке расчетов пожарного риска на объекте защиты с целью недопущения различных вариантов толкования отдельных положений;

2. формализовать понятие «исходные данные», которое используется в [2], но конкретный перечень, а также определение исходных данных отсутствуют.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. Приказ МЧС России от 30 ноября 2016 г. № 644 «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности».

3. Постановление Правительства РФ от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».

4. Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

5. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

УДК 528:614.8(476)

*А. М. Юржиц, Н. Н. Точёный*

Главное управление государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны, Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

### **ОБ АКТУАЛЬНОСТИ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ЕДИНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Обоснована актуальность разработки и применения единой геоинформационной системы при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций. Определены функциональные возможности геоинформационной системы в информационно-аналитической деятельности МЧС Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** анализ, база данных, геоинформационная система, информация, модель, природная чрезвычайная ситуация.

*A. M. Yurzhits , N. N. Tachony*

## **ABOUT THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE SINGLE GEOINFORMATION SYSTEM IN THE ACTIVITIES OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

The relevance of the development and application of a unified geographic information system in case of emergency or emergency is substantiated. The functionality of the geographic information system in the information and analytical activities of the Ministry of Emergencies of the Republic of Belarus is determined.

**Keywords:** analysis, database, geoinformation system, information, model, emergency.

Техногенная деятельность человека и неблагоприятные природные явления последних лет приводят к угрозе возникновения и возникновению чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) на территории Республики Беларусь. Наблюдается тенденция к увеличению числа природных и техногенных аварий как в республике, так и во всем мире.

Ежегодно значительные экономические потери наносят ЧС природного характера. Для Республики Беларусь, в первую очередь – это ураганные ветры, сильные морозы и весенние заморозки, ливни и сильные снегопады, град, ледовые отложения и др. Они наносят ущерб транспортным коммуникациям, промышленным, сельскохозяйственным предприятиям, населенным пунктам, окружающей среде, здоровью людей, а зачастую приводят и к их гибели.

В основе развития большинства таких ЧС лежат пространственные характеристики такие, как площадь поражения, направление распространения, радиус поражения, направление и скорость ветра, протяженность путей транспортного сообщения и линий электропередач, площадь подтопления и т.д. Оценка сложившейся ситуации в таких случаях требует анализа огромного массива информации, а на её поиски зачастую затрачивается много времени. Основными проблемами в данном направлении являются разнородность и разрозненность пространственных данных. В первом случае можно отметить, что из-за отсутствия стандартизации в части применения пространственных данных государственные органы и организации используют свои методы хранения, представления и обработки пространственных данных, разнообразные программные средства. Во втором – информация распределена по различным информационным системам и собирается в интересах отдельных органов и из-за отсутствия взаимодействия между системами нужная информация не доступна в комплексе для анализа, а также данные могут быть недостоверны или неполны.

Любая географическая информация содержит сведения о пространственном положении, будь то привязка к географическим или другим координатам, или ссылки на адрес, почтовый индекс, номер электростанции, идентификатор земельного или лесного участка, название дороги и т.п. При использовании подобных ссылок для автоматического определения местоположения или местоположений объектов применяется процедура,



называемая геокодированием. **Геокодирование** – метод и процесс позиционирования пространственных объектов относительно некоторой системы координат и их атрибутирования. С ее помощью можно определить и посмотреть на карте где находится интересующий вас объект или явление, такие как нужная вам организация, где произошло наводнение, по какому маршруту проще и быстрее добраться до нужного пункта назначения [1].

Геопривязанные географические слои – основа любой геоинформационной системы (далее – ГИС), позволяющая отображать, комбинировать и анализировать на первый взгляд несоизмеримые между собой данные в одном географическом пространстве (рис. 1). ГИС тесно связана с рядом других типов информационных систем. Ее основным отличием является способность манипулировать отображением информации и проводить анализ пространственных данных.

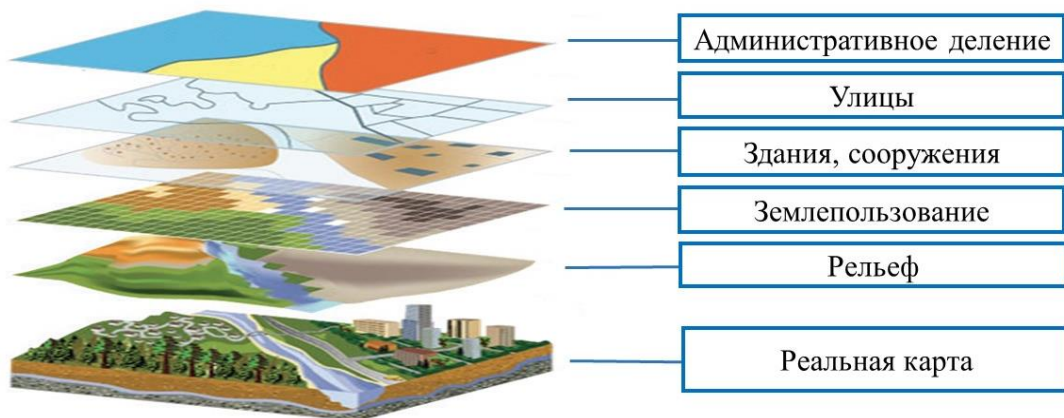


Рисунок 1 – Представление пространственных данных в ГИС

ГИС, в зависимости от своей специфики, имеют множество функциональных возможностей, которые позволяют решать свои научные, производственные, служебные, бытовые и другие задачи. Основные функциональные возможности ГИС приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень основных функций ГИС

Функциональные возможности ГИС	Ввод данных в ГИС (с клавиатуры, импорт, сканирование, дигитализация и т. д.)
	Хранение, манипулирование и управление данными
	Вывод данных на устройство отображения информации
	Картометрические операции
	Генерация пользовательских запросов и документирование
	Оверлейные операции
	Моделирование данных
	Настройка на требования пользователя
	Визуализация данных
	Преобразование пространственных данных
Пространственный анализ	

В широком смысле слова ГИС воспринимается как модель реального мира, а в узком смысле является системой накопления и хранения данных,

привязанных к земной поверхности. При этом наиболее перспективным направлением развития ГИС является возможность поддержки процессов принятия решений, в том числе в условиях ликвидации ЧС [2].

Проанализировав основные возможности ГИС можно сделать вывод, что данные системы не являются инструментом для выдачи решений, а средством, помогающим ускорить и повысить эффективность процедуры принятия решений за счет следующих преимуществ:

- удобное для пользователя отображение пространственных данных;
- интеграция данных внутри организации (страны);
- помощь в принятии обоснованных решений;
- удобное средство для создания карт.

Объем пространственных и других данных, получаемых и обрабатываемых ежедневно возрастает, но при этом отсутствует общая площадка накопления, обработки и интерпретирования. Как следствие, нужная информация не всегда доступна для использования в комплексном анализе. В связи с этим возникает необходимость в разработке общей, стандартизированной программной платформы.

Обеспечение органов государственного управления единой геопространственной основой, исключит дублирование работ и обеспечит единый источник взаимно согласованной информации при подготовке управленческих решений. В сочетании с информацией космического сегмента это обеспечит оперативную и высоко достоверную информацию о наблюдаемых объектах и явлениях, что в итоге повысит качество решений, принимаемых на основе разнородных данных, как на территории Республики Беларусь, так и за её пределами [3].

Принятие решения является наиболее сложным и ответственным этапом процесса управления при ликвидации таких ЧС и их последствий и основывается на выводах из оценки обстановки и обобщении предложений, поступающих от подчиненных должностных лиц. Практика выработки решений базируется на применении различных методов решений проблемных ситуаций, средств вычислительной техники, опыте и интуиции руководителя. Содержание решения зависит от вида ЧС, обстановки и от конечной цели управления [4].

Единая ГИС должна быть не конкурирующей, а взаимно интегрированной с существующими ведомственными информационными системами. Это позволит взаимно дополнить и существенно расширить её функционально-информационные возможности. Возможность получения доступа к данным ГИС обеспечит органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям, а также заинтересованные органы государственного и местного управления, информацией, необходимой для качественного осуществления деятельности и подготовки принятия управленческих решений.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Официальный сайт компании «ДАТА+» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.dataplus.ru/concept\\_arkgisa/press/friendgis.php](https://www.dataplus.ru/concept_arkgisa/press/friendgis.php). – Дата доступа: 11.10.2019.
2. *Середович В.А.* Геоинформационные системы (назначение, функции, классификация) [Текст]: монография / В.А. Середович, В.Н. Ключниченко, Н.В. Тимофеева. - Новосибирск : СГГА, 2008. - 192 с.
3. *Золотой С.А., Косило А.В., Ставров А.А., Страшко И.Б.* Некоторые пути совершенствования белорусской космической системы дистанционного зондирования земли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27647978>. – Дата доступа: 05.11.2019.
4. *Горбунов А.А., Пономорчук А.Ю., Фархатдинов Р.А.* Построение ГИС-модели при планировании аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V74/9.pdf>. – Дата доступа: 10.10.2019.

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абдулина Е.Р., 14  
 Аверкина Н. Б., 589  
 Аграновский А. А., 374  
 Адамов Д. С., 602  
 Азовцев А. Г., 647  
 Азовцев А.Г., 17  
 Акифьев Н. Н., 260  
 Актерский Ю. Е., 320  
 Акулова М. В., 20, 25, 263  
 Акчина С.С., 28  
 Алексеев А. В., 270  
 Андриюшкин А. Ю., 32, 273  
 Антонова А. А., 142  
 Антонова А. С., 107  
 Асламов А. Ю., 374  
 Афанасьев Е. О., 32, 273  
 Ахметшин Р. И., 70  
 Ахтямов Р. Г., 452  
 Багажков И. В., 278, 281  
 Баканов М. О., 37  
 Барахоев М. И., 286  
 Бачихин И. С., 515  
 Безрук А. И., 290  
 Белобородова О. И., 295  
 Белорожев О. Н., 300  
 Березина С. Л., 63  
 Беспрозванных Д. С., 142  
 Бимбетова Г. Е., 233  
 Бирюкова И. А., 103, 688  
 Боков Г. В., 305  
 Борисова В. А., 43  
 Бочкарев А. Н., 448  
 Бубнов В. Б., 47, 53, 56  
 Бурлаченко К. Г., 589  
 Бутаев Г. Г., 66  
 Быданцев А. Ю., 310  
 Варламкин А. А., 244  
 Василевич Д. В., 315  
 Веснин А. А., 340  
 Ветрова Е. А., 461  
 Викман А. В., 320  
 Винокуров М. В., 249, 650  
 Воинков В. П., 419  
 Волков А. В., 467  
 Волков О. Г., 360  
 Волкова К. М., 552  
 Волосников В. А., 419  
 Газизов А. М., 194  
 Гилазиев Ф. Ф., 129  
 Гисмятов Р. Р., 295  
 Гомонай М. В., 374  
 Горячев И. В., 592  
 Горячева В. Н., 63  
 Грачева А. Н., 244  
 Грачулин А. В., 408  
 Гришина Г. Н., 571  
 Грузинова О. И., 682  
 Гулева Т. В., 323, 538  
 Гусев Л. А., 507  
 Дали Ф. А., 66  
 Дашин Н. С., 91  
 Димухаметов Р. Р., 548  
 Дождиков А.П., 14  
 Дорош И. В., 70  
 Дружинина Е. В., 142  
 Елин Н. Н., 47  
 Елисеева Е. А., 63  
 Емелин В. Ю., 624  
 Емельянов В. В., 548  
 Емченко Д. В., 77  
 Ермолаев В. В., 327  
 Есина О. А., 107  
 Желин И. А., 411  
 Жумахметова С. С., 237  
 Зарубин В. П., 155  
 Зарубина Е. В., 77, 121, 200  
 Зарубина Е.В., 459  
 Захаров Д. Ю., 340, 494, 621  
 Захаров Е. Ю., 332, 336  
 Зелинская И. А., 43  
 Зыков В. И., 419  
 Иванов А. В., 110

- Иванов В. Е., 168  
Ивахнюк Г. К., 43  
Ившин С. С., 129  
Иргит Ч. У., 385  
Кавер Н. С., 83  
Кадочникова Е. Н., 32, 273  
Казарин С. С., 87  
Кайдалов В. В., 344  
Калашников Д. В., 91, 592  
Камлюк А. Н., 408  
Карабанов С. О., 598  
Карасев Е. В., 185, 190, 688  
Карнюшкин А. И., 63  
Каштанов В. А., 411  
Квасов М. В., 350  
Киселев В. В., 356  
Клевченя Д. И., 206  
Клушин А. Н., 628  
Кнутов М. С., 87  
Князева В. П., 83  
Коваль Ю. Н., 290  
Козырев Е. В., 602  
Кокурин Д. А., 360  
Колбашов М. А., 507  
Комельков В. А., 459, 507  
Коновалов А. С., 125  
Коротин Ю. А., 47  
Косенко Н. Ф., 241  
Костерин И. В., 602, 610  
Кочнов О. В., 615  
Кошин А. С., 701  
Кравченко Э. Ф., 129  
Красильникова А. В., 364  
Криваль Д. В., 172  
Кропотова Н. А., 98  
Кузнецов Р. А., 370  
Кулагин А. В., 163, 332  
Куликов И. М., 53  
Курочкин К. В., 621  
Кушляев В. Ф., 374, 385  
Кушляева О. В., 374  
Кюлян С. М., 394  
Лаврентичева А. А., 278  
Лазарев А. А., 624, 628  
Лапшин С. С., 631  
Лахвич В. В., 315  
Лебеденко П. Е., 401  
Левтер Р. А., 103  
Легкова И. А., 350  
Лейнова С. Л., 206  
Леонов В. А., 385  
Леонтьева М. А., 635  
Липина А. А., 107  
Лихоманов А. О., 408  
Локтионов В. В., 688  
Ломоносов А. И., 295  
Лонгобарди А., 635  
Лоран Н. М., 110  
Лосева М. В., 411  
Ляпин П. А., 116  
Ляхова К. Р., 416  
Макаров Д. И., 121  
Малькова Е. А., 125  
Мальцев А. Н., 310  
Манило И. И., 419  
Мартынова О. Г., 70  
Масловская Е. К., 644  
Мельников П. А., 644  
Миканович Д. С., 315  
Микрюков К. В., 129  
Мингазов А. Ш., 548  
Михайлов К. А., 552  
Михайлова С. В., 566  
Михалин В. Н., 471, 647, 650  
Модина А. С., 427  
Молоткова Ю. А., 139  
Морозов А. А., 431  
Морозов Ал. А., 437  
Мочалов А. М., 20  
Мочалова Т. А., 142, 221  
Набойщикова Н. А., 20  
Назарович А. Н., 179  
Наконечный С. Н., 650  
Насырова Э. С., 635  
Наумов А. Г., 77, 121  
Никифоров А. Л., 139, 150, 209, 249, 336, 523  
Никишов С. Н., 37, 671

- Огнева М. М., 146  
Одинцова О. И., 107  
Орлов Е. А., 286, 370, 494, 655  
Пак К. С., 657  
Пак О. В., 661  
Панев Н. М., 150, 249  
Паникратова С. А., 573  
Парасич И. А., 442  
Патысьев И. И., 419  
Перевалов А. С., 478  
Песикин А. Н., 327, 445, 461, 471, 678  
Петров В. С., 155  
Петров Н. С., 260  
Петроченко Я. В., 448  
Пехотиков В. А., 682  
Печейкина А. И., 452  
Плавский Д. В., 260  
Плюсков А. С., 671  
Покровский А. А., 159  
Полякова А. М., 121, 200, 459  
Попов В. И., 461, 678  
Присадков В. И., 610  
Прокофьева О. Д., 163  
Пронин С. П., 467  
Пуганов М. В., 327  
Пуганов М. В., 461, 471, 678  
Пучков П. В., 168  
Пхетнакхон Буннамсок, 560  
Пшанов А. П., 474  
Рассохин М. А., 478  
Рева О. В., 172, 179  
Регланов С. Е., 185, 190  
Резников М. С., 548  
Репин Д. С., 200  
Решетова Е. Ю., 98  
Рогочева Я. А., 66  
Рубинчик С. Я., 206  
Сабельникова Т. М., 63  
Сак С. П., 482  
Салаев Б. Г., 487  
Салихова А. Х., 394, 661, 692  
Сальник А. А., 490  
Самойлов Д. Б., 661  
Самойлова Л. С., 655  
Самосенко Э. Г., 194  
Сапожников А. В., 281  
Сафронов Н. А., 494, 497  
Свинин Н. В., 502  
Свирицкий С. Ф., 206  
Семашко М. А., 70  
Семенов А. Д., 87, 448, 515  
Семенова К. В., 544  
Сергеева А., 635  
Сизов А. П., 507  
Силов С. А., 56  
Скониин И. П., 511  
Скрипник И. Л., 196, 216  
Смелков Г. И., 682  
Смирнов А. А., 200  
Смирнов В. А., 360, 437  
Смирнов В. В., 515  
Содикова М. Р., 519, 685  
Соколик Г. А., 206  
Соколов Г. П., 332, 474, 497  
Сорокин А. А., 474  
Сорокин В. А., 602  
Сорокин Д. В., 523  
Спиридонова В. Г., 209  
Старчакова О. К., 530  
Стекачев Р. В., 263  
Степанов Е. В., 534  
Степанова А. А., 323, 538  
Стернина О. В., 244  
Столяров С. О., 66, 216  
Сторонкина О. Е., 221  
Стулов А. В., 252  
Суровая В. Э., 228  
Сырбу С. А., 445  
Сырбу С. А., 17  
Сыско М. С., 544  
Тараканов Д. В., 260  
Таратанов Н. А., 103, 116, 146, 185,  
190, 270, 490, 688  
Таусарова Б. Р., 233, 237  
Тимофеев Н. Е., 548  
Титова Т. С., 452  
Топольский Н. Г., 552  
Топоров А. В., 442

- Точёный Н. Н., 707  
Трифонов Е. А., 91  
Тутубалин А. Р., 556  
Уголькова А. С., 548  
Ульева С. Н., 139  
Ульева С. Н., 249, 336, 523  
Ульянова Е. А., 25  
Фариняк К. С., 692  
Федосов С. В., 150  
Филатова Н. В., 241  
Филоненко Л. В., 560  
Хазова И. В., 47  
Халенгинов С. Б., 139  
Хасанов И. Р., 244  
Хозин Р. М., 578  
Холодов О. М., 530, 560  
Худайбердиев А. Т., 566  
Цапков В. И., 571  
Циркина О. Г., 110, 150, 209, 401, 511,  
523  
Черевко И. И., 696  
Чибинёв Н. Н., 573  
Чистов П. В., 497, 556, 701  
Чистяков И. М., 323, 538  
Чуракова А. А., 70  
Шабунин С. А., 249, 650  
Шамин В. И., 56  
Шарипов А. Г., 419  
Шварев Е. А., 703  
Шидловский Г. Л., 66  
Шипилов Р. М., 578  
Ширяев Е. В., 252, 256  
Шмелева Т. В., 121, 200, 459  
Юржиц А. М., 707  
Юркин А. В., 478  
Якушкина И. Г., 582  
Яхонова Д. В., 573

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**  
**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ**  
**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,**  
**ПОСВЯЩЕННОЙ 370-Й ГОДОВЩИНЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ**  
**РОССИИ**

**ИВАНОВО, 11 ДЕКАБРЯ 2019 г.**

В авторской редакции

*Текстовое электронное издание*

Подготовлено к изданию 26.12.2019 г.  
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 41,17. Уч.-изд. л. 36,88. Заказ № 140  
Научно-технический отдел  
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России  
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33